

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

**Орловский региональный центр
энергосбережения**



ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ XXI ВЕК

март – июнь

ENERGY AND RESOURCES SAVING XXI CENTURY

March – June

Орёл 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПРАВИТЕЛЬСТВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
АДМИНИСТРАЦИЯ г. ОРЛА
ООО «АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК» РФ
ПАДЕРБОРНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ГЕРМАНИЯ)
ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. ПОЛЗУНОВА»
ФГБОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК» (г. Орел)
ГУ «ОРЛОВСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»
ОАО «АЛЕКСАНДРОВСКИЕ КОММУНАЛЬНЫЕ СЕТИ»
ОАО «ОРЕЛОБЛЭНЕРГО»
ОАО «ОРЕЛЭНЕРГОСБЫТ»
ФИЛИАЛ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» – «ОРЕЛЭНЕРГО»
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел)

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ XXI ВЕК

**Сборник материалов X Международной
научно-практической интернет-конференции**

01 марта – 30 июня

Орел 2012

УДК: 620.92 (063)
ББК 31.15Я 431
Э65

Энерго- и ресурсосбережение – XXI век.: Сборник материалов X международной научно-практической интернет-конференции, 01 марта – 30 июня 2012 г. / Под редакцией д-р техн. наук, проф. В.А. Голенкова, д-р техн. наук, проф. А.Н. Качанова, д-р техн. наук., проф. Ю.С. Степанова. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2012. – 316 с.

ISBN 978-5-93932-501-1

В сборник материалов десятой международной научно-практической интернет-конференции «Энерго- и ресурсосбережение – XXI век» включены работы ученых и специалистов России, стран ближнего и дальнего зарубежья в авторском варианте с аннотациями на русском и иностранном языках. Доклады с учетом научного направления, указанного авторами, были размещены в следующих секциях на сервере Орловского государственного технического университета (www.gu-unpk.ru) с 01 марта по 30 июня 2012 года:

1. Проблемы и перспективы в области энерго- и ресурсосбережения.
2. Энергоэффективность систем электроснабжения и направления их развития.
3. Энергосберегающие электротехнологические процессы и установки.
4. Энергосберегающие машиностроительные технологии и оборудование.
5. Энерго- и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе.
6. Управление энерго- и ресурсосбережением на промышленных предприятиях.
7. Автоматизированные системы управления – эффективные средства энерго- и ресурсосбережения.

УДК: 620.92 (063)
ББК 31.15Я 431
Э65

ISBN 978-5-93932-501-1

© ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК, 2012
© ГУ «ОрелРЦЭ», 2012

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПРАВИТЕЛЬСТВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
АДМИНИСТРАЦИЯ г. ОРЛА
ООО «АКАДЕМИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ НАУК» РФ
ПАДЕРБОРНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (ГЕРМАНИЯ)
ФГБОУ ВПО «АлтГТУ им. И.И. ПОЛЗУНОВА»
ФГБОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК» (г. Орел)
ГУ «ОРЛОВСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ»
ОАО «АЛЕКСАНДРОВСКИЕ КОММУНАЛЬНЫЕ СЕТИ»
ОАО «ОРЕЛОБЛЭНЕРГО»
ОАО «ОРЕЛЭНЕРГОСБЫТ»
ФИЛИАЛ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» – «ОРЕЛЭНЕРГО»
КАФЕДРА «ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»
(ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION
OREL REGIONAL ADMINISTRATION
OREL ADMINISTRATION
ACADEMY OF ELECTRICAL AND TECHNICAL SCIENCES OF THE RUSSIAN
FEDERATION
UNIVERSITY OF PADERBORN (GERMANY)
ALTSTU THEM. II POLZUNOV
STATE UNIVERSITY – EDUCATION-SCIENCE-PRODUCTION COMPLEX
OREL REGIONAL CENTRE FOR ENERGY SAVING
JOINT-STOCK COMPANY ALEXANDROVSKYE MUNICIPAL NETWORKS
JOINT-STOCK COMPANY “ORELREGIONENERGY”
JOINT-STOCK COMPANY ORELSALESCOMPANY
JSC "MRSC CENTER" - "ORYOLENERGO"
DEPARTMENT OF “POWER EQUIPMENT AND ENERGY SAVING”
(State University – Education-Science-Production Complex)

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

1. Коновалов Борис Михайлович - председатель программного комитета, первый заместитель Губернатора и Председателя Правительства Орловской области
2. Качанов Александр Николаевич - зам. председателя программного комитета, д.т.н., профессор, академик АЭН РФ, исполнительный директор ГУ «ОрелРЦЭ», зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение» Госуниверситет – УНПК.
3. Жасимов Макар Мусаевич - д.т.н., профессор, председатель технического комитета "Машиностроение" Республики Казахстан
4. Иньков Юрий Моисеевич - д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик АЭН РФ, главный ученый секретарь АЭН РФ.
5. Хомутов Олег Иванович, д.т.н., профессор, академик международной академии высшей школы, ректор ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова».
6. Демидович Виктор Болеславович, д.т.н., профессор кафедры электротехнологической и преобразовательной техники ЛЭТИ им. В.И. Ульянова, академик–секретарь научно-отраслевого отделения № 6 АЭН РФ.
7. Dahlsveen Trond (Норвегия) - M. Sc., президент Energy Saving International AS
8. Jiří Kožený (Чехия) - Prof., Dr.-Ing., Westbomische Universitat Plzeň, Elektrotechnische Fakultät
9. Li Qingling (Китай) - Prof., Dipl.-Ing., Qingdao University of Chemical Technology, Department of Mechanical Engineering
10. Lupe Sergio (Италия) - Prof., Dr., University of Padova, Department of Electrical Engineering
11. Pahl Manfred H. (Германия) - Prof., Dr., Institute of Energy and Process Engineering Mechanical and Environmental Process
12. Sawicki Antoni (Польша) - Prof., Dr., Politechnika Częstochows, Samodzielny Zaklad Elektrotechnologii
13. Schulze Dietmar (Германия) - Prof., Dr. habil., Technische Universitat Ilmenau, Fachgebiet Elektrowarme
14. Рыжикова Елена Юрьевна - технический секретарь программного оргкомитета, ведущий инж. Центра эффективного энергосбережения Орловской области.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

1. Голенков Вячеслав Александрович – председатель оргкомитета, д.т.н., профессор, академик АПК РФ, лауреат Государственных премий РФ, ректор Госуниверситет – УНПК.
2. Степанов Юрий Сергеевич – зам. председателя оргкомитета, д.т.н., профессор, академик РИА и РАЕ, директор Научно-образовательного центра нанотехнологий Госуниверситет – УНПК.
3. Вакулко Анатолий Георгиевич – к.т.н., доцент, лауреат Государственной премии РФ, директор НТИЦ ЭТТ, Московский энергетический институт (ТУ).
4. Гамазин Станислав Иванович – д.т.н., профессор, Московский энергетический институт (ТУ).
5. Зенютич Евгений Аркадьевич – к.т.н., доцент, лауреат Премии Правительства РФ, директор НИИ энергоэффективных технологий Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева.
6. Кувалдин Александр Борисович – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик АЭН РФ, Московский энергетический институт (ТУ).
7. Летягин Александр Вячеславович – заместитель генерального директора – директор филиала ОАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»
8. Радченко Сергей Юрьевич – д.т.н., профессор, проректор по научной работе Госуниверситет – УНПК.
9. Тимохин Вячеслав Александрович – первый заместитель-главный инженер ОАО «Орелоблэнерго», доктор электротехники, заслуженный энергетик РФ.
10. Шумарин Валерий Федорович – генеральный директор ОАО «Александровские коммунальные системы», доктор электротехники.
11. Юрьев Юрий Николаевич – директор ОАО «Орелэнергосбыт».
12. Поландова Лидия Ивановна, к.э.н., начальник Управления научно-исследовательских работ Госуниверситет – УНПК.
13. Карнаухова Любовь Николаевна – технический секретарь оргкомитета, ведущий инж. Центра эффективного энергосбережения Орловской области.

PROGRAM COMMITTEE

1. Boris Mikhailovich Konovalov – Chairman of the Program Committee, First Vice-Governor and Deputy Chairman of Orel Regional Administration.
2. Alexander Nikolayevich Kachanov - Vice - Chairman (Russia), Ph.D., Professor, Academician of PSN RF, Executive Director of Orel RPSC, State University – Education Science Production Complex.
3. Makar Musyevich Zhasimov (Kazakhstan) - Ph.D., Professor, Chairman of the Technical Board "Mechanical Engineering" Kazakhstan
4. Yurji Moiseevich Inkov (Russia) - Ph.D., Professor, Honored Worker of Science of Russian Federation, Academician of PSN RF, Chief scientist, Secretary of APS RF
5. Oleg Ivanovich Homutov, Ph.D., Professor, Academician of the international academy of the higher school, Rector FGOU VPO «Altay state technical university to them I.I.Polzunov».
6. Viktor Boleslavovich Demidovich, doctor of technical sciences, professor, chair of electro technological and converter equipment LETI named after V.I. Uljanov, academician-secretary of scientific-branch division № 6 AEN RF
7. Dahlsveen Trond (Norway) - M.Sc. President of Energy Saving International AS
8. Jiri Kozeny (Czech Republic) - Prof, Dr.-Ing., Westboemische Universitaet Plzen, Elektrotechnische Fakultaet
9. Li Qingling (China) - Prof., Dipl.-Ing., Qingdao University of Chemical Technology, Department of Mechanical Engineering
10. Lupe Sergio (Italy) - Prof, Dr., University of Padova, Department of Electrical Engineering
11. Pahl Manfred H. (Germany) - Prof, Dr., Institute of Energy and Process Engineering Mechanical and Environmental Process
12. Sawicki Antoni (Poland) - Prof., Dr., Politechnika Czestochows, Samodzielny Zaklad Elektrotechnologii
13. Schulze Dietmar (Germany) - Prof, Ph.D., habil., Technische Universitaet Ilmenau, Fachgebiet Elektrowaerme
14. Elena Yurievna Ryzikova, technical Sekretary of programming Organizing Committee, leading engineer of Orel region effective enegy saving Center

ORGANIZING COMMITTEE

1. Vyacheslav Alexandrovich Golenkov, Chairman, Ph.D., Professor, Academician of APK RF, State Prize Laureate in science and engineering of RF, Rector of State University – Education Science Production Complex.
2. Yury Sergeyeovich Stepanov - Deputy - Chairman (Russia), Ph.D., Professor, State Prize Laureate, Prorektor of State University – Education Science Production Complex for Scientific Work.
3. Anatoly Georgievich Vakulko - Can.Sc, Assistant Professor, State Prize Laureate, Moscow Power Institute (TU).
4. Stanislav Ivanovich Gamazin - Ph.D., Professor, Moscow Power Institute (TU).
5. Yevgeny Arkadievich Zenyutich - Can. Sc, Assistant Professor, State Prize Laureate, Executive Director of Nizhegorodsky Regional Center of Energy Saving.
6. Alexander Borisovich Kuvaldin - Ph.D., Professor, Academician of PSN RF, Moscow Power Institute (TU).
7. Aleksandr Vyacheslavovich Letyagin – Deputy chief director – branch director of OJSC “MRSK Centr – Orelenergo”
8. Sergey Yurievich Radchenko - doctor of technical sciences, professor, Prorektor for Research of State University ESPC
9. Vyacheslav Alexandrovich Timokhin – Chief Engineer of joint-stock company «Orelenergo», Honorary Freeman of Orel town, Doc. El.Sc.
10. Valeriy Fedorovich Shumarin - Director of Company “Aleksandrovsky municipal systems” LTD, Doc. Sc.
11. Yury Nikolayevich Yurev – Director of company “Orel company for energysale” LTD.
12. Lidiya Ivanovna Polandova, Chief of Dep for Research Work of State University – Education Science Production Complex.
13. Lubov Nikolaevna Karnauchova, technical Sekretary of programming Organizing Committee, leading engineer of Orel region effective enegy saving Center

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

1. Проблемы и перспективы в области энерго- и ресурсосбережения
2. Энергоэффективность систем электроснабжения и направления их развития
3. Энергосберегающие электротехнологические процессы и установки
4. Энергосберегающие машиностроительные технологии и оборудование
5. Энерго - и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе
6. Управление энерго- и ресурсосбережением на промышленных предприятиях
7. Автоматизированные системы управления – эффективные средства энерго- и ресурсосбережения

SCIENTIFIC LINES

1. Problems and prospects in the field of energy- and resource saving
2. Energy effectiveness of power supply systems and lines of their development
3. Energy saving electro-technological processes and equipment
4. Energy saving machine building technologies and equipment
5. Energy- and resource saving in agricultural complex
6. Energy and resource saving control in industry
7. Automated management systems – effective energy and resource saving facilities

СЕКЦИЯ № 1. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.

Руководители:

Злобин Николай Васильевич, заместитель Председателя Правительства области, руководитель блока инфраструктуры;

Шумарин Валерий Федорович, доктор электротехники, генеральный директор ОАО «Александровские коммунальные системы».

УДК 621.311

АНАЛИЗ ПОМЕХООБРАЗОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Цырук С.А., Янченко С.А.
Россия, Москва, НИУ «МЭИ»

В статье исследуются симметричные (СМ) кондуктивные электромагнитные помехи (ЭМП) от бытовой электронной нагрузки, в частности от персональных компьютеров (ПК). Высокое насыщение бытовых распределительных сетей нагрузками с импульсными источниками питания (ИИП) вызывает трудности в обеспечении электромагнитной совместимости (ЭМС) и энергоэффективности. При моделировании СМ ЭМП от ИИП ПК анализируются высокочастотные (ВЧ) эквивалентные схемы, получают математическое описание коммутационных ЭМП.

This paper considers the differential-mode (DM) electromagnetic interference (EMI) current flow, produced by household electronic loads, especially by personal computers (PC). High abundance of loads, using switch mode power supplies (SMPS), in low voltage distribution systems arouses problems of electromagnetic compatibility (EMC) and energy efficiency. To model conductive DM EMI, generated by PC SMPS, equivalent high frequency circuits of SMPS are analyzed, analytical equations of voltage switching patterns are derived.

В современных ИИП повышение КПД достигается за счет роста частоты работы силовых активных элементов, что приводит к появлению ЭМП высокого уровня (~100 дБ/мкВ) и широкого спектра ($10^3 - 10^6$ Гц). Проблема обеспечения ЭМС бытовых электроприемников (ЭП) с ИИП, в частности ПК, заключается в снижении восприимчивости самого прибора к внешним ЭМП за счет установки ВЧ-фильтров, а также в сведении к минимуму внутренних помех, генерируемых в нормальных режимах работы схемы [1]. Уровни кондуктивных ЭМП нормируются ГОСТ 30428-96 [2].

ИИП ПК являются источниками интенсивных ЭМП, влияя на работу прочих бытовых ЭП, подключенных к общей питающей сети. Кондуктивные помехи проникают в первичную сеть через паразитные индуктивные и емкостные связи разделительного трансформатора, дросселей и конденсаторов фильтров, общий заземляющий контур, а также соединительные провода, и могут приводить к таким негативным последствиям как:

1. Сбои и ошибки в работе телекоммуникационного оборудования и радиоаппаратуры.

2. Старение и износ входных фильтров ЭП, вызванные низкочастотными компонентами в спектре ЭМП.

3. Резонансные явления и автоколебания в цепях ЭП от ЭМП, наводимых в питающих кабелях оборудования.

В данной статье рассматриваются СМ ЭМП, генерируемые при обычных коммутациях силовых элементов ИИП и представляющие собой скачки и импульсы напряжения, которые иногда сопровождаются резонансными колебаниями в паразитных LC-контурах. На рисунке 1 представлена эквивалентная ВЧ-схема ИИП ПК, состоящая из силовой части (СЧИП) на основе полумостового инвертора, мостового выпрямителя с емкостным фильтром (МВЕФ), подключенных к сети через эквивалент сети (ЭС). При составлении данной схемы были приняты следующие допущения:

1. Биполярные транзисторы S_1, S_2 и диоды Шоттки D_1, D_2 во включенном состоянии замещаются участками с нулевым сопротивлением; в выключенном состоянии транзисторы замещаются емкостями перехода C_C , диоды - обрывом.

2. Сопротивления обмоток и паразитные емкости первичной и вторичных обмоток трансформатора не учитываются. Коэффициент трансформации много больше единицы, паразитные емкости вторичных обмоток малы по сравнению с емкостью C_S первичной обмотки и ими можно пренебречь.

3. Для ВЧ пульсаций паразитные параметры емкостных фильтров и выходного сглаживающего дросселя, а именно паразитные индуктивности l_{Cf}, l_C и емкость C_L , представляют гораздо меньшее сопротивление, чем их основные параметры емкости C_f, C и индуктивность L соответственно.

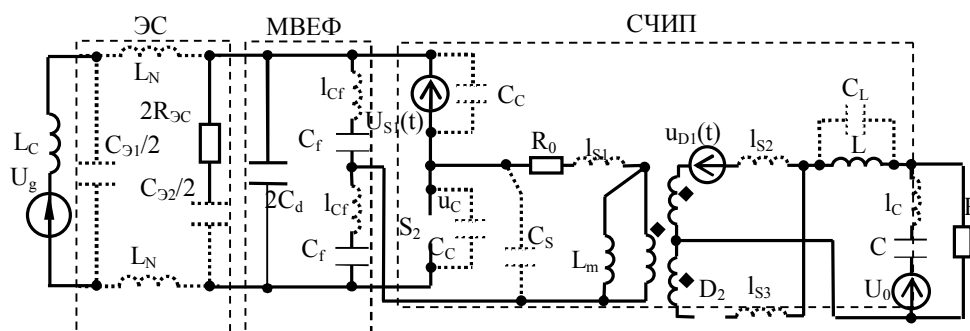


Рис. 1. ВЧ эквивалентная схема ИИП ПК

Для получения математических выражений, описывающих переходные напряжения на транзисторах и диодах после выключения и включения транзистора (рисунок 2), СЧИП анализируется отдельно, после чего транзисторы и диоды замещаются источниками напряжения помехи и рассчитывается напряжение на измерительном резисторе $R_{ЭС}$ ЭС. При нормальной работе схемы перенапряжения на транзисторах S_1, S_2 и диодах D_1, D_2 возникают в двух случаях: при выключении и включении транзисторов [3].

В первый момент после выключения транзистора на интервале $(DT, DT+\Delta t)$ его паразитная емкость C_C перехода начинает заряжаться до величины $U_g/2$ (этап 1, рисунок 2). При этом напряжение на первичной обмотке трансформатора становится равным нулю, тем самым к диоду D_1 прикладывается нулевое напряжение и он открывается, меняя структуру схемы и начиная этап 2 переходного процесса. Включение диода создает новый контур для протекания тока, вызывая перераспределение энергии между паразитными индуктивностями вторичных обмоток на интервале $(DT+\Delta t, T/2)$; образуется резонансный контур (этап 2, рисунок 2), состоящий из индуктивностей рассеяния трансформатора и паразитной емкости дросселя.

$$u_{S1}(t) = \begin{cases} \frac{I_{ce}}{C_{\Sigma}} t, t \in (DT, DT + \Delta t), \Delta t = \frac{U_g C_{\Sigma}}{2I_{ce}}, \\ \frac{U_g}{2} + \frac{I_{ce}}{C_{\Sigma}} e^{-\delta_1 t} \sin \omega_1 t, t \in (DT + \Delta t, T/2), \delta_1 = \frac{R}{2I_{S1} + n^2 I_{S2}}, \omega_1 \approx \frac{1}{\sqrt{(2I_{S1} + n^2 I_{S2}) C_{\Sigma}}}. \end{cases}$$

$$u_{D1}(t) = -\frac{U_g}{n} + \frac{2I_{ce}}{n^2 C_{\Sigma}} t, t \in (T/2 + DT, T/2 + DT + \Delta t).$$

В общем случае переходной процесс состоит в линейном росте напряжения на первичной обмотке трансформатора и, соответственно, обратного напряжения на диоде, вызывая его отключение; а также в резонансных колебаниях от контура, образованном паразитными индуктивностями вторичной обмотки и емкости дросселя. Однако скорость роста напряжения на первичной обмотке достаточно велика, чтобы считать этот рост мгновенным и рассматривать только резонансные колебания на интервале $(T/2, T/2+DT)$.

$$u_{D1}(t) = -\frac{U_g}{np} + \frac{2I_{S1} n I_{ce}}{C_L I_{\Sigma}} e^{-\delta_2 t} \sin \omega_2 t, t \in (T/2, T/2 + DT), \delta_2 = \frac{R_d}{2I_{\Sigma}}, \omega_2 \approx \frac{1}{\sqrt{I_{\Sigma} C_L}}.$$

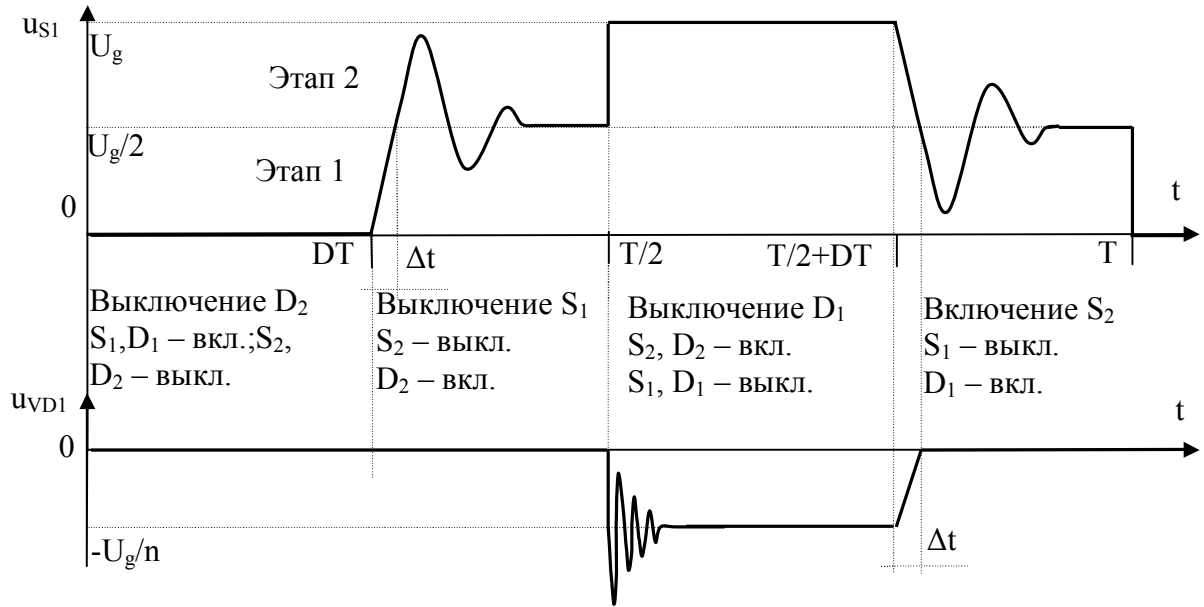


Рис. 2. Кривые напряжения помех на транзисторе и диоде

Пользуясь теоремой задержки, получают общие выражения для напряжений на транзисторе и диоде в частотной области:

$$U_{S1}(p) = \frac{U_{C1}(p)}{1 - e^{-pT}} = \frac{1 - e^{-pT/2}}{1 - e^{-pT}} \left[\frac{I_{ce}}{C_{\Sigma}} \frac{1}{p^2} e^{-pDT} (1 - e^{-p\Delta t}) + \frac{I_{ce}/C_{\Sigma}}{(p + \delta_1)^2 + \omega_1^2} e^{-p(DT + \Delta t)} + \frac{U_g}{2p} e^{-pT/2} \right],$$

$$U_{D1}(p) = \frac{U_{VD1}(p)}{1 - e^{-pT}} = \frac{1}{1 - e^{-pT}} \left[-\frac{U_g}{np} e^{-pT/2} + \frac{2I_{S1} n I_{ce}}{C_L I_{\Sigma}} \frac{\omega_2}{(p + \delta_2)^2 + \omega_2^2} e^{-p(T/2)} + \frac{2I_{ce}}{n^2 C_{\Sigma}} \frac{1}{p^2} e^{-p(T/2 + DT)} (1 - e^{-p\Delta t}) \right].$$

Используя данные выражения, с помощью метода контурных токов можно рассчитать напряжение помехи на измерительном сопротивлении $R_{ЭС}$ ЭС (рисунок 1). Сравнение результатов теоретического и компьютерного моделирования с нормами ГОСТ будет рассмотрено в одной из следующих работ.

Литература

1. Мкртчян Ж.А. Основы построения устройств электропитания ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1990.
2. ГОСТ 30428-96 Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от аппаратуры радиосвязи. Нормы и методы испытаний.
3. Harada K., Ninomiya T. (1977) Noise generation of a switching regulator. IEEE Transactions on aerospace and electronic systems, vol. AES-14, NO.1, January 1978.

Цырук Сергей Александрович, к.т.н., доцент, НИУ «МЭИ», зав. кафедрой ЭПП, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д.14. каф. ЭПП, e-mail: TsyrukSA@mpei.ru, тел.: 362 73 86.

Янченко Сергей Александрович, аспирант, НИУ «МЭИ», инженер каф. ЭПП, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д.14. каф. ЭПП, e-mail: Yanchenko_SA@mail.ru, тел.: 362 73 86.

УДК 620.9:658.5(075.8)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Николаев Ю.Е., Дубинин А.Б.,
Осипов В.Н., Мракин А.Н.**

Россия, г. Саратов, Саратовский ГТУ им. Гагарина Ю.А.

Сформулированы основные принципы реконструкции системы теплоснабжения, приведены ожидаемые экономические показатели разработки перспективной схемы теплоснабжения города.

The basic principles of reconstruction of system of a heat supply are formulated, expected economic indicators of development of the perspective scheme of a heat supply of the city are given.

Существующие системы централизованного теплоснабжения многих городов РФ постепенно деградируют, что проявляется в низких показателях тепловой экономичности источников, тепловых сетей и систем теплопотребления. Из-за повреждений в сетях и недостаточного резервирования надежность систем теплоснабжения низкая, в летний период жители городов остаются без горячего водоснабжения. Указанные проблемы, в последние 15-20 лет, вызваны отсутствием достаточных финансовых ресурсов для технического перевооружения всех звеньев теплового хозяйства. В условиях непрерывного роста тарифов на топливо, энергию, оборудование и строительно-монтажные работы, отдельные системы теплоснабжения отпускают тепловую энергию потребителям по тарифам ниже себестоимости, получая дотации из различных бюджетов. В этих условиях важным является проведение энергетических обследований систем и разработка программ их развития. С учетом увеличения объемов потребления электроэнергии, теплоты, газа, воды и образующихся отходов в городском хозяйстве на перспективу такие программы получили название комплексного развития коммунальной инфраструктуры городов (ПКР) [1].

При разработке программы развития системы теплоснабжения города на период 5-15 лет, необходима информация о перспективных тепловых нагрузках, показателях тепловой и экономической эффективности существующих источников и

сетей, возможности их расширения и совершенствования, а так же о системах газоснабжения, водоснабжения и электроснабжения, загазованности жилых районов. На основании полученной информации намечаются варианты по реконструкции системы. Здесь приоритет следует отдавать использованию передовых технологий, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей систем: внедрение когенерационных установок на базе газопоршневых и газотурбинных двигателей, замена котельного оборудования на энергоэффективное, обоснование централизации теплоснабжения, сооружение новых и замена существующих сетей из предизолированных труб заводского изготовления, применение местных тепловых пунктов с независимой схемой присоединения отопительной нагрузки, автоматизированных систем управления и учета расхода энергоносителей. Указанные направления преобразования систем теплоснабжения являются известными, вместе с тем в условиях существующей застройки города не все мероприятия могут быть реализованы по причине различных ограничений. К ним относятся загазованность районов продуктами сгорания, невозможность прокладки новых сетей из-за наличия коммуникаций, ограниченность площадок для размещения когенерационных установок и др. Когенерационные установки с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии целесообразно сооружать на окраине городской черты с подключением к ним перспективной тепловой нагрузки и выдачей электроэнергии в энергосистему. Существующие старые котельные необходимо реконструировать с установкой энергоэффективного оборудования и заменой сетей. Следует предусматривать взаимное резервирование отдельных систем теплоснабжения и возможность передачи тепловой нагрузки горячего водоснабжения в летний период от котельных на когенерационные установки с целью максимальной загрузки и повышения их эффективности.

Указанные принципы использованы при разработке перспективной схемы теплоснабжения города с населением 350 тыс. чел, расположенного в Южном Федеральном округе. Здесь рекомендовано сооружение двух газотурбинных ТЭЦ (ГТ-ТЭЦ) электрической мощностью по 36 МВт и одной ТЭЦ с газопоршневыми двигателями (ГПД) электрической мощностью 3 МВт с подключением к ним тепловой нагрузки новых жилых районов и выводимых из эксплуатации котельных. На сохраняющихся котельных предусмотрена замена физически изношенных котлов и строительство новых модульных котельных.

На основании проведенного технико-экономического сопоставления вариантов можно сделать вывод, что модернизация котельных позволит получать суммарный годовой экономический эффект ~116 млн. руб./год и годовую экономию ТЭР порядка 349,59 т у т при среднем сроке окупаемости установленного оборудования – 3-5 лет.

Согласно [2] необходимо выделение двух основных этапов краткосрочного планирования - 5 лет и долгосрочного – 15 лет. Для покрытия перспективных тепловых нагрузок предполагается строительство новых котельных к 2015 г. суммарной тепловой мощностью 74,8 Гкал/ч стоимостью 325 млн. руб. и к 2025 г. – 26 Гкал/ч стоимостью 112 млн. руб.

Расчеты годовых количественных ГТ-ТЭЦ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количественные показатели ГТ-ТЭЦ

Показатель, ед. изм.	ГТ-ТЭЦ №1	ГТ-ТЭЦ №2
1. Электрическая мощность, МВт	36,0	36,0
2. Тепловая нагрузка, Гкал/ч	160,0	88,8
3. Отпущенная электрическая энергия, млн. кВт·ч/год	290,7	292,3
4. Отпущенная тепловая энергия, тыс. Гкал/год	408,90	243,33
5. Отпуск теплоты от котлов-утилизаторов, тыс. Гкал/год	332,4	152,7
6. Отпуск теплоты от пиковых котлов, тыс. Гкал/год	76,5	103,4
7. Расход топлива ГТУ, млн. кг у т/год	117,0	107,9
8. Расход топлива пиковыми котлами, млн. кг у т/год	15,6	14,8

Экономия затрат при комбинированной выработке электрической и тепловой энергии на ГТ-ТЭЦ №1 и №2 по сравнению с приобретением электроэнергии из энергосистемы и собственного производства теплоты в низкоэкономичных котельных составит в ценах 2012 г. около 1,7 млрд. руб. в год. Реализация строительства двух ГТ-ТЭЦ потребует увеличения потребления природного газа в размере 100,7 млн. м³/год. Стоимость источников тепловой энергии и сетей составляют: по ГТ-ТЭЦ №1 – 1404,00 и 104,12 млн. руб.; по ГТ-ТЭЦ №2 – 1404,00 и 243,2 млн. руб. Тариф на электроэнергию среднего напряжения (6-10 кВ) с учетом удорожания в 2012 г. принят в размере 2,7 руб./кВт·ч, на тепловую энергию на выходе из новых тепловых сетей с учетом сохранения части распределительных и квартальных теплопроводов – 735 руб./Гкал. Стоимость природного газа оценена с учетом удорожания его в 2012 г. – 4,12 руб./м³. Условно постоянные эксплуатационные затраты в ГТ-ТЭЦ и в тепловые сети определены с учетом отчислений на амортизацию, ремонты, обслуживание и прочие издержки. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технико-экономические показатели системы теплоснабжения от ГТ-ТЭЦ

Показатель, единицы измерения	Сооружение источников и тепловых сетей	
	ГТ-ТЭЦ №1	ГТ-ТЭЦ №2
1. Топливная составляющая эксплуатационных затрат, млн. руб./год	490,6	399,2
2. Годовые условно постоянные затраты по ГТ-ТЭЦ, млн. руб./год	239,3	239,3
3. Годовые условно постоянные затраты по тепловым сетям, млн. руб./год	8,3	19,5
4. Годовая стоимость перекачки сетевой воды, млн. руб./год	25,7	15,3
5. Себестоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	2,1	1,82
6. Себестоимость теплоты, руб./Гкал	350,4	519,6
7. Удельный расход топлива на выработку электроэнергии, г у т/кВт·ч	320	258
8. Удельный расход топлива на выработку теплоты, кг у т/Гкал	91	133,6
9. Интегральный эффект за 15 лет, млн. руб.	1342,1	1077,9
10. Индекс доходности, %	2,5	1,65
11. Внутренняя норма доходности, %	0,22	0,18
12. Срок окупаемости, лет	5,8	8,5

Заключение

С разработкой ПКР коэффициент полезного использования теплоты топлива увеличивается с 75% в 2011 г. до 84% в 2025 г.; коэффициент эффективности транспорта теплоты (КПД тепловой сети) при 10% замене трубопроводов и изоляции возрастает до 95%. Эффективность когенерации выражается экономией затрат на покупку электроэнергии и производство теплоты в размере 1789,5 млн. руб./год при этом системная экономия топлива от комбинированной выработки электроэнергии и теплоты составляет 29,2 тыс. т у т/год.

Литература

1. Приказ Минрегионразвития РФ от 06 мая 2011 г. №204 «О разработке программ комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры муниципальных образований».
2. Постановление Правительства РФ от 22 февраля 2012 г. №154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения».

Николаев Юрий Евгеньевич, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, доктор технических наук, профессор кафедры теплоэнергетики, (8452) 99-87-47, e-mail: niko00949@mail.ru;

Дубинин Александр Борисович, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, (8452) 99-87-47, e-mail: dubininsar@mail.ru;

Осипов Валерий Николаевич, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, (8452) 99-87-47, e-mail: termo@sstu.ru;

Мракин Антон Николаевич, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77, ассистент кафедры промышленной теплотехники, (8452) 63-89-13, e-mail: anton1987.87@mail.ru.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРМАНСКОГО ОПЫТА В ПОСТРОЕНИИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ СИСТЕМ

Кудрин Б.И., Губанов М.М.
Россия, Москва, НИУ МЭИ

Проведено исследование энергонезависимых зданий, построенных в Германии, с анализом конструктивных особенностей и систем жизнеобеспечения. Выявлены основные технические параметры и даны рекомендации к применению в России.

The study of volatile buildings constructed in Germany, with an analysis of design features and life support systems. The main technical parameters and recommendations for use in Russia.

Проблема энергетической безопасности в наше время становится все более актуальной. Человек приучил себя к использованию электрических приборов, которых сегодня в обычном домашнем хозяйстве находится свыше 80-ти единиц, использованию централизованной системы тепло-, газо-, водо- и электроснабжения, без которых комфортное существование сейчас немислимо. Несмотря на упрощение способов получения энергии, развитие сетевой инфраструктуры, введение рыночных отношений в монополизированной энергетической отрасли цены на услуги ЖКХ продолжают расти. Согласно «Прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на 2012 год и плановый период 2013 и 2014 год» тарифы для населения на электроэнергию, газ и тепло будут увеличиваться на 6-15 % ежегодно. Таким образом, малый потребитель вынужден искать альтернативу традиционным источникам энергии. В первую очередь, это необходимо для энергоснабжения частных

жилых домов, объектов сельского хозяйства и туризма, расположенных вдали от централизованных систем энергоснабжения.

Европейские страны, как территориально зависимые от внешних поставок сырья, были вынуждены гораздо раньше искать альтернативные решения для обеспечения собственной энергетической безопасности и в настоящее время обладают передовыми технологиями в области энергосбережения, применения возобновляемых источников энергии и управления децентрализованной системой энергоснабжения, где каждый потребитель за счет собственной мини-генерации на основе ВИЭ может самостоятельно покрывать нагрузку, а излишки отдавать в общую сеть. Создание таких систем активно стимулируется государством и приводит к снижению затрат на энергоносители для населения, улучшению экологии за счет отказа от использования углеводородного сырья и ослабление зависимости государства от экспортных поставок топлива.

На основании данных о потреблении ресурсов в Германии определено, что в среднестатистическом частном доме расход энергии распределяется следующим образом: 77,8 % энергии используется для отопления, 10,5 % идет на подогрев воды, 6,6 % потребляют электрические приборы, 3,7 % необходимо для приготовления пищи и только 1,4 % для освещения в помещении. Следовательно, с целью снижения суммарного расхода энергии в доме и создания энергонезависимой системы жизнеобеспечения необходимо в первую очередь минимизировать тепловые потери и обеспечить эффективность потребления электроэнергии бытовыми приборами.

В настоящей работе проводится исследование существующих в Германии автономных систем, успешно реализуемых с начала 80-х годов благодаря созданию и развитию технологий «пассивного» (нем. *Passivhaus*) и «интеллектуального» дома (англ. *Smart Home* или нем. *Intelligentes Wohnen*).

В архитектуре таких зданий предусматривается ориентация на юг и большая площадь остекления рабочих комнат для пассивного использования энергии дневного света. В северной части здания желательно размещать хозяйственные помещения, межэтажную лестницу, кладовую, избегать окон и максимально изолировать внешнюю стену. На крыше дома размещаются солнечные коллекторы и фотогальванические элементы, поэтому скат должен быть ориентирован на юг с наклоном для средней части Европы 30-40 градусов.

При строительстве предъявляются более высокие требования к тепловой изоляции здания, коэффициент теплопередачи (*U-Wert*) которой не должен превышать 0,15 Вт/(м²·К). Окна выбираются с коэффициентом теплопередачи меньше 0,8 Вт/(м²·К), при этом коэффициент передачи солнечной энергии через стекло (*g-Wert*) должен быть более 70 %. Конструкция здания должна исключать тепловые мосты, а строительные элементы должны иметь величину воздухообмена не более 0,6 ч⁻¹ при перепаде давления 50 Па.

Система жизнеобеспечения каждого дома индивидуальна и зависит от многих факторов, к которым относятся климатические условия в месте строительства, территориально доступные ресурсы и хозяйственное предназначение здания. Однако, на основании информации о реализованных проектах, можно выделить характерные особенности.

Для нагрева воды, в большинстве случаев, применяется система солнечных коллекторов, которые в зависимости от конструкции могут достигать КПД 70-85 %. В среднем для Германии полученная от одного квадратного метра площади коллектора энергия составляет до 400-600 кВтч в год. В результате теплообмена с абсорбентом коллектора теплоноситель нагревается до температуры 40-45 градусов. С помощью циркуляционного насоса через систему труб он передается по замкнутому циклу, проходящему через нижнюю часть вертикально установленного в подземной части здания бака с водой. Отбор воды для использования осуществляется в верхней более

нагретой через конвекцию части бака. В холодный период бак дополнительно нагревается посредством включения газового, электрического или топочного подогрева. В обычном частном доме требуется установка 1,5-2 м² площади коллектора на человека, что соответствует 50 литрам воды. Трубы с горячей водой максимально изолируются и проводятся только по отапливаемой части здания. Технические параметры циркуляционного насоса и регулирующей техники должны обеспечивать минимум потребления электроэнергии.

Для поддержания внутреннего климата устанавливается система вентиляции с рекуперацией тепла более 75 %. при этом установка должна обладать низким потреблением электроэнергии, не более 0,4 Вт на кубический метр отработанного объема воздуха. Через теплообменный аппарат в почвенном грунте можно дополнительно повысить температуру поступающего воздуха в зимний период или снизить в летний, что приводит к большей эффективности системы и комфорту в помещении. Теплообменник выполняется в виде системы бетонных или пластмассовых труб диаметром 150-200 мм, которые проходят под землей на глубине свыше 1,5 метров. Для эффективного теплообмена суммарная протяженность коммуникаций составляет не более 30 метров.

Оптимизированное с помощью управляющей техники использование дневного света позволяет снизить потребление электроэнергии на освещение. Регулирование осуществляется с помощью рефлекторных и призматических систем, которые автоматически по заданным параметрам изменяют интенсивность освещения в комнате. В вечерние часы используются энергосберегающие люминесцентные или светодиодные лампы.

Электроснабжение дома базируется на применении фотогальванических установок, преобразующих энергию солнечного излучения в постоянный электрический ток, который посредством инвертора становится переменным стандартного напряжения. Коэффициент полезного действия в зависимости от типа модуля может составлять 10-25 %, что при среднегодовой интенсивности солнечного излучения в Германии около 1000 кВтч/м² соответствует производству электроэнергии до 250 кВтч на 1 м² площади установки в год. Наиболее эффективными являются модули на основе арсенида галлия (GaAs), однако по причине низкой стоимости больше распространены установки на основе аморфного или монокристаллического кремния (Si) с КПД 15-17 %. При увеличении собственной температуры на 1 градус фотогальванические установки теряют около 0,5 % своей мощности, поэтому одним из средств повышения эффективности системы является проведение вентиляционных труб под солнечными модулями на крыше здания. Это позволяет нагревать воздух и одновременно охлаждать модули.

В зависимости от потребности в электроэнергии могут дополнительно устанавливаться ветроэнергетические установки малой мощности, высокоэффективные блочные электростанции на жидком и твердом топливе, а также на биомассе.

Для сохранения электроэнергии используются аккумуляторные батареи или электролизные установки. В последних посредством подачи напряжения вода с КПД процесса 70-80 % разделяется на водород и кислород, которые закачиваются в специальные баки вне здания под давлением 30 бар. Когда в солнечные часы система избыточна, электроэнергия расходуется на электролиз воды. При дефиците водород и кислород поступают в топливный элемент, где через их химическое взаимодействие, подобно гальваническому элементу, вырабатывается электроэнергия с КПД 50-60 %. Чистый водород также используется для приготовления пищи и отопления здания.

Для достижения максимальной эффективности перед строительством дома вся энергосистема предварительно моделируется в специальных программах. Наблюдение и управление в процессе эксплуатации осуществляется с помощью компьютера, на который поступает информация о параметрах системы с более 100 точек измерения.

Стоимость сооружения описанных полностью автономных систем в настоящее время очень велика и достигает для некоторых объектов миллиона Евро. Однако необходимо отметить тенденцию к снижению цены фотогальванических установок, солнечных коллекторов и всех комплектующих систем в связи с их масштабным производством. Европейское правительство активно содействует развитию подобных проектов и может компенсировать до 70 % их стоимости через различные федеральные программы. Также существуют обязательные надбавки за произведенную для собственных нужд электрическую и тепловую энергию, освобождение от налогов на энергоносители, недвижимость и экологию в целях поддержания подобных стандартов строительства, льготное кредитование в банках и отсутствие тарифной платы.

Рассмотренные системы являются доказательством возможности полной энергонезависимости и обеспечения за счет ВИЭ. При этом важно отметить, что даже частичное применение описанных технологий в строительстве и энергоснабжении объектов централизованного обеспечения позволит значительно снизить затраты на сетевое строительство, уменьшить расход первичных энергоресурсов и улучшить климатическую ситуацию в регионе.

Литература

1. Astrid Schneider. Solararchitektur für Europa. Birkhäuser: Basel; Boston; Berlin. 1996.
2. Judith Schuck. Passivhäuser. Bewährte Konzepte und Konstruktionen. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, 2007.
3. Wolfgang Freist. Passivhaus Projektierungs-Paket PHPP. Version 4. Passivhaus Institut, Darmstadt. 2002.

Кудрин Борис Иванович, д.т.н., проф., кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий» (ЭПП) НИУ МЭИ, сайт: www.kudrinbi.ru.

Губанов Максим Михайлович, аспирант кафедры ЭПП НИУ МЭИ, тел.: +7(903)226-05-13, e-mail: sllaven@inbox.ru

УДК [69+699.8](0.83.74)

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ИЗОЛЯЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Горшенин В.П.

Россия, Орел, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет -УНПК»

Шумарин В.Ф.

Россия, г Александровск, ОАО «АКС»

Решение задачи проведено с использованием в качестве критерия оптимальности минимума полных затрат на поддержание требуемого теплового состояния теплоносителя. В качестве оптимизируемой величины принята толщина слоя изоляции. Отдельные члены формулы полных затрат представлены как функции от оптимизируемой величины и, соответственно, получена целевая функция в виде квадратного многочлена. Первая производная от целевой функции представляет собой кубический многочлен. В результате решения кубического уравнения находится экономически целесообразное значение толщины слоя изоляции. Кубическое уравнение предложено решать с использованием формулы Кардано или метода Ньютона.

The problem solution is done by applying as optimality criterion the minimum of full expenditures on supporting the required heat condition of a coolant. The insulation layer thickness is taken as an optimize value. Some of the members of total expenditures formula are presented as functions from optimize value and correspondingly goal function in the form of quadratic polynomial; is obtained. The first order derivative from goal function is a cubic polynomial. As a result of cubic polynomial equation is economically rational value of insulation layer thickness. Cubic equation is suggested to be solved by applying already used Cardano formula or by Newton's method.

Целью данного исследования является обобщение и дальнейшее развитие аналитического аппарата технико-экономического метода оптимизации толщины слоя изоляции теплопроводов тепловой сети СЦТ.

Подобное исследование применительно к непрозрачным элементам ограждения зданий (стенам и перекрытиям) проведено в [1]. Непрозрачные элементы ограждения зданий – это многослойные плоские стенки.

Теплопровод – это многослойная цилиндрическая стенка, состоящая обычно из таких слоев как стальная труба (m), антикоррозионное покрытие (a), тепловая изоляция (u), защитное покрытие (z). Площадь сечения f_i i -того слоя цилиндрической стенки определяется известным образом:

$$f_i = \pi(d_{2i}^2 - d_{1i}^2) / 4 = \pi(d_{1i}\delta_i + \delta_i^2), \text{ м}^2, \quad (1)$$

где $\pi=3,14$; $i=m, a, u, z$; d_{1i}, d_{2i} – соответственно, внутренний и наружный диаметры слоя, м; δ_i – толщина слоя, м.

В связи с тем, что математическое описание механизма распространения теплоты в плоской и цилиндрической стенках не одинаково, то целевые функции оптимизации применительно к ограждениям зданий и теплопроводам тепловых сетей имеют, естественно, различный вид. С этим собственно и связана необходимость решения задачи оптимизации сопротивления теплопередачи R теплопроводов.

В качестве параметра оптимизации в решаемой задаче принимается толщина δ_u слоя изоляции на поверхности стальной трубы теплопровода.

Существующие подходы к решению задачи оптимизации толщины теплозащитных элементов проанализированы в [1].

Анализ литературных источников [2, 3] показывает, что толщина слоя изоляции δ_u на поверхности трубопроводов тепловой сети в общем случае может быть определена исходя из требования обеспечения:

- нормированного значения линейной плотности теплового потока (удельной линейной потери теплоты) q_l ;
- заданного значения перепада температуры теплоносителя по длине теплопровода Δt ;
- допустимого значения температуры наружной поверхности теплопровода t_3 ;
- минимума полных затрат π на поддержание требуемого теплового состояния теплоносителя.

Основной метод определения толщины слоя изоляции теплопровода – это технико-экономический метод, использующий в качестве критерия принятия решения минимум полных затрат π [1, 4, 5].

В рамках остальных трех методов осуществляется проверка соответствия полученного технико-экономического решения требованиям энергосбережения, качества теплоснабжения и техники безопасности.

Соответственно, решение рассматриваемой задачи проводится с использованием в качестве критерия оптимальности минимума полных затрат π . При этом величина π имеет вид [1, 4, 5]:

$$\pi = K + T_3 C, \quad (2)$$

где π – полные затраты на поддержание требуемого теплового состояния теплоносителя, циркулирующего через теплопроводы тепловой сети, руб/м; K – капитальные вложения (единовременные затраты) в теплопроводы, руб/м; T_3 – срок эксплуатации (службы) трубопроводов тепловой сети, год; C – ежегодные эксплуатационные (текущие) затраты, обусловленные потерей теплоты путем теплопередачи через стенку теплопроводов, руб/(м год).

Если отдельные члены формулы (2) выразить через оптимизируемый параметр δ_u , то она принимает смысл целевой функции в решаемой задаче. При этом величина K в формуле (2) первоначально может быть представлена следующим образом:

$$K = C_{cmp} + \Pi_{mp} + \beta_a \Pi_a f_a + \beta_u \Pi_u f_u + \beta_3 \Pi_3 f_3, \quad (3)$$

где C_{cmp} – стоимость строительно-монтажных, ремонтных, демонтажных и пр. работ при прокладке и эксплуатации теплопроводов, руб/м; Π_{mp} – стоимость трубопроводов, руб/м; $\Pi_{mp} = \Pi_{mб} + \Pi_{об}$; $\Pi_{mб}$ – цена 1 м трубы, руб/м; $\Pi_{об}$ – стоимость сопутствующего оборудования трубопроводов (запорной арматуры, фасонных изделий, компенсаторов, подвижных опор и пр.), руб/м; $\beta_u, \beta_a, \beta_3$ – поправочные коэффициенты, учитывающие различие в сроках службы стальных трубопроводов и их изоляции, а также антикоррозионного и защитного покрытий; $\beta_u = T_3 / T_u$; $\beta_a = T_3 / T_a$; $\beta_3 = T_3 / T_3$; T_u, T_a, T_3 – тоже, что и в выражении (2); T_u, T_a, T_3 – сроки службы, соответственно, тепловой изоляции, антикоррозионного и защитного покрытий, год; Π_a, Π_u, Π_3 – цена 1 м³ соответственно, антикоррозионного покрытия, тепловой изоляции, защитного покрытия, руб/м³; f_a, f_u, f_3 – тоже, что и по выражению (1).

Принимая во внимание выражения (1) и (3) и учитывая, что $d_{13} = d_{2u} = d_{1u} + 2\delta_u$, величина K как функция от толщины слоя изоляции δ_u записывается следующим образом:

$$K = c_1 \delta_u^2 + c_1 \delta_u + c_0 = c_1 \delta_u^2 + c_{2*} \delta_u, \quad (4)$$

где $c_1 = \pi \beta_u \Pi_u$;
 $c_2 = \pi (\beta_u \Pi_u d_{1u} + 2 \beta_3 \Pi_3 d_3)$; $c_0 = C_{cmp} + \Pi_{mp} + \beta_a \Pi_a f_a + \pi \beta_3 \Pi_3 (d_{1u} \delta_3 + \delta_3^2)$; $c_{2*} = c_2 + c_0 / \delta_u$;
 δ_3 – толщина защитного покрытия, м; остальные величины те же, что и в выражениях (1) и (3).

Принимая во внимание известное уравнение теплопередачи:

$$q_l = \pi (\tau_{mn} - t_{oc}) / R, \quad (5)$$

второй член правой части формулы (2) преобразуется к виду:

$$T_3 C = T_3 q_{nm} \Pi_m = a_2 / R, \quad (6)$$

где q_l – линейная плотность теплового потока (удельная линейная потеря теплоты теплопроводом), Вт/м; π – тоже, что и в выражении (1); τ_{mn} – расчетная средняя температура теплоносителя, °С, принимается согласно [3]; t_{oc} – расчетная температура окружающей среды (воздуха в каналах или наружного воздуха), °С, принимается согласно [3]; R – линейное сопротивление теплопередачи теплопровода, (м °С)/Вт; T_3, C – тоже, что и в выражении [2]; q_{nm} – годовая линейная потеря теплоты теплопроводами, (Вт ч)/(м год); $q_{nm} = q_l z$; z – число часов работы тепловой сети в году, час/год; Π_m – цена (тариф) на тепловую энергию, руб/(Вт ч); $a_2 = \pi T_3 \Pi_m (\tau_{mn} - t_{oc}) z$.

Величина R в выражении (5) определяется известным образом:

$$R = R_{вн} + R_m + R_a + R_u + R_3 + R_{пр}, \quad (7)$$

где $R_{вн}, R_{нр}$ - линейные сопротивления теплоотдачи, соответственно, на внутренней и наружной поверхностях теплопровода; R_m, R_a, R_u, R_z - линейные сопротивления теплопроводности слоев, соответственно, металла, антикоррозионного покрытия, изоляции, защитного покрытия теплопровода.

Чтобы математически описать функциональную зависимость текущих затрат C от толщины слоя изоляции δ_u , необходимо провести линеаризацию логарифмической функции: $\ln(d_{2i} / d_{1i}) = \ln(1 + (2\delta_i / d_{1i})) = a_l \delta_i / d_{1i} + \epsilon_l$ и затем преобразовать выражение для определения величины R_u к следующему виду:

$$R_u = a_u \delta_u + \epsilon_u, \quad (8)$$

где a_l, ϵ_l - постоянные числа, значения которых принимаются по результатам линеаризации логарифмической функции; $a_u = a_l / (2\lambda_u d_{1u})$; $\epsilon_u = \epsilon_l / (2\lambda_u)$.

Учитывая соотношение (8), выражение (7) принимает вид:

$$R = R_* + a_u \delta_u, \quad (9)$$

где $R_* = R_{вн} + R_m + R_a + R_z + R_{нр} + \epsilon_u$; ϵ_u - тоже, что и в выражении (8).

С учетом соотношения (9) выражение (6) окончательно принимает вид:

$$T_3 C = a_2 / (R_* + a_u \delta_u) = a_{2*} / \delta_u, \quad (10)$$

где $a_{2*} = a_2 / (R_* / \delta_u + a_u)$.

После подстановки выражений (4) и (10) формула (2) приобретает смысл целевой функции в решаемой задаче:

$$\pi = c_1 \delta_u^2 + c_{2*} \delta_u + a_{2*} / \delta_u, \quad (11)$$

где величины те же, что и в выражениях (4) и (10).

Взяв от целевой функции, заданной выражением (11), производную $d\pi / d\delta_u$ и приравняв её нулю, получаем уравнение, в результате решения которого представляется возможным определить экономически целесообразное значение толщины слоя изоляции δ_u . Это уравнение после соответствующих преобразований имеет вид:

$$\delta_u^3 + a\delta_u^2 + \epsilon\delta_u + c = 0, \quad (12)$$

где $\varphi = 2a_u c_1$; $a = (2R_* c_1 + a_u c_2) / \varphi$; $\epsilon = (R_* c_2 + a_u c_0) / \varphi$; $c = (R_* c_0 - a_2) / \varphi$; a_u - тоже, что и в выражении (8); c_0, c_1, c_2 - тоже, что и в выражении (4); R_* - тоже, что и в выражении (9); a_2 - тоже, что и в выражении (6).

Уравнение (12) после преобразований решается с использованием формулы Кардано [6].

Для решения уравнения (12) может быть использован и метод Ньютона [6], который является методом последовательных приближений.

Выводы

Проведено решение задачи оптимизации толщины слоя изоляции δ_u на поверхности трубопроводов тепловых сетей. Решение этой задачи выполнено с использованием в качестве критерия оптимальности минимума полных затрат π на поддержание теплового состояния теплоносителя. Величина π определяется по формуле (2).

Отдельные члены формулы (2) (капитальные K и текущие C затраты) представлены как функции толщины слоя изоляции δ_u в виде выражений (4) и (10).

Учитывая выражения (4) и (10), записана в виде многочлена (11) целевая функция оптимизации.

Взята и приравнена нулю первая производная от целевой функции (11), что позволило получить кубическое уравнение (12). В результате решения уравнения (12) представляется возможным найти экономически целесообразное значение толщины слоя изоляции δ_u на поверхности трубопроводов тепловых сетей.

Кубическое уравнение (12) решается точно с использованием формулы Кардано или приближенно с использованием метода Ньютона.

Литература

1. Горшенин В.П. Совершенствование метода оптимизации толщины непрозрачных элементов ограждения зданий и сооружений [Текст] /В.П. Горшенин// Строительные материалы, 2003. - №11. – С.52-54.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]: Учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 8-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 472 с.
3. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. [Текст] / Госстрой России. – М.: ЦИТП Госстроя России, 2003. – 26 с.
4. Горшенин В.П. Оптимизация теплового режима зданий и сооружений [Текст] / В.П. Горшенин // Известия вузов. Строительство, 2005. - №3. – С.71 – 73.
5. Горшенин В.П. Оптимизация параметров состояния теплоносителя в тепловых сетях [Текст] / В.П. Горшенин // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: Материалы четвертой международной научно-практической интернет – конференции. – Орел: Орел ГТУ, 2006.- С.40 - 44.
6. Воднев В.Т. Основные математические формулы [Текст]: Справочник / В.Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович; Под ред. Ю.С. Богданова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1988. – 269 с.

Горшенин Владимир Петрович, к.т.н., с.н.с., доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел
Тел. +7 (4862) 43-26-30; +7 (960) 643-47-41

Шумарин Валерий Фёдорович, доктор электротехники, ген. директор ОАО «Александровские коммунальные системы», г. Александровск
Тел. 8 (492) 442 24 10

УДК 627.1.03

ВЫБОР СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Музалевская Г.Н., Музалевский А.А

Россия, г. Орел, ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

Соболев М. В.

Россия, г. Орел, ОАО «Орелэнергосбыт»

Проблемы энергосбережения, качества микроклимата и вентиляции в условиях энергетического дефицита и интеллектуализации зданий являются сегодня для России определяющими. Актуальность технологий новых зданий, которые связаны с развитием принципов оценки зданий как среды обитания человека, отвечающей

требованиям комфортности, энергоэффективности, экологичности, обеспечивающих защиту окружающей среды. Очень важно, что именно с учетом этих моментов строятся новые здания.

The problems of energy saving, micro-climate quality and ventilation under conditions of energy balance deficit and the intelligent building are nowadays crucial for Russia. How up-to-date new building technologies are being linked with the development of principles of evaluating buildings as a means of human habitation meeting the requirements of comfort, energy efficiency, and ecology and ensuring protection of the environment. It is very important that it is with these things build new buildings.

Основными показателями воздушно-теплового комфорта помещений являются состав и чистота воздуха (качество воздуха) и параметры микроклимата, обеспечиваемые системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Воздух в помещениях не должен содержать загрязняющих веществ в концентрациях, опасных для здоровья человека или вызывающих дискомфорт. К подобным загрязнениям относятся: различные газы, пары, микроорганизмы, табачный дым и некоторые аэрозоли, например пыль. Загрязняющие вещества могут попадать в помещения вместе с наружным приточным воздухом, от источников загрязняющих веществ в помещениях, в том числе продуктов жизнедеятельности людей, технологических процессов, мебели, ковров, строительных и отделочных материалов.

Особую опасность представляет экологическая обстановка в помещениях современных многоэтажных жилых зданиях массового строительства с естественной вентиляцией. Создание экологически безопасной жилой среды без комплексных мер оценки всех эколого-гигиенических параметров среды жилых зданий, без выявления всестороннего изучения и регламентирования, как положительных факторов, так и факторов риска, без контроля за соблюдением всех эколого-гигиенических требований при проектировании, строительстве и эксплуатации жилых зданий не возможно. В настоящее время, к сожалению, нет инструментального измерения большинства загрязнителей в наших жилых зданиях.

В жилых зданиях обычно предусматривают вытяжную вентиляцию с естественным побуждением (вызванную действием гравитационных сил), причём воздух удаляется из кухонь, ванных комнат и туалетов, то есть из мест его наибольшего загрязнения. Естественная вентиляция работает за счет разности плотностей внутреннего и наружного воздуха и за счет ветрового давления. Приточный воздух поступает за счет инфильтрации через неплотности в наружных ограждениях главным образом через неплотности заполнения оконных проемов, тем самым, обеспечивая воздухообмен во всем объеме помещений квартиры.

Вытяжные вентиляционные каналы чаще всего устраиваются в кирпичных стенах. Уровень химического загрязнения воздушной среды жилых зданий зависит от многих факторов: насыщенности помещений полимерными материалами, количества присутствующих людей, загрязненности атмосферного воздуха, режима работы вентиляции, наличия в воздушной среде продуктов неполного сгорания бытового газа и температуры воздушной среды помещений.

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют об опасности, которой подвергается здоровье населения, поэтому решение проблемы обеспечения экологической безопасности. При разработке экологичного здания необходимо, чтобы группа проектировщиков совместно с владельцем здания и подрядчиком поставило экологичность главной задачей.

Список химических веществ, основным источником поступления которых в воздушную среду жилых зданий являются строительные и отделочные материалы.

Вещества	Источник поступления	Среднесут. ПДК мг/м ³
Формальдегид	ДСП, ДВП, ФРП, мастики, герлены, пластификаторы, шпатлевки, смазки для стальных форм.	0,01
Фенол	ДСП, ФРП, герлены, линолеумы, мастики, шпатлевки.	0,003
Стирол	Теплоизоляционные материалы, отделочные материалы на основе полистиролов.	0,002
Бензол	Мастики, клеи, герлены, линолеумы, цемент и бетон с добавлением отходов, смазки для стальных форм.	0,1
Ацетон	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, смазки для стальных форм, пластификаторы для бетона.	0,35
Этилацетат	Лаки, краски, клеи, мастики.	0,1
Бутилацетат	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, смазки для стальных форм.	0,1
Этилбензол	Шпатлевки, мастики, линолеумы, краски, клеи, смазки для стальных форм, пластификаторы для бетона, цемент, бетон с промышленными отходами.	0,2
Ксилолы	Линолеумы, клеи, герлены, лаки, краски, шпатлевки, мастики, смазки для стальных форм.	0,2
Толуол	Лаки, краски, клеи, шпатлевки, мастики, линолеумы.	0,6
Бутанол	Мастики, клеи, смазки, линолеумы, лаки, краски.	0,1
Свинец	Цемент, бетон, шпатлевки, другие материалы из свинецсодержащих промтоходов.	0,0003
Хром	Цемент, бетон, шпатлевки и др. материалы с добавлением промтоходов.	0,0015
Никель	Цемент, бетон, шпатлевки и др. материалы с добавлением промтоходов.	0,001
Кобальт	Красители и строительные материалы с добавлением промтоходов.	0,001

Все жилые здания оборудованы системой естественной вентиляции, это часто приводит к избыточному воздухообмену в квартирах нижних этажей и к недостаточному – в квартирах верхних этажей. При этом в зданиях устанавливаются герметичные пластиковые окна, в связи с чем оказывается невозможным обеспечить нормальное функционирование притока. Необходимо либо предусмотреть для обеспечения притока специальные компенсирующие мероприятия, или переходить на механическую приточно-вытяжную вентиляцию.

Естественная вентиляция работает за счет разности плотностей внутреннего и наружного воздуха и за счет ветрового давления. В последние годы из-за относительно высокой температуры в России практически перестает функционировать. Целесообразным является применение механической приточно-вытяжной вентиляции. В этом случае в каждую квартиру обеспечена будет подача воздуха по санитарным нормам и экологической ситуации вне зависимости от наружных погодных условий. При необходимости для обеспечения более комфортных условий для жильцов на

технических этажах установить системы кондиционирования, что сразу повысит коммерческую привлекательность для потенциальных покупателей.

При анализе работы вентиляционных устройств домов массового строительства было признано недостаточным наличие вытяжной вентиляции с естественным побуждением только из санитарных узлов (при отсутствии в жилых комнатах). Невозможность проветривания санитарных узлов через окна и неэффективная работа дефлекторов приводят к необходимости устройства в санитарных узлах жилых зданий вытяжной вентиляции с механическим побуждением, т. к. в противном случае в течение длительного периода, при наружных температурах 10–15 °С и выше, когда гравитационный напор отсутствует, эти помещения остаются без вентиляции. Кухни, вентилируемые общей с санитарными узлами системой вентиляции, являются основным источником образования вредных выделений. Эти выделения при открывании окон кухни, расположенных с наветренной стороны, могут распространиться в жилые комнаты. Поэтому кухни также следует оборудовать вентиляцией с механическим побуждением.

Механическое побуждение в вытяжной вентиляции даст возможность проектировать системы вентиляции с повышенным сопротивлением проходу воздуха, что позволит понизить отрицательное влияние изменений гравитационного напора. Значительное сопротивление вытяжной системы вентиляции с механическим побуждением будет также способствовать уменьшению излишней инфильтрации в наветренных комнатах. Такая система будет наиболее эффективна в наветренных квартирах без сквозного проветривания, расположенных на большой высоте, при больших скоростях ветра.

Таким образом, необходимость устройства вытяжной вентиляции с механическим побуждением из кухонь и санитарных узлов вполне очевидна для жилых зданий современного массового строительства. Однако при такой системе неизбежно дутье от окон, особенно при низких температурах наружного воздуха. Кроме того, отсутствие специальных вентиляционных устройств в жилых комнатах может привести к нарушению нормальных температурных условий. В комнатах с более воздухопроницаемыми оконными переплетами воздухообмен будет увеличиваться за счет уменьшения воздухообмена в комнатах, где переплеты менее воздухопроницаемы.

Таким образом, не могут быть обеспечены устойчивые условия воздушной среды в жилых комнатах, и они будут зависеть от многих случайных причин. Поэтому не следует оставлять жилые комнаты в жилых зданиях без специальных вентиляционных устройств для притока.

Литература

1. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
2. АВОК Стандарт -1-2002 Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена.
3. Журнал № 02-03 2003 «Строительство»

Музалевская Галина Николаевна, Госуниверситет-УНПК, доцент кафедры «ГСиХ»

Музалевский Александр Александрович, Госуниверситет-УНПК, студент АСИ

тел. (0862) 77-84-19; e-mail: myz99@mail.ru, тел. 8 9102665337

Соболев Михаил Владимирович, ОАО «Орелэнергосбыт», региональный руководитель службы энергосервисных услуг, тел. (4862) 54 59 69

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОАВТОБУСОВ

Бадалов А.Б., Джафаров Т.Д., Калбиев Р.К., Бархалов Р.Р.

Азербайджанская Республика, г. Баку, АЗАСУ

Электроавтобусы на солнечных батареях (солнцемобили) — этот тип электроавтобусов, которые передвигаются благодаря энергии солнца. Для питания электродвигателей и подзарядки аккумуляторов использует солнечные батареи. Как обычный Электроавтобус солнцемобиль передвигается ночью, а днём ему хватает энергии солнца.

Günəş elektroavtobusları günəş enerjisi ilə hərəkət edir. Elektrik mühərriklərini və akkumulyatorları təmin etmək üçün günəş panelləri istifadə edilir. Günəş elektroavtobusları gecələr adi elektroavtobuslar kimi hərəkət edir və gündüz ona günəş enerjisi kifayət edir. Bu elmi məqalədə, elektroavtobusların səmərəliliyini artırmaq üçün günəş enerjisi istifadə edilir.

The solar elektroavtobusy are moved by solar energy. To power the electric motors and recharge the batteries are used solar panels. As usual Elektroavtobus solarmobil moves at night and by day it enough the energy of the sun. In this article are used solar energy to increase the efficiency elektroavtobusov.

Электроавтобусы безопасны не только для природы, но и для пассажиров. Маневренность их выше обычного, что достигается за счет легкого материала, который ранее использовали лишь для строительства космических аппаратов. А благодаря использованию экологически чистого топлива, такого, как электричество, новый вид городского транспорта не имеет выхлопных газов, что делает его перспективным для применения в городских условиях.

В ближайший период электроавтобусы придут на смену всему существующему в настоящее время городскому транспорту.

Электроавтобусы – это не транспорт будущего. Это погружение в реальность экологически чистого, комфортного и выгодного транспорта, в котором каждый километр вашей поездки обходится всего в несколько копеек.

Приближается энергетический кризис. Для одних – это пугающее словосочетание, для других – нет. Смотря как к этому отнестись, и какие меры принять для того, чтобы обеспечить себе гарантированную спокойную жизнь. Рынок электротранспорта – лучшее решение этой проблемы. У данного рынка есть огромный потенциал долгосрочного роста: предполагается, что 30 % автобусов в ближайшее время в мире уже будут электрифицированы.

Комфортабельные электроавтобусы, которые способны быстро и бесшумно перевозить пассажиров, имеют современный дизайн, отличную управляемость и манёвренность, а также высокую безопасность. Все эти качества позволяют использовать этот многоместный электротранспорт практически повсеместно. Кроме того, высокий КПД и экономичность электродвигателя делает перевозку электротранспортом по-настоящему прибыльным бизнесом.

Поэтому электроавтобус как транспортное средство в настоящее время занимает самое передовое место в мире по общественной эффективности и имеет прекрасную рыночную перспективу.

Перед разработчиками легковых электрокар стоит непростая задача обеспечения достойного показателя дальности пробега на одном аккумуляторе. В этом отношении с рейсовыми автобусами все гораздо проще – маршрут передвижения известен, расстояние тоже. А интенсивная эксплуатация автобусов пригородного

назначения означает, что компания-производитель техники получит большой объем информации в виде обратной связи от коммерческих покупателей. Учитывая все это, американская «АЕМ» представила общественности последнюю на сегодняшний момент версию 18-местного электроавтобуса «E-Shuttle».

Однажды житель США Джон Мауни решил полностью отказаться от сжигаемого топлива. Он взял свой седан Geo Prism 1994 года, (это Toyota Corolla, выпускавшаяся в сотрудничестве с концерном «General Motors» под собственной маркой) и выкинул ДВС на свалку. Честно говоря, в утилизацию направилось много компонентов: система охлаждения двигателя, отводящие отработавшие газы трубы, каталитический нейтрализатор, топливный бак, корзина сцепления... Под капотом стало очень свободно. Но ненадолго. Значительную часть пространства занял новый электромотор. Он подключен к стандартной механической трансмиссии, которая была зафиксирована в положении второй передачи. Все дно устлано большой батареей. Точнее, их 50: две секции по 25 штук 12-вольтовых свинцово-кислотных аккумуляторов.

Далее по мелочи: к электромотору подключены гидроусилитель рулевого управления, главный тормозной цилиндр, система кондиционирования. Это стандартные элементы. А вот небольшой водный резервуар с подогревом – новый. Разумеется, нет ДВС – нет "бесплатного" отопления. Для удобства переключения между передним и задним ходом был заменен рычаг КПП. Вместо горловины топливного бака установлена розетка. Зарядка может производиться от сетей с напряжением 120 или 240 В. И конечно, датчик топлива проапгрейдили до вольтметра. Все остальные системы Джон Мауни оставил без изменений.

Допустим, что стандартный седан Geo Prism расходует не более 10 л в на 100 км. Получается, что на 80 км ДВС сожжет 8 л. При средней стоимости бензина в Москве 22 руб./л., получается, что поездка на 80 км стоит 176 руб. По свидетельству Джона Мауни, аккумуляторам его электроавтомобиля достаточно 12 кВт для полной зарядки. Тариф по Москве – 2,42 руб. за кВт днем и 0,61 ночью. Даже если заряжать автомобиль только днем, то такая процедура стоит 29 руб., а в темное время суток и вовсе 7,32! В последнем случае каждый пройденный на машине километр дешевле в 24 раза по сравнению со стандартной машиной. О такой экономии можно только мечтать.

Минус эксплуатации электрических автомобилей довольно очевиден: необходимость постоянной подзарядки. И максимальный пробег тут неважен: на 50 или 300 км вы уедете от своего дома, свободную розетку найти очень сложно. Мало того, процедура зарядки требует в среднем около 8 часов! О путешествиях на таком транспорте можно напрочь забыть. Получается, что удел электроавтомобилей – сугубо городская эксплуатация. Тут можно добавить, что автомобили на водородном топливе – точно такие же электрокары. Отличие лишь в способе питания электродвигателя. В первом случае это заряд батарей, а во втором – энергия химической реакции распада водорода. Зато заправить полный бак жидкого водорода не дольше, чем привычный бак бензина. Вопрос только в инфраструктуре.

Электроавтобусы на солнечных батареях (солнцемобили) — это тип электроавтобусов, которые передвигаются благодаря энергии солнца. Для питания электродвигателей и подзарядки аккумуляторов используются солнечные батареи. Как обычный электроавтобус солнцемобиль передвигается ночью, а днём ему хватает энергии солнца.

При расчете мощности двигателя электроавтомобиля используется следующий расчет:

Требуемая мощность:

$$N_e = g\eta m g + C_v F g^3, \text{ Ватт}$$

где : $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ - ускорение свободного падения;

$\eta = 0,018$ - средний коэффициент качания по асфальту;

m - полная масса машины;
 ϑ - скорость в метрах в сек;
 C_v -коэффициент обтекаемости кузова;
 F - лобовая площадь машины;

Для электромобиля в 2000кг, при скорости 30 км/час. или 8,3м/сек;

$$N_e = g\eta m \vartheta + C_v F \vartheta^3 = 9,8 \cdot 0,018 \cdot 2000 \cdot 8,3 + 0,5 \cdot 4 \cdot 572 = 4072 \text{ Вт.}$$

при КПД мотора 0.7, трансмиссии 0.9 (суммарный 0.63) тогда $N_{\text{бат}} = N_e / \text{КПД} = 4072 / 0.63 = 6,4 \text{ кВт}$

Разрядный ток:

$I = N : U = 6400 : 100 = 64$ ампер; При ёмкости батареи 150 А.ч, допустимый разряд 100 А/ч время допустимого разряда $100 : 64 = 1,56$ часа или 94 минут.

Отсюда: пробег составит 47 км. Вот почему электромобиль стоит делать как можно легче и меньше.

Как и любое техническое устройство, солнечная батарея имеет свои эксплуатационные и технические характеристики, которые различаются для различных моделей и производителей, но с достаточно небольшим расхождением.

При площади солнечной батареи примерно $1,5 \text{ м}^2$ мощность модуля составляет примерно 250 Вт. Типичный КПД солнечной батареи – от 14 до 18 %. Срок службы такой пластины не менее 25 лет.

С солнечной батареи площадью $S=25 \text{ м}^2 < 36 \text{ м}^2$ (рис. 1), можно получать уже более 6,4 кВт энергии, что может обеспечить работу электромобиля.

В транспортном положении производится питание электроавтобусов только от солнечных панелей, находящихся на верхней части кузова (рис. 1, б), а в нетранспортном положении используются и расширяемые (и собранные) вспомогательные солнечные панели (ис. 1, с)

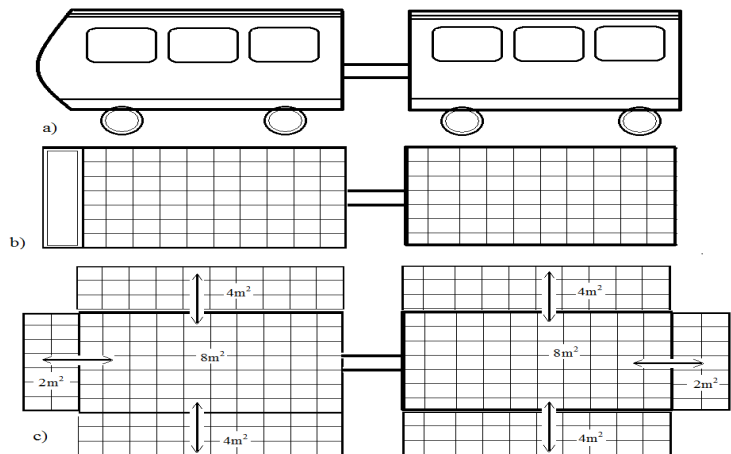


Рис. 1. а) электроавтобус, б) в транспортном положении (вид сверху), с) в нетранспортном положении (вид сверху).

Литература

1. Использование солнечной энергии. Под ред. Л.Е. Рыбаковой. Ашхабад: Наука, 1985
2. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991. 152 с.

Бадалов Аким Бадал оглы, председатель Государственной Компании Азербайджанской Республики по Альтернативным и Возобновляемым Источникам Энергии.

Джафаров Тахир Дамир оглы, заведующий отдела Энергетика в Министерстве Промышленности и Энергетики.

Калбиев Рамиз Калби оглы, к.т.н, доцент АзАСУ.

Бархалов Рашид Раджаб оглы, к.т.н, доцент АзАСУ, тел; +994-55-787-29-65, e-mail: ramiz04@mail.ru

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ НЕРАЦИОНАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ПОТРЕБЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ

Музалевская Г.Н., Музалевский А.А., Фролова О.Н.
Россия, г. Орел, ФБГОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

В настоящее время актуальной проблемой является энергосбережение для систем тепло-снабжения в сфере ЖКХ. Сложность проблемы заключается в том, что долгое время отсутствовала концепция энергосбережения. Энергетические потери связаны с плохим состоянием зданий и тепловых сетей. В данной ситуации каждый дополнительный фактор энергосберегающего мероприятия должен учитываться.

Nowadays power saving for heat supply systems is an actual problem. The problem difficulty is the absence of power saving conception for a long time. Generally power losses are connected with bad conditions of buildings and thermal networks. In this case it is necessary to consider every additional factor of power saving measures.

В процессе энергосбережения важное место отводится мероприятиям по снижению нерациональных потерь потребляемых ресурсов. Энергосбережение – это экономия топливно-энергетических ресурсов и связанных с ними затрат при производстве продукции и услуг, получаемая при соблюдении технологических параметров, обеспечивающих их высокое качество, отвечающее требованиям нормативов, стандартов и Федерального закона РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Представленные далее примеры только лишь часть способов по снижению нерациональных потерь:

1. Учет степени надежности системы. Надежность – это сохранение эксплуатационных качеств системой или ее элементов во времени. С экономической точки зрения оценка надежности – это определение степени отклонения фактических затрат материальных, денежных и трудовых ресурсов от расчетных их величин.

2. Наружное утепление стеновых конструкций и арочных проемов с повышением уровня теплозащиты зданий. Наружное утепление стеновых конструкций позволяет обеспечить комфортные условия проживания в квартирах при существенном снижении тепловых потерь. Рассматривая эти мероприятия при реконструкции здания необходимо отразить несколько вариантов утепления ограждающих конструкций, выбрав, исходя из реально существующих условий данного региона России. Проектное решение необходимо принимать на основе выполненных расчетов, учитывая имеющийся в практике опыт повышения теплозащиты, а также технологические особенности и возможности проведения работ на каждом конкретном здании.

3. Восстановление заделки межпанельных швов и гидроизоляция стен. Восстановление заделки межпанельных швов и гидроизоляция стен – это относительно малозатратное мероприятие по снижению тепловых потерь в панельных зданиях. Восстановление заделки состоит из нескольких операций: удаление старой заделки, ремонта кромок и уменьшения размеров швов более 25 мм адгезивным раствором. Укладки новой ленточной прокладки из экструдированного полиэтилена с закрытыми ячейками или полиуретана, покрытого полиэтиленом. Далее нанесения адгезивной грунтовки на цементные поверхности швов и укладки новой заделки и покраски швов. Гидроизоляция представляет собой нанесение на предварительно подготовленную наружную поверхность панелей специального раствора придающего

ей водо-, пыле- и грязеотталкивающие свойства, препятствующего образованию на ней органических соединений и сохраняющему паро- и воздухопроницаемость.

4. Утепление строительных конструкций чердаков, технических этажей и подвалов. Утепление строительных конструкций позволит снизить отопление нежилых помещений при поддержании нормативных условий в примыкающих к ним квартирах. Изоляция чердаков выполняется из распыляемой минеральной ваты или стекловаты с мини-мальными усадочными характеристиками. Для изоляции подвалов использовать плиты из минеральной ваты или стекловаты толщиной не менее 5 см, которые покрываются слоем алюминия, служащего для защиты от влаги и механических повреждений.

5. Замена оконных и балконных блоков. Замена старых оконных и балконных блоков на новые «стеклопакеты» позволяют снизить потери тепла и избыточную инфильтрацию и повышает звукоизоляцию помещений. Установка на окна низкоэмиссионных стекол или теплоотражающих пленок позволяет отражать обратно, в помещение, инфракрасное излучение, генерируемое системой отопления, а также солнечное излучение, отраженное от стен и предметов в помещениях. Теплоотражающие пленки располагают на внешней стороне внутреннего стекла. Непосредственно перед установкой пленку разогревают, а затем за счет эффекта термоусадки она приобретает необходимое натяжение. После установки пленки температура в помещениях поднимается на несколько градусов.

6. Заделка и уплотнение оконных и дверных блоков. Снижение избыточной инфильтрации оконных и дверных блоков достигается за счет их заделки и уплотнения полиуретановой пеной.

7. Реконструкция входов в подъезды и замена оконных блоков в подъездах. Снижение избыточной инфильтрации достигается заменой наружных и внутренних входных дверей в подъезд на новые металлические двери с качественной изоляцией, которые должны быть оборудованы автоматическими доводчиками и эффективными дверными защелками. При уплотнении оконных и дверных блоков использовать высококачественные полые силиконовые прокладки.

8. Изоляция трубопроводов отопления и горячего водоснабжения. Изоляция трубопроводов, находящихся в нежилых помещениях позволяет снизить нерациональные потери в системе отопления и горячего водоснабжения. При изоляции обычно используют синтетическую вспененную резину эластомер, применяемую на отопительных установках или трубные секции из отформованной минеральной ваты, покрытые алюминиевой фольгой, которая армирована стекловолокном.

9. Промывка оборудования и трубопроводов системы отопления. В ходе эксплуатации трубопроводы, радиаторы и другие элементы отопления могут загрязняться механическими примесями, имеющимися в теплоносителе. В результате характеристики системы отопления существенно изменяются. Промывка оборудования и трубопроводов системы отопления позволяет очистить их внутреннюю поверхность от механических и химических отложений и восстановить проектные характеристики системы отопления. Наиболее простой способ прокачка воды из системы холодного водоснабжения через систему отопления в направлении, противоположном нормальному течению теплоносителя, а затем – в направлении нормального течения. Более значительные результаты достигаются при использовании промывочных машин.

10. Установка радиаторных отражателей. Значительная часть лучистой энергии, отдаваемой радиатором, направляется в сторону стены, на которой он расположен. Установка на стене за отопительным прибором отражателя позволяет вернуть большую часть энергии обратно в квартиру. Отражатель представляет собой комбинацию отражающего и теплоизоляционного слоев. Отражающая фольга

наносится на слой гибкого изоляционного слоя не менее 1,5 см, что облегчает монтаж отражателя за радиатором.

Только комплексный подход к ресурсосбережению и использование наиболее эффективных его методов в каждой конкретной ситуации позволит уменьшить энергопотребление зданий. Эффективное использование энергии будет способствовать сохранению природных ресурсов России, но также улучшит конкурентные позиции России на мировом энергетическом рынке.

Литература

1. Богуславский, Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирование воздуха // Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов и др. Справ. пособие под ред. Л.Д. Богуславского, В.И. Ливчака. - М.:Стройиздат, 1990 – 624 с.

2. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.

3. АВОК Стандарт -1-2002 Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена.

Музалевская Галина Николаевна, Госуниверситет-УНПК, доцент кафедры «ГСиХ»

Музалевский Александр Александрович, Госуниверситет-УНПК, студент АСИ

т. 8 (4862) 77-84-19; e-mail: myz99@mail.ru, т. 8 9102665337

Фролова Ольга Николаевна, Госуниверситет-УНПК, ведущий инженер кафедры «Э и Э», т. 8 (4862) 41- 98-30

УДК 519.1+621.3

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ: НОРМАЛЬНЫЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПСЕВДООБРАЩЕНИЯ

Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В.

Россия, Липецк, ЛГТУ

Нормальное псевдорешение системы линейных алгебраических уравнений представлено как оптимальное энергоресурсосберегающее управление энергетической системой.

Normal pseudosolution for system of linear algebraic equations is presented as optimal energy-resource-saving control by power system.

Работа поддержана РФФИ, проект № 11-07-97504-р_центр_a

В [1] обосновано использование нейросетевых и теоретико-графовых моделей сложных энергетических систем как основы оперативного принятия эффективных решений по оптимальному управлению ими. Существенным является информационно-логическое обеспечение аналитических систем информационных сред крупномасштабных систем [2], к которым относятся и энергетические системы, использование интеллектуальных методов в оперативной аналитической обработке данных и прогнозировании [3].

Многие задачи управления динамикой сложных систем могут быть сведены к решению системы линейных алгебраических уравнений, которая в векторно-матричной

форме записывается в виде $Ax = b$ и в случае допускающей обращение матрицы A имеет решение $x = A^{-1}b$.

В реальных прикладных задачах матрица A , как правило, не допускает обращение, но любая матрица допускает псевдообращение [4]; с использованием псевдообратной матрицы A^+ нормальное псевдорешение системы линейных алгебраических уравнений записывается в виде

$$(1) \quad x_n = A^+ b,$$

вполне аналогичном представленному выше.

Нормальное псевдорешение алгебраической задачи решения, вообще говоря, неразрешимой системы линейных алгебраических уравнений является решением двойной оптимизационной задачи: 1) минимизирует норму невязки $\|Ax - b\|$; 2) среди всех векторов, минимизирующих норму невязки (образующих общее псевдорешение $x_p = A^+b + (I - A^+A)y$, где y – произвольный вектор той же размерности, что и x), имеет минимальную собственную норму.

Широкий класс реальных систем автоматического управления, к которым относятся и энергетические системы, может быть представлен моделями, в которые управление входит линейно. Таковы, в частности, дискретно-временные линейные системы автоматического управления

$$x[t+1] = A[t]x[t] + B[t]u[t], x[0] = x_0, t = 0, 1, \dots$$

Широкий класс задач управления может трактоваться как траекторное управление, когда требуется синтезировать алгоритм управления $u^*[t]$, реализующий назначенную траекторию $x^*[t]$ состояния системы, $x^*[0] = x_0$. Нормальное оптимальное (в указанном выше смысле) управление в соответствии с (1) синтезируется в виде

$$(2) \quad u^*[t] = B[t]^+(x^*[t+1] - A[t]x^*[t]).$$

При этом, поскольку норма вектора в прикладных задачах интерпретируется как его энергия, затрачиваемый ресурс на его реализацию, то синтезированное в виде (2) управление минимальной нормы обеспечивает энергоресурсосбережение при решении поставленной задачи.

В [5] представленный подход применен к анализу задачи управления запасами как динамической транспортной задачи; при этом матрица B является стандартной матрицей инцидентности двудольного графа и допускает стандартное псевдообращение. Постановка задачи траекторного управления обосновывается тем, что задание динамики запасов может служить для поддержания уровня страхового запаса, обеспечивающего гарантию удовлетворения спроса; оперативное планирование на текущий этап в системе производства и потребления связано с будущим состоянием системы через накопление переходящих остатков, задающих начальные условия работы системы на следующий этап; при назначении запасов есть возможность удовлетворить требуемым ограничениям на них.

Эти соображения в полной мере могут быть интерпретированы в задачах энергетики как обоснование задачи траекторного управления запасами и распределением энергии между потребителями, а ее решение – как энергоресурсосберегающее управление.

Представленный подход применим к адаптации и оптимизации широких классов сложных систем автоматизации и управления [4].

Литература

1. Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В. Перспективное математическое обеспечение автоматизированных систем управления энергосбережением // Сб. тр. 9-ой Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. «Энерго- и ресурсосбережение – XXI век». – Орел: ООО ПФ «Картуш», 2011. – С. 262-265.

2. Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В. Информационно-логическое обеспечение аналитических систем информационных сред крупномасштабных производств // Сб. тр. 3-й Междунар. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем». – Т. II. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 209-212.

3. Сараев П.В. Интеллектуальные методы в оперативной аналитической обработке данных // Сб. тр. 16-й Междунар. откр. науч. конф. «Современные проблемы информатизации в экономике и обеспечении безопасности». – Воронеж: Науч. книга, 2011. – С. 120-122.

4. Погодаев А.К., Блюмин С.Л. Адаптация и оптимизация в системах автоматизации и управления. – Липецк: ЛЭГИ, 2003. – 128 с.

5. Блюмин С.Л., Миловидов С.П. Обратные задачи динамики и динамические транспортные задачи // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1987. - № 5. – С. 209 (анн. статьи, деп. в ВИНТИ, № 7527-В, 56 с.)

Блюмин Семен Львович, д.ф.-м.н., проф., Липецкий государственный технический университет, профессор кафедры прикладной математики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, slb@stu.lipetsk.ru, (4742)307934

Погодаев Анатолий Кириянович, д.т.н., проф., Липецкий государственный технический университет, ректор, заведующий кафедрой прикладной математики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, pak@stu.lipetsk.ru, (4742)328000

Сараев Павел Викторович, к.т.н., доц., Липецкий государственный технический университет, декан факультета автоматизации и информатики, доцент кафедры прикладной математики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, psaraev@yandex.ru, (4742)328002

УДК 339.13:621.311.16

ББК 65.59-53

МИРОВОЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Евсеенко П.Н.

Россия, г. Новосибирск, НГТУ

Ситуация с энергосбережением и повышением энергетической эффективности в России требует принятия мер по интенсификации реализации соответствующих программ. Исключительно важным является исследование международного опыта. Автором на примере Японии проведено исследование системы реализации энергосберегающих мероприятий.

The situation with energy saving and increase of power efficiency in Russia demands taking measures to an intensification of implementation of appropriate programs. Research of the international experience is all-important. The author on an example of Japan carried out research of system of realization of energy saving actions.

Для понимания того, за счет чего можно повышать энергоэффективность экономики России и развивать энергосбережение в стране, необходимо изучить опыт реализации энергосберегающих мероприятий за границей. Требуют рассмотрения подходы к реализации политики энергосбережения в странах, добившихся наиболее

заметных результатов по данному направлению. К их числу относится Япония. Для систематизации полученных результатов за основу можно принять концепцию заинтересованных групп и рассматривать различные подходы к реализации энергосберегающих мероприятий по отношению к следующим стейкхолдерам: государство, местные органы власти, банки, потребители и энергоснабжающие организации.

Для обеспечения энергетической безопасности каждая страна выбирает свои пути и средства в зависимости от конкретных условий и целей. В Японии, бедной собственными энергоресурсами, с 1970-х годов, после нефтяного кризиса 1973 г. одним из главных направлений избрано энергосбережение. В энергосбережении Япония далеко опередила развитые страны. Более того, ожидается, что в ближайшие годы страна будет наращивать ВВП без роста энергопотребления (рис. 1).

Государство. В 1979 г. в Японии начал действовать закон об энергосбережении. Он касался крупных промышленных предприятий, на которые тогда приходилось 70% потреблявшейся энергии. Наряду с разработкой мер по сокращению потребления электроэнергии закон предписывал осуществлять рационализацию процесса сжигания топлива, сокращать потери тепла при транспортировке, сводить к минимуму неиспользуемые объемы энергии. Предприятия, не прилагавшие усилия в этом направлении, подвергались крупным штрафам. Под действие закона попадали предприятия с ежегодным потреблением энергии более 3 тысяч килолитров в нефтяном эквиваленте или 12 млн. кВт часов электроэнергии. Эти потребители относились к категории объектов с обязательным управлением потреблением энергии, что требовало назначения менеджеров по энергетике. В сферу деятельности последних входит организация мероприятий по сокращению потерь тепла, использование вторичного тепла. Важен был внешний контроль за энергосбережением, поэтому организации обязаны были предоставлять отчеты о потреблении топлива и энергии.

Закон о рациональном использовании энергии был пересмотрен в сторону ужесточения в 1999 году. Это было обусловлено необходимостью выполнения Японией обязательств по сокращению выбросов парниковых газов по принятому в 1997 году Киотоскому протоколу. По нему Япония обязалась снизить выброс парниковых газов на 6% от уровня 1990 года. Выполнить это обязательство можно было, прежде всего, сокращением доли нефти и угля в энергетическом балансе, поскольку львиная доля парниковых газов выделяется при их сжигании.

Фактически ставилась задача защиты экологии, сдерживание наблюдающегося процесса глобального потепления, вызванного антропогенным фактором, ростом выбросов парниковых газов. Но одним из средств выполнения этой задачи является энергосбережение. Поэтому Закон о рациональном использовании энергии и был пересмотрен в сторону ужесточения и расширения сферы его действия. Так, под его действие стали подпадать потребители с ежегодным расходом энергии уже более 1,5 тысяч килолитров в нефтяном эквиваленте или 6 млн. кВт часов электроэнергии. Повышались требования и стандарты по энергосбережению к продукции автомобилестроения, при этом число видов такой продукции было увеличено с 6 до 12.

Но при пересмотре закона в 1999 году в его положения не были включены офисные структуры, крупные торговые центры и универмаги, гостиницы и больницы. А именно они, как показывали обследования, в последние годы быстро наращивают энергопотребление. В апреле 2003 года Закон о рациональном использовании энергии был вновь пересмотрен. В сферу его действия вошли и эти учреждения. Для них, как и для производств, закон требует организации системы контроля и управления энергетикой. Владельцы зданий или арендаторы должны представлять планы потребления энергии, отчеты о фактических ее расходах. Предусматриваются меры наказания за неэффективность расходов энергии.

ИНИЦИИРУЮЩИЙ СТЕЙКХОЛДЕР: ГОСУДАРСТВО		
Наименование	Интересы	Действия, результаты
Государство	Повышение конкурентоспособности национальной экономики Сокращение вредных выбросов, Киотский протокол	Принятие закона об энергосбережении в 1979 г., редакции 1999 г., 2003 г. Жесткий контроль над энергопотреблением крупных и средних потребителей
Местные власти	Снижение энергоёмкости жилых домов	Принятие в 1980 г. новых нормативов для жилых и общественных зданий Ужесточение нормативов в 1997 г. еще на 20%.
Промышленные предприятия	Сокращение издержек в процессе производства Избежание штрафов	Назначение менеджеров по энергетике на предприятии Составление планов по потреблению энергии и отчётов о реальном использовании
Банки	Увеличение количества клиентов Увеличение кредитного портфеля	Предоставление кредитов на цели повышения энергоэффективности
Энергоснабжающие организации	Переход на альтернативное топливо Сокращение издержек	Развитие геолоэнергетики Установление солнечных батарей на 1 млн. жилых домов
Коммунально-бытовые потребители	Сокращение платы за энергию Улучшение экологии	Изучение различных способов сбережения энергии в домашних условиях Покупка экономичной бытовой техники
Стартовые условия:		
дефицит энергетических ресурсов; ограниченность территории; высокие темпы роста экономики; развитое законодательство;		рыночная экономика; высокая доля в отраслевой структуре высокотехнологичных компаний; частно-государственное партнерство.

Рис.1 – Механизм реализации программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Японии

Энергосбережение, помимо специального Закона о рациональном использовании энергии, предусматривается рядом положений принятого в 2002 г. Основного закона по энергетической политике (Basic Law on Energy Police). В настоящее время на нем базируется вся энергетическая политика японского правительства. Разработка конкретных мероприятий по реализации стратегических направлений Основного закона сделана в Основном плане осуществления энергетической политики (The Basic Energy Plan), принятом в 2003 г. [2]

Местные органы власти. В настоящее время в Японии местными органами власти предпринимаются усилия по снижению энергоёмкости новых жилых домов.

Принятые в 1980 г. нормативы энергосбережения для жилых и общественных зданий предусматривали сокращение на 40% потребления энергии на отопление и кондиционирование воздуха за счет изменений в конструкции зданий, которые позволяют лучше проветривать помещения в жаркий период и сохранять тепло в холодное время. А в 1997 г. было принято решение ужесточить нормативы энергосбережения еще на 20%. Строительные компании, соблюдающие эти нормы, стимулируются более выгодными условиями кредитования.

ЖКХ. Не так хорошо обстоит дело с энергосбережением в бытовом секторе. Поэтому сегодня в Японии уделяется большое внимание обучению граждан способам сбережения энергии. Приведем два примера. Совет потребительских организаций Осаки отобрал группу из 200 семей, которым были предложены 6 способов сбережения энергии. Среди них был отказ от пультов дистанционного управления электронной аппаратурой (аппаратура, находящаяся в положении «stand-by» продолжает потреблять электричество, хотя и в меньших масштабах), а также ежедневные добровольные выключения кондиционеров на 1 ч в августе месяце, на который приходится пик потребления электричества. Подсчеты показали, что в ходе эксперимента экономия составила 14,2% от обычно потребляемой электроэнергии. В ходе аналогичного эксперимента в токийском районе Сэтагая, охватившем 1500 семей, выяснилось, что большую экономию электроэнергии дал отказ от поддержания высокой температуры воды в электрочайниках в течение ночи с тем, чтобы сэкономить время для приготовления пищи утром перед уходом на работу.

Энергоснабжающие организации. Япония характеризуется бедностью естественными энергоносителями, в первую очередь нефтью. Поэтому производители энергии активно ищут альтернативу углеводородному топливу. С 1973 г., одновременно с разработкой мер по энергосбережению, в Японии начались активные работы по развитию гелиоэнергетики. Тогда 1 Ватт мощности солнечной батареей обходился в 30 тыс. иен. К 2000 г. этот показатель удалось снизить до 140 иен. Такой уровень себестоимости делает целесообразным использование солнечных батарей в быту. По данным на конец 1997 г. солнечные батареи были установлены на 8 тыс. жилых домов, причем правительство оплачивало треть стоимости установки батарей. К концу 2012 г. предполагается установить солнечные батареи на 1 млн жилых домов. Средняя площадь крыши типичного японского дома составляет 120 м². Если половину этой площади покрыть солнечными батареями, то можно получить 6 тыс. кВтч энергии в год в каждом доме даже при том, что батареи имеют КПД только 10%. В пересчете на нефтепродукты - это 558 л нефти.

Подводя итог, можно сказать, что за границей были достигнуты значительные успехи в области энергосбережения. Наибольших успехов в этом направлении достигла Япония. В большинстве случаев толчком к развитию энергосбережения и развития альтернативной энергетики послужил нефтяной кризис 1973 года. Правительства многих стран, ощутив на себе последствия кризиса, приняли решения активно развивать альтернативную энергетику и энергосбережение.

В разных странах реализация программ энергосбережения проходила по-разному. В Японии государство установило жесткий контроль за энергопотреблением крупных промышленных предприятий, налагая крупные штрафы за превышения разрешенного потребления, таким образом, принуждая предприятия внедрять энергосберегающие технологии. Также распространена практика поддержки компаний, работающих на альтернативных видах энергии.

Сходство программ энергосбережения разных стран заключается в том, что практически повсеместно главным инициатором энергосбережения является государство. Для реализации намеченного курса, создаются специальные уполномоченные органы, разрабатывающие программы, вводящие законы об энергосбережении и следящие за проведением всех мероприятий. Для стимулирования применяются разные экономические методы мотивации предприятий и всех жителей

страны. Во многих странах проводится курс на популяризацию энергосбережения среди населения. Это и реклама, и различные семинары, и даже разнообразные конкурсы для детей. Также важным элементом политики энергосбережения является наглядный пример, поданный чиновниками. Речь идет о всевозможных ограничениях энергопотребления государственными работниками. Это и ограничение расхода топлива автомобилей работников администраций, и установка солнечных батарей на зданиях администрации, и множество других акций.

Итогом данного обзора должно послужить использование самого успешного иностранного опыта энергосбережения для России.

Литература

1. Шаблова Е.Г. Законодательство РФ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности: характеристика, проблемы, тенденции развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.maxet.net/energoberezhenie/stati/118>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Китай: поиск гармонии. К 75-летию академика М.Л. Титаренко» (М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 656 с.)

3. Энергосбережение. – 2009. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/nuclear/172418>, свободный. – Загл. с экрана.

Евсеенко Павел Николаевич; НГТУ, студент 4 курса факультета энергетики; почтовый адрес: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, Новосибирский государственный технический университет, кафедра Систем управления и экономики энергетики; e-mail: chss@ngs.ru; т.: 89139157901.

УДК 338.45:621.311.16(47+57)

ББК 65.9(2 Рос)-53

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В РОССИИ

Чернов С.С., Евсеенко П.Н.
Россия, г. Новосибирск, НГТУ

Проблема энергосбережения является важной для отечественной экономики. С 2009 г. предпринимаются значительные усилия по интенсификации программ энергосбережения, тем не менее ситуация в этой сфере оставляет желать лучшего. Автором исследованы основные меры воздействия государства на потребителей и энергообеспечивающие организации, а также предложен комплекс мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности.

The problem of energy saving is important for domestic economy. Since 2009 considerable efforts on an intensification of programs of energy saving, nevertheless a situation in this sphere are undertaken leaves much to be desired. The author investigated the main measures of influence of the state on consumers and power supplying organizations, and also the complex of the actions directed on increase of power efficiency is offered.

В настоящее время в России реализация энергосберегающих мероприятий сталкивается с рядом препятствий и поэтому очень мало энергосберегающих проектов реализуется в полной мере. С целью интенсификации реализации энергосберегающих мероприятий требуется разработка предложений по совершенствованию механизма их

поддержки. Достичь успеха в проектах энергосбережения возможно только объединив усилия всех заинтересованных сторон рынка энергоснабжения. Поэтому, для начала, нужно определить, каким образом должно происходить взаимодействие между разными стейкхолдерами и какая мотивация может быть у каждого из них. Рассмотрим на примере муниципального образования.

Объектом исследования является поселение - территориальное образование с высокой плотностью энергетических объектов и потребителей. Несмотря на множество участников процессов энергоснабжения и энергосбережения, их можно свести к 3 большим группам: энергоресурсоснабжающие предприятия; потребители; власть. Конечно, в процессе должны участвовать энергосервисные и консалтинговые компании, инвесторы, застройщики и т.д. Но объективно они могут осуществить свое воздействие только через этих 3-х участников. Даже крупное производственное предприятие, имеющее собственную ТЭЦ или котельную, в общем виде может рассматриваться как крупный потребитель топлива, а при энергоснабжении городского района - как энергоснабжающая организация. Все три участника теснейшим образом связаны и взаимодействуют друг с другом. Это взаимодействие будет тем более эффективным, чем более согласованы цели и задачи каждого участника. Исходя из общей цели - «минимизации общего потребления энергоресурсов в поселении», необходимо достичь состояния, когда цели отдельных участников направлены на тот же результат или, как минимум, не противоречат общей цели системы.

Энергоснабжающие организации, являющиеся в большей степени естественными монополиями, без конкуренции с различными способами самообеспечения энергетических потребностей потребителей и без воздействия власти, могут быть полностью инфантильны к вопросам повышения энергоэффективности, и даже наоборот, быть заинтересованы в максимальном расходовании энергоресурсов у потребителей, как базы для выручки. Возникает необходимость нейтрализовать зависимость дохода энергоресурсоснабжающих организаций от абсолютного объема продаж. Так, например, введение системы двухставочных тарифов на тепловую энергию позволяет снизить прямую зависимость дохода от объема продаж товарной продукции.

С другой стороны, и сама власть при еще не сформировавшихся дефицитах может двигаться в сторону энергоэффективности только под воздействием потребителей - избирателей, болезненно воспринимающих рост стоимости энергоресурсов. Необходимо также учитывать, что власть является как прямым (бюджетные объекты и учреждения), так и косвенным (подведомственные предприятия, субсидии и дотации) потребителем энергоресурсов и, в свою очередь, также заинтересована в снижении расходов на энергоресурсы и, как следствие, снижении нагрузки на бюджет.

При всем разнообразии потребителей (бюджетные организации, управляющие компании, промпредприятия и т.д.), все они заинтересованы в снижении платежей, доступности подключения, обеспечении качества и надежности энергоснабжения. Они могут как снижать объем потребления, так и создавать собственные системы энергообеспечения. На местную власть потребители воздействуют через систему выборов, жалоб в верхние властные структуры, отказ от инвестиционных планов, неплатежи, в том числе в организации, подконтрольные муниципалитету. К тому же сами чиновники дома также являются потребителями энергоресурсов.

Власть может воздействовать на потребителей:

- методами экономического стимулирования;
- прямым управлением в бюджетных организациях, включая требования к закупкам и нормативы потребления;
- ограничением размера бюджетных субсидий нормой энергопотребления;
- особыми условиями конкурсов;

- регулированием условий подключения и инвестиционных контрактов;
- введением обязательных требований к объектам энергопотребления и организацией контроля их соблюдения;
- широкой пропагандой и обучением.

Набор методов воздействия на энергоснабжающие организации не менее широк:

- разработка и организация осуществления программ развития и схем энергоснабжения;
- согласование и контроль производственных и инвестиционных программ;
- антимонопольные методы;
- ценовые методы;
- участие в управлении через собственность;
- нетарифное регулирование естественных монополий;
- создание рынков высвобожденной мощности;
- координация действий участников процесса энергоснабжения;
- применение разнообразных методов административного воздействия.

Энергоресурсоснабжающие организации, не имея прямых возможностей воздействия на власть, широко используют различные методы: лоббирование, запугивание авариями, финансирование и подготовка вместо власти необходимых документов; заключение долгосрочных соглашений, самостоятельная разработка территориальных программ развития и т.д.

Из всех участников реально организовать процесс энергосбережения может только власть. Потребители не объединены, а энергоснабжающие организации как продавцы не годятся по определению. Таким образом, успех программ энергосбережения поселений в основном определяется способностью власти внутренне организовать и управлять процессом, либо наличием политической воли по передаче значительной части организационных полномочий более высокому уровню власти либо серьезной управляющей компании.

Сегодня именно отсутствие эффективной координации отдельных подразделений администрации муниципального образования для достижения конкретных целей повышения энергоэффективности приводит к тому, что эти цели даже не формулируются.

Становится понятной роль государственной власти в повышении энергоэффективности муниципальных образований:

- создать эффективный набор стимулов и необходимых ограничений;
- организовать контроль за полнотой разработки муниципальных программ и их осуществлением;
- осуществить реальную координацию собственных властных структур, самостоятельно осуществляющих сегодня воздействие на муниципалитеты;
- организовать взаимодействие соседних муниципальных образований;
- осуществить разработку региональных и федеральных программ энергосбережения в части межмуниципальных и общефедеральных систем ТЭК;
- обеспечить муниципалитеты информацией о прогнозных ценах на энергоресурсы и перспективную обеспеченность ими;
- обеспечить эффективное воздействие на крупные естественные монополии не подконтрольные муниципалитетам;
- организовать научно-исследовательские работы в области энергосбережения и ресурсные испытания новой техники и оборудования. [1]

Несмотря на то, что в России предпринимаются определенные усилия по интенсификации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, особенно после вступления в силу ФЗ №261, но пока их явно

недостаточно. Одним из вариантов улучшения сложившейся ситуации является применение успешного иностранного опыта в области энергосбережения.

Приведем ряд действий для каждого стейкхолдера, которые могут улучшить сложившуюся в России ситуацию с энергосбережением (табл. 1).

Таблица 1. Действия, необходимые для повышения энергоэффективности страны

№	Наименование мероприятия	Рекомендации по интенсификации энергосберегающих мероприятий
1	2	3
1.	Органы государственной власти	
1.1.	Разработка четкой государственной энергетической программы	Разработка программы на каждые 3-5 лет, контроль за ее выполнением, санкции за невыполнение
1.2.	Массовый запуск социальной рекламы об энергосбережении	Запуск рекламы на всех федеральных каналах и радиостанциях
1.3.	Введение системы налоговых льгот для домовладельцев и предприятий, внедривших энергосберегающие технологии	В случае, если экономия энергоресурсов превысит 15%, снижение налога на прибыль до 18% в течение 3 лет начиная с года, следующего за отчетным
1.4.	Выделение федеральных субсидий на переоборудование устаревших электрических станций, котельных, освобождение от налога на имущество	В первую очередь, необходима реконструкция крупных, стратегически важных электростанций, вызывающих особые опасения в связи с высоким износом
1.5.	Субсидирование процентных ставок по кредитам на реализацию проектов по повышению энергоэффективности	Предоставление льготных кредитов по ставкам, не превышающим ставку рефинансирования ЦБ РФ
1.6.	Выделение грантов на улучшение тепловых характеристик домов	Финансирование федеральным бюджетом лучших проектов по стране. Конкурс должен проводиться в рамках ФЦП
1.7.	Выделение средств на внедрение энергосберегающих технологий в правительственных зданиях и сооружениях	Улучшение тепловых характеристик и установка энергосберегающего оборудования в правительственных помещениях
2.	Органы местного самоуправления	
2.1.	Введение жестких требований и нормативов энергосбережения для строящихся жилых зданий	Введение нормативов строительства, в соответствие с климатическими условиями региона и контроль их соблюдения
2.2.	Регулярное проведение ярмарок и выставок энергосберегающего оборудования. Организация демонстрационных площадок	Реклама энергосберегающего оборудования как предприятиям, так и частным потребителям
2.3.	Формирование консультационных центров по проблемам энергосбережения и повышения энергетической эффективности	Подобные центры могут быть созданы при фондах энергосбережения, которые в настоящее время выполняют большей частью номинальные функции

1	2	3
2.4.	Проведение энергосберегающих мероприятий в зданиях бюджетной сферы (больницы, учебные заведения, детские сады и т.д.)	Улучшение тепловых характеристик и установка энергосберегающего оборудования
2.5.	Выделение средств на замену устаревших городских тепловых сетей, находящихся в собственности муниципалитетов	Диагностика состояния и формирование муниципальных программ финансирования ремонтно-восстановительных работ
2.6.	Финансирование муниципалитетом энергоаудитов крупнейших муниципальных предприятий региона	Оптимизация энергопотребления крупнейших муниципальных потребителей региона
2.7.	Строительство мусороперерабатывающего завода	Получение энергии из отходов
3.	Промышленные предприятия	
3.1.	Обучение руководства предприятий в центрах энергосбережения	Способствует появлению понимания важности и выгоды энергосбережения с точки зрения менеджера
3.2.	Реализация мало- и беззатратных мероприятий по повышению энергоэффективности производства	Разъяснительная работа среди сотрудников, установка приборов учета, мониторинг расхода энергоносителей и проч.
3.3.	Создание системы энергетического менеджмента на предприятиях	Постоянный контроль и оптимизация потребления энергии силами специалистов по энергоменеджменту
3.4.	Разработка и реализация программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности	Контроль реализации программы со стороны органов исполнительной власти города и региона
3.5.	Разработка или приобретение технологий переработки отходов основного производства для получения электрической и тепловой энергии	Получение энергии из отходов производства
4.	Банки	
4.1.	Создание банками специальных кредитных продуктов, направленных на энергосбережение	Может быть реализовано в виде лизинга энергосберегающего оборудования
4.2.	Развитие энергосервисных контрактов	Возможно сотрудничество с государством для увеличения доверия к энергосервису
4.3.	Создание государственного банка направленного на финансирование энергосберегающих мероприятий	Банк, специализирующийся исключительно на кредитовании энергосберегающих проектов, имеющий множество кредитных продуктов, направленных на реализацию программ энергосбережения

1	2	3
5.	Энергоснабжающие организации	
5.1.	Ремонт и реконструкция существующих электрических станций	Диагностика состояния и формирование программ финансирования ремонтно-восстановительных работ, разработка и утверждение инвестиционных программ
5.2.	Строительство заводов по производству биогаза из отходов продуктов питания	Существует большой потенциал для работы заводов по производству биогаза, особенно в сельской местности
5.3.	Развитие геоло-, геотермальной, малой гидроэнергетики и другой регенеративной энергетики	Разработка, принятие и строгий контроль реализации программы развития альтернативной энергетики. В некоторых районах страны существует большой потенциал для работы станций, использующих альтернативные источники энергии
6.	Коммунально-бытовые потребители	
6.1.	Установка водосчетчиков и счетчиков тепла (где возможно)	Приводит к значительной экономии на оплате за коммунальные услуги
6.2.	Использование экономичных приборов освещения и бытовой техники	Приводит к значительной экономии на оплате за коммунальные услуги
6.3.	Использование экономичных автомобилей и частичный отказ от личного автомобиля в пользу общественного транспорта	Периодический отказ от поездки на автомобиле помогает сэкономить заметные средства
6.4.	Проведение энергоаудита своей квартиры или всего дома (имеет смысл после установки индивидуальных приборов учета энергии)	Проведение энергоаудита поможет выявить источники потерь и разработать мероприятия по повышению энергоэффективности здания

Таким образом, учитывая систему мотиваций, изложенную выше, и используя лучший мировой опыт, можно улучшить систему поддержки реализации энергосберегающих мероприятий в России.

Подводя вывод, можно сказать. Энергосбережение в России развивается, но пока не так стремительно как хотелось бы. Огромный потенциал энергосбережения реализуется слабо. В некоторых регионах тратятся значительные средства на энергосбережение и добиваются определенных результатов (Пензенская, Нижегородская, Калининградская области), но в целом по России результатов не видно.

Для того чтобы изменить ситуацию в лучшую сторону, нужно в первую очередь изучить опыт реализации политики энергосбережения в тех странах, которые добились в этом успеха.

Разработаны рекомендации для всех заинтересованных групп процесса энергосбережения, но наиболее важными, из всех стейкхолдеров, являются действия государства. Ведь именно государство заинтересованно в повышении энергоэффективности экономики страны и у государства есть необходимые средства и возможности, которые необходимы для реализации потенциала энергосбережения.

Литература

1. Стратегия повышения энергоэффективности в муниципальных образованиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.energsovet.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Шаблова Е.Г. Законодательство РФ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности: характеристика, проблемы, тенденции развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.maxet.net/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Энергосбережение [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://energyeffect.net/>, свободный. – Загл. с экрана.

Чернов Сергей Сергеевич; НГТУ, заведующий кафедрой Систем управления и экономики энергетики, кандидат экономических наук, доцент; почтовый адрес: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, Новосибирский государственный технический университет, кафедра Систем управления и экономики энергетики; e-mail: chss@ngs.ru; т.: 89139157901.

Евсеев Павел Николаевич; НГТУ, студент 4 курса факультета энергетики; почтовый адрес: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, Новосибирский государственный технический университет, кафедра Систем управления и экономики энергетики; e-mail: chss@ngs.ru; т.: 89139157901.

УДК 539.4-621.365.5

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАГРЕВА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Кувалдин А.Б., Лепешкин А.Р.

Россия, г. Москва, НИУ «МЭИ», Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова,

Приведен обзор методов нагрева вращающихся дисков. Отмечена актуальность разработки энергосберегающих методов нагрева вращающихся дисков. Предложена новая энергосберегающая технология нагрева вращающихся дисков с использованием постоянных магнитов. Представлены некоторые характеристики постоянных магнитов из редкоземельных сплавов, в частности, из самарий-кобальтовых сплавов. Приведены результаты исследований теплового состояния модельного диска, вращающегося в магнитном поле, созданном постоянными магнитами, на разгонном стенде. Приведены рекомендации по применению постоянных магнитов с улучшенными характеристиками для нагрева малоразмерных вращающихся дисков.

The review of heating methods of rotating disks is resulted. The actuality of development of power saving up methods of heating of rotating disks is noted. The new energy-saving heating technology of rotating disks with use of constant magnets is offered. The some characteristics of constant magnets from seldom ground alloys, in particular, from samarium-cobalt alloys are presented. The results of investigations of a thermal state of the modelling disk rotating in a magnetic field created by constant magnets on spin rig are presented. The recommendations on application of constant magnets with the improved characteristics for heating of a small rotating disks are resulted.

Применяются различные методы нагрева: индукционный, аэродинамический, газодинамический, радиационный для реализация тепловых процессов в телах вращения для проведения разгонных и термоциклических испытаний дисков и деталей

авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) и турбин энергетических установок на разгонных и специализированных стендах [1-3]. Индукционный нагрев позволяет обеспечить высокие скорости нагрева и получить заданное неравномерное распределение температур по радиусу диска, соответствующего эксплуатационным условиям при испытаниях на разгонных стендах [1-3]. Обычная система индукционного нагрева состоит из нескольких плоских кольцевых индукторов, расположенных на разных радиусах диска. Ее недостатком является: невозможность получения дополнительной тепловой энергии за счет вращения, т.к. индукторы осесимметричные. Натурные эксперименты и разгонные испытания с индукционным нагревом вращающихся дисков на установках и стендах связаны с существенными материальными затратами.

В настоящее время актуальна разработка и применение энергосберегающих методов нагрева. К одному из таких новых методов нагрева относится нагрев деталей с использованием постоянных магнитов с улучшенными характеристиками.

При вращении детали в поле магнита в ней наводится ЭДС и, таким образом, появляется тепловая энергия (мощность внутренних источников тепла при определенных условиях в зависимости от формы магнита). Однако, ранее нагрев вращающихся дисков с помощью неподвижных постоянных магнитов, в том числе, и на разгонных стендах не рассматривался и не оценивался. Также не исследованы вопросы комбинированного нагрева вращающихся дисков с применением постоянных магнитов. Нагрев неподвижных цилиндрических заготовок при вращении постоянных магнитов вокруг их оси рассматривался в работе [4].

Разработка энергосберегающей технологии нагрева - получения тепловой энергии в дисках за счет вращения (выделения мощности внутренних источников тепла) в магнитном поле, созданном постоянными магнитами является актуальной задачей. При термоциклических испытаниях максимальная частота вращения дисков может составлять 20000 - 70000 об/мин.

Технология изготовления современных постоянных магнитов совершенствуется и достигла определенного прогресса и в настоящее время для нагрева вращающихся малоразмерных дисков можно применить постоянные магниты из редкоземельных сплавов – неодим-железо-бор и самарий-кобальтовых сплавов. Они намного сильнее обычных ферритовых магнитов и магнитов из других магнитных материалов. Это позволило использовать их в промышленности, в частности, они нашли широкое применение в электродвигателях и генераторах для получения электрической или механической энергии.

Исследования теплового состояния дисков, вращающихся в постоянном магнитном поле на начальном этапе целесообразно проводить с использованием магнитов из самарий-кобальтовых сплавов, т.к. они имеют не только значительную магнитную индукцию до 1 Тл, но и работают при повышенных температурах до 250-330 °С. Однако, следует учитывать, что они обладают хрупкостью.

ЭДС наводится при вращении диска в магнитном поле, создаваемом постоянным магнитом, в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея. В результате чего возникают индуцированные токи. На небольшой частоте вращения указанная ЭДС мала. При увеличении частоты вращения увеличивается скорость изменения (пульсации) магнитного потока в диске и наведенная ЭДС становится значимой в диапазоне больших частот вращения. В результате мощность внутренних источников тепла увеличивается и повышается интенсивность нагрева вращающегося диска.

В данной работе впервые рассмотрен нагрев дисков, вращающихся в постоянном магнитном поле, с учетом выделения мощности внутренних источников тепла на невысоких частотах вращения.

Исследование теплового состояния модельного диска (из нержавеющей стали), вращающегося в поле постоянных магнитов по разработанной технологии [3], проводилось на разгонном стенде. Диск был препарирован термодарами на трех радиусах. Узел крепления с магнитами, установленными в локальной зоне диска в вакуумной разгонной камере, показаны на рис. 1.

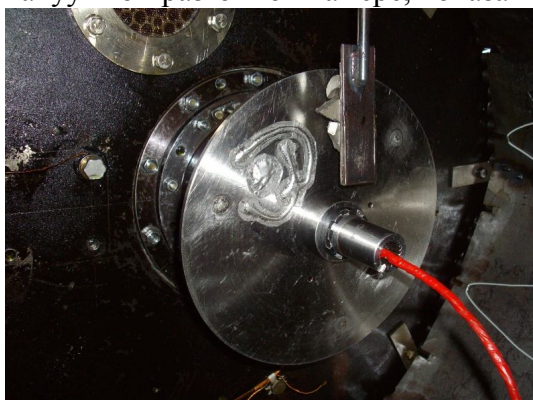


Рис. 1. Диск и узел крепления с постоянными магнитами в разгонной камере стенда

Между диском и магнитами из самарий-кобальтовых сплавов установлен зазор 5 мм. Измерения температур диска осуществлялись через ртутный токосъемник с помощью компьютерной системы. На рис. 2,а представлено тепловое состояние диска на разных радиусах в зависимости от частоты вращения в процессе эксперимента. На радиусе 95 мм наблюдалась максимальная температура, т.к. средняя линия наибольшего установленного магнита совпадала с указанным радиусом. В результате обработки

экспериментальных данных по тепловому состоянию получена кривая мощности нагрева, выделяемой в диске, в зависимости от частоты вращения (рис. 2,б).

В данных экспериментах тепловое состояние модельного диска исследовалось на частотах вращения до 22000 об/мин. На более высоких частотах вращения следует ожидать нагрев дисков до более высокой температуры. Кроме того, в дальнейших исследованиях по повышению эффективности нагрева малоразмерных дисков планируется использовать постоянные магниты с магнитной индукцией более 1 Тл.

В указанных экспериментах использовались магниты с 0,1 Тл, т.е., имеющие магнитную индукцию в десять раз меньше.

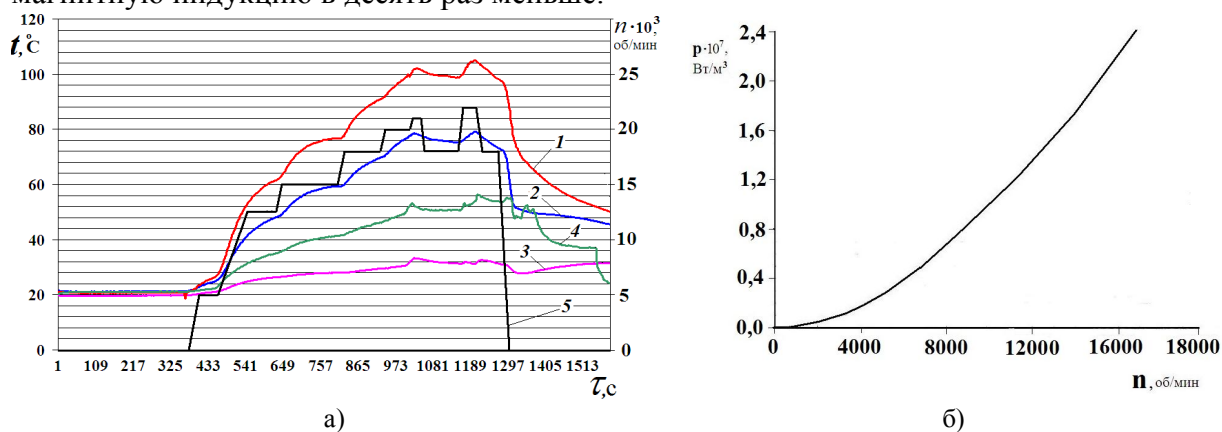


Рис. 2. Температуры диска на разных радиусах (а): 1 – 95 мм, 2 - 75 мм, 3- 55 мм, 4 - температура воздуха в камере, 5 - частота вращения; Зависимость выделяемой мощности в диске от частоты вращения (б)

Литература

1. Кувалдин А.Б., Лепешкин А.Р. Скоростные режимы индукционного нагрева и термонапряжения в изделиях: Монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 286 с. (Серия «Современные электротехнологии»).
2. Кувалдин А.Б., Лепешкин А.Р., Лепешкин С.А. Метод испытаний дисков турбомашин и бандажей роторов турбогенераторов с использованием индукционного нагрева // Электричество. 2009. № 7. – С. 33-38.

3. Патент № 2416869 РФ. Способ получения энергии и устройство для его реализации / А.Б. Кувалдин, А.Р. Лепешкин, С.А. Лепешкин // 2011. Б.И. № 11.

4. Михайлов К.А. Горемыкин В.А. Разработка индукционного нагрева в поле постоянного магнита // XVII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные техника и технологии» СТТ-2011. Томск – НИТПУ, 2011. – Т.3. – С. 233-234.

Кувалдин Александр Борисович – заслуженный деятель науки РФ, академик АЭН РФ, д.т.н., профессор кафедры ФЭМАЭК МЭИ (НИУ). e-mail: KuvaldinAB@mpei.ru.
Лепешкин Александр Роальдович, член-корреспондент АЭН РФ, д.т.н., начальник сектора, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д.2. E-mail: lepeshkin.ar@gmail.com.

УДК 621.311:568.264

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ УСРЕДНЕННЫХ ДАННЫХ

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрена разработка метода оптимизации энергоснабжения автономных потребителей на основе усредненных данных.

Development of a method of optimization of power supply of independent consumers on the basis of average data is considered.

При энергоснабжении автономных потребителей с учетом использования альтернативных источников энергии возможно появление неоднозначных технических решений, различающихся по стоимости, по надежности энергоснабжения и по времени окупаемости затрат. С целью устранения этого противоречия нами предложен метод оптимизации энергоснабжения автономных потребителей на основе усредненных данных мощности и стоимости оборудования, рейтинга источников энергии, минимума приведенных затрат, минимума времени окупаемости проекта и энергоснабжения от альтернативных и традиционных источников энергии.

Суть метода заключается в том, что:

- 1) производят аналитический обзор средств получения энергии конкретным видом альтернативных источников;
- 2) составляют таблицу сводных данных по упомянутым источникам, содержащую порядковый номер энергетической установки, наименование установки, производимую ею электрическую мощность в кВт, цену оборудования и ссылку на литературный источник;
- 3) разрабатывают *m* – файл в программе Matlab для дальнейшей графической интерпретации полученных в таблице данных;
- 4) по результатам работы *m* – файла строят графическое изображение полученных данных, содержащее точки, соответствующие каждой энергоустановке, с их порядковыми номерами, линию тренда, полученную в результате аппроксимации упомянутых данных в Matlab, и математическое выражение, описывающее линию тренда;
- 5) математическое выражение, описывающее линию тренда, передают в программу по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя в Алтайском регионе, выполненную в среде Excel;

6) в результате работы программы по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя в Алтайском регионе на основе усредненных данных мощности и стоимости оборудования, рейтинга источников энергии, минимума приведенных затрат, минимума времени окупаемости проекта и энергоснабжения от альтернативных и традиционных источников энергии, получают предварительные приведенные затраты на энергоснабжение автономного потребителя;

7) на основе п.4 выбирают конкретный вид энергооборудования и в соответствии п.5 и п.6 получают окончательные приведенные затраты на энергоснабжение автономного потребителя, которые используют при разработке проекта энергоснабжения автономного потребителя.

На рисунке 1 приведен алгоритм оптимизации энергоснабжения автономных потребителей. В соответствии с изложенным алгоритмом для примера произведен аналитический обзор средств получения биоэнергии. Составлена таблица сводных данных по упомянутым источникам (таблица 1).

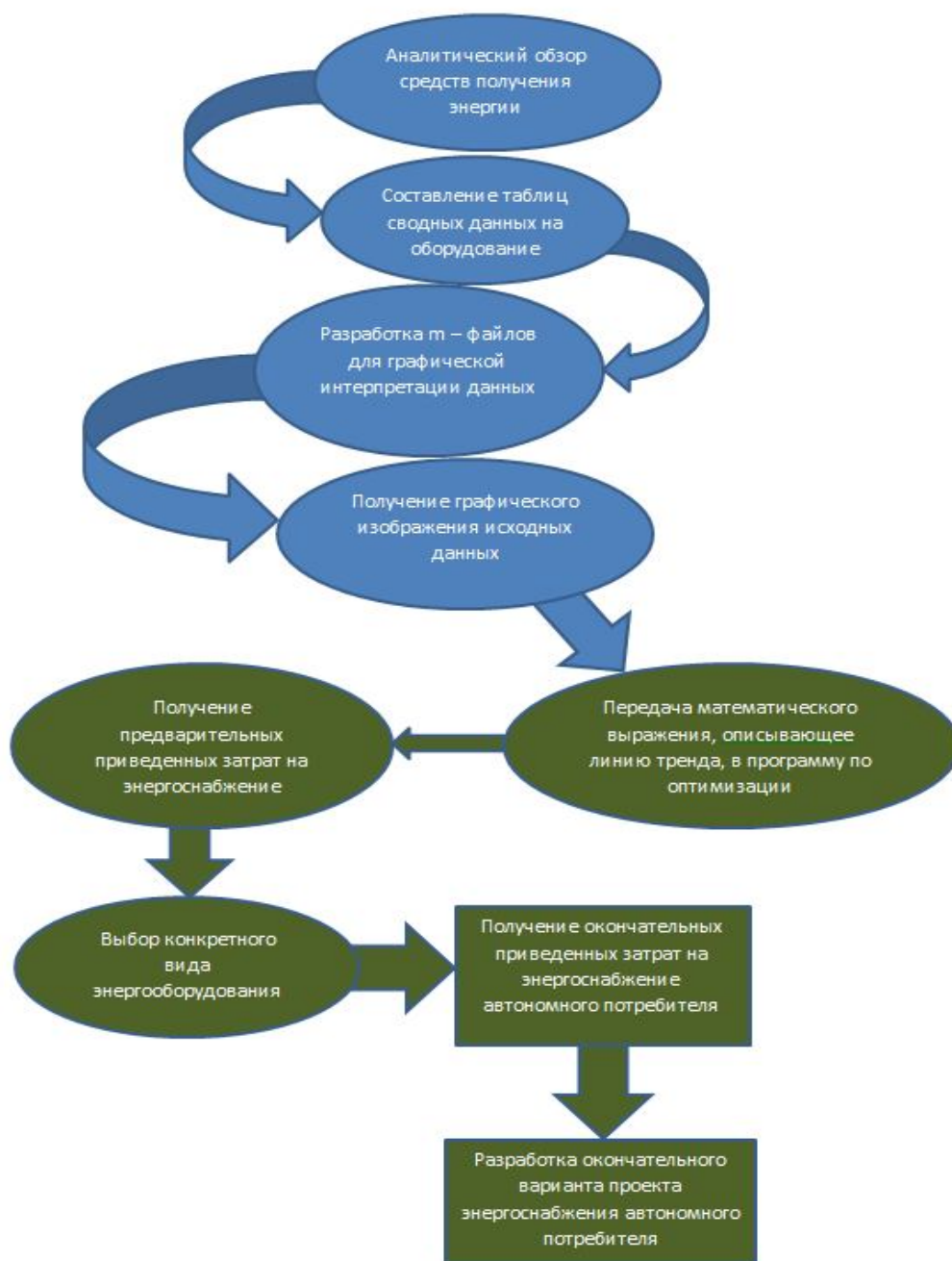
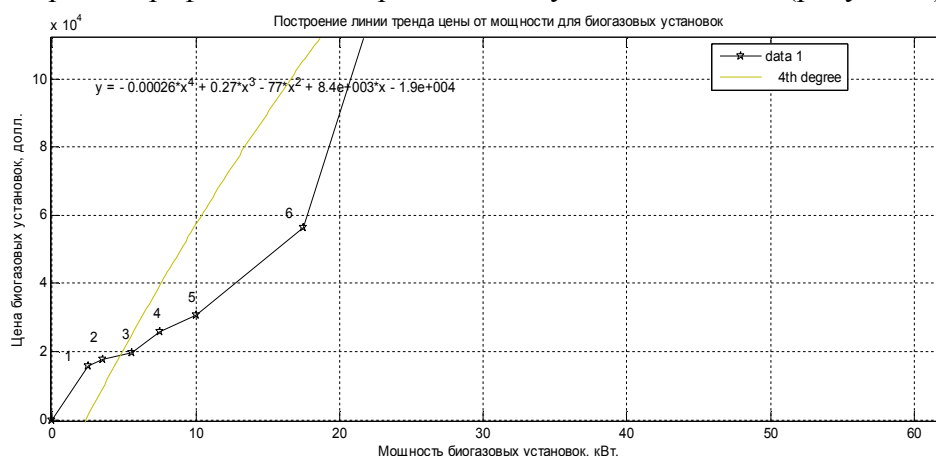


Рис. 1. Алгоритм оптимизации энергоснабжения автономных потребителей

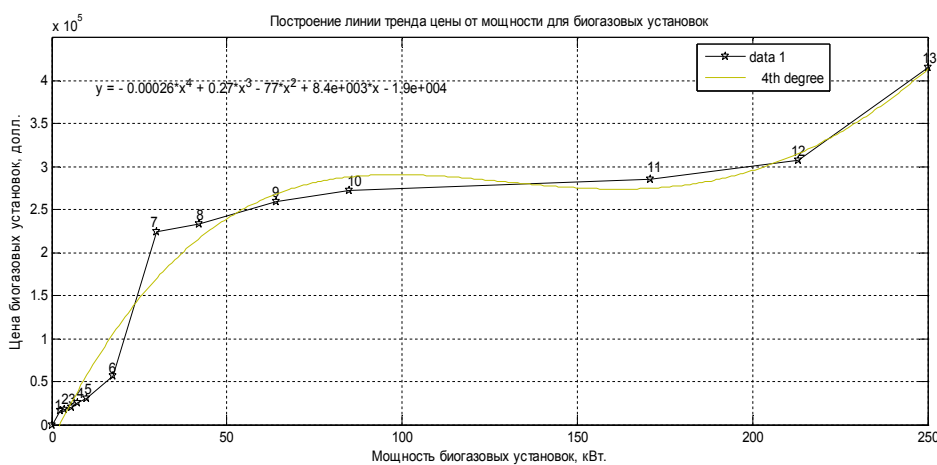
Таблица 1 - Технико-экономические характеристики биогазовых установок

Номера точек к рисунку 2	Название биогазовой установки	Выход биогаза (м ³ /сутки)	Производимая электрическая мощность (кВт)	Цена оборудования, долл.	Литературный источник
1	2	3	4	5	6
1	БЭУ-5	8	2,5	15819	[1]
2	БЭУ-7.5	15	3,5	17756	[1]
3	БЭУ-10	30	5,5	19693	[1]
4	БЭУ-15	45	7,5	25827	[1]
5	БЭУ-20	60	10	30670	[1]
6	БЭУ-15 и БЭУ-20	105	17,5	56497	[1]
7	БГУ-500 (навоз КРС)	500	30	176300	[2]
8	БГУ-720	720	42	234000	[3]
9	БГУ- 1100	1100	64	260000	[3]
10	БГУ- 1470	1470	85	273000	[3]
11	БГУ- 2940	2940	171	286000	[3]
12	БГУ- 3660	3660	213	307000	[3]
13	БГУ- 5000	5000	250	416000	[3]

Разработан m – файл (Biogas_ishodnoe_1.m) в программе Matlab для графической интерпретации полученных в таблице 1 данных. По результатам работы m – файла построено графическое изображение полученных данных (рисунок 2).



а)



б)

на рисунках а) и б) изменен масштаб
Рис. 2. Зависимость цены от мощности для биогазовых установок

Разработанный метод оптимизации энергоснабжения автономных потребителей на основе усредненных данных мощности и стоимости оборудования положен в основу концепции оптимизации энергоснабжения автономных потребителей на основе усредненных данных мощности и стоимости оборудования, рейтинга источников энергии, минимума приведенных затрат, минимума времени окупаемости проекта и энергоснабжения от альтернативных и традиционных источников энергии, что позволяет выбрать либо наиболее дешевый вариант энергоснабжения, либо наиболее надежный, либо вариант с минимальным временем окупаемости вложений.

Литература

1. Биогазовые установки для фермеров. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2012]. – Режим доступа: http://ovis.khv.ru/content/view/20/49/lang,ru_RU - Загл. с экрана.
2. Большие биогазовые установок. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2012]. – Режим доступа: <http://www.biogas.vn.ua/42.html>. - Загл. с экрана.
3. Биогазовые установок. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2012]. – Режим доступа: http://huo-long-biogas.ru/upload/pdf/price_biogas_plants_720-5000k_gus.pdf. - Загл. с экрана.

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29, т. 8-961-999-93-04, e-mail: vnprol51p@ya.ru.

УДК 621.311:568.264

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Приведена разработка методики оценки предварительных затрат на энергоснабжение автономных потребителей при совместном использовании различных видов энергии.

Shows the development of methodology for assessing the costs of pre-independent energy consumer in the sharing of various types of energy.

При оценке предварительных затрат на снабжение автономных потребителей при совместном использовании различных видов энергии возникает необходимость разработки «прозрачной» методики, позволяющей проводить графическую интерпретацию полученных результатов с небольшими затратами по времени.

Для решения этой задачи нами предложено суммировать математические выражения, описывающие линии тренда зависимостей цены различных видов оборудования от мощности. В результате суммирования были получены оценки суммарных затрат при использовании различных альтернативных источников энергии, представленные в виде трехмерных поверхностей изменения цены оборудования в долларах от мощности в кВт. По ним и определялись предварительные затраты на

снабжение автономных потребителей при совместном использовании различных видов энергии. Упомянутая методика приведена в виде алгоритма на рисунке 1.



Рис. 1. Алгоритм определения предварительных затрат на снабжение автономных потребителей при совместном использовании различных видов энергии

Разработка методики оценки предварительных затрат на снабжение автономных потребителей при совместном использовании двух альтернативных источников энергии

Для оценки предварительных затрат при совместном использовании, например, биоустановок и ветрогенераторов, разработан m-файл «Veter_bio_meshgrid.m». По результатам работы m – файла построена трехмерная поверхность затрат при совместном использовании биоустановок и ветрогенераторов (рисунок 2).

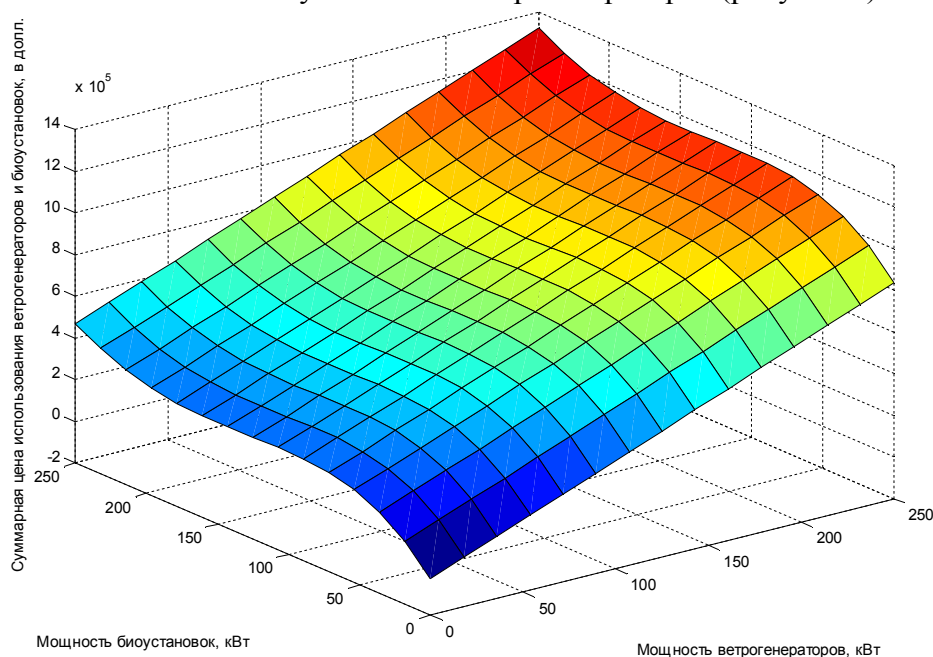
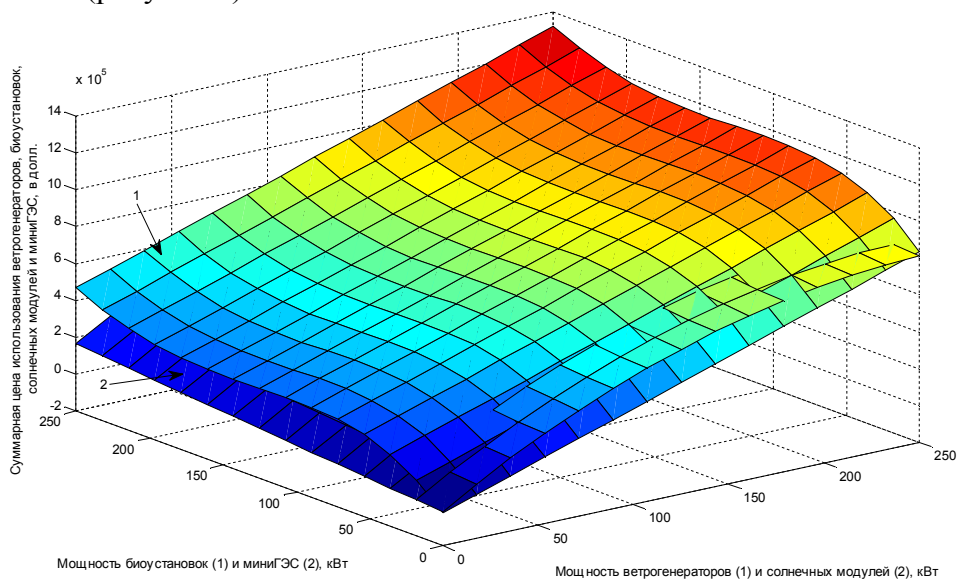


Рис. 2. Затраты при совместном использовании биоустановок и ветрогенераторов

Аналогично построены трехмерные поверхности оценки затрат при совместном использовании солнечных модулей, мини ГЭС, ветрогенераторов и биоустановок (рисунок 3).

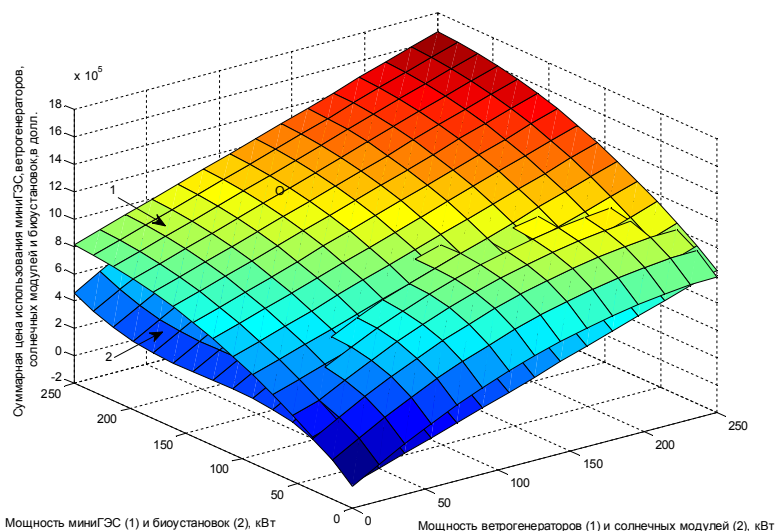


- 1- затраты при совместном использовании биоустановок и ветрогенераторов;
- 2- затраты при совместном использовании солнечных модулей и мини ГЭС

Рис.3. Наложение на одном графике зависимости суммарной цены ветрогенераторов, биоустановок, солнечных модулей и мини ГЭС в долл. от мощности в кВт

Из рисунка 3 следует, что затраты при совместном использовании биоустановок и ветрогенераторов более значительны, чем затраты при совместном использовании солнечных модулей и мини ГЭС, однако в отдельных зонах показанные поверхности пересекаются, что свидетельствует о примерно сопоставимых затратах.

По аналогии построены трехмерные поверхности оценки затрат при совместном использовании солнечных модулей, мини ГЭС, ветрогенераторов и биоустановок (рисунок 4).



- 1- затраты при совместном использовании мини ГЭС и ветрогенераторов;
- 2- затраты при совместном использовании биоустановок и солнечных модулей

Рис. 4. Наложение на одном графике зависимости суммарной цены ветрогенераторов, мини ГЭС, биоустановок и солнечных модулей от их мощности в долл. от мощности в кВт

Из рисунка 4 следует, что затраты при совместном использовании мини ГЭС и ветрогенераторов более значительны чем затраты при совместном использовании биоустановок и солнечных модулей, однако в отдельных зонах показанные поверхности пересекаются, что свидетельствует о примерно сопоставимых затратах.

Аналогично произведена разработка методики оценки затрат на снабжение автономных потребителей при совместном использовании двух традиционных источников энергии, четырех альтернативных источников энергии и четырех традиционных источников энергии.

Пример оценки затрат на энергоснабжение автономных потребителей при совместном использовании альтернативных видов энергии

При оценке ориентировочных затрат необходимо знать, какими ресурсами обладает автономный потребитель (фермерское хозяйство), т.е. есть ли рядом с ним река, каких животных содержит фермерское хозяйство и в каком количестве. Так же нужны данные о ежемесячном потреблении электроэнергии с пиковыми нагрузками.

Исходные данные для расчета автономного потребителя представлены в таблице 1. Автономный потребитель имеет подсобное хозяйство, что обуславливает возможность использования биоустановки, которая, исходя из количества животных, может выработать 10,79 кВт (мощность, полученная делением 7769,3 кВт·ч на количество дней в месяце – 30 и на количество часов в сутках - 24). Так как биоустановка не может выработать все нужное количество энергии (15 кВт), покроем оставшийся дефицит (15 – 10,79=4,21 кВт) электроэнергией ветрогенераторами.

Для приблизительной оценки затрат совместного использования биоустановки и ветрогенераторов воспользуемся рисунком 2. По оси «мощность биоустановки» выбираем биоустановку мощностью 10,79 кВт, а по оси «мощность ветрогенераторов» выбираем ветрогенератор мощностью 4,21 кВт.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета ориентировочных затрат для энергоснабжения автономного потребителя

	Разновидности выращиваемых животных и птиц	Кол-во животных, шт.	Возможная выработка электроэнергии на основе биогаза, кВт·ч	Средний ежемесячный расход электроэнергии, кВт·ч	Значение пиковой нагрузки, кВт
1	КРС	2	5855,97	1200	15
2	КРС (телята)	1	878,39		
3	КРС (молодняк)	1	292,80		
4	Свины	2	649,45		
5	Курицы	5	92,68		
	Всего	11	7769,30		

Результатом пересечения этих данных на представленной плоскости по рисунку 2 будут приблизительные суммарные капиталовложения на покупку оборудования, равные 49718 долл.

Экономическая оценка выбранного оборудования

Капиталовложения на приобретение оборудования будут равны сумме стоимостей оборудования, а так же затрат на транспортировку и монтаж (примем их 10 и 20 % соответственно).

$$K = 1,3 \cdot 28,5 \cdot K_{\text{сумм.}} \text{ руб} \quad (1)$$

где $K_{\text{сумм.}}$ - суммарные капиталовложения на покупку оборудования, определяются по рисунку 2,

28,5 – коэффициент для перевода долларов в рубли

$$K = 1,3 \cdot 28,5 \cdot 49718 = 1842051 \text{ руб}$$

Расчет ежегодных издержек

Рассчитаем коэффициент амортизационных отчислений. Исходя из того, что нормативный срок окупаемости оборудования условно равен $T = 10$ лет, коэффициент амортизационных отчислений $p_a = 1/T = 1/10$

$$И = p_a \cdot K \cdot v = 0,1 \cdot 1842051 \cdot (1 - 0,18) = 151048,18 \text{ , руб.},$$

где v – коэффициент, учитывающий отсутствие в цене товара НДС.

Расчет приведенных затрат

Рассчитаем приведенные затраты по формуле:

$$Z_{пр} = E \cdot K + И = 0,12 \cdot 1842051 + 151048,18 = 372094,3 \text{ руб}$$

где $E=0,12$ – коэффициент экономической эффективности.

Разработанная методика позволит производить предварительную оценку затрат на энергоснабжение автономных потребителей при совместном использовании различных видов энергии с графической интерпретацией полученных результатов и с небольшими затратами по времени.

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор », АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29, т. моб. 8-961-999-93-04, e-mail: vnprol51p@ya.ru.

УДК 621.311:568.264

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрена разработка программы по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии в Алтайском регионе и результаты ее использования.

We consider the development of a program for optimal energy supply independent energy consumer in the Altai region, and the results of its use.

Все модули программы находятся в одном файле (Программа.xlsx), а также могут взаимодействовать друг с другом (рисунок 1), поэтому их можно считать одной программой.

В программе представлены 3 основных типа ячеек:

- синие ячейки, для введения в них данных;
- желтые ячейки, расчетные ячейки (рассчитываются автоматически при вводе данных в синие ячейки);
- зеленые ячейки, информационные ячейки, с указанными в них рекомендациями по проведению расчетов.

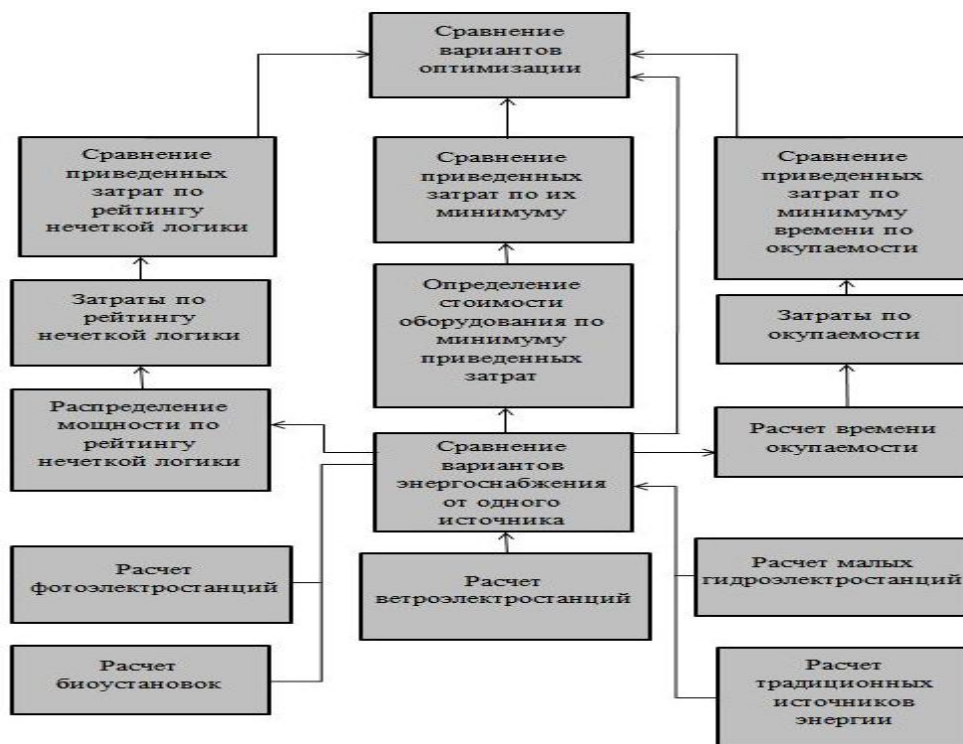


Рис.1. Структура взаимодействия модулей программы по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя

Для примера вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и минимума приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя» представлен на рисунке 2.

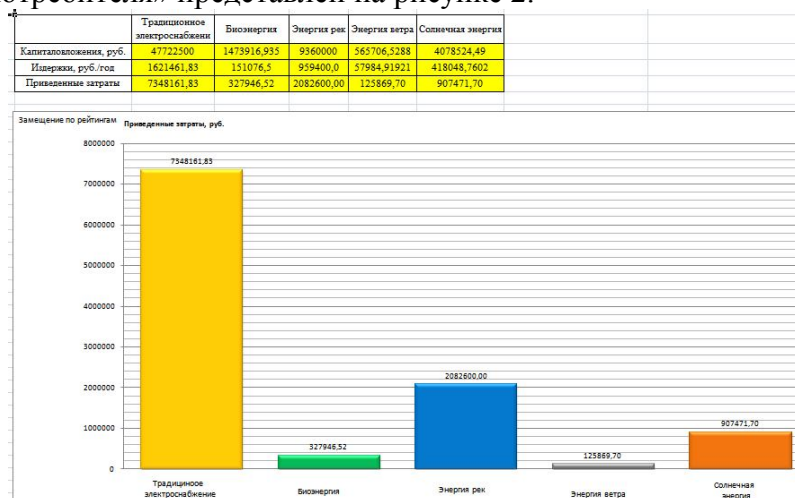


Рис. 2. Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и минимума приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя»

Из рисунка 2 следует, что минимальные приведенные затраты, издержки, а также капитальные вложения (для первого потребителя) получаются для варианта ветроэлектростанций.

Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и минимума приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по нечеткой логике» представлен на рисунке 3.

Из рисунка 3 следует, что приведенные затраты на энергоснабжение первого автономного потребителя с помощью биоэнергии оказались самыми значительными, а с помощью солнечной энергии - минимальными.

Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по минимуму приведенных затрат» представлен на рисунке 4.

Из рисунка 4 следует, что приведенные затраты на энергоснабжение первого автономного потребителя с помощью энергии ветра оказались самыми значительными, а с помощью солнечной энергии - минимальными.

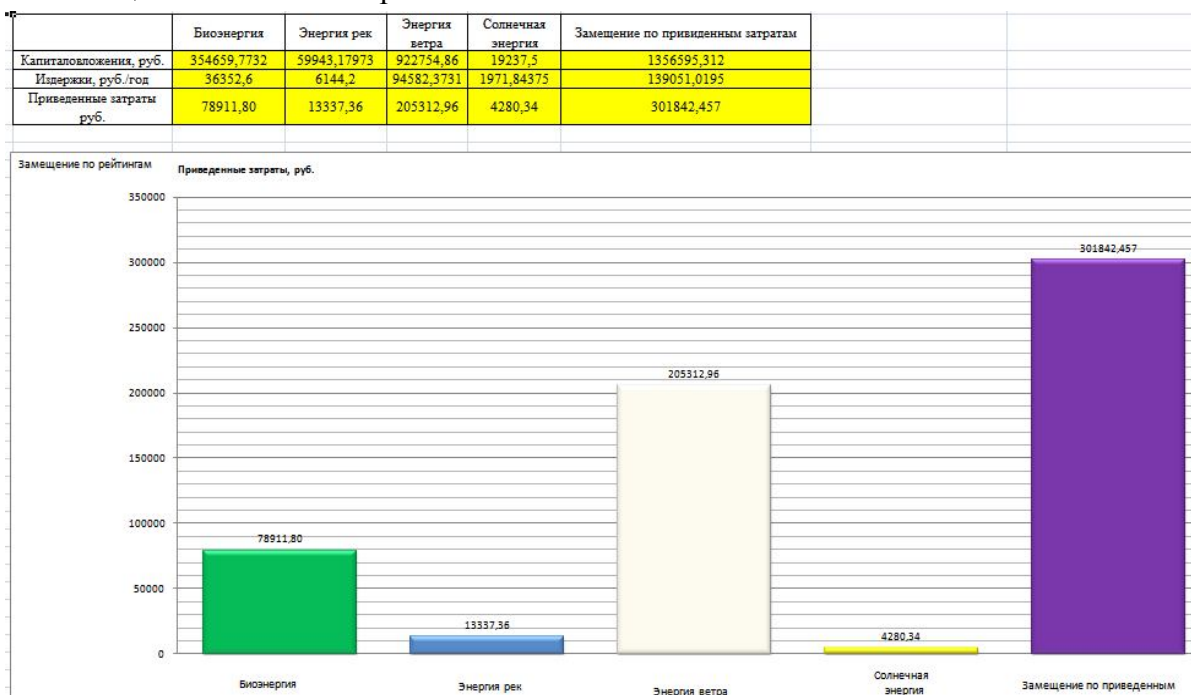


Рис. 4. Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по минимуму приведенных затрат»

Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по минимуму времени окупаемости» представлен на рисунке 5.

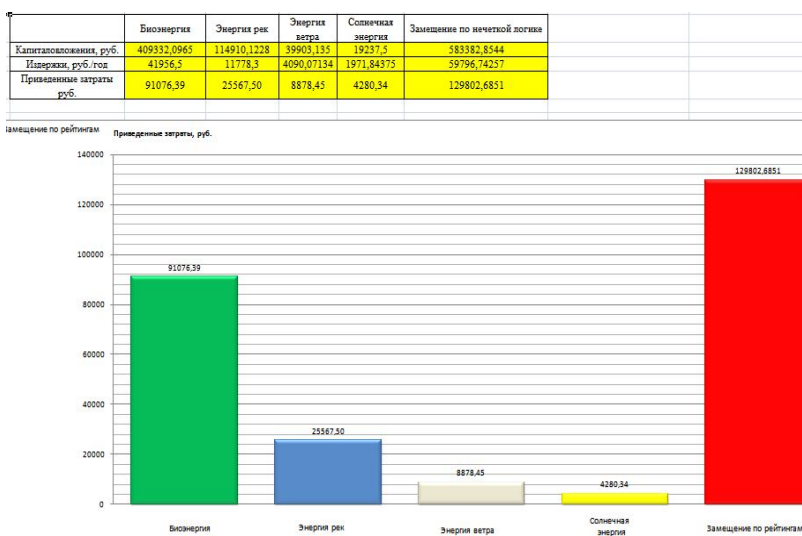


Рис. 3. Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по нечеткой логике»

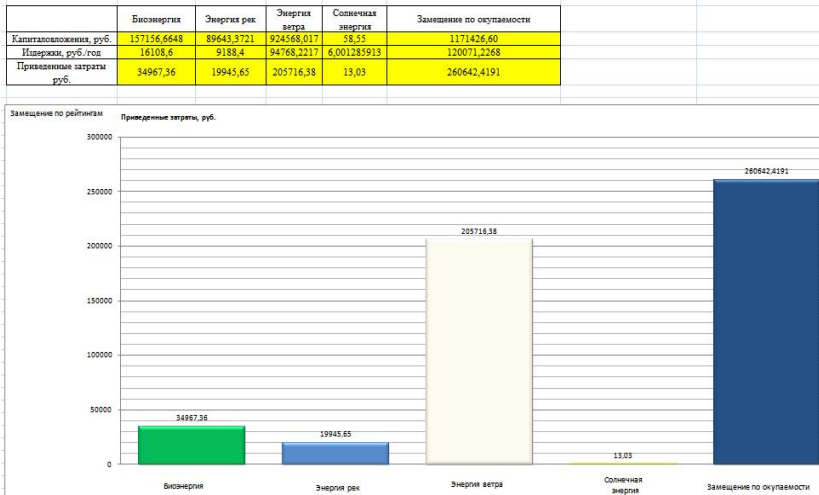


Рис. 5. Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов энергоснабжения автономного потребителя по минимуму времени окупаемости»

Из рисунка 5 следует, что приведенные затраты на энергоснабжение первого автономного потребителя с помощью энергии ветра оказались самыми значительными, а с помощью солнечной энергии - минимальными.

Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и

приведенных затрат для различных вариантов оптимизации энергоснабжения» представлен на рисунке 6 (характеристики первого потребителя).

	Сравнение по нечеткой	Сравнение по приведенным	Сравнение по окупаемости	Биоэнергия	Энергия рек	Энергия ветра	Солнечная энергия	Традиционное электроснабжение
Капиталовложения, руб.	583382,8544	1356595,312	1171426,60	1473916,935	9360000	565706,5288	4078524,49	47722500
Издержки, руб./год	59796,7	139051,0	120071,2268	151076,5	959400,0	57984,91921	418048,7602	1621461,83
Приведенные затраты, руб.	129802,69	301842,46	260642,42	327946,52	2082600,00	125869,70	907471,70	7348161,83

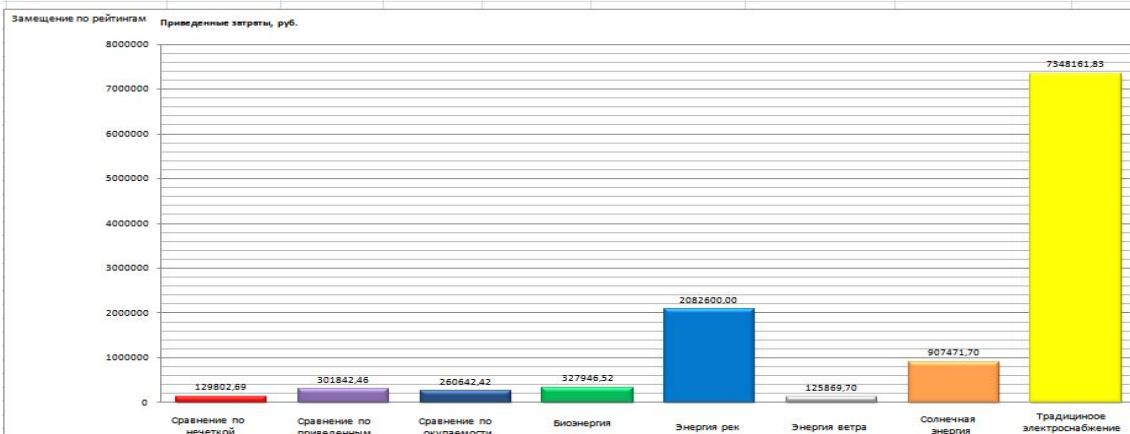


Рис. 6. Вид рабочего окна модуля «Сравнение капитальных вложений, издержек и приведенных затрат для различных вариантов оптимизации энергоснабжения»

	Сравнение по нечеткой	Сравнение по приведенным	Сравнение по окупаемости	Биоэнергия	Энергия рек	Энергия ветра	Солнечная энергия	Традиционное электроснабжение
Капиталовложения, руб.	389482,3349	2280174,897	3449219,14	3355732,892	9360000	639220,7555	4678380,816	47722500
Издержки, руб./год	39921,9	233717,9	333344,9621	343962,6	959400,0	65520,12744	479523,7837	1621461,83
Приведенные затраты, руб.	86659,82	507338,91	767451,26	746650,57	2082600,00	142226,62	1040917,48	7348161,83

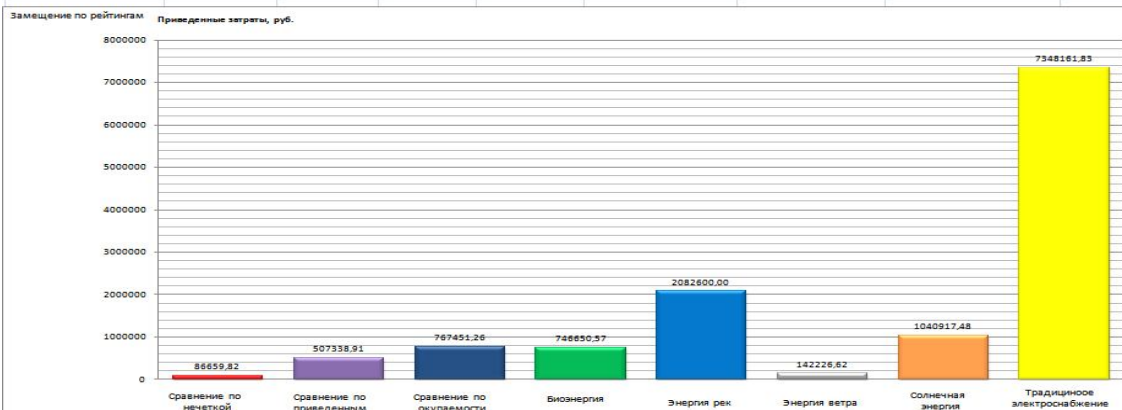


Рис. 7. Вариант графической интерпретации по результатам расчета оптимального варианта энергоснабжения

Результаты работы программы по выбору оптимального варианта энергоснабжения

В результате трех вариантов расчета затрат по времени окупаемости, по минимуму приведенных затрат, методом нечеткой логики, а также 5 вариантов энергоснабжения от одного источника энергии получена зависимость распределения суммарных приведенных затрат при различных вариантах смешанного энергоснабжения (рисунок 7) (характеристики второго потребителя).

Как видно из диаграмм на рисунке 6 (характеристики первого потребителя), минимальные суммарные приведенные затраты получаются при использовании энергии ветра. Более дорогим по приведенным затратам является расчет по методу нечеткой логики. Еще более дорогими (в порядке перечисления) вариантами энергоснабжения автономного потребителя являются варианты: по минимуму времени окупаемости, по минимуму приведенных затрат, и энергоснабжение от отдельных видов энергии.

При рассмотрении диаграммы на рисунке 7 (характеристики второго потребителя) получаются несколько иные закономерности: минимальные суммарные приведенные затраты получаются при использовании расчета по методу нечеткой логики. Затем, в плане удорожания проекта идут: использование энергии ветра, расчет по минимуму приведенных затрат, использование биоэнергии, расчет по минимуму времени окупаемости и использование других альтернативных источников энергии.

Заканчивает упомянутый ряд в обоих случаях использование электроэнергии, что подтверждает правильность выбранной концепции оптимизации энергоснабжения автономного потребителя и широкие возможности замещения электрической энергии возобновляемыми источниками энергии.

Таким образом, для расчета оптимального варианта энергоснабжения от альтернативных источников энергии необходимо учитывать в первую очередь характеристики района по скоростям ветра, а также факторы, применяемые в методе нечеткой логики, такие как: энергетический ресурс, экономический потенциал, воздействие на окружающую среду и человека, вероятность наличия энергоресурса в течение года, себестоимость производства 1кВт·час мощности, возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии.

Оптимальным вариантом энергоснабжения первого рассматриваемого автономного потребителя является вариант с использованием нечеткой логики. Однако для второго рассматриваемого автономного потребителя более оптимальным оказался вариант энергоснабжения только от энергии ветра.

Таким образом, использование предложенной концепции оптимизации энергоснабжения автономного потребителя энергии, реализованной в описываемой программе, позволяет выбрать либо наиболее дешевый вариант (на основе минимума приведенных затрат), либо наиболее надежный (на основе рейтинга источников энергии), либо вариант с минимальным временем окупаемости вложений (на основе минимума времени окупаемости проекта).

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29, т. 8-961-999-93-04, e-mail: vnpro151p@ya.ru.

Отрощенко А.А.

Россия, г. Новосибирск, Новосибирский ГТУ

Доля электроэнергии, вырабатываемой в России с использованием ВИЭ, составляет 1%. На пути развития ветроэнергетики страны существует целый ряд барьеров. Для того, чтобы все участники энергорынка были заинтересованы в новых прогрессивных технологиях необходимо доказать их эффективность. В этой ситуации особая роль в формировании механизмов поддержки развития возобновляемой энергетики принадлежит государству.

The share of electricity, generated in Russia with the use of renewable energy, is 1%. There are a number of barriers on the path of wind power development of the country. To do the energy market more attractive for all participants it is necessary to prove the effectiveness of new technologies. In this situation a special role in the formation of the mechanisms of support of renewable energy development belongs to the government.

Россия - это страна с огромной территорией и разными климатическими зонами. Около 70% территории России не имеет централизованного электроснабжения. Развитие ВИЭ в Российской Федерации, несомненно, будет способствовать решению проблемы энергетической безопасности страны, социальных проблем, развитию бизнеса, повышению качества жизни населения. Однако доля электроэнергии, вырабатываемой в России с использованием возобновляемых источников, составляет около 1%. Развитие зеленой энергетики руками частных инвесторов будет идти малыми темпами до тех пор, пока государство не вмешается в этот процесс. Для того, чтобы все участники энергорынка были заинтересованы в новых прогрессивных технологиях необходимо доказать их эффективность, переводя экологические, технологические, социальные и другие преимущества в видимый экономический эффект.

Ни один возобновляемый источник энергии не является универсальным для использования в любой ситуации. Этот фактор всегда определяется природными условиями и потребностями конкретного района в различных видах энергии. Валовый потенциал ветроэнергетики распределен по территории России неравномерно. Атлас ветров России указывает, что существует множество районов, где среднегодовая скорость ветра превышает 6,0 метров в секунду. Оценка валового потенциала, проведенная в конце 2010 года, показывает, что большая часть ресурсов сосредоточена в Дальневосточном регионе, так же большим потенциалом ветровой энергетики обладают Уральский и Сибирский регионы. Однако необходимо отметить, что по сравнению с валовым потенциалом, экономический потенциал ресурсов ветроэнергетики очень мал.

В России существуют четыре барьера развития возобновляемой энергетики:

Психологический

- Зависимость страны от продажи органического топлива
- Миф о дороговизне оборудования ВИЭ
- Предвзятость о малых мощностях
- Слабая осведомленность

Технологический

- Отсутствие поддержки отечественных разработок
- Неразвитая инфраструктура по установке и сервисному обслуживанию оборудования
- Неизвестные точные сроки эксплуатации того или иного вида оборудования

- Недостаток квалифицированных кадров
- Неразвитое техническое сотрудничество с другими странами

Экономический

- Отсутствие государственной поддержки
- Отсутствие льгот
- Отсутствие крупных производителей оборудования
- Отсутствие федеральных планов по вводу мощностей на базе ВИЭ

Законодательный

- Отсутствие закона о возобновляемой энергетике.
- Отсутствие органа или отдела, несущего ответственность за развитие данной отрасли энергетики
- Отсутствие законодательных актов субъектов РФ

Важность развития возобновляемой энергетики, и в частности ветроэнергетики, определяется тем, что около 22-25 млн. российских граждан проживают в районах автономного или ненадежного централизованного энергоснабжения, которые практически совпадают с зоной потенциальных ветроресурсов (Камчатка, Магаданская область, Чукотка, Сахалин, Якутия, Бурятия, Таймыр и др.). Развитие возобновляемой энергетики в децентрализованных зонах России позволит оптимизировать энергетическую структуру этих территории и создать условия для повышения эффективности экономики в целом.

Одной из таких зон является Ненецкий автономный округ

Ненецкий автономный округ расположен на севере Восточно-Европейской равнины, почти полностью за Полярным кругом. Большая часть округа обеспечивается электроэнергией децентрализованно с помощью дизель-генераторных установок (ДГУ), износ которых составляет порядка 60%. В более чем половине из 39 поселков округа процент износа электрических сетей составляет от 60 до 100%, потери в сетях составляют от 6% до 40%. Главная проблема энергобезопасности региона – дорогостоящий северный завоз топлива, который осуществляется морским и речным транспортом лишь в период навигации.

Наибольшие затраты на приобретение и доставку топлива на 1 человека в год имеет поселок Амдерма – 124 809 руб. в год. Перспективы развития территории говорят о необходимости развития генерирующих мощностей, однако существующие проблемы не позволят это сделать с помощью используемого оборудования. Для обеспечения улучшения социальных условий, в рамках программ развития округа, необходимо предусмотреть вариант энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии.

Для береговой линии НАО характерны относительно высокие среднегодовые скорости ветра, причем 40-50% времени в году ветер имеет скорость 8-10 м/с и более. Для сравнительного анализа выбранного варианта электроснабжения рассмотрим так же установку новых ДГУ либо газопоршневых турбин (ГПУ). Результаты сравнения представлены в таблице:

Характеристика	ДГУ	ГПУ	ВЭУ
Марка	CAT C 15	CAT G3412	ВЭУ-10
Мощность, кВт	328	360	10
Требуемое число машин	1	1	25
Стоимость машины в полной комплектации, руб.	3 537 268	5 149 331	1 258 000
Суммарная стоимость необходимых генераторов, руб.	3 537 268	5 149 331	30 846 509
Стоимость доставки и монтажа, руб.	163 125	244 875	3 773 671
Топливные затраты в месяц, руб.	4 626 254	1 894 400	0
Эксплуатационные расходы в месяц, руб.	23 105	53 011	22 467
Ориентировочные расходы в первый год, руб.	59 492 698	28 763 137	34 889 779
Ориентировочные расходы за 20 лет (в постоянных ценах), руб.	147 993 640	65 763 944	35 316 643
Суммарные затраты проекта	147 993 640	65 763 944	35 316 643

Итого суммарные инвестиционные затраты на строительство ветропарка составляют 35 316 643 руб., что на порядок больше, чем покупка ДГУ или ГПУ. Приведенные выше данные показывают, что при длительной эксплуатации установок, возрастают затраты проектов с использованием топлива. В итоге ориентировочные суммарные затраты на установку и использование ДГУ составили 147 993 640, что в 2,3 раза выше, чем у проекта строительства ГПУ и в 4,2 раза выше стоимости строительства ветропарка. Таким образом, строительство ВЭУ, имея на начальном этапе большие инвестиционные затраты, в итоге оказалось более эффективным, чем остальные рассматриваемые проекты.

Для оценки экономической эффективности строительства ветропарка проведено моделирование реализации проекта с помощью программного продукта Альт-Инвест.

Характеристика	Показатель	Ед. измерения
Простой срок окупаемости	7,34	лет
Чистая приведенная стоимость (NPV)	14 547	тыс. руб.
Дисконтированный срок окупаемости (PBP)	13,62	лет
Внутренняя норма рентабельности (IRR)	19,1	%

По результатам анализа инвестиционного проекта строительства ветропарка в поселке Амдерма можно заключить, что проект является эффективным, представленные показатели имеют положительные значения. После того, как денежные притоки окупят первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта, инвестор может получить прибыль в размере 14 547 тыс. руб. Это подтверждает тот факт, что строительство ветропарка не только является безубыточным проектом, но и может принести инвестору определенный доход.

Согласно проведенному факторному анализу нулевой NPV проекта достигается при стоимости электроэнергии, установленной на отметке 2,9 руб/кВтч. Исходя из параметра тарифообразования данного поселка возникает вопрос об оценке эффективности проекта с точки зрения двух вариантов инвестирования – частного или государственного. Учитывая, что порядка 80% затрат на обеспечение поселка топлива покрывается за счет муниципального бюджета можно рассчитать, что ориентировочная годовая экономия муниципалитета составит около 55 515 тыс. руб. в год. Следовательно, за 20 лет реализации проекта дополнительный денежный поток может составить 971 513 тыс. руб., что делает проект еще более привлекательным. После включения этого денежного потока с учетом дисконтирования чистая приведенная стоимость проекта составит 539 230 тыс. руб., проект окупится уже в первый год. Данный факт говорит о том, что строительство ветропарка, инвестируемое государством, будет наиболее оптимальным вариантом развития энергетики поселка.

Подобное строительство может быть включено в программу развития народов Севера и стать одним из ключевых факторов успеха развития экономики округа. Малые мощности генераторов позволят постепенно увеличивать нагрузку в сети, равномерно распределяя необходимые затраты во времени без переплаты за частично неиспользуемые мощности.

В случае частного инвестирования для улучшения показателей эффективности проекта возможно применение мер государственного стимулирования, основанных на опыте зарубежных стран. Ими могут стать:

1. Субсидирование.
2. Льготное налогообложение.
3. Инвестиционный налоговый кредит – форма изменения срока исполнения налогового обязательства, при которой налогоплательщику предоставляется возможность уменьшить платежи по налогу на прибыль организации с последующей уплатой суммы кредита и процентов.

4. Зеленый тариф, в основе которого лежат гарантия подключения к сети; долгосрочный контракт на покупку всей произведенной возобновляемой электроэнергии; надбавка к стоимости произведенной электроэнергии.

5. Квотирование производства и (или) потребления энергии на основе ВИЭ.

6. Система чистого измерения для систем ВИЭ, работающих в общей сети, осуществляющая измерение в прямом и обратном направлении.

В «Энергетической стратегии России на период до 2020 года» сформулированы цели по развитию альтернативной энергетики, однако цели, зафиксированные в документе, слишком низки для того, чтобы переломить ситуацию в российской энергетике. Исходя из потребности развития ВИЭ, и объективных и субъективных предпосылок такого развития, можно поставить минимальную реально достижимую цель: Увеличение доли ВИЭ в производстве электрической энергии— до 5% от общего производства электроэнергии к 2030 г.

Для достижения этой цели, потребуется целый комплекс мер, направленный на всестороннюю поддержку развития ВИЭ, необходимо на федеральном уровне утвердить орган федеральной исполнительной власти, специально уполномоченного в области развития ВИЭ. Одновременным этапом создание государственного органа должно являться принятие закона о возобновляемой энергетике, кроме которого должна быть разработана комплексная нормативно-правовая база, система стандартов. Преодоление важного для нашей страны информационного барьера позволит распространить данные о положительных примерах использования возобновляемых источников в стране, создать дополнительные стимулы у потребителей для покупки «зеленой» энергии.

Литература

1. Васильев Ю.С. Оценки ресурсов возобновляемых источников энергии в России: Учебно-справочное пособие / Ю.С. Васильев, П.П. Безруких, В.В. Елистратов, Г.И. Сидоренко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 251с.

2. Ветроэнергетика мира. Отчет за 2010 год. / Всемирная ветроэнергетическая ассоциация. – Бонн, 2010. – 25 с.

3. Возобновляемая энергетика России. От возможности к реальности / Международное энергетическое агентство. – Франция, 2004. – 120 с.

Отрощенко Алена Александровна, магистр менеджмента, Новосибирский ГТУ,
e-mail: alena.otroshchenko@gmail.com

УДК 620.9: 632.15

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕРТОЛЕТАХ

Лепешкин А.Р.,

*Россия, г. Москва, Центральный институт авиационного моторостроения
им. П.И. Баранова,*

Качанов А.Н.,

Россия, г. Орел, ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Рассматривается применение электрических технологий для создания электрических вертолетов. Приводятся сведения о первых полетах электрических вертолетов с человеком на борту. Применение новых электротехнологий и материалов в электрических вертолетах открывает новые возможности по улучшению экологии без использования обычного топлива и значительному снижению шума силовых установок в малой авиации.

The application of electrical technologies for creating of the electric helicopters is considered. The data on the first flights of electric helicopters with a person on board is presented. The application of new electrotechnologies and materials in the electrical helicopters opens up new possibilities for improvement of ecology without of the use of conventional fuel and a significant reduction of a noise of the power installations in small aircraft.

В настоящее время уделяется большое внимание разработке и применению новых технологий и материалов в летательных аппаратах, которые позволяют уменьшить потребление энергии, улучшить экологию без использования обычного топлива и существенно снизить шум летательных аппаратов. Такие технологии разрабатываются для их применения в электрических самолетах и вертолетах.

Первые полеты электрических вертолетов с человеком на борту были осуществлены в 2011 году во Франции – в сентябре и Германии – в октябре. Следует отметить также, что в 2009 году легкий электрический вертолет фирмы UTRC с топливными элементами PEMFC на водороде с воздухом совершил первый полет без человека на борту. В ближайшее время состоятся первые полеты электровертолета фирмы Сикорского. В качестве базы для его создания был использован вертолет S-3000 СТМ. Его 190-сильный четырехцилиндровый бензиновый двигатель был заменен на электрический, а по бокам вертолета были навешены два литиево-ионных полимерных аккумулятора. Конструкции созданных электрических вертолетов в Америке и Франции были традиционными по сравнению с электрическим вертолетом, созданным в Германии.

Электро и аэрокосмический инженер Паскаль Кретьен не только попытался, но и сделал первый в мире управляемый вертолет, полностью работающий от электроэнергии. Он заменил наиболее энергопотребляющие детали, такие как хвостовой винт и циклическое управление, легкими альтернативами. Вместо хвостового винта, который бы создавал большую нагрузку на батарею, в его электровертолете большую роль играют два вращающихся в разные стороны винта наверху. Задняя же часть очень легкая и необходима для поддержания равновесия. В остальном летальный аппарат не сильно напоминает вертолет - скорее многофункциональные санки. В сентябре 2011 г. Кретьен, который также является опытным пилотом, пролетел на своем изобретении 2 мин. и 10 с. Разработкой электровертолета он занимался в течение последнего года по заказу французской компании Solution F и практически все сделал своими руками. Однако цель, поставленная перед ним - это 10-12 минут полета, поэтому на этом работа не заканчивается, а скорее только начинается.

Одно из направлений развития винтокрылых машин - квадрокоптеры, легковесные металлические или пластиковые конструкции квадратной формы с пропеллерами по углам. Обычно они способны нести лишь небольшую нагрузку и выполнять разведывательные и другие функции. Устройство, испытанное немецкой компанией E-Volo, является полноценным средством передвижения по воздуху для одного человека. Оно объединяет четыре квадрокоптера, установленных на цельный каркас, в центре которого находится место пилота. Управляется аппарат беспроводным штурвалом, а мягкость посадки обеспечивается упругим шарообразным элементом в центральной части и четырьмя гибкими "ногами" по краям. Винты работают на электроэнергию, которая запасается в аккумуляторах и передается электромоторам. Общий вес машины с учётом батарей (без пилота) - 80 кг. Разработчики не уточняют технических характеристик электродвигательной системы, но говорят, что час полёта "съест" электричества на 6 евро.

Данный легкий аппарат в Германии поднялся в воздух с 16 винтами, пилотируемый его создателем Томасом Зенкелем, руководителем проекта. Пока «мультикоптер» способен летать в течение 10–30 минут. Первый тестовый полёт под

управлением человека, состоявшийся в конце октября, проходил на высоте около двух метров и длился полторы минуты (рис. 1).



Рис. 1. Первый полет электрического вертолета в Германии

Три немецких изобретателя провели первое испытание первого в мире электрического, а значит, «зеленого» вертолета E-Volo с человеком на борту. Он взлетает вертикально, использует литиевые батареи и имеет 16 роторов для подъема и движения. "Наша система изначально задумывалась как электрическая – тихая, чистая и экономически рентабельная. Один час полёта будет стоить примерно 6 евро в виде платы за электроэнергию, – объясняют представители фирмы E-Volo". Кроме того, у аппарата немного частей, которые могут изнашиваться, а это означает продолжительные интервалы в техобслуживании и невысокую его стоимость. Краткие основные особенности опытного образца инновационного вертолета. Он может поднимать 80 килограмм полезного груза. Он может взлетать вертикально, а управление этим вертолетом осуществляется джойстиком и за счет 16 роторов управление может быть очень точным.

Изобретатели пока определили назначение своего вертолета, как “устройство для воздушного спорта”, но перспективу для своего детища они видят как воздушный автомобиль. Изобретатели утверждают, что их вертолет может использоваться для контрольных патрульных облетов трасс трубопроводов, как скорая медицинская помощь, для аэросъемки, как воздушное такси, а можно его использовать просто как летательное устройство для развлечения. Однако его функции могут быть значительно расширены при его совершенствовании в будущем.

Сейчас перед изобретателями стоит главная задача – найти источник питания для 16 роторов с большой емкостью. Управление 16-ю роторами через компьютер игровым джойстиком настолько простое и точное, что E-Volo может управляться человеком без специальной подготовки. Мультикоптер E-Volo сейчас работает на литий-ионных батареях в течение 20 минут. Но изобретатели верят в быстроразвивающиеся технологии в этом направлении, и надеются, что скоро смогут увеличить время полета до одного часа. Изобретатели говорят о безопасности мультикоптера E-Volo, он может нормально сесть даже, если четыре из 16 роторов не работают. Вращающиеся лопасти расположены ниже пилота, что также в пользу безопасности устройства, так как в этом случае можно спокойно воспользоваться парашютом.

Управление мультикоптером может быть интегрировано с программным обеспечением GPS таким образом, что вертолет может сам выбирать маршрут движения на прямых участках и огибать препятствия. E-Volo уже совершил несколько

беспилотных полетов, когда он управлялся дистанционно с земли. Уже есть и коммерческая версия мультикоптера. Варианты будущего дизайна предполагают, что e-multicopter (так разработчики тоже называют свой аппарат) будет складным.

Приведенные достижения могут свидетельствовать о том, что пилотируемые электрическими вертолёты с двумя или несколькими винтами могут найти применение на практике. Главное - сделать их абсолютно безопасными, поскольку повреждение аккумуляторов при падении грозит мощным взрывом. И тогда такие машины смогут конкурировать с другими видами авиации.

Пилотируемые электрическими вертолёты с двумя и более винтами могут найти применение на практике. Применение новых электротехнологий, аккумуляторов, топливных элементов и материалов в электрических вертолетах открывает новые возможности по улучшению экологии без использования обычного топлива и значительному снижению шума силовых установок в малой авиации.

Успешные демонстрационные полеты электрических вертолетов с аккумуляторами и топливными элементами знаменуют собой следующую веху в продолжающемся развитии технологий топливных элементов и новых типов аккумуляторов (литий-воздушных и др. с повышенной емкостью). В перспективе необходима разработка топливных элементов с удельной мощностью 1 кВт/кг и более.

В связи с указанным выше, имеются широкие перспективы развития и применения электрических вертолетов для энергосбережения и повышения эффективности кратковременных полетов в малой авиации.

Литература

1. [H. G. Jung, J. Hassoun](#). An improved high-performance lithium-air battery. Nature Chemistry. 2012. June.
2. Aerospace Testing International, 2010, III, p. 27-30.

Лепешкин Александр Роальдович, член-корреспондент АЭН РФ, д.т.н., начальник сектора, ФГУП “ЦИАМ им. П.И. Баранова”, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д.2.
E-mail: lepeshkin.ar@gmail.com.

Качанов Александр Николаевич, академик АЭН РФ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Электрооборудование и энергосбережение”, ФГОУ ВПО «ГОСУНИВЕРСИТЕТ - УНПК», тел. 41-98-53, e-mail: kan@ostu.ru

СЕКЦИЯ №2. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ.

Руководители:

Гамазин Станислав Иванович, д.т.н., проф. каф. ЭПП, МЭИ;

Качанов Александр Николаевич, д.т.н., проф., академик АЭН РФ, зав. каф. ЭиЭ, » ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел.

УДК 621.3

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ ПРИ ПИТАНИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Вихров М.Е.

Россия, Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В работе предлагается использование системы заземления ИТ и ИБП статического типа, как методов повышения бесперебойности питания ответственных потребителей с разработкой методики проверки эффективности работы защиты при косвенном прикосновении в сетях питания таких потребителей.

Use of IT grounding system and static type UPS, as methods of responsible consumers continuity of service increase with development of a technique of protection overall performance check at an indirect touch in such consumers power system is offered in this job.

Последнее время всё большее распространение получают технологии и агрегаты, требующие бесперебойного электроснабжения. Бесперебойность и высокое качество питающего напряжения являются необходимым условием нормальной работы разнообразных потребителей электроэнергии, участвующих в различных технологических процессах.

В качестве меры по повышению бесперебойности питания ответственных потребителей можно предложить использование системы заземления ИТ, которая в нашей стране, к сожалению, используется, не так часто. С точки зрения бесперебойности электроснабжения система заземления ИТ гораздо более выгодна, чем система заземления TN, которая сейчас применяется в большинстве случаев. Это связано с тем, что при первом однофазном замыкании быстрое отключение не требуется. Первое замыкание сигнализируется с помощью устройства контроля изоляции, включенного между нейтралью и землей. Необходимо отметить, что однофазные замыкания на корпус оборудования составляют до 80% процентов всех повреждений сети. Конечно, встаёт вопрос о том, что система TN имеет ряд своих преимуществ, что делает её наиболее востребованной, и повсеместный переход на систему ИТ не возможен в силу ряда причин. Но для решения этой проблемы предлагается использовать разделительные трансформаторы, которые будут устанавливаться непосредственно у потребителей, бесперебойная работа, которых нам важна.

Так же для предотвращения нарушения питания ответственных потребителей рекомендуется предусматриваться дополнительное питание от источника бесперебойного питания (ИБП) статического типа топологии двойного преобразования.

Структура ИБП статического типа позволяет на выходе самого устройства получать разные системы заземления. Для ИБП, питающих небольшие группы близко

расположенных потребителей, применение системы IT так же предпочтительно, поскольку исключает отключение источника при однофазном замыкании на корпус.

Однако следует отметить недостаточную развитость нормативной базы, описывающей вопросы электроснабжения от ИБП статического типа. Также необходимо не забывать, что главным в любом технологическом процессе является безопасность персонала. В связи с этим, необходимо заострить внимание на отсутствие в нашей стране методики проверки эффективности работы защиты при косвенном прикосновении в электроустановках до 1 кВ с системой заземления IT при электроснабжении от ИБП статического типа.

В связи с этим предложим методику расчета тока КЗ и проверки эффективности работы защиты.

Существуют два вида систем заземления IT в зависимости от структуры нулевого рабочего проводника: с нераспределенной нейтралью (рисунок 1, а), с распределенной нейтралью (рисунок 1, б).

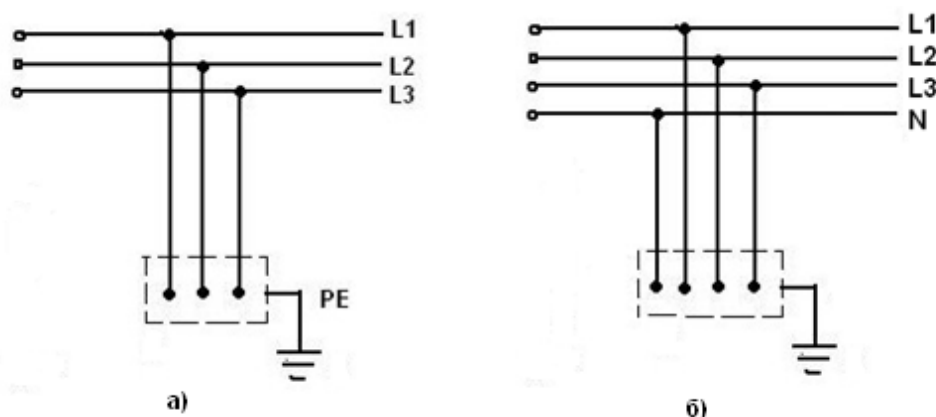


Рис. 1. Система IT.

Если при питании через ИБП в инверторном режиме замыкания возникают на разных фазах сети у разных потребителей, когда все открытые проводящие части присоединены к одному заземляющему устройству, то через PE-проводник проходит ток двойного замыкания согласно формуле (1):

$$I_K = \frac{U_{\text{ном.вых.ИБП}} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot (R_{ph} + R_{PE})} \quad (1)$$

где $U_{\text{ном.вых.ИБП}}$ – номинальное выходное фазное напряжение ИБП.

Отключение при двойном замыкании в сети с данной конфигурацией должно осуществляться устройством защиты от сверхтоков.

Если нейтраль распределена, а все открытые проводящие части присоединены к одному заземляющему устройству, то необходимо рассмотреть случай, когда одно замыкание происходит между нейтральным проводником и корпусом, а второе между фазным проводником и корпусом. В таком случае ток замыкания вычисляется по формуле (2):

$$I_K = \frac{U_{\text{ном.вых.ИБП}}}{R_{ph} + 2 \cdot R_{PE} + R_N} \quad (2)$$

Отключение в данном случае так же должно осуществляться устройством защиты от сверхтоков.

Методика проверка эффективности работы защиты при косвенном прикосновении зависит от того, какой применяется аппарат защиты.

В случае если защитный аппарат предохранитель необходимо проверить, что выполняется условие (рисунок 2, а):

$$t_1 \leq t_0 \quad (3)$$

где t_1 – время срабатывания предохранителя при однофазном КЗ, с; t_0 – нормированное время срабатывания предохранителя, зависящие от номинального напряжения сети, принимается согласно таблице 1.7.79, [1] с;

Если защитный аппарат – автоматический выключатель, то достаточно проверить, что величина тока однофазного КЗ превышает уставку тока срабатывания отсечки (рисунок 2, б):

$$I_K \geq I_{TO} \quad (4)$$

где I_{TO} – уставка срабатывания токовой отсечки автоматического выключателя, А.

В этом случае размыкание контактов автоматического выключателя происходит за время намного меньшее, чем установленное допустимое время в таблице 1.7.79 [1], так полное время отключения токоограничивающих выключателей составляет менее 10 мс (при отключении предельных токов), нетокоограничивающих выключателей – 40 мс.

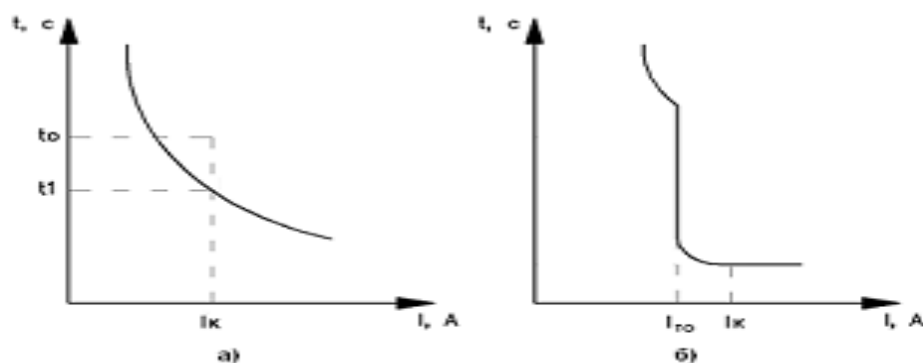


Рис. 2. Время-токовая характеристика:

а) предохранителя; б) автоматического выключателя.

В случае питания от ИБП в инверторном режиме рассчитанный ток КЗ необходимо сравнить с величиной ограниченного тока применяемого ИБП.

В случае, когда рассчитанный ток КЗ меньше ограниченного тока ИБП (5),

$$I_K \leq I_{огр} \quad (5)$$

то необходимо отстраивать применяемый аппарат защиты от величины рассчитанного тока КЗ I_K .

Если рассчитанный ток КЗ больше ограниченного тока ИБП (6),

$$I_K \geq I_{огр} \quad (6)$$

то применяемый аппарат защиты необходимо отстраивать от величины ограниченного тока $I_{огр}$.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. - 7-ое изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

Вихров Михаил Евгеньевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант; 111558, г. Москва, ул. Молостовых, д. 19, корп. 4, кв. 39; vikhrovme@mail.ru, +7-926-123-03-91

**ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И СОЗДАНИЕ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Пупин В.М., Закутнов В. А.
Россия, г. Москва, МЭИ «НИУ»

В последние десятилетия прогресс в развитии сооружений очистки сточных вод, обработки осадка, утилизации бытового мусора во всем мире тесно связан с ресурсосбережением, повышением надежности и эффективности энергоснабжения.

Важнейшим ресурсом энергосбережения является обработка осадка сточных вод и органической составляющей бытового мусора, представляющего, с современной точки зрения, биомассу, которая может быть эффективно конвертирована в различные виды энергии, прежде всего способами биологической анаэробной переработки (метанового сбраживания) и последующего сжигания биогаза. Данное направление в последнее десятилетие широко развивается во всем мире, в связи с постоянным удорожанием природных энергоносителей (нефти и природного газа).

The last decades progress in development of constructions of sewage treatment, processing of a deposit, utilization of household garbage is around the world closely connected with the cost-effective use of resources, increase of reliability and efficiency of power supply.

The most important resource of energy saving is processing of a deposit of sewage and an organic component of the household garbage representing, from the modern point of view, a biomass which can be effectively converted in different types of energy, first of all by ways of biological anaerobny processing (a metane sbrzhivaniye) and the subsequent burning of biogas. Channelized in the last decade widely develops around the world, in connection with continuous rise in price of natural energy carriers (oil and natural gas).

В процессе очистки сточных вод на очистных сооружениях Москвы образуется 13 млн.м³/год или 35,5 тыс.м³/сутки жидкого осадка. Весь образующийся осадок подвергается сбраживанию в метантенках, в результате чего органические загрязнения трансформируются в биогаз, содержащий около 65% метана.

Начиная с 1998 г. МГУП "Мосводоканал" проводит комплексную реконструкцию метантенков в результате которой была увеличена глубина сбраживания, и за счет этого выросла выработка биогаза – за последние 10 лет в 1,7 раза. Таким образом, повышение эффективности сбраживания дает двойную экономию: во первых, за счет получения дополнительного биогаза, являющегося ценным топливом, во-вторых, за счет сокращения количества осадка, подлежащего дальнейшей обработке. В настоящее время на очистных сооружениях получают около 250 тыс. куб. м/сутки (более 90 млн. куб. м/год). Это превысило потребности в биогазе, применяемом в технологических целях – для подогрева осадка, поступающего в сооружения по его сбраживанию. МГУП "Мосводоканал" решило перейти к следующему этапу – утилизации биогаза на мини – ТЭС, с выработкой электроэнергии и получением дополнительного тепла. Основные технические характеристики мини-ТЭС представлены в таблице 1.

Реализацию проектов по оснащению очистных сооружений Москвы (Курьяновских и Люберецких) активизировало массовое отключение электроэнергии в столице 25 мая 2005 года, когда перерыв в энергоснабжении очистных сооружений чуть не привел к экологической катастрофе. В первую очередь было принято решение о строительстве мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях, осуществляющих сброс очищенных вод непосредственно в черте города.

Инвестором проекта выступил австрийский концерн "EVN" со своим подразделением "ВТЕ Вассертехник ГМБХ", который приступил к строительным работам в 2007 году. Имея опыт создания подобных объектов в других странах Европы, фирма-инвестор сделала упор на широко применяемую во многих зарубежных странах технологическую схему сжигания биогаза в газо-поршневых двигателях с выработкой электроэнергии и получением тепла.

Таблица 1. Основные технические характеристики мини-ТЭС.

	Еденицы измерения	Показатели
Расход биогаза	млн.м ³ /год	28
Электрическая мощность мини-ТЭС	МВт	10,0
Тепловая мощность мини-ТЭС	МВт	8,0
Еденичная электрическая мощность газо-поршневого агрегата	МВт	2,5
Количество агрегатов	ед.	4

Биогаз, образовавшийся в метантенках, по газовой сети поступает на установку его очистки, так как в исходном виде биогаз не отвечает требованиям к топливу, подаваемому на двигатели внутреннего сгорания. Газ должен быть очищен от сероводорода, соединений кремния (силоксаны), а также осушен.

Первая стадия очистки биогаза предусматривает удаление сероводорода, которое производится в процессе его связывания с оксидом железа. Для этого в качестве наполнителя в колонне очистки 1-й ступени (десульфитатор) используется высокопорозная железная руда. Вторая стадия предусматривает удаление неуглеводородных органических соединений, в том числе кремния (силоксаны), которое производится в процессе адсорбции в колонне, загруженной активированным углем.

Очищенный биогаз поступает к двигателям внутреннего сгорания, где он выступает в качестве топлива для их работы. Двигатели приводят в действие электрогенераторы, вырабатывающие электроэнергию, которая в дальнейшем подается во внутренние сети среднего напряжения очистных сооружений. Таким образом, мини-ТЭС работает параллельно с сетью ОАО "МОЭСК" и обеспечивает электроэнергией до 50% основных технологических потребностей Курьяновской станции и, прежде всего, электродвигатели турбовоздуходувки. Именно они, насыщая воздух активный ил, обеспечивают поддержание жизнедеятельности микроорганизмов, используемых на этапе биологической очистки воды.

Отходящие дымовые газы, имеющие температуру 450-470 °С, поступают на парогенераторы. В них теплота дымовых газов преобразуется в энергию пара, который в дальнейшем используется для подогрева осадка сточных вод, подаваемого в сооружения по его сбраживанию. Такой способ утилизации тепловой энергии отходящих газов выбран для того, чтобы сохранить существующую систему обогрева метантенков острым паром, которая позволяет использовать для этих целей в качестве резервного источника существующую котельную. В ходе работы установки осуществляется водяное охлаждение электрогенерирующих агрегатов и самих двигателей оборотной водой, которая подается в наружный канал теплообменника типа "труба в трубе", а во внутреннюю трубу подается осадок по пути следования в метантенки. Частичный перевод метантенков на подогрев горячей водой позволяет сократить подачу в метантенки острого пара, что положительно сказывается на процессе метанового сбраживания и также позволяет увеличить выработку биогаза. Таким образом, тепло, выделяемое в результате работы мини-ТЭС, рекуперировано и

направляется на технологические нужды. Энерго-технологическая схема работы мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях представлена на рисунке 1.

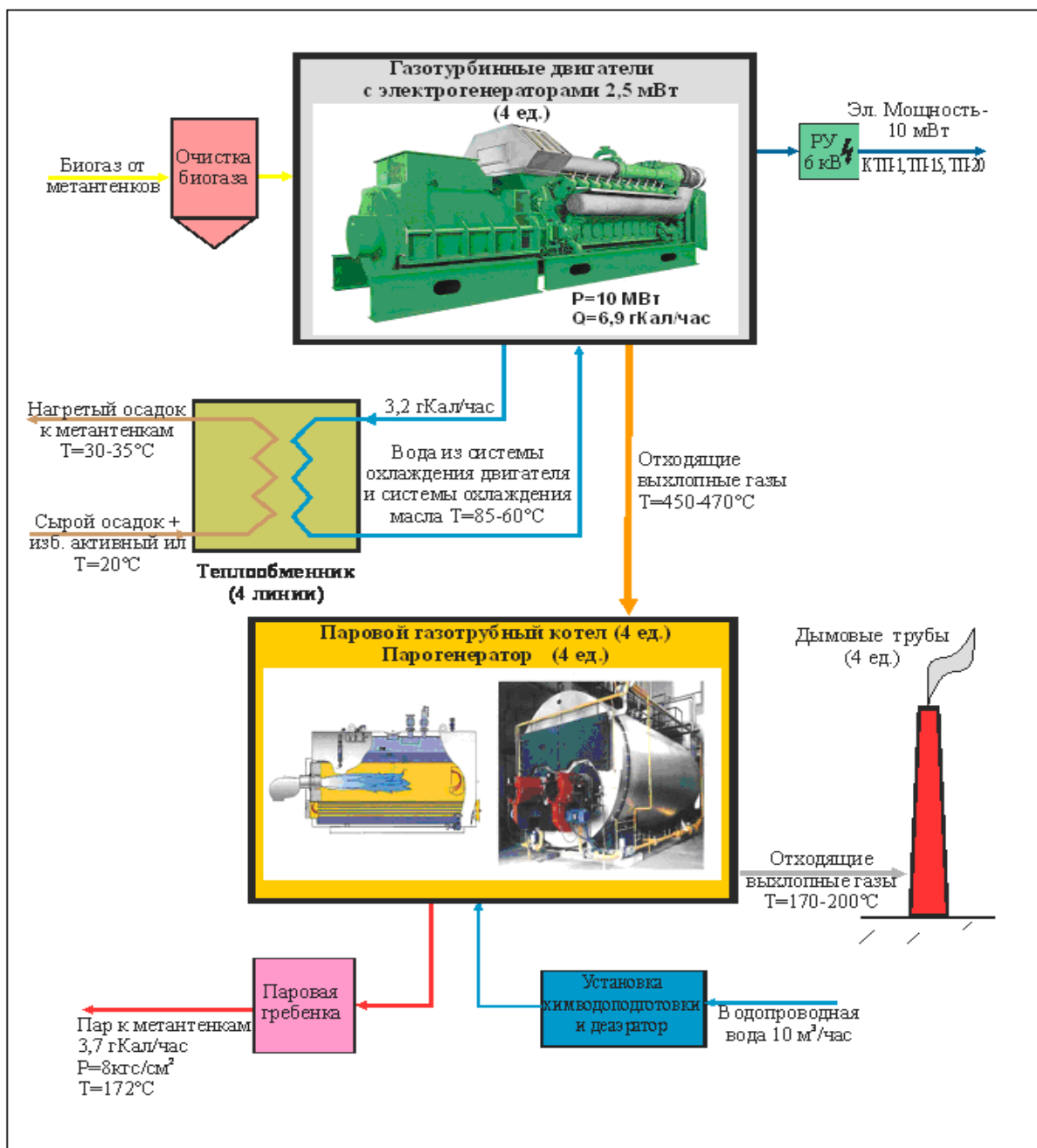


Рис. 1. Энерго-технологическая схема работы мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях.

Одновременно со строительством мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях была проведена реконструкция связанной с ней инженерной инфраструктуры. Реконструкция включала в себя замену морально и физически устаревшего электрооборудования на трех трансформаторных подстанциях (156 ячеек с вакуумными выключателями и процессорными блоками защиты), оснащение всех турбовоздуходувных агрегатов устройствами плавного пуска, установку теплообменника для подогрева осадка, подаваемого в метантенки. Таким образом, создание мини-ТЭС инициировало комплексную реконструкцию тепло-энергетического хозяйства Курьяновских очистных сооружений с заменой морально и физически устаревшего оборудования.

Запуск мини-ТЭС, снизив нагрузку на городскую энергосистему, позволил переориентировать соответствующую мощность для решения градостроительных задач в Москве.

Стоимость создания мини-ТЭС составила 29,3 млн.евро. Возврат инвестиций будет осуществляться в течение 15 лет по схеме экономических взаимоотношений между МГУП "Мосводоканал" и концерном "EVN" как инвестором, приведенной на рисунке 2:

- МГУП "Мосводоканал" продает инвестору биогаз по цене, определяемой исходя из затрат на его производство;
- МГУП "Мосводоканал" принимает от мини-ТЭС по приборам учета электрическую энергию, тепловую энергию в виде пара и горячей воды и оплачивает их стоимость по тарифам, утверждаемым Региональной энергетической комиссией;
- из доходов, полученных инвестором от продажи энергоносителей, он окупает вложения и покрывает затраты на эксплуатацию мини-ТЭС.

После завершения периода окупаемости тарифы на тепловую и электрическую энергию снизятся, так как из них будет исключена инвестиционная составляющая по строительству мини-ТЭС (на сегодняшний день стоимость электроэнергии без учета инвестиционной составляющей равна 1,80 руб./кВт*ч).



Рис. 2. Схема экономических взаимоотношений.

Расчетный срок эксплуатации электростанции – 30 лет.

Мини-ТЭС на Курьяновских очистных сооружениях, работающая не на топливе, а на возобновляемом источнике энергии – биологическом газе, является крупнейшим сооружением биоэнергетики в России. Сегодня в мире растет интерес к технологиям, позволяющим сберечь природные ресурсы за счет использования альтернативных возобновляемых источников энергии, к которым относятся и биологические. В последнее десятилетие, наравне с использованием энергии солнечного ветра, биоэнергетика получает широкое развитие в связи с сокращением запасов не возобновляемых источников энергии и обострением проблемы потепления климата.

Построенная на Курьяновских очистных сооружениях теплоэлектростанция обеспечивает не менее 50% потребности в электроэнергии и тепловой энергии очистных сооружений и позволяет осуществлять процессы очистки сточных вод непрерывно даже в условиях полного отсутствия напряжения от источников внешнего энергоснабжения и не допускает сброса неочищенных сточных вод в водоемы, т.е. повышает экологическую надежность работы очистных сооружений.

На сегодняшний день главной задачей альтернативной энергетики является использование экологически чистых источников энергии, к которым, наряду с энергией солнца и ветра, относится и биологический газ, образующийся при сбраживании органической составляющей осадков сточных вод, и таким образом мини-ТЭС является

наиболее современным решением по утилизации биогаза, предотвращающим ситуации с бессмысленным сжиганием его излишков.

В результате реализации подобных проектов:

- для городского хозяйства

Снизится нагрузка на городскую энергосистему, что позволит переориентировать соответствующую мощность для решения градостроительных задач.

Мини-ТЭС обеспечит электроэнергией 50% основных технологических потребителей на Курьяновских очистных сооружениях, что существенно повышает надежность энергоснабжения очистных сооружений.

- для очистных сооружений

Создание мини-ТЭС инициировало комплексную реконструкцию тепло-энергетического хозяйства Курьяновских очистных сооружений с заменой морально и физически устаревшего оборудования.

Перевод метантенков на подогрев горячей водой (частично) позволит сократить подачу в метантенки острого пара, что положительно скажется на процессе метанового сбраживания.

- для экологии

Мини-ТЭС является наиболее современным решением по утилизации биогаза, предотвращающим ситуации с бесцельным сжиганием излишков биогаза в летнее время.

Использование возобновляемого источника энергии – биогаза способствует повышению энергетической и экологической эффективности работы Курьяновских очистных сооружений.

Закутнов Владислав Андреевич – аспирант, кафедра: "Электроснабжение Промышленных Предприятий" Московский энергетический институт (Национальный исследовательский университет) (Zakutnv@rambler.ru) 8(916)474 97 89

Пупин Валерий Михайлович – к.т.н., кафедра: "Электроснабжение Промышленных Предприятий" Московский энергетический институт (Национальный исследовательский университет) (vpupin@mail.ru) тел./факс (495) 673-39-89

УДК 621.318.435,621.31.002.237

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Зайцев А.И., Крысанов В.Н.

Россия, г. Воронеж, ФГБОУ ВПО «ВГТУ»

В докладе рассмотрены вопросы применения многофункциональных регулирующих устройств нового поколения для управления режимами электроэнергетических систем.

In the report questions of use of multipurpose regulating devices of new generation for management of modes electro power to systems are considered.

Научно-технический прогресс в области систем передачи электроэнергии развивается в направлении повышения их управляемости, устойчивости и надежности при обеспечении высокого качества энергоснабжения потребителей. Наиболее оптимально и комплексно указанные цели могут быть достигнуты путем применения технологии гибких (управляемых) линий электропередачи переменного тока (FACTS), содержащих современные многофункциональные устройства [1].

Сегодня крупнейшие мировые энергокомпании (ABB, GE, Siemens и др.) развернули ширококомасштабные работы по практическому внедрению технологии FACTS для управления режимами энергосистем. В России технология FACTS пока еще не получила широкого распространения, но серьезные шаги в этом направлении уже делаются.

Так, в сфере технологического совершенствования ЭЭС России, Энергетической стратегией-2030 предусмотрены для повышения управляемости и обеспечения надежности функционирования электроэнергетических систем широкое внедрение, в первую очередь, устройств современной силовой электроники. Реализация этого направления позволит эффективно превратить существующие электрические сети из «пассивных» в «активные».

Из известных, классических, средств управления режимами можно отметить: батареи силовых конденсаторов (подключаемые силовыми ключами), тиристорно-реакторные группы (ТРГ) и статический компенсатор (СТАТКОМ). Последний, на сегодняшний день, является ключевым устройством FACTS поперечной компенсации.

Наряду с существенными достоинствами СТАТКОМ, следует отметить ограниченность генерации реактивной энергии. В тоже время СТАСКОМ является все же дополнительным регулирующим оборудованием.

Вышеперечисленные устройства имеют свои достоинства и недостатки и, как правило, являются дополнительным оборудованием.

Особый интерес представляет применение многофункционального штатного оборудования, предлагаемого авторами.

Первым примером такого оборудования могут быть «компенсационные выпрямители» (как отдельное оборудование, так и в паре с инвертором - установленных на подстанциях постоянного тока). Такие выпрямители по отношению питающей сети становятся потребителями переменного тока [2]. Ниже будет рассмотрено принципиально новое техническое решение в области создания современных управляемых выпрямителей.

При искусственной коммутации ток опережает по фазе напряжение. Это означает, что потребляется (генерируется) реактивная мощность емкостного характера, которая по знаку противоположна реактивной мощности индуктивного характера.

В результате питающая сеть разгружается от перетока реактивной мощности на всей протяженности линии и трансформаторов от источника питания до места потребления. При этом, кроме экономии активной электроэнергии, происходит разгрузка распределительных сетей, дающая возможность увеличения их пропускной способности.

Наибольший эффект снижения потерь активной энергии может быть достигнут при совмещении генерации реактивной мощности и решении технологических задач.

Положительными особенностями компенсационного выпрямителя являются:

- обеспечивается выполнение действующих российских и зарубежных стандартов по электромагнитной совместимости с питающей сетью;
- при всех углах управления происходит генерация реактивной мощности емкостного характера;
- величина генерируемой реактивной мощности изменяется плавно;
- возможно исключение 5,7,9 и других высших гармоник из тока, потребляемого из питающей сети;
- компенсирующая способность возрастает при отказе от согласующего трансформатора;
- при параллельной работе этих выпрямителей с потребителями реактивной мощности индуктивного характера в узле нагрузки питающая сеть разгружается от

перетока реактивной мощности, а эффективность применения компенсационных выпрямителей получается двукратной (выпрямитель разгружает сеть от реактивной мощности Q_c плюс скомпенсированная реактивная мощности индуктивного характера в узле нагрузки).

Вторым примером многофункционального оборудования могут быть тиристорно-трансформаторные регуляторы (ТТР), осуществляющие регулирование напряжения под нагрузкой с помощью вольтодобавочного агрегата [3]. Такие устройства позволяют реализовать плавное, быстродействующее регулирование напряжения на всех высоковольтных трансформаторах (автотрансформаторах). Силовая часть тиристорного регулятора (ТР) содержит 2 группы тиристоров в каждой фазе.

Одна тиристорная группа осуществляет функции регулирования вводимой ЭДС. Другая тиристорная группы служат для снятия перенапряжений.

Благодаря реализации такого ТТР возможно выполнение следующих задач:

- оптимизация уровня напряжения ЛЭП по критерию минимума потерь энергии от нагрева, коронирования и емкостных токов;
- повышение пропускной способности ЛЭП;
- обладая высоким быстродействием (инерционность системы «АТ – ВДТ – ТТР» в основном определяется инерционностью АТ и ВДТ) такой регулятор может успешно выполнять функцию снижения возможных перенапряжений;
- весьма перспективным является возможность, благодаря ТТР, использовать трансформаторы и автотрансформаторы (именно они являются наиболее распространенным типом оборудования в электрических сетях) в качестве средства компенсации реактивной мощности (емкостного характера – на первых этапах эксплуатации ЛЭП);
- режим симметрирования параметров энергосистемы.

Присущие рассматриваемому типу ТТР недостатки, такие как искажение формы выходного напряжения, незначительно ухудшают характеристики устройства в целом. Проведенные исследования показывают, что коэффициент нелинейных искажений выходного линейного напряжения при 15%-ном диапазоне регулирования не превышает 5%.

Литература

1. European Commission Directorate-General for Research Information and Communication Unit European Communities: «European Technology Platform Smart Grids, Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future», European Communities, 2006.

2. А.И.Зайцев, А.С.Плехов Применение компенсационных преобразователей в целях энергосбережения // «Электротехнические комплексы и системы управления» НТЖ №4/2010, ВГТУ, Воронеж.

3. В.Н. Крысанов, О возможности применения тиристорного регулятора напряжения в электрических сетях класса 6-1150 кВ. // « Электротехнические комплексы и системы управления», НТЖ №2/ 2008, ВГТУ, Воронеж.

Зайцев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АИТС ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ, 394068 Воронеж, ул.Беговая , 2/3, 86, тел. 2756139, ai_zaicev@mail.ru

Крысанов Валерий Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры АИТС ФГБОУ ВПО «ВГТУ», ВГТУ, 394068 Воронеж, ул. Хользунова, 10б-86, тел. 2759309, sovteh2000@mail.ru

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ

Шпиганович А.Н., Шпиганович А.А., Шурыгин Ю.А., Медведев С.Е.
Россия, г. Лунецк, ФГБОУ ВПО ЛГТУ

В статье проведен анализ способов передачи электроэнергии на значительные расстояния. Наиболее подробным образом проведены исследования беспроводных систем передачи, указаны их преимущества и недостатки.

The article analyzes the methods of electric power transmitting over long distances. Most detailed way investigated of wireless transmission systems, given their advantages and disadvantages.

В настоящее время транспортировка электроэнергии осуществляется по высоковольтным линиям электропередачи. Такой метод имеет всемирное признание и применение, не смотря на множество известных альтернативных вариантов. Традиционный способ обладает рядом недостатков, а именно: существенные экономические затраты на конструкционные материалы, монтажные и эксплуатационные работы; невозможность реализации передачи электроэнергии летательным объектам и в космическом пространстве. На сегодняшний день остается нерешенной задача осуществления и глобального использования беспроводной передачи электроэнергии. Проведение исследований по этому направлению следует считать актуальным и своевременным.

Существуют способы предусматривающие передачу электроэнергии путем транспортировки резонансных колебаний повышенной частоты в цепи, включающей преобразователь частоты, повышающий и понижающий резонансные трансформаторы (или только повышающий резонансный трансформатор), однопроводную линию электропередачи. Передача электроэнергии может осуществляться над землей, а также под землей или под водой. Реализация таких идей требует сооружения однопроводных линий электропередачи, что с одной стороны имеет преимущества по сравнению с традиционным способом с точки зрения минимума экономических затрат, а с другой стороны не позволяет производить беспроводную передачу электроэнергии, что является существенным недостатком.

Известны способы передачи электрической энергии без использования специально предназначенных для этого электросетей. В качестве проводящего канала применяются транспортные трубопроводы с перемещаемым по ним жидким или газообразным веществом, что способствует снижению экономических затрат на передачу электроэнергии за счет исключения такого элемента, как линия электропередачи. Они обладают частным характером применения и не могут быть предложены в качестве конкурентоспособной альтернативы для традиционного способа транспортировки электрической энергии.

Представляют интерес способы беспроводной передачи электрической энергии, основанные на использование лазерных установок для создания токопроводящего канала посредством фотоионизации диэлектрических сред, например, воздуха. Разработанные устройства позволяют передавать по сформированному проводящему каналу электрическую энергию непосредственно, а также сконвертированную электрическую энергию, например, в виде электромагнитных волн высокой частоты. Передача электричества по ионизированному каналу имеет ряд недостатков: большие резистивные потери; малое расстояние передачи; необходимость использования высокого напряжения; насыщение наночастицами металла

сформированного токопроводящего канала. Передача преобразованной электрической энергии в форме электромагнитных волн позволяет увеличить расстояние передачи. При этом фотоионизированный канал выступает в качестве направляющей распространения электромагнитных колебаний, а волны мало рассеиваются в окружающей среде. У приемника они могут быть преобразованы в электрическую энергию с требуемыми параметрами. Технический эффект этого изобретения достигается с помощью применения двух лазерных установок, размещенных на передатчике и на приемнике, и промежуточного проводящего тела, расположенного в прямой видимости от используемых объектов. Промежуточное проводящее тело должно размещаться на летательном аппарате в атмосфере, что придает такому методу некоторые преимущества. Однако в ряде случаев это неудобно и связано с дополнительными экономическими затратами. Более рациональным выглядит вариант использования в качестве промежуточного проводящего тела слоев ионосферы, окружающих планету, что позволяет располагать передатчик и приемник в любом месте Земли. Способ беспроводной энергетически разветвленной системы решает вопрос питания электроэнергией одновременно нескольких находящихся в движении приемников, например, электромобилей. Одной установки-передатчика достаточно для питания порядка 1000 электромобилей с мощностью двигателя 60 кВт. Недостатком метода является необходимость размещения передатчика и приемников электрической энергии в зоне их прямой видимости, а также обязательное применение системы слежения за перемещением двигающихся объектов и системы наведения лазеров, что в значительной степени усложняет техническую и экономическую составляющие реализации этой системы. Для способа передачи электрической энергии посредством формирования фотоионизированного канала с помощью луча лазера можно выделить общие недостатки: необходимость поддержания достаточной мощности лазерного излучения в зависимости от концентрации ионов в канале, так как при их малой концентрации проводимость воздуха крайне мала, а при слишком большой концентрации воздушный канал становится непрозрачным для лазерного излучения; невозможность реализации передачи электроэнергии в вакууме, в частности это касается космического пространства.

Один из методов беспроводной передачи электроэнергии основывается на транспортировке потока электронов, возникающих на околоповерхностной зоне вольфрамовой нити раскаленной до 2500 С. За счет управляемого магнитного поля, создаваемого катушками индуктивности, им придается направление, ускорение и осуществляется сжатие в узкий канал. Данный метод позволяет осуществлять передачу энергии в высоком вакууме, и может быть использован за пределами земной атмосферы. Однако применение этого метода в газовой среде, например, такой как воздух является технически неоправданным, поскольку при соударении электронов с молекулами, встречающимися на пути их распространения, они теряют энергию и сильно рассеиваются, что ограничивает расстояние передачи, приводит к большим потерям и низкому коэффициенту полезного действия. При этом для поддержания плазмы тлеющего разряда в канал потока электронов необходимо подавать инертный газ, например аргон, что усложняет технологию.

Передача электроэнергии посредством электромагнитных волн имеет преимущество в виде возможности передачи энергии объектам не находящимся в прямой видимости от передатчика. Известен способ, заключающийся в использовании генератора, предназначенного для получения высокочастотных электромагнитных колебаний, усилителя, модулятора и антенны. [Радиопередающие устройства, под ред. О.А. Челнокова, М.: 1982]. Электромагнитные колебания, распространяясь в окружающей среде от передающей антенны, достигают приемной антенны и возбуждают в ней гармонические электрические колебания, впоследствии поступающие в приемник. Известным недостатком предложенного способа является

невозможность получения достаточно мощных электромагнитных колебаний, а также необходимость использования лучевых антенн большой протяженности.

Возможна передача электромагнитных колебаний в режиме резонанса напряжений. Необходимым условием является совпадение частоты колебаний генератора и частоты колебательного контура приемника. Использование этого эффекта, а также воздействие постоянных магнитов на уединенную вращающуюся емкость, позволяет значительно расширить границы расстояния передачи электроэнергии. Генератор электромагнитных колебаний можно выполнить из материала, представляющего собой смесь двух полупроводниковых химических элементов, образующих дипольную матрицу, а приемник электромагнитной энергии в виде нанесенной на поверхность предмета оболочки из алюминиевой фольги. Технический эффект, достигаемый при реализации предложенного варианта исполнения генератора и приемника, заключается в повышении коэффициента полезного действия передачи электроэнергии.

Для создания проводящей среды распространения радиоволн возможно использование канала, сформированного путем эмиссии стримеров с игольчатого формирователя или излучения релятивистского пучка электронов. Однако при реализации рассмотренных методов возникает опасность радиационного излучения, губительно влияющего на живые организмы. Снизить радиацию можно за счет формирования канала в виде двух пересекающихся пучков. Один из них создается за счет использования эффекта фотоионизации воздуха лучом лазера, а второй представляет релятивистский пучок электронов. Такие мероприятия не позволяют полностью ликвидировать опасность радиационного поражения близ лежащих объектов. Одним из способов передачи электромагнитных волн, является передача их по каналу, сформированному с помощью микроволнового излучения. Частота микроволнового формирователя канала много больше частоты передаваемой электромагнитной волны. Способ характеризуется более высоким коэффициентом полезного действия по сравнению с другими. Существенным его недостатком, как и при использовании фотоионизации, является то, что источник и приемник должны находиться в зоне прямой видимости. Если при передаче энергии из космического пространства на Землю передача вполне реализуема, то при передаче энергии между наземными объектами это условие трудно соблюсти.

Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет, заведующий кафедрой электрооборудования, почтовый адрес: 398600 г.Липецк, ул.Московская, 30, email: [kaf-eo@stu.lipetsk.ru](mailto:kaf-<u>eo</u>@stu.lipetsk.ru), тел.: (4742) 32-80-49.

Шпиганович Алла Александровна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет почтовый адрес: 398600 г.Липецк, ул.Московская, 30, email: [kaf-eo@stu.lipetsk.ru](mailto:kaf-<u>eo</u>@stu.lipetsk.ru), тел.: (4742) 32-80-49.

Шурыгин Юрий Анатольевич, ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет, ассистент кафедры электрооборудования, почтовый адрес: 398600 г.Липецк, ул.Московская, 30, email: shurygin_86@mail.ru, тел.: (4742) 32-80-49.

Медведев Сергей Евгеньевич, ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет, магистрант кафедры электрооборудования, почтовый адрес: 398600 г.Липецк, ул.Московская, 30, email: s.e.medvedev@mail.ru, тел.: (4742) 32-80-49.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Шигаев И.А., Кучин П.Г.

Россия, Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В работе предлагается повышение надежности электроснабжения потребителей, удаленных от центров питания, с применением комплексной системы электроснабжения с несколькими источниками энергии и комбинированной системой накопления электрической энергии. Для наиболее эффективного использования электроэнергии все установленные источники и накопители объединяются в систему, которая работает по командам управляющего устройства.

This paper examines increasing the reliability of electrical power supply of consumers located remotely from centers of power by means of using an integrated power system with multiple energy sources and combined system of electrical energy accumulation. In order to achieve the most efficient use of energy all installed sources and storages are combined into a system that is commanded by a control device.

Системы электроснабжения сельских районов напряжением 0,38–110 кВ имеют общую протяжённость около 2,3 млн км, в том числе воздушные линии 6–10 кВ – 1184 тыс. км, ВЛ 0,38 кВ – 826 тыс. км; в эксплуатации около 500 тыс. трансформаторных пунктов 6–35/0,4 кВ. В процессе их строительства, пик которого пришёлся на 60-е годы, осуществляли курс на удешевление стоимости сетей. Фактические гололёдно-ветровые нагрузки во многих районах превышают те, на которые были рассчитаны ЛЭП, а это вызывает массовые и продолжительные отключения. Доля алюминиевых проводов малых сечений до 50 мм² (а нужно не менее 70 мм²) составляет в линиях ВЛ 6–10 кВ почти 25 %, а 30 % ВЛ 0,38 кВ смонтировано проводами сечением до 25 мм², что не обеспечивает пропускную способность (не говоря уже о потерях электроэнергии).

Техническое состояние половины сельских сетей определяют как неудовлетворительное (в Нечерноземье 59 % ВЛ 0,38 кВ и 42 % ВЛ 6–10 кВ имеют износ около 100 %). Протяжённость сетей ВЛ 6–10 кВ значительно больше оптимальной длины 8–12 км (более 25 км – 13,3 %, более 50 км – 2,2 %). В ещё большей степени это относится к сетям 0,4 кВ (точнее – 380/220 В). Поэтому надёжность сельскохозяйственных потребителей составляет сегодня 70–100 ч перерывов в электроснабжении в год (в развитых странах – всего 7–10 ч/год), у 35 % сельскохозяйственных потребителей не обеспечивается напряжение, падающее вечерами до 190(170)–200 В, несимметрия по фазам в сетях 0,4 кВ доходит до 50 % (это ведёт к высокой аварийности работы мелких асинхронных двигателей сельских и отдалённых поселений).

Для надежного электроснабжения потребителей, удаленных от центров питания, предлагается применение комплексной системы электроснабжения с несколькими источниками энергии [2], см. рис. 1. Для повышения надежности предлагается установка собственного возобновляемого источника энергии (ВИЭ) непосредственно у потребителя. Параллельно с ним включается комбинированная система накопителей энергии (КСНЭ), которая подзаряжается, когда мощность ВИЭ превышает потребление. Такая система позволит длительное время обеспечивать электроснабжение потребителей автономно.

Существует множество способов накопления электрической энергии, которые условно можно разделить на две категории:

- Накопление энергии с последующей отдачей в течение длительного промежутка времени. (больше 10 минут);
- Накопление энергии с последующей отдачей в течение короткого промежутка времени. (меньше 10 минут).

К системам накопления энергии с последующей отдачей в течение длительного промежутка времени можно отнести следующие виды накопителей:

1. Гидроаккумулирующие электрические станции.

Гидроаккумулирующие установки (ГАЭС) - наиболее коммерчески освоенные накопители в виде гидроэлектростанций с насос-турбинами и двигатель-генераторами.

2. Воздушно-аккумулирующие электрические станции. (ВАЭС)

Воздушно-аккумулирующими станциями осуществляется накопление потенциальной энергии сжатого воздуха. Эта технология требует наличия подземного резервуара, в который закачивается сжатый воздух. Затем сжатый воздух поставляется на лопасти газовой турбины, которая заставляет вращаться вал генератора, так потенциальная энергия сжатого воздуха трансформируется в электрическую энергию. Большое количество ВАЭС построено в Европе и США, используя старые угольные и соляные шахты, нефтяные скважины. Применяется для потребителей большой мощности.

3. Накопление электроэнергии в форме химической энергии.

Наиболее распространенными накопителями электроэнергии в химической форме являются свинцовые батареи. Электрохимические накопители выпускаются с широкой номенклатурой номинальных мощностей от нескольких Вт до нескольких МВт

К системам накопления энергии с последующей отдачей в течение короткого промежутка времени можно отнести следующие виды накопителей:

1. Суперконденсаторы.

Это единственная технология, в которой действительно можно говорить о накоплении электричества. Однако, технология находится в стадии разработки. Суперконденсаторы – усовершенствованные конденсаторы, работающие на постоянном напряжении и имеющие очень высокую плотность заряда благодаря выбору конструкции и обработке материала электродов. Большая емкость таких конденсаторов (порядка нескольких фарад) позволяет накапливать значительную энергию, отдаваемую в нужный момент в виде больших токов. Срок службы таких конденсаторов намного выше, чем обычных. Мощность существующих образцов не превышает 7-10 Вт, однако современные исследования имеют целью получение суперконденсаторов с мощностью порядка десятков и даже сотен киловатт.

2. Механические накопители энергии.

Механические накопители энергии (МНЭ) состоят из махового колеса, присоединенного к электрической машине, работающей в двух режимах: двигательном и генераторном. МНЭ имеют различные интервалы работы длительностью от нескольких минут до нескольких часов. Благодаря своим динамическим характеристикам, обладают высоким КПД, длительным сроком службы.

При недостатке мощности ВИЭ и накопителя энергии, к нагрузке подключается ввод от энергосистемы, с которым возобновляемый источник и аккумулятор синхронизированы по фазе и частоте посредством управляемого инвертора. В качестве резервного источника предлагается топливный генератор, на основе дизельного, бензинового двигателя или газовой микротурбины. Резервный источник включается в работу при недостатке мощности ВИЭ и аккумулятора, в случае отключения энергосистемы.

Для наиболее эффективного использования электроэнергии все установленные источники и накопители объединяются в систему, которая работает по командам управляющего устройства. Данное устройство выбирает наиболее экономичный из

доступных источников электроэнергии, и осуществляет питание потребителей от него. Согласно алгоритму работы устройство собирает информацию с датчиков о наличии напряжения на выводах возобновляемого источника, инвертора, аккумуляторной батареи, централизованной сети и автономного генератора, а также об оставшемся в аккумуляторной батарее заряде. На основе этой информации, заданного приоритета не возобновляемых источников энергии и алгоритма оптимальной работы системы, устройство подает команды на ключи, чтобы питать потребителей от самого экономного из доступных источников электроэнергии. Пользователь может отследить количество энергии, потребленной от каждого из источников за счет отдельного учета данных в памяти устройства.



Рис.1. Блок-схема работы устройства управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук (проект МК-6752.2012.8).

Литература

1. А.В. Рагуткин, П.Г. Кучин, Шигаев И.А. Распределенная генерация – путь повышения энергоэффективности электротехнического комплекса России. Федоровские чтения-2010. XL Всерос. научно-практ. конф. / Под общ. ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010, с. 9-11.
2. Б.И. Кудрин О концепции государственного плана рыночной электрификации России. //Электрика. – 2009. – № 8. – С. 3–12.

Шигаев Игорь Александрович, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», магистр; 140006, М.О., г.Люберцы, ул. 3-е почтовое отделение, д. 90, кв. 173; shigaevia@mail.ru, тел. +7-903-184-47-80.

Кучин Павел Геннадьевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант

УДК 621.311.1.004.14.:537.8(043.2)

ВЛИЯНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ СЕТЕЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Бодрухина С.С., Давыдкина Ю.А.
РФ, г. Москва, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»

Приказом Росстандарта ввод в действие ГОСТ Р 54149-2010 определен с 01.01.2013 с одновременным прекращением действия ГОСТ 13109-97. Разработчики ГОСТ Р 54149-2010 сохранили преемственность ГОСТ 13109 с учетом ряда основных нормативных документов положений EN 50160: 2010. Несинусоидальное влияние на сеть осветительной нагрузки с нелинейными характеристиками, представленное на графиках напряжения питания и потребляемого тока и спектра ВГ напряжения в сравнении с допустимыми значениями стандарта электроосветительного прибора (ЭОП).

Order Rosstandart commissioning of GOST R 54149-2010 determined to 01/01/2013 with the simultaneous termination of the GOST 13109-97. Developers of GOST R 54149-2010 have kept the continuity of GOST 13109, taking into account a number of key provisions of the regulations of EN 50160: 2010. Nonsinusoidal impact on the network of lighting loads with nonlinear characteristics, represented in the graphs of supply voltage and input current and voltage harmonic spectrum in comparison to acceptable values of standard of electric appliance.

В 2013 году должен войти в силу ГОСТ Р 54149-2010, и одновременно прекращено действие ГОСТа 13109-97. В ГОСТе Р 54149-2010 постарались учесть те факты, которые влекли за собой необходимость разработки нового стандарта. К недостаткам устаревшего ГОСТа можно отнести: неучет отличий требований к качеству электроэнергии (КЭ) в локальных изолированных системах электроснабжения общего назначения от требований к КЭ в системах электроснабжения общего назначения, присоединенных к Единой энергетической системе России, ответственности потребителей за обеспечение КЭ, сложности обеспечения нормативных требований к отклонениям напряжения на зажимах конечных электроприемников. Структура ГОСТа Р 54149-2010 приближена к европейскому стандарту EN 50160: такие разделы, как разделы о методах расчетов и измерений показателей КЭ, о требованиях к соответствующим средствам измерений, методам контроля КЭ в системах электроснабжения, которые ранее входили в состав ГОСТа 13109-97, сейчас разнесены по ГОСТу 51317.4.30-2009 и ГОСТу Р 51317.4.7-2008 и полностью отсутствуют в ГОСТе Р 54149-2010. Областью применения нового стандарта является: настоящий стандарт устанавливает показатели и нормы КЭ в точках передачи электроэнергии пользователям сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц, что влечет за собой существенное отличие от предыдущего ГОСТа 13109-97, в котором нормы КЭ отнесены к точкам общего присоединения (за исключением установленного отклонения напряжения), и более отвечает условиям рыночной экономики. Именно в точках передачи происходит обращение электроэнергии в соответствии с договором на поставку или на услуги по передаче электроэнергии установленного качества, ответственность за которое несет сетевая организация. Еще одним отличием является нормы КЭ, установленные в новом стандарте, не рассматриваются в качестве уровней электромагнитной совместимости

(ЭМС) для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения, как это было сделано в ГОСТе 13109-97.

Соблюдение требований нового стандарта влечет за собой актуальное в наше время повышение энергоэффективности, которое так же выражается в верности выбора осветительных приборов. Особое внимание уделяется влиянию осветительной нагрузки с нелинейными характеристика на электромагнитную совместимость сетей низкого напряжения. Проблема выделения источника высших гармоник (ВГ) среди совокупности электрических приборов (ЭП) решается с помощью предварительных измерений в местах подключения предполагаемых нарушителей КЭ. Измерения в местах подключения низковольтной нагрузки требуются при проверке соответствия ПКЭ нормам ГОСТ или при проектировании фильтров ВГ. В бытовых электросетях благодаря сходству типов нелинейных ЭП гармонический состав может быть определен в результате кратковременных измерений. Были проведены экспериментально измерены и проанализированы номенклатуры современных светильников по степени их несинусоидального влияния на сеть. В рамках опыта были получены кривые потребляемого тока и напряжения питания для наиболее распространенных электроосветительных приемников.

Ниже в качестве примера для сравнения представлены напряжение питания и потребляемый ток лампы: накаливания (рисунок 2) и индукционная (рисунок 3).

Из гистограммы выходного напряжения инвертора (ИН) лампы накаливания (ЛН) (рисунок 1) видно, что его гармонический состав «практически полностью» удовлетворяет требованиям ГОСТ 13109-97: коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения соответствует заявленному изготовителем значению и составляет 1.8%; однако некоторые ВГ имеют уровни, превышающие нормы. Выходное напряжение ИН не является идеальным, что выражается в существовании серии пиков в момент максимума синусоиды выходного напряжения ИН (рисунок 2), тем самым влияя на форму потребляемого тока ЛН.



Рис. 1. Гистограмма ВГ напряжения ЛН. Подключенной через инвертор, и сравнение с допустимыми значениями по ГОСТ 13109-97



Рис. 2. Напряжение питания и потребляемый ток ЛН, подключенная через инвертор



Рис. 3 - Напряжение питания и потребляемый ток индукционной лампы, подключенной через инвертор

Форма потребляемого тока индукционной лампы имеет практически синусоидальную форму с небольшими высокочастотными колебаниями. Между кривыми напряжения и тока индукционной лампы существует сдвиг по фазе, который вызван емкостным характером входного выпрямителя ЭОП. Как видно из графика (рисунок 3), индукционная лампа с пускорегулирующей аппаратурой (ПРА), обладающими корректором коэффициента мощности, отличается низким уровнем искажением потребляемого тока по сравнению с такими источниками света, как люминесцентная лампа и светодиод.

Таким образом в результате эксперименты выявлены ЭОП, характеризующиеся наиболее сильным искажающим воздействием на сеть; оценен вклад отдельных ЭОП в общую несинусоидальность напряжения питания сети, исследован механизм образования высших гармоник потребляемого тока наиболее распространенных ЭОП и оценена электромагнитная обстановка в местах их подключения к питающей сети.

Литература

1. ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения
2. ГОСТ 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. «Исследование несинусоидального влияния электротехнических комплексов с нелинейными характеристиками на форму кривых тока и напряжения сети на примере помехоэмиссии бытовых электроприемников ЖКХ» Магистерская диссертация Янченко С.А.
4. «Новый стандарт по качеству электрической энергии. Основные положения и отличия от ГОСТ 13109-97» Владимир Никифоров.

Бодрухина Светлана Степановна, к.т.н., доцент кафедры ЭПП ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, кафедра ЭПП, тел.: 3627386, bodrukhinass@mpei.ru

Давыдкина Юлия Александровна, магистр кафедры ЭПП ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 105043, г. Москва, 7-ая парковая ул., д.2, корп.4, кв.36, тел.:89164527482, davydkinajuli@mail.ru

ВЕКТОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ТОКА

Мещеряков В.Н., Абросимов А.С.

Россия, г. Липецк, Липецкий государственный технический университет

Векторная система управления на данном этапе развития является наиболее энергоэффективной системой управления. Применение такой системы управления для электропривода на базе автономного инвертора тока с релейным регулятором тока позволяет достичь еще более высоких показателей энергоэффективности по сравнению с существующими системами управления.

The vector control system is the most power effective control system at the given stage of development. The application of the given type of control systems provides to simplify the existed control systems and to improve quality of power supply. As a result it provides to decrease of power inputs in electrical installation and increase the time of exploitation of the equipment.

Введение. В настоящее время для механизмов малой и средней мощности широкое распространение получили асинхронные электроприводы на базе преобразователей частоты с автономным инвертором напряжения (АИН), использующие широтно-импульсную модуляцию (ШИМ), что объясняет простотой системы управления. Преобразователи частоты на базе автономного инвертора тока (АИТ) не получили широкого применения поскольку их применение требует построения сложных замкнутых систем. Предложена система управления АИТ с релейным регулятором тока, которая упрощает схему управления и увеличивает качество напряжения.

Предлагаемая система управления. В существующих частотно-управляемых электроприводах при использовании ПЧ с АИТ емкостной фильтр, установленный параллельно с двигателем, используется для фильтрации выходного тока и предотвращения перенапряжений на зажимах двигателя. Предлагается, используя АИТ как источник тока, формировать напряжение на конденсаторах выходного фильтра или ток обмотки статора.

Структурная схема асинхронного электропривода с преобразователем частоты на базе АИТ с РРТ представлена на рис. 1а. Принцип его работы описан в источниках (4).

Наибольшее распространение получили системы векторного управления, использующие в качестве опорного вектора векторы главного потокосцепления машины или потокосцепления ротора. В исследуемой системе управления электроприводом отдано предпочтение векторному управлению, ориентированному по потокосцеплению ротора, математическое описание которого описывается менее сложными уравнениями.

Уравнение электромагнитного момента асинхронного двигателя при управлении по потокосцеплению ротора имеет вид:

$$M = \frac{3}{2} p_n \cdot |I_1| \cdot |\psi'_2| \cdot \sin(\varphi_0),$$

где φ_0 - угол между вектором тока статора и главным потокосцеплением.

Из уравнения электромагнитного момента двигателя следует, что электромагнитный момент двигателя пропорционален синусу угла φ_0 между векторами тока статора и потокосцеплением ротора (см. рис. 1 б).

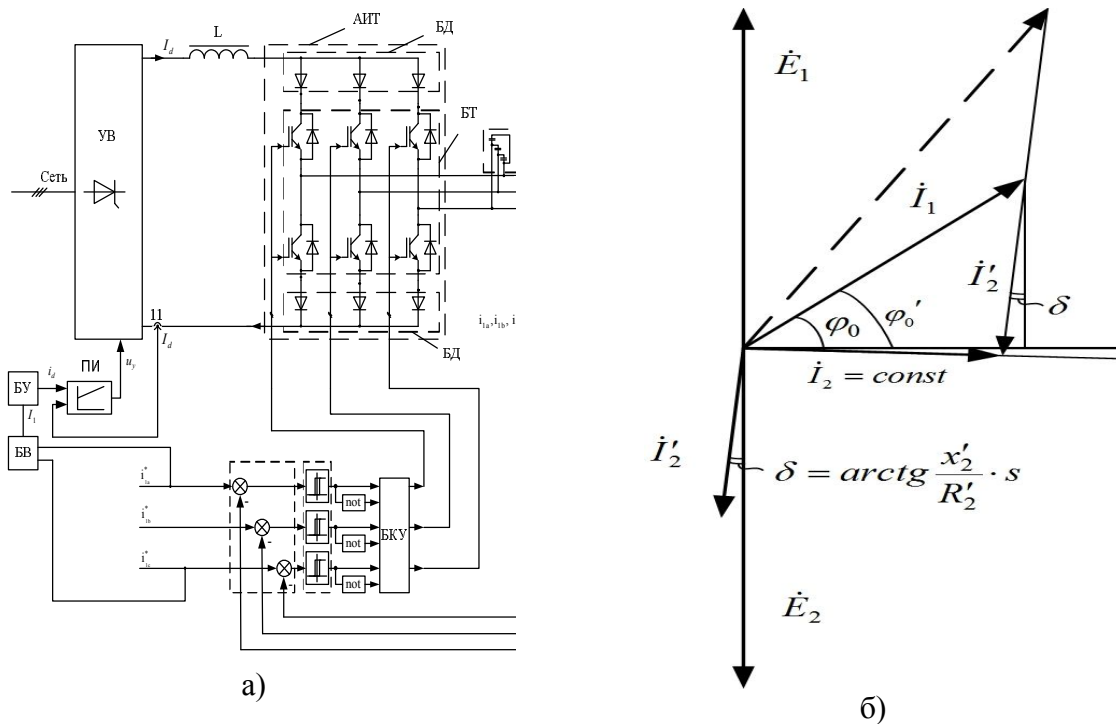


Рис.1. а) Структурная схема асинхронного электропривода с преобразователем частоты на базе АИТ С РРТ;

б) Векторная диаграмма токов и потоков при управлении с постоянным магнитным потоком

Электропривод переменного тока содержит преобразователь частоты, асинхронный электродвигатель, датчики тока, датчик скорости. Управление преобразователем частоты на базе АИТ осуществляет релейный регулятор тока (РРТ), на который поступают сигналы задания на ток статора из системы векторного управления и токи обратной связи. Управляющими воздействиями в векторной системе являются задание на скорость и задание на потокосцепление ротора. Векторная система управления состоит из регулятора скорости, регулятора потокосцепления, блоков преобразования координат DQ-ABC, ABC-DQ, блоков вычисления синусоидальной и косинусоидальной составляющей тока статора, блока расчета угла поворота системы координат DQ относительно $\alpha\beta$, блока вычисления потокосцепления ротора.

Применение асинхронных электроприводов с высокими энергетическими показателями является одной из главных задач в условиях современного производства. Основными энергетическими показателями электропривода являются коэффициент мощности $\cos\varphi$ и КПД. Зачастую улучшение коэффициента мощности требует применения различных устройств для компенсации реактивной мощности, потребляемой из сети, однако это приводит к увеличению габаритов системы, снижает надежность работы и может быть рекомендовано для мощных электроприводов промышленных механизмов. КПД системы определяется полезной мощностью на валу двигателя и потерями в системе, числом ступеней преобразования энергии, алгоритмом управления инвертора. Последнему критерию, как известно, удовлетворяют электропривода с векторным управлением. Однако испытания показали, что при питании АД от ПЧ номинальная мощность снижается практически на 10%, также уменьшаются значения вращающих моментов. Перегрев обмотки статора превышает допустимые значения. Причиной этого являются добавочные потери, вызванные высшими гармониками, генерируемыми ПЧ.

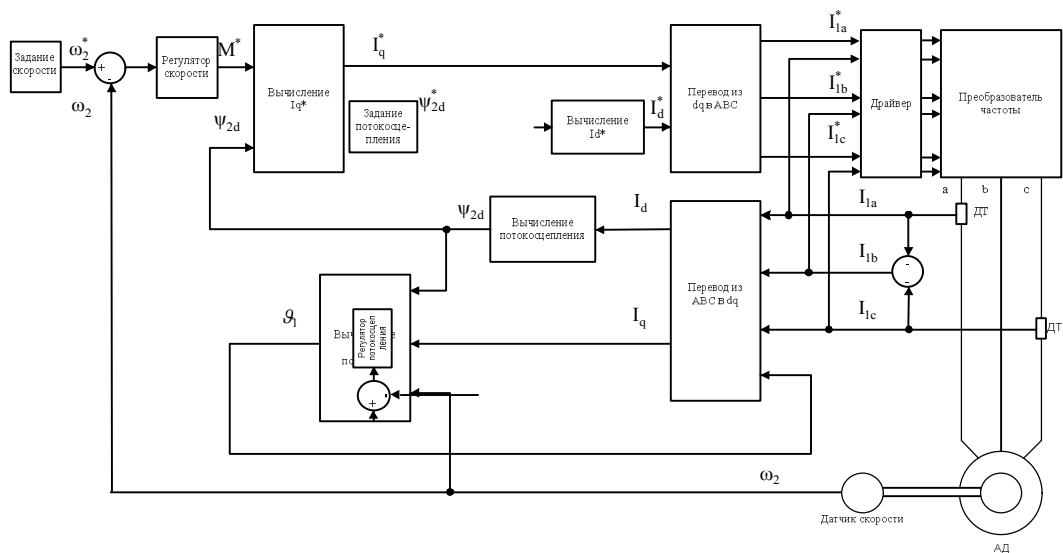


Рис. 3. Функциональная схема системы управления электроприводом с ПЧ на базе АИТ с РРТ

Использование предлагаемой системы векторного управления по потокоцеплению ротора управления позволит улучшить энергетические показатели электропривода за счет уменьшения добавочных потерь.

Литература

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Academia. 2006. – 259 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. – СПб.: КОРОНА. 2001. – 320 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс. 2008 – 288 с.
4. Мещеряков В.Н., Абросимов А.С. Анализ систем управления электроприводом на базе автономного инвертора тока с релейными регуляторами тока и релейными регуляторами напряжения со сглаживающим емкостным фильтром. – Электротехнические комплексы и системы управления 2011/3.

Мещеряков Виктор Николаевич, д.т.н., профессор, зав. каф. электропривода ЛГТУ, 398036, г. Липецк, ул. Стаханова, 34, 96, тел. 8(4742)45-72-73.

Абросимов Александр Сергеевич, работник энергопроизводства ОАО «НЛМК», 398024, г. Липецк, ул. Папина. 33, 80, т. 8-950-801-02-57, abrosimov@yandex.ru

УДК 620.9

ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Грозных В.А., Шигаев И.А.
Россия, г. Москва, НИУ МЭИ

Вводу дополнительных электро- и теплогенерирующих мощностей предшествует оценка качества и количества энергетических ресурсов. Подобная оценка также необходима для разработки программы диверсификации энергопотребления, экономичного расходования энергоносителей с последующей реконструкцией промышленного производства и жилищно-бытового сектора.

Commissioning of additional electrical and thermal power generation capacity is preceded by evaluation of the quality and quantity of energy resources. This assessment is also necessary to develop a program of diversification of energy consumption, cost-effective energy consumption, followed by reconstruction of industrial production, housing and consumer sectors.

Хотя электрическая энергия широко используется в разных отраслях народного хозяйства, основное ее количество (60,0 %) в республике Беларусь потребляется в промышленности. Особенностью электроэнергетики в стране является то, что практически 100 % всей производимой электроэнергии дают тепловые электростанции, которые работают на привозном топливе (мазут, природный газ). Около половины белорусской электроэнергии производится на двух ГРЭС – Новолукомльской и Березовской. Новолукомльская ГРЭС была введена в эксплуатацию в 1969 г. На ней установлено 8 турбин К-300-240, общая мощность которых составляет 3400 МВт. Помимо этого, здесь установлено 8 котлов ТГМП-114 и ТГМП-314 с производительностью 950 тонн пара в час каждый. Березовская ГРЭС возведена еще в начале 60-х, когда энергосистема Беларуси только начала создаваться. С 1960 по 1967 гг. здесь было введено в строй 6 турбин общей мощностью 920 МВт. Часть электроэнергии вырабатывается на ТЭЦ, которые размещены в крупных городах (Минск, Витебск, Гомель и др.), а также на ТЭЦ при некоторых предприятиях Беларуси: сахарных заводах, объединении «Беларускалий», «Добрушская бумажная фабрика». Всего в стране насчитывается 20 ТЭЦ. Их совокупная мощность более половины общей мощности белорусской энергосистемы [2].

Поскольку при передаче электроэнергии на большие расстояния наблюдаются значительные ее потери, для рынка этого вида продукции характерным является использование электроэнергии из местных и ближайших районов. Поэтому наибольшее количество импортируемой в Беларусь электроэнергии приходится на долю соседних государств - России (70 %, Смоленская АЭС) и Литвы (30 %, Игналинская АЭС). Всего в 2000 году Беларусь импортировала 7,2 млрд кВтч электроэнергии. Небольшую часть вырабатываемой электроэнергии (128 млн кВтч) Беларусь экспортировала в Польшу и на Украину. С вводом в эксплуатацию в 2001 г. новой подстанции, двухцепной линии электропередачи 110 кВ и новой 15-километровой высоковольтной линии в Бяло-Подляском воеводстве (Польша) будет осуществлено транспортирование электроэнергии из Беларуси на Запад.

В Республике Беларусь собственные топливно-энергетические ресурсы представлены древесиной; нефтью; торфом; бурым углем; горючими сланцами; возобновляемыми энергоисточниками.

Общие запасы древесины в стране оцениваются примерно в 1093,2 млн м³ что составляет около 1% запасов древесины СНГ. Лесистость территории – 38 %. Запас спелого древостоя составляет около 74,7 млн м³. На душу населения приходится 0,6 га леса и 93 м³ запасов древесины. Средний возраст древостоя – 40 лет, средний прирост – 3,7 м³ на 1 га; средний запас на 1 га в спелых лесах – 205 м³. Основная часть лесов (45 %) приходится на Гомельскую и Минскую области. Значение древесины в топливном балансе страны пока незначительно, поскольку начавшаяся в 1960 г. и продолжающаяся ныне повсеместная газификация вытеснила древесину как вид топлива, а работающие на отходах котельные деревообрабатывающих предприятий были переведены на газ [3].

Основной нефтегазоносной территорией Беларуси является Припятский прогиб, площадь нефтегазоносной области составляет около 30 тыс. км². Начальные извлекаемые ресурсы нефти оценены в 362,1 млн т. В промышленные категории переведено 45 % указанных ресурсов. Известно более 60 месторождений, крупнейшее из которых – Речицкое, эксплуатируется с 1965 года. С начала разработки добыто 100

млн т нефти и 10,1 млрд м³ попутного газа, остаточные запасы нефти промышленных категорий оставляет 66,0 млн т, попутного газа – 9,6 млрд м³. Незразведанные ресурсы нефти оцениваются на уровне 170 млн т [1]. В настоящее время ежегодно добывается около 1,8 млн т нефти. РУП «Объединение «Беларуснефть» – единственное нефтедобывающее республиканское унитарное предприятие – имеет 508 эксплуатационных скважин. Бурением пройдено 18,531 млн м горных пород. Разведанные запасы нефти составляют около 80 млн т, газоконденсата – 0,44 млн т, попутного газа – 9734 млн м³. Годовая потребность Республики Беларусь в нефти составляет 16-18 млн т, а собственные ресурсы составляют всего лишь 9-10 %. Остальное количество нефтепродуктов в республику поставляет около 70 субъектов хозяйствования [1,3].

Основная часть нефти (96 %) добывается из активных остаточных запасов, которые составляют 30,2 млн т (45 %). Объемы добычи нефти (и соответственно попутного газа) в будущем будут постоянно снижаться. Это связано с тем, что разведанные месторождения находятся в заключительной стадии разработки, а вновь осваиваемые характеризуются малыми размерами и небольшими запасами. Кроме того, они относятся к трудноизвлекаемым, и, соответственно, для добычи этой нефти требуются новейшие технологии и оборудование.

Наиболее распространенным видом местного топлива в Беларуси является торф. Торфяные отложения имеются практически во всех регионах. По запасам торфа (первичные запасы составляли 5,65 млрд т, оставшиеся геологические оцениваются в 4,3 млрд т, что составляет 75 % первоначальных) Беларусь занимает второе место в СНГ, уступая только России. Основные запасы торфа залегают в месторождениях, используемых сельским хозяйством или отнесенных к природоохранным объектам. Ресурсы торфа, включенные в разрабатываемый фонд, оцениваются в 260 млн т, что составляет 6 % оставшихся запасов. Разведано более 9000 месторождений общей площадью в границах промышленной глубины 2,54 млн га. В последнее время годовая добыча составляет 27-30 млн т. Наиболее богатые залежи его находятся в Брестской, Витебской, Могилевской областях, в которых геологический запас торфа составляет около 68 % от общего запаса в стране. Основными месторождениями торфа являются Светлогорское, Василевичское, Лукское (Гомельская обл.), Березинское, Смолевичское (Минская обл.), Березовское (Гродненская обл.), Даблевский Мох, Усвиж Бук, Витебское (Витебская обл.). На базе этих месторождений были в свое время построены крупные электростанции: Василевичская, Смолевичская ГРЭС и др. или крупные торфобрикетные заводы. Месторождения бурого угля находятся, так же, как и нефть, в Припятском прогибе. Прогнозные ресурсы на глубине 600 м оцениваются в 410 млн т, в т. ч. мощностью пласта от 0,7 м и более - 294 млн т. Имеющиеся запасы бурых углей пригодны для использования после брикетирования с торфом, однако их добыча нецелесообразна, т. к. экологический ущерб превысит полученные результаты.

В настоящее время наиболее изученными являются неогеновые угли (залегают на глубине 20-80 м) трех месторождений: Житковичского, Бриневкого и Тонежского с общими запасами 152 млн т (37 млн т у.т.), промышленными - 121 млн т (29,5 млн т у.т.) На Житковичском месторождении подготовлены для промышленного освоения два месторождения с общими запасами 46,7 млн т (11,4 млн т у.т.), что позволяет проектировать строительство разреза мощностью в 2 млн т (488 т у.т.). В последние годы на юге Беларуси (Лельчицкий район) открыто крупное месторождение - Букчинское, которое в будущем может иметь промышленное значение.

Залежи горючих сланцев в Беларуси находятся на юге республики (Туровское месторождение в Гомельской области, Любанское – в Солигорском и Любанском районах Минской области), и открыты они в 1963 г. Прогнозные запасы составляют 11 млрд т, в т.ч. промышленные на глубине 300 м - 3,6 млрд т, что соответствует 792 млн т у.т. Наиболее изученным является Туровское месторождение. Добыча горючих сланцев

в объеме имеющихся запасов 11 млрд т, поскольку стоимость получаемых продуктов выше мировых цен на нефть. По своим качественным показателям белорусские горючие сланцы не являются эффективным топливом из-за высокой их зольности и низкой теплоты сгорания [1].

Прогноз объемов годовой добычи местных видов топлива в 2015 г. составляет: нефть – 1,1 млн т; попутный газ – 180,0 млн м³; торф – 1,0 млн т у.т./год (на весь рассматриваемый период); дрова – предусматривается увеличение до 1,9-2,0 млн т у.т. Потенциал местных ТЭР республики представлен в [4].

С учетом природных, географических и метеорологических условий Республики Беларусь в качестве нетрадиционных и возобновляемых местных источников энергии экономически оправдано строительство [1]: малых ГЭС и ВЭС; биоэнергетических установок; гелиоустановок; установок для сжигания отходов растениеводства и др. Освоение характерных для Беларуси ВИЭ позволит произвести количество энергии, эквивалентное сжиганию 18-20 млн т у.т. в год [2].

По результатам за 2002 г. импорт энергоресурсов в Беларусь составил 43,4 млн т у.т. при экспорте 14,6 млн. т у.т. и валовом потреблении ТЭР в республике 34,4 млн т у.т. Обеспеченность местными энергоресурсами составила 16,3%. В Беларусь импортируется 99,2 % потребляемого природного газа (годовое потребление примерно 20,4 млн. т у.т.), 14 млн. тонн нефти (при добыче в республике 1,8 млн. тонн). Полностью импортируется уголь (около 0,3 млн тонн).

Проблема самообеспечения энергоресурсами остро ощутима в Беларуси, способной обеспечить себя лишь на 16% собственными топливными ресурсами (в странах ЕС – 40-50 %), остальное их количество республика вынуждена приобретать за рубежом. Удельный вес ввоза топливно-энергетических сырьевых и материально-технических ресурсов в валовом внутреннем продукте составляет более 43 %. Республика импортирует (в основном из России) весь потребляемый каменный уголь, более 90% нефти, 100% природного и четверть сжиженного газа.

Литература

1. Андрижиевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие. 2-е изд., испр. – Минск.: Выш. шк., 2005. – 294с.
2. Кирвель И.И. Энергосбережение. Конспект лекций для студентов всех специальностей БГУИР всех форм обучения. – Минск: 2007. – 116 с.
3. Ольшанский А.И., Ольшанский В.И., Беляков Н.В. Основы энергосбережения: курс лекций. УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – 223с.
4. Хутская Н.Г., Волков Ю.А. Курс лекций: «Основы энергосбережения». – 99с.

Грозных Вадим Алексеевич, к.т.н., ведущий инженер НИУ МЭИ кафедры Энергоснабжение промышленных предприятий; 111116, г. Москва, ул. Энергетическая д. 6, к. 502; тел. 8-916-871-79-76, [gewalt\(Klammeraffe\)mail.ru](mailto:gewalt(Klammeraffe)mail.ru).

Шигаев Игорь Александрович, студент НИУ МЭИ; shigaevia@mail.ru.

УДК 621.316.721:723

АВАРИЙНОСТЬ В ГОРОДСКИХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ: АНАЛИЗ И ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ

Рыжкова Е.Н

Москва, Московский энергетический институт

Представлен анализ аварийности в городских кабельных сетях г.Павлодара до и после внедрения управляемого резистивного заземления нейтрали.

Analysis of fault rate in municipal cable electrical networks of Pavlodar city before and after control resistive neutral grounding installation is considered.

Основное число эксплуатационных аварий в распределительных сетях связано с нарушением изоляции фаз относительно земли при однофазных замыканиях на землю, иногда развивающихся в двойные замыкания. При перемежающемся характере горения заземляющей дуги возникающие перенапряжения охватывают всю электрически связанную сеть, что способствует развитию аварии в многоместные повреждения. В течение 10 лет была собрана и проанализирована статистика аварийных отключений в городских электрических сетях г. Павлодара (Казахстан) по 14 секциям 10 кВ шести питающих подстанций с общей протяженностью кабельных линий около 360 км. Срок эксплуатации большинства кабелей значительно превышает 20 лет и составляет для 40% кабелей более 30 лет, а для 30% - более 40 лет. За 2007-2008 годы произведена замена всего 6 км кабелей. Если учесть, что уровень эксплуатации и ремонтов не отличались особым качеством, особенно, последние 10 – 15 лет, то можно сделать вывод о неизбежности высокой аварийности и ее роста.

Исследователями всегда отмечалась выраженная зависимость от количества замыканий на землю и циклический характер изменения числа аварийных отключений в течение календарного года с двумя пиками. Эти пиковые увеличения обычно объясняются природными сезонными факторами и кумулятивным эффектом, возникающим из-за интенсивных воздействий перенапряжений на изоляцию во время замыканий на землю. Время развития места повреждения при этом оценивается 2 – 3 месяцами [1].

Многолетние наблюдения аварийности кабельных сетей 10 кВ г. Павлодара, результаты показывают, что кроме известного циклического сезонного изменения количества аварийных отключений наблюдается отчетливо выраженная колебательность годовой аварийности. Как и для сезонной колебательности, объяснение природы циклических колебаний аварийности по годам может основываться на влиянии кумулятивного эффекта со временем развития мест повреждения гораздо больше 2 – 3 месяцев. То есть воздействия перенапряжений в течение пикового года, по сути, производят эффект отбраковки слабой изоляции, и в следующем году следует ожидать некоторого снижения аварийности, что и подтверждают статистические данные. При отсутствии влияния других факторов, эти колебания происходят вокруг некоторого среднего значения, постоянного по величине в течение достаточно длительного времени.

Кроме того, по полученным данным можно судить о влиянии и других, ранее не отмечаемых, факторов. Так, зависимость повреждаемости от общей нагрузки, разветвленности, наличия релейной защиты от замыканий на землю (РЗЗ), работающей на отключение, и качества компенсации емкостных токов сети явно прослеживается для всех подстанций.

Например, аварийность по подстанции «Восточная-городская» заметно выше средней по другим подстанциям из-за невозможности обеспечения нормативной настройки компенсации на первой секции потому, что на этой секции отсутствует измерение настройки, а характеристики ДГР не позволяют обеспечить острую настройку во всех эксплуатационных режимах. Релейная защита от замыканий на землю на обеих секциях неселективна и работает только на сигнал. Кроме того, электрическая сеть 10 кВ подстанции «Восточная-городская» смешанная, воздушно-кабельная, со значительной долей воздушных линий, с соответствующим увеличением количества аварийных отключений.

На подстанции «Северная-городская» повышение аварийности также может быть объяснено невозможностью обеспечения острой настройки компенсации и

отсутствием РЗЗЗ, работающей на отключение. По этой подстанции можно отметить период, начиная с 2002 г., когда на первой секции была обнаружена и устранена неисправность присоединительного трансформатора ДГР, из-за которой в течение ряда лет почти постоянно секция находилась в режиме недопустимо большой расстройки компенсации. После устранения неисправности аварийность заметно уменьшилась.

По подстанции «Заводская» прослеживается явная зависимость количества аварийных отключений от нагрузки подстанции, начиная с 2004 г., когда произошло резкое увеличение нагрузки ряда потребителей этой подстанции.

Начиная с 2003 года на питающих подстанциях городской сети, проводилась реконструкция компенсации емкостных токов и организации РЗЗЗ за счет внедрения управляемого резистивного заземления нейтрали [2]. Наложение активного тока осуществлялось с помощью силового однофазного трансформатора, включенного параллельно ДГР, обмотка низкого напряжения которого замыкалась на резистор мощностью около 300 кВт. Выбранная величина мощности резистора соответствовала среднему уровню мощности устройств компенсации секции – 300 кВАр. Коммутация силового резистора осуществлялась с помощью серийных пускателей, снабженных специальной автоматикой. Алгоритм функционирования автоматики предполагал выявление режима, при котором самоустранение замыкания становилось маловероятным, и обеспечивал наложение активного тока, достаточного по величине и длительности для перехода дуги в режим устойчивого горения и надежного срабатывания РЗЗЗ. На фидерах с малыми собственными емкостными токами земляная защита была организована на ранее установленных реле РТ-40, ЭТ-520 и УСЗ-2, где коэффициент чувствительности защиты легко обеспечивался на уровне не ниже 2 – 2,5. На фидерах с большими емкостными токами эти реле были заменены на реле типа РТЗ-51 с входным фильтром 50Гц, что несколько облегчало отстройку. Однако необходимо отметить, что ввиду относительно низкой частоты свободных колебаний емкостного тока в компенсированных сетях (до 500-700Гц) эффективность фильтрации невелика.

Существующие токовые защиты от замыканий на землю при этом перестраивались на новые уставки с учетом активного тока. Поэтому величина приведенного к стороне ВН накладываемого тока составляла 60 – 70 А.

В 2004 г. была закончена реконструкция компенсации и введена земляная защита на 4 секциях подстанции «Центральная-городская», а к началу 2006 это же было проделано еще на 6 секциях других подстанций.

Необходимо особо отметить динамику аварийных отключений по подстанции «Центральная-городская», т.к. на ней гораздо раньше, чем на других были проведены вышеописанные мероприятия, и поэтому накоплен достаточный материал. На трех других подстанциях наработка после реконструкции еще недостаточна, РЗЗЗ функционирует не на всех отходящих фидерах, и поэтому статистика пока малорепрезентативна.

Анализ повреждаемости по подстанции «Центральная-городская» с 2004 г. (см. рис. 1) показывает высокую эффективность проведенных мероприятий: после ввода в эксплуатацию контроля настройки компенсации и РЗЗЗ, работающей на отключение, количество повреждений снизилось примерно в 2,5 раза и стабилизировалось на уровне около 30 отключений в год. По-видимому, с учетом естественной колебательности годовой аварийности это значение отвечает новому равновесному состоянию сети.

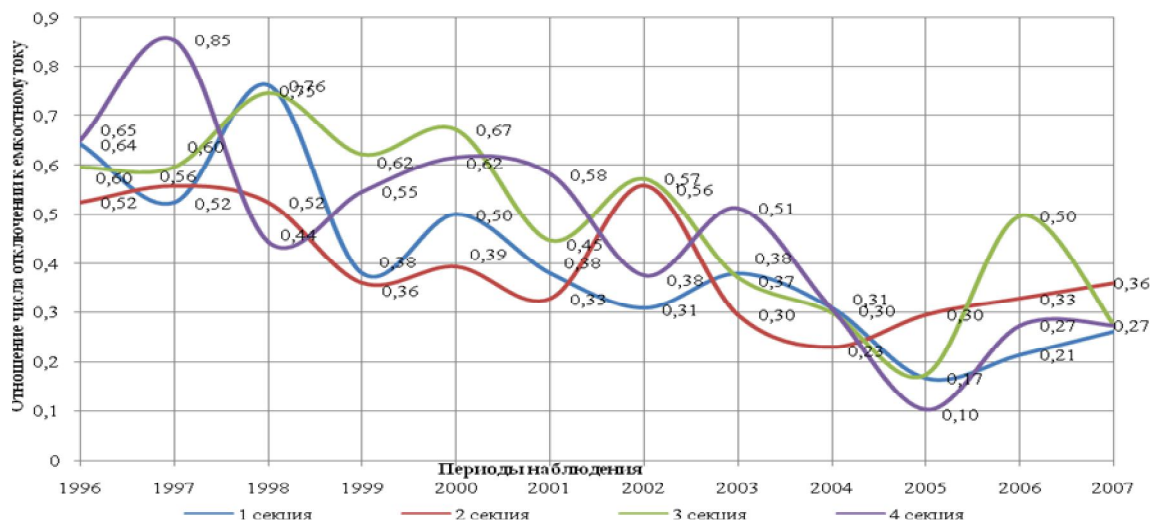


Рис. 1. Статистика аварийных отключений по секциям подстанции «Центральная - городская» г. Павлодара 1996 – 2007 г.

Выводы

1. Анализ повреждаемости городских кабельных сетей показывает, что преобладающий вид повреждений – однополюсные замыкания на землю, основной причиной которых, в свою очередь, является естественное старение изоляции и дуговые перенапряжения. Имеет место циклический характер изменения числа аварийных отключений, как сезонный, так и годовой.

2. Значительное снижение аварийности может быть достигнуто путем внедрения управляемого резистивного заземления нейтрали, в том числе, в компенсированных сетях, позволяющего не только снизить кратность дуговых перенапряжений, но и организовать селективную защиту от замыканий на землю.

Литература

1 Мусин А.Х. Оценка продолжительности жизни дефектов изоляции кабелей 6 – 10 кВ городской электрической сети / А.Х. Мусин // Промышленная энергетика. – 1998. – №6. – С. 28 – 33.

2 Рыжков В.П. О возможностях управляемого резистивного заземления нейтрали в сетях с малыми токами замыкания на землю. / В.П. Рыжков, Е.Н. Рыжкова // Электрика. – 2007. – №5. – С. 30 – 33

Рыжкова Елена Николаевна, д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Национального исследовательского университета «МЭИ», тел. 8(495)3627386, 89251895152, e-mail RyzhkovaYN@mpei.ru, почтовый адрес: 112250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14

УДК 621.311

ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Шпиганович А.Н., Костина И.И.

Россия, г. Липецк, Липецкий ГТУ

В статье рассматриваются провалы напряжения в электрических сетях. Определены основные параметры, причины возникновения и способы борьбы с такими явлениями. Рассмотрено их влияние на технологические процессы.

The article discusses the voltage dip in electric mains. The main parameters, the causes of and ways to deal with such problems. Considered their influence on technological processes.

К качеству электрической энергии, как и к любому другому виду продукции, предъявляются определённые требования, так как оно является необходимым условием безопасного применения электрооборудования, а также непосредственно сказывается на экономических показателях производителей и потребителей электроэнергии. Провалы напряжения являются одним из показателей качества электроэнергии, которое в России определяется ГОСТом 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». ГОСТ 13109-97 дает следующую характеристику: провал напряжения – внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{ном}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд. Физически это означает, что требуемая энергия не поступает к нагрузке [1]. Последствия этого могут быть весьма серьезными, в зависимости от ее назначения и характера. К параметрам относится длительность Δt_n , величина остаточного напряжения δU_n , выражаемая в процентах от номинального, и частота появления провалов напряжения (рис. 1).

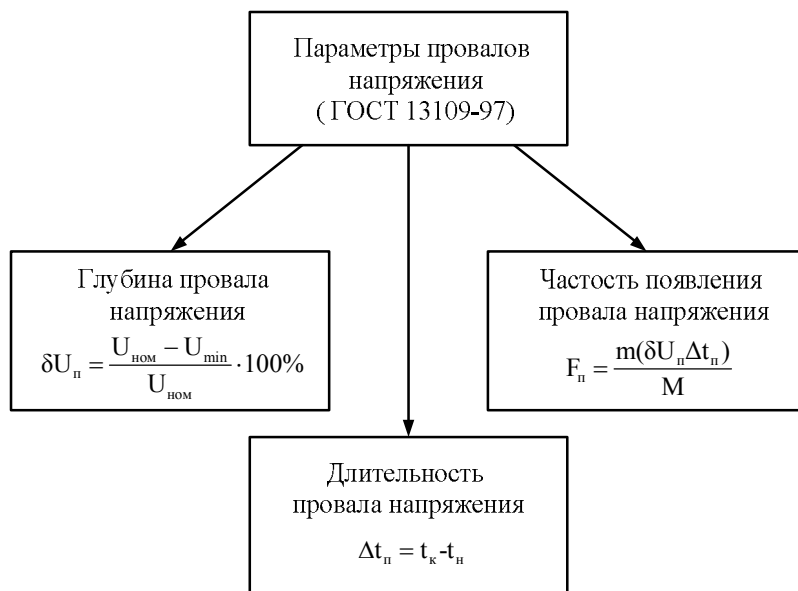


Рис. 1. Параметры провалов напряжения

На рисунке: $U_{ном}$ – номинальное напряжение, В; $U_{мин}$ – минимальное из всех измеренных среднеквадратичных значений напряжения, В; t_k , t_n – начальный и конечный моменты времени провала напряжения, с; $m(\delta U_n \Delta t_n)$ – число провалов напряжения глубиной δU_n и длительностью Δt_n за период времени T; M – общее число наблюдений.

Основные причины возникновения провалов напряжения в электрических сетях приведены на рис. 2. Из наиболее распространённых причин являются короткие замыкания на воздушных линиях сетей напряжением 110 кВ и выше. Провалы, при этом, отличаются достаточно большим числом затрагиваемых потребителей и низким уровнем остаточного напряжения. Оценить степень их влияния на потребителей можно, зная глубину и их длительность, а также степень чувствительности потребителей. В случае возникновения многофазных коротких замыканий глубина провалов напряжения оказывается значительно больше. Из этого следует, что поведение высоковольтных электродвигателей зависит от настройки защит в сети 110

кВ. Если защиты выполнены в с условием, что снижение напряжения на шинах источника питания ниже $0,65U_{ном}$, отключаются без выдержки времени, то при этом длительность провала напряжения составляет 0,20-0,25 секунды. Это не сказывается на работе высоковольтных синхронных и асинхронных электродвигателей. Защита минимального напряжения высоковольтных электродвигателей выполняется с выдержкой времени не менее 0,5 секунд, в связи с этим она сработать не успевает. Если же защита линий 110 кВ не обладает необходимым быстродействием при глубоких провалах напряжения, то синхронные электродвигатели, как правило, выходят из синхронизма, а асинхронные двигатели могут просто отключиться, что влечёт остановку или сбой в технологическом процессе производства [2].

Каждый провал напряжения приводит к кратковременному сбою в работе технологического оборудования. Разные отрасли промышленности реагируют по-своему на это явления. Особенно ошутимое влияние провалы напряжения оказывают на так называемые «непрерывные технологические процессы» в химии, нефтепереработке, металлургической и других подобных отраслях. В отличие, например, от конвейера механосборочного производства, который можно остановить и запустить снова. В зависимости от типа производства нужно учитывать и защиту от провалов напряжения.

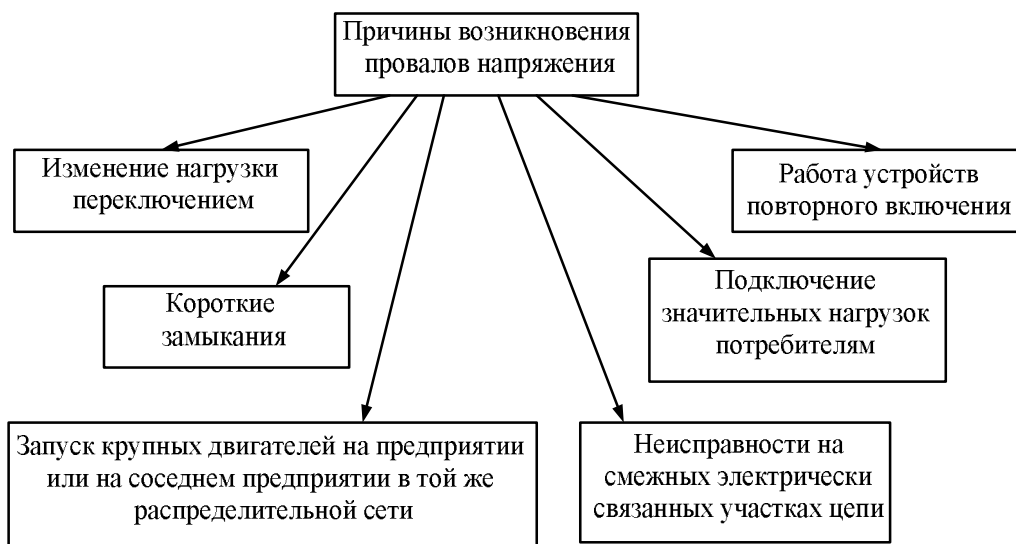


Рис. 2. Причины возникновения провалов напряжения

Вероятность внезапного прекращения подачи электроэнергии должна учитываться при разработке регламентов технологических процессов. Провалы напряжения в системах электроснабжения нельзя исключить полностью, но возможно минимизировать ущерб от их влияния. Это достигается комплексом мероприятий в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения[3]. Для уменьшения провалов напряжения применяют:

- маховик;
- статический компенсатор;
- параллельно подсоединённый синхронный двигатель;
- преобразователь постоянного тока;
- активный фильтр;
- динамический компенсатор искажения напряжения;
- источник бесперебойного питания;
- активный регулятор напряжения.

Главным отличием активного регулятора напряжения (АРН) от источника бесперебойного питания (ИБП) является то, что недостающая энергия в АРН берется от системы питания, а в ИБП – от батарей. Этим и объясняется то, что АРН дешевле по стоимости, чем ИБП, так как не требуются затраты на приобретение батарей. АРН

компенсирует любые провалы напряжения со скоростью полуволны. В ИБП огромное внимание следует уделять состоянию батарей, а в АРН нет накопителя энергии, поэтому нет необходимости часто его осматривать. Но если случится полное отключение энергии от потребителей, то в этом случае питание может поддерживать только ИБП.

Можно сделать вывод, что провалы напряжения в электрических сетях представляют опасность для работы потребителей. На предприятиях должна быть установлена защита от провалов напряжения. Она зависит от характера производства и его технологического процесса.

Литература

1. Фишман, В.С. Провалы напряжения в сетях промышленных предприятий [Текст] / В.С. Фишман // Новости электротехники. 2004. – №5(29). С. 15–19.
2. Шпиганович, А.Н. Провалы напряжения в высоковольтных электрических сетях [Текст] / А.Н. Шпиганович, И.А. Черных, И.Г. Шилов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2006. – №2. С. 21–26.
3. Пупин, В.М. Устройства защиты от провалов напряжения [Текст] / В.М. Пупин // Приложение к журналу Энергетик. 2011. – №5 (149). С. 19–30.

Шпиганович Александр Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электрооборудования ЛипецкийГТУ.

Костина Ирина Игоревна, студентка кафедры электрооборудования ЛипецкийГТУ. Адрес: Липецкая область, посёлок Лев Толстой, ул. Л.Н. Толстого, д. 17, e-mail:igen55-5@mail.ru, тел. 8-920-501-35-83.

УДК 621.311

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ТРАНЗИТНЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ, ВЫПОЛНЕННЫМИ ПО УПРОЩЕННЫМ СХЕМАМ

Балабин А.А., Печкарёв И.В.

Россия, г. Орел, филиал ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго»

Рассмотрены вопросы надежности электроснабжения и вывода в ремонт оборудования на транзитных подстанциях с упрощенными схемами.

The questions of reliability of electrosupply and conclusion in repair of the equipment on transit substations with the simplified circuits are considered.

Основная часть распределительных электрических сетей России была введена в эксплуатацию до 1980 года [1]. В процессе строительства ставилась задача присоединения всех потребителей к государственным электросетям в кратчайшие сроки. При этом осуществлялся курс на удешевление стоимости электрических сетей, в результате которого на районных трансформаторных подстанциях 35-110 кВ широко применялись упрощенные схемы. Такие подстанции подключаются по схеме блок линия-трансформатор с отделителем или два блока с отделителями и неавтоматической перемычкой со стороны линий.

Целью настоящей публикации является рассмотрение вопросов, связанных с транзитными подстанциями класса напряжения 110 кВ, выполненными по упрощенным схемам. Наличие таких подстанций в электрических сетях сказывается на надежности электроснабжения потребителей, питающихся от других подстанций, присоединенных к транзитной ВЛ, а также создает определенные сложности при выводе в ремонт ВЛ

110 кВ и секций шин 110 кВ в случае невозможности отключения зарядного тока ВЛ 110 кВ разъединителем. Следует отметить, что значение зарядного тока линии электропередачи определяется её протяженностью и конструктивными особенностями [3], в свою очередь величина наибольшего зарядного тока, отключаемого разъединителем, зависит от его класса напряжения, типа и расстояния между осями полюсов [2].

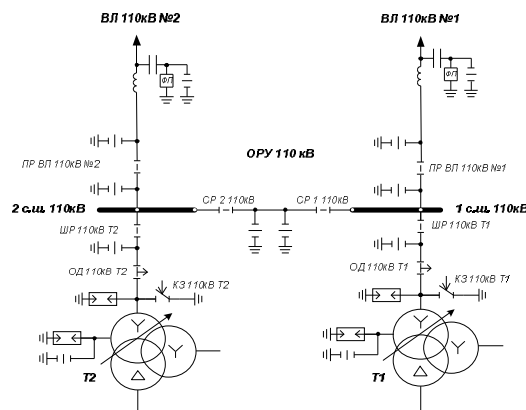


Рис. 1 Транзитная подстанция 110/35/10 кВ.

Для раскрытия сути проблемы рассмотрим транзитную подстанцию класса напряжения 110 кВ, приведенную на рис.1. В нормальном режиме работы подстанция получает питание по ВЛ 110 кВ №1, далее часть электроэнергии трансформируется на данной подстанции до напряжения 35 и 10 кВ, а другая, большая её часть, транзитом передается по ВЛ 110 кВ №2 на другие подстанции энергосистемы. Как известно, при аварийном отключении одного из трансформаторов или неселективном действии защиты отключается выключатель ВЛ 110 кВ №1 на питающей подстанции, затем в безтоковую паузу отключается отделитель, который отделяет поврежденный элемент от основной сети, после чего действием АПВ включается выключатель ВЛ 110 кВ №1 на питающей подстанции. Таким образом при локальном повреждении на указанной подстанции происходит кратковременный разрыв транзита, а так же обесточивание всех остальных подстанций, подключенных к ВЛ 110 кВ №1 и №2. Вместе с тем, при технологическом нарушении на ВЛ 110кВ №2, происходит отключение обеих ВЛ со стороны питающей подстанции. Несомненно, что это отрицательным образом сказывается на надежности электроснабжения потребителей.

При выводе в ремонт одной из ВЛ 110 кВ, любой из секций шин 110 кВ, требуется оперировать линейным разъединителем ЛР 110 кВ №1 (ЛР 110 кВ №2). Отключение данных разъединителей под напряжением производить нельзя, так как ВЛ 110 кВ достаточно протяженные и вследствие этого обладают большим зарядным током линии. Переключения по выводу в ремонт ВЛ 110 кВ №1 и №2 производятся по программам переключений, которые содержат последовательность операций при переключениях, как на рассматриваемой подстанции, так и на других подстанциях, связанных с ней по сети 110 и 35 кВ.

Рассмотрим вывод в ремонт ВЛ 110 кВ №2. Вся нагрузка на рассматриваемой подстанции переводится на трансформатор Т1, трансформатор Т2 подготавливается к переводу в режим работы 35/10 кВ путем отключения трансформаторных выключателей 10 кВ и 35 кВ, отключения отделителя ОД 110 кВ Т2 и шинного разъединителя ШР 110 кВ Т2. Далее включается В 35 кВ ВЛ, от которой подстанция будет получать питание в режиме работы 35/10 кВ, отключается В 35 кВ Т1, включается В 35 кВ Т2 и питание потребителей 10 кВ подстанции переводится на Т2 (включается В 10 кВ Т2, отключается В 10 кВ Т1). После выполнения указанных операций производится отключение ВЛ 110 кВ №1 либо выключателем со стороны одной питающей подстанции (при радиальном режиме работы ВЛ), либо

выключателями на обоих питающих центрах (при транзитном режиме работы ВЛ) . В тот момент, когда ВЛ 110 кВ №2 находится без напряжения, производится отключение ЛР 110 кВ №2. Отключив ЛР 110 кВ №2, производится включение ВЛ 110 кВ №1 выключателем на питающей подстанции и далее рассматриваемая подстанция переводится из режима работы 35/10 кВ в режим 110/35/10 кВ.

Указанные выше переключения являются очень сложными и достаточно продолжительными по времени. Для решения вышеуказанной проблемы требуется реконструкция подстанций, предусматривающая установку секционного выключателя 110 кВ и выключателей 110 кВ в цепях трансформаторов, что позволит повысить надежность электроснабжения потребителей и существенно упростить вывод в ремонт оборудования.

Литература

1. Положение о технической политике в распределительном электросетевом комплексе. – М. 2006.
2. Правила устройства электроустановок. – М. 2006.
3. Боровиков В.А.. Электрические сети энергетических систем. – Л.: Энергия, 1977.

Балабин Александр Алексеевич, канд. техн. наук, начальник Южного участка ОТС ЦУС филиала ОАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго», 302012, г.Орел, ул. Высоковольтная, 9, т.72-61-24, E-mail: balabin79@mail.ru

Печкарёв Игорь Вячеславович, заместитель начальника ОТС ЦУС филиала ОАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго», 302030, г. Орел, пл. Мира, 2. E-mail: pchkarrev.iv@mrsk-1.ru

УДК 621.313.3

ЭНЕРГООПТИМАЛЬНАЯ ПО МИНИМУ ТОКА СТАТОРА СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Мещеряков В.Н., Цветков П.Е.

Россия, г. Липецк, Липецкий ГТУ

В настоящее время актуальной является задача повышения энергетической эффективности электроприводов переменного тока с асинхронными двигателями. Рассмотрены энергооптимальные характеристики асинхронного электродвигателя с учетом насыщения. Разработана энергооптимальная по минимуму тока статора система управления асинхронным электроприводом.

The problem of increase of power efficiency of electric drives of an alternating current with asynchronous motors is actual now. Energy efficient characteristics of an induction motor with magnetic saturation accounting is considered. System of optimal adjustment of induction drive.

Проблема энергетической эффективности ЭП в последние годы решается за счет совершенствования существующих и разработки новых типов электродвигателей и полупроводниковых преобразователей с повышенными энергетическими характеристиками. Основным фактором повышения энергетической эффективности преобразователей является использование полностью управляемых полупроводниковых приборов силовой электроники (MOSFET, IGBT, IEGT, GTO, IGCT).

Несмотря на значительный прогресс в области силовой электроники и микропроцессорных средств управления, в регулируемых ЭП сравнительно мало используются их возможности для реализации энергосберегающих алгоритмов управления режимами ЭП. Во многих случаях реализуются законы управления электрическими двигателями, которые не полностью отвечают требованиям задачи энергосбережения. Наиболее распространенными системы управления асинхронным электроприводом, которые обеспечивают оптимальное магнитное состояние, являются: по минимуму тока статора и минимуму суммарных потерь.

Режим управления по минимуму тока статора имеет ряд достоинств, наиболее важными из которых являются [1]:

- при управлении по минимуму тока статора полные потери близки к минимальным потерям двигателя;
- законы управления, обеспечивающие минимум тока статора, проще в реализации.

Предлагаемая система управления.

Оптимизация режимов работы асинхронного электродвигателя по технико-энергетическим критериям, в частности по критерию минимума тока статора, обеспечивающий максимальную перегрузочную способность ЭП и наименьшую мощность потерь в активных сопротивлениях обмотки статора АД и преобразователе частоты, связана с необходимостью изменения магнитного состояния двигателя в зависимости от текущего значения момента сопротивления нагрузки. При питании от полупроводникового преобразователя частоты асинхронный электродвигатель, у которого магнитное состояние изменяется в соответствии с законами энергооптимального регулирования, является объектом с нелинейной характеристикой намагничивания. Величина электромагнитного момента зависит от значения активного тока и магнитного состояния двигателя, поэтому синтез экстремальных алгоритмов управления необходимо проводить с учетом нелинейности характеристики намагничивания АД и, соответственно, производить исследования векторных и скалярных систем управления требуется с учетом последней.

Для разработки алгоритмов скалярных и векторных систем управления асинхронными электроприводами переменного тока следует реализовать заранее определенные оптимальные соотношения координат двигателя на основе текущей идентификации определяющих их переменных параметров объекта управления, что позволит создать экстремальные системы управления, учитывающие нелинейность магнитной цепи.

Сложность реализации энергооптимальных алгоритмов заключается в необходимости знания большого количества параметров электрической машины, а автоматический поиск в процессе функционирования электропривода экстремума функции оптимального критерия, оцениваемой по результатам текущих измерений, характеризуется низким быстродействием системы. В предлагаемой системе при оптимальном управлении по минимуму тока статора достаточно знать заранее определенную зависимость угла между током статора и потокосцеплением ротора от электромагнитного момента. Данная зависимость определяется лишь видом кривой намагничивания асинхронного электродвигателя.

На рис. 1 Представлена зависимость оптимального угла между током статора и потокосцеплением ротора φ от электромагнитного момента M для двигателей общего применения, построенная по кривой намагничивания, представленной в [2].

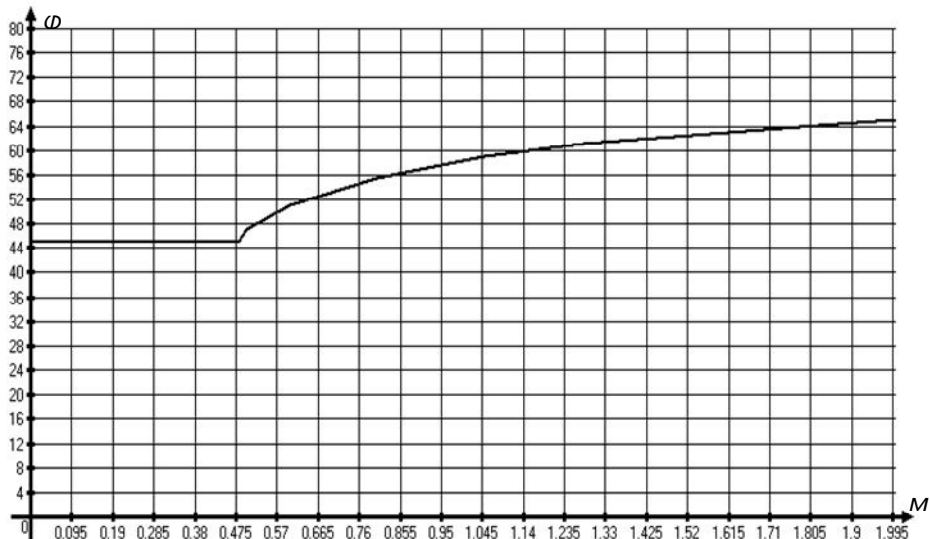


Рис. 1. Оптимальный угол по критерию минимума тока статора

Для снижения требований к производительности микропроцессорной системы целесообразнее не производить постоянный перерасчет требуемого оптимального угла в функции момента нагрузки, а сохранить в виде таблицы заранее рассчитанные значения оптимальной величины угла между моментобразующими векторами. Размерность таблицы можно принять с шагом 10-20% от номинальной величины параметра.

На рис. 2 приведена система с оптимальным регулированием угла между током статора и потокосцеплением ротора. В данной системе показан способ задания косинусоидальной и синусоидальной составляющих тока статора, в соответствии с которыми формируется питающая частота и напряжение АД. Заданный электромагнитный момент с пропорционально-интегрального регулятора скоростисоединен с блоком задания синусоидальной составляющей тока статора I_{1q} 2 и блоком коррекции косинусоидальной составляющей тока статора I_{1d} 3, которая формируется с учетом реального угла φ . Данный угол формируется в блоке определения угла между током статора и потокосцеплением ротора 6.

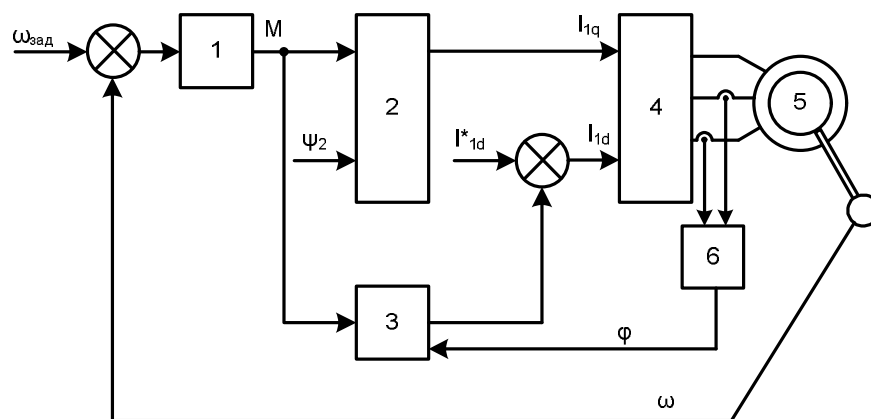


Рис. 2. Энергооптимальная по минимуму тока статора система управления асинхронным электроприводом.

В блоке 3 происходит сравнение заданного оптимального угла между моментобразующими векторами, определенного по кривой намагничивания, и измеренным углом. Выход блока 3 вносит коррекцию в канал задания косинусоидальной составляющей тока статора. Таким образом, осуществляется управление величиной потокосцепления ротора, так как косинусоидальная составляющая тока статора является потокообразующей для АД.

Для реализации энергоэффективных законов управления асинхронными приводами представлена зависимость оптимального угла между током статора и потокосцеплением ротора от момента нагрузки при известной кривой намагничивания электродвигателя. Разработана система с оптимальным регулированием моментобразующих векторов АД, обеспечивающая минимальное значение потребляемого тока статора.

Литература

1. Поляков В.Н., Шрейнер Р.Т. Экстремальное управление электрическими двигателями. Екатеринбург, 2006 - 419 с.
2. Вешеневский С. Н. Характеристика двигателей в электроприводе. М.: Энергия, 1977 – 431 с.

Мещеряков Виктор Николаевич, д.т.н., профессор, зав. каф. электропривода ЛГТУ, 398036, г. Липецк, ул. Стаханова, 34, 96, тел. 8(4742)45-72-73.

Цветков Павел Евгеньевич, работник энергопроизводства ОАО «НЛМК», 398020, г. Липецк, ул. Кротевича д. 53 т. 8-951-300-42-97, tsvetkov@lipetsk.ru

УДК 621.311.1:005.5

ББК 65.305.14-231

ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Устинова Е. П.

Россия, г. Новосибирск, Новосибирский ГТУ

Современные условия функционирования предприятий электросетевого комплекса обуславливают необходимость рассматривать перспективное развитие электрических сетей не только как техническую необходимость, но и как возможность эффективного инвестирования. Это в значительной степени повышает требования к качеству планирования инвестиционной деятельности, формированию прогнозов электропотребления и спроса на технологическое присоединение, особенно на локальном уровне районных центров питания в краткосрочной перспективе.

Modern operating conditions of the enterprises of an electronetwork complex cause need to consider perspective development of electric networks not only as technical need, but also as possibility of effective investment. It substantially raises requirements to quality of planning of investment activity, formation of forecasts of a power consumption and demand for technological accession, especially at local level of the regional centers of a food in short-term prospect.

Развитие конкуренции на рынке электроэнергии и дезинтеграция энергокомпаний существенно усложнили процессы управления отраслью и обеспечения надежности энергоснабжения. На сегодняшний день важнейшими задачами предприятий электросетевого комплекса является обеспечение надежного электроснабжения потребителей, развитие сетевой инфраструктуры, адекватное развитию отраслей народного хозяйства (развития генерирующих источников, росту электропотребления, спроса на технологическое присоединение). При этом, развитие электросетевого комплекса сегодня необходимо рассматривать не только как техническую необходимость, но и как возможность эффективного инвестирования. Учитывая тот факт, что эффективность инвестиционных проектов в электросетевом комплексе в значительной степени обусловлена ростом электропотребления и спросом

на технологическое присоединение, их качественное прогнозирование становится задачей стратегического характера.

Обоснованность строительства электросетевых объектов должна быть максимальной объективной в части их перспективной загрузки еще и потому, что законодательно определен учет влияния степени загрузки объектов электросетевого хозяйства при формировании тарифов [1].

Большинство электросетевых компаний при формировании средне- и долгосрочных схем и программ развития основываются на информации и оценках, доступных на момент планирования, и ежегодно верифицируются.

Основные стадии процесса планирования развития электрических сетей включают:

- Прогнозирование спроса на электрическую мощность, необходимую для обеспечения присоединенных к сети потребителей и технологическое присоединение новых потребителей.

- Выявление дефицита пропускной способности сетей и оценка технической осуществимости альтернативных вариантов на основании расчета оперативных и перспективных режимов работ системообразующих и распределительных сетей.

- Финансовый анализ, позволяющий определить приоритетность технически обоснованных проектов, исходя из принципа получения максимальной выгоды при минимальных издержках для потребителей.

И как уже было отмечено выше, именно прогнозирование спроса является ключевой задачей, решение которой необходимо рассматривать в разрезе прогноза естественного прироста электропотребления в результате общеэкономического роста, прироста, обусловленного технологическим присоединением новых потребителей, и спросом на технологическое присоединение, формируемых как локальном уровне (центры питания отдельных районов), так и на глобальном, общесистемном уровне.

Определение каждой из перечисленных составляющих, хотя и основывается на ретроспективном анализе фактического отпуска электроэнергии, контрольных замеров потокораспределения и мощности, количества обращений заявителей, однако имеет свои особенности и требует учета множества дополнительных факторов.

Так, например, локальные прогнозы, формируются на основании данных о спросе на технологическое присоединение, прогнозе подключения объектов потребителей, в соответствии с уже заключенными договорами технологического присоединения, генпланах развития субъекта РФ. При этом, локальный прогноз может являться самым «слабым», с точки зрения объективности, звеном формируемого прогноза, так как в большей степени зависит от потребителей и предоставленных ими сведений.

Действующим законодательством, предоставление информации потребителями предусмотрено лишь косвенным образом: в формате прогноза потребления и заявленной мощности на очередной период регулирования (как правило - год) – при заключении договора на оказание услуг по передаче электрической энергии, в формате перечня исходных сведений, необходимых для подготовки технических условий и заключения договора об осуществлении технологического присоединения к электрическим сетям. Причем перечень указанных сведений, в соответствии с [2], является с точки зрения законодательства исчерпывающим, тем не менее не всегда способен удовлетворить интересы сетевой организации, в частности при составлении долгосрочных и краткосрочных программ развития.

При этом законодательно определены обязательства сетевых организаций по опубликованию достаточно широкого перечня сведений, характеризующих их основную деятельность [3].

Таким образом, сетевые компании для потребителей заведомо более «прозрачны». Что в некоторой степени дает основания предположить, что потребители

услуг планируют свою деятельность, в том числе с учетом интересов сетевой организации. Объективность же локальных прогнозов может быть достигнута путем создания математических моделей «поведения» существующих и потенциальных потребителей.

Хотелось бы отметить, что в некоторых европейских государствах энергокомпании имеют законодательно закрепленное право на получение от потребителей (в том числе и потенциальных) предварительной информации о своих планах электропотребления. Благодаря этому у энергокомпаний появляется возможность концентрировать свое внимание не на верификации прогнозной информации как таковой, а на оптимизации структуры своих активов с учетом изначальной недостоверности прогнозной информации.

Глобальные (общесистемные) прогнозы электропотребления и пикового спроса энергокомпаний, как правило, базируются на моделировании и анализе исторических и ожидаемых тенденций на рынке электроэнергии, экономических и демографических условиях, сложившихся в обслуживаемых сетями компаний регионах. При этом, прогнозированию графиков нагрузок энергосистем в настоящее время уделяется очень серьезное внимание со стороны Системного оператора и участников оптового/розничного рынков электроэнергии. Разработан достаточно мощный математический аппарат, позволяющий значительно повысить достоверность данного прогноза.

Процесс прогнозирования включает в себя также регулярную проверку и пересмотр прогнозов. Отклонения прогнозных значений от фактического уровня потребления анализируются на предмет влияния аномальных погодных условий или ошибочных предположений во входных данных. Регулярный процесс пересмотра прогнозов позволяет понять: соответствуют ли прогнозные значения потребления целевому уровню, или они ближе к результатам сценариев высокого или низкого роста. Уровень электропотребления отслеживается ежемесячно с целью отделения последствий, связанных с аномальными погодными условиями и типом дня, что позволяет выявить основополагающую тенденцию изменения электропотребления.

Качественное планирование возможно только при наличии объективных прогнозов, сформированных на основании математического моделирования электропотребления и технологического присоединения потребителей, а так же максимально объективной информации, многофакторный анализ которой осуществляется в оперативном режиме. Перспективное же развитие электрических сетей в конечном итоге результат инвестиционной деятельности сетевых компаний, эффективность которой напрямую зависит от качества планирования.

Учитывая изменения законодательства в части учета степени загрузки сетей при расчете тарифов, перспективное развитие электросетевого комплекса, должно быть максимально обоснованными и востребовано со стороны потребителей услуг, а также соответствовать схемам и программам развития соответствующих субъектов РФ, формируемыми органами исполнительной власти, генеральным планам развития субъектов.

Таким образом, перспективное развитие сетевой инфраструктуры, целесообразно вести на основании долгосрочных программ с последующей детализацией до средне - и краткосрочных, приоритетность реализации которых должна быть адекватна росту электропотребления.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 г. №1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 №861 «Об утверждении правил недискриминационного доступа к услугам по передаче

электрической энергии и оказания этих услуг, правил недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике и оказания этих услуг, правил недискриминационного доступа к услугам администратора торговой системы оптового рынка и оказания этих услуг и правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям».

3. Постановление Правительства РФ от 21 января 2004 г. N 24 "Об утверждении стандартов раскрытия информации субъектами оптового и розничных рынков электрической энергии".

4. Федеральный закон РФ «Об электроэнергетике» (от 26.03.2003 г. №35)

Устинова Елена Петровна, аспирант кафедры систем управления и экономики энергетики, Новосибирский ГТУ, e-mail: Elenka_ustinova@mail.ru, тел. 8-923-234-20-35

УДК 621.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО И АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Панасюк В.Н., Парахин Ю.Н., Сухарь Г.А.
*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский
филиал военной академии тыла и транспорта*

Статья посвящена вопросу, связанному с определением границ экономической эффективности применения автономного источника электроснабжения.

The article is dedicated to the problem connected with the technical and economical delimitation of independent power supply source.

Электроснабжение любых объектов народного хозяйства, которые имеет малую (ограниченную) мощность, в современных условиях, становится невозможным при выходе из строя источников энергии и систем её передачи. При этом автономные источники электроснабжения (АИЭ), занимают важнейшее место как источники электроснабжения для жилых пунктов, к которым относятся небольшие городки, многочисленные производственные и ремонтные предприятия, школы, медицинские учреждения и т.п.

В настоящее время в восточных и северных районах России из-за значительного отставания в развитии электрических сетей большая часть населённых пунктов продолжает получать электроэнергию от рабочих (базовых) АИЭ.

Одним из технических направлений реконструкции существующих, но уже физически изношенных элементов систем электроснабжения с АИЭ является рассмотрение вариантов строительства ВЛ напряжением 35...110 кВ (с глубоким вводом), то есть электроснабжение от государственных энергосистем.

Этот вариант требует значительных материальных затрат. Темпы перевода многочисленных объектов на централизованное электроснабжение от госэнергосистем или обновление собственных АИЭ сдерживаются ограниченностью или отсутствием средств финансирования (инвестирования).

Одним из основных принципов оценки экономической эффективности проектов является сопоставимость условий сравнения различных вариантов проектов.

Такая оценка выполняется на первом этапе (оценка эффективности проекта в целом). Для того чтобы дать такую оценку необходимо знать где проходит граница экономической эффективности рассматриваемого варианта.

Для того, чтобы оценить эффективность применения АИЭ в качестве основного источника питания или в качестве резерва, необходимо иметь аппарат, позволяющий определять границы экономической эффективности централизованного и автономного электроснабжения потребителей в зависимости от мощности и удалённости объекта от государственной энергосистемы.

Известно, что при выборе вариантных схем электроснабжения для объектов малой мощности, в проектной практике сравнение вариантов производится по упрощённому способу сравнения приведённых затрат на уровне перспективного расчётного года.

В настоящей статье сравнение вариантов автономного и централизованного электроснабжения мы будем производить путём сравнения приведённых затрат в расчётном году.

При сравнении вариантов электроснабжения более экономичным является вариант с наименьшими приведёнными затратами. Поэтому применение автономной электростанции (АЭ) целесообразно при условии:

$$E_n(K_1 + K_{mp}) + I_1 + I_{mp} + C_{\ominus} + C_{\Pi} \geq \rho_n K_2 + I_2 - C_{AЭ} + C_m \quad (1)$$

где: E_n – нормативный коэффициент эффективности; K_1 – капиталовложения на цепь ЛЭП; K_{mp} – то же на трансформаторную подстанцию; I_1 – годовые эксплуатационные затраты на ЛЭП при централизованном электроснабжении; I_{mp} – то же на трансформаторную подстанцию; K_2 – капиталовложения на автономную электро-станцию; I_2 – годовые эксплуатационные затраты на автономную электростанцию; C_{\ominus} – стоимость приобретённой энергии от энергосистемы; C_{Π} – стоимость годовых дополнительных потерь электроэнергии при передаче; $C_{AЭ}$ – стоимость электро-энергии, полученной от АЭ; C_m – затраты на топливо для АЭ.

Годовые эксплуатационные затраты на эксплуатацию линии электропередачи и распределительный пункт можно выразить через соответствующие коэффициенты от капитальных вложений:

$$I_1 = \rho_l K_1; \quad (2)$$

$$I_{mp} = \rho_{mp} K_{mp}, \quad (3)$$

где: ρ_l – коэффициент годовых эксплуатационных затрат на ЛЭП (исключая потери электроэнергии в электропередаче); ρ_{mp} – то же трансформаторную подстанцию.

При сопоставлении варианта энергоснабжения от государственной энергосистемы затраты в электростанции системы (сопряжённые капиталовложения) не учитываются, а в состав эксплуатационных расходов включается стоимость приобретённой от системы электроэнергии, рассчитанной по действующим тарифам.

Расчётная стоимость электроэнергии C_{\ominus} обычно определяется по замыкающим баланс рассматриваемого района электрогенерирующим установкам, в качестве которых принимается наиболее прогрессивная электростанция, намечаемая к сооружению в данной энергосистеме. Число часов использования установленной мощности государственных электростанций приближённо принимается равным 7200 час в энергосистемах Сибири, 6300 час в энергосистемах Европейской части России.

Стоимость годовых дополнительных потерь электроэнергии при передаче составит:

$$C_{II} = \frac{\rho \cdot l}{S} \left(\frac{P_{\max}}{U_H \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_{\text{Э}}, \quad (4)$$

где: S – сечение провода цепей ЛЭП; l – протяжённость ЛЭП; ρ – удельная проводимость материала провода ЛЭП; P_{\max} – максимальная передаваемая мощность ЛЭП; U_H – номинальное напряжение электропередачи; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности электропередачи; τ – время максимальных потерь; $C_{\text{Э}}$ – средняя удельная стоимость 1 кВт·ч в энергосистеме.

Годовые эксплуатационные расходы на эксплуатацию собственной электростанции состоят из следующих составляющих:

отчисления на амортизацию и капитальный ремонт оборудования, зданий и сооружений;

- стоимость израсходованного топлива;
- зарплата обслуживающего персонала и отчисления на соцстрах;
- текущий ремонт;
- вспомогательные материалы;
- общие станционные расходы.

Отчисления на амортизацию для дизельных электростанций можно принять: $I_a = 0,035 \dots 0,05 K_2$. Первая цифра – норма отчисления на капитальный ремонт, вторая – на полное восстановление.

Затраты на израсходованное топливо можно определить по величине выработки электроэнергии станции и топливной составляющей в ней.

Стоимость выработанной АЭ электроэнергии по средней удельной стоимости 1 кВт·час $C_{\text{Э}}$ составит:

$$C_{AЭ} = P_{\max} \frac{T_{\max}}{8760} T_{\text{в}} \cdot C_{\text{Э}}, \quad (5)$$

где: $C_{\text{Э}}$ – средняя удельная стоимость 1 кВт·ч в энергосистеме; P_{\max} – максимальная нагрузка; T_{\max} – время использования максимальной мощности; $T_{\text{в}}$ – продолжительность работы станции.

Затраты на топливо при сравнении вариантов энергоснабжения определяются по действующим ценам. При отсутствии достаточно обоснованных цен расчёт производится по удельным приведённым затратам (расчётной стоимости топлива).

Удельные приведённые затраты на топливо C_m определяются по замыкающим топливным балансам рассматриваемого района топливодобывающим предприятиям.

При максимальной нагрузке P_{\max} , годовом времени использования T_{\max} и времени работы $T_{\text{в}}$ станции, затраты на топливо составят:

$$I_m = P_{\max} \frac{T_{\max}}{8760} T_{\text{в}} \cdot \text{в}, \quad (6)$$

где: в – топливная составляющая стоимости 1 кВт·ч на станции.

Прочие годовые затраты на эксплуатацию автоматизированной электростанции (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт, вспомогательные материалы, общие станционные расходы) составят сравнительно небольшую величину. Эти затраты можно принять постоянными, обозначив их через A .

Капитальные вложения на ЛЭП можно приближённо определить по удельным капиталовложениям на 1 км:

$$K_l = K_l^{y0} l,$$

где: l – длина линии в км; K_l^{y0} – удельные капиталовложения в ЛЭП на 1 км.

Ввиду того, что на дизельных электростанциях 80...85% капитальных вложений составляет стоимость оборудования, капитальные затраты на неё можно приближённо принять прямо пропорциональными установленной мощности:

$$K_2 = K_{ст}^{уд} P_{макс},$$

где: $K_{ст}^{уд}$ – удельные капитальные вложения на станции; $P_{макс}$ – установленная мощность станции.

Для определения границ целесообразности централизованного и местного обеспечения нагрузки $P_{макс}$, расположенной на расстоянии l , при годовом числе использования максимума нагрузки $T_{макс}$ выразим неравенство (1) через удельные величины (учитывая (4...6)):

$$p_H[K_L^{уд}L + K_{ТР}] + p_L K_L^{уд}L + p_{ТР} K_{ТР} + P_{МАКС} \frac{T_{макс}}{8760} T_B \cdot C_э + \frac{\rho \cdot l}{S} \left(\frac{P_{макс}}{U_H \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_э \geq p_H K_{СТ}^{уд} P_{МАКС} - P_{МАКС} \frac{T_{макс}}{8760} T_B \cdot C_э + P_{МАКС} \frac{T_{макс}}{8760} T_B \cdot B + A. \quad (7)$$

Из неравенства (7) определяем длину ЛЭП, при которой расчётные затраты на местное и централизованное электроснабжение будут одинаковы (эту длину в дальнейшем для краткости будем называть критической – $l_{кр}$).

$$L_{кр} = \frac{(p_H + p_a) K_{ст}^{уд} P_{макс} - (p_H + p_{тр}) K_{тр} + P_{макс} \frac{T_{макс}}{8760} T_B (\epsilon - 2C_э) + A}{(p_H + p_a) K_L^{уд} + \frac{\rho}{S} \left(\frac{P_{макс}}{U_H \cos \varphi} \right)^2 \cdot \tau \cdot C_э}. \quad (8)$$

На рис. 1 показана зависимость критической длины ЛЭП-6 кВ на деревянных опорах с железобетонными приставками (II климатический район Сибири), от величины максимальной нагрузки потребителя при которой затраты на осуществление местного или электроснабжения от госэнергосистемы равны.

Ориентировочные значения мощности и расстояний, на которые целесообразно передавать электроэнергию от государственных электрических систем, приведены в табл. 1.

В случаях применения в качестве АЭ газопоршневого двигателя с утилизацией теплоты (когенератора), граница эффективности по расстоянию смещается примерно в 1,2...1,5 раза в сторону уменьшения расстояния к потребителю.

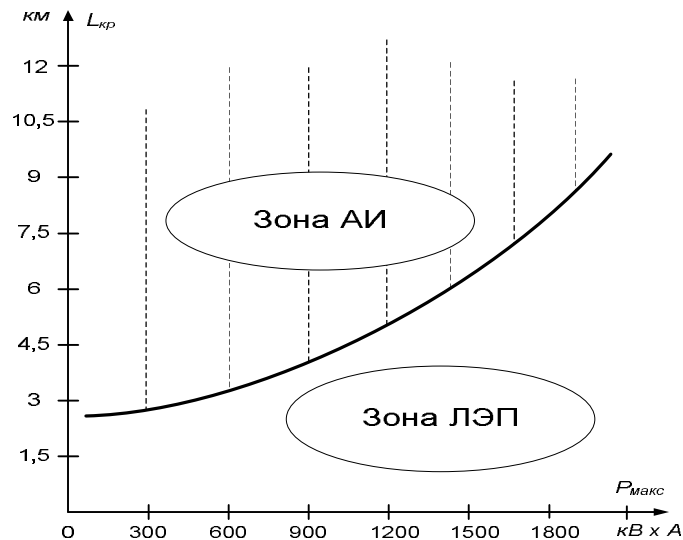


Рис. 1. Зависимость $l_{кр}$ от $P_{макс}$ для ЛЭП-6 кВ на деревянных опорах с железобетонными приставками

Таблица 1

Напряжение сети, <i>кВ</i>	Пределы передаваемой мощности, <i>кВт</i>	Ориентировочные расстояния, <i>км</i>
0,38	До 50	До 0,3
6	50...2000	10...3
10	100...3000	15...5
35	2000...10000	50...20
110	10000...50000	150...50

Литература

1. Дубинин В.С. О сопоставлении систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения в современных условиях России. Промышленная энергетика, 2007 №1.

2. Сухарь Г.А. Решение задач по определению границы технико-экономической эффективности применения местного электроснабжения и резервирования. Сборник докладов научно-технической конференции «Оптимизация сложных радиотехнических систем» Пушкин. ФВКА, 2003 г. – с. 153.

3. Сухарь Г.А. Технико-экономические показатели в энергетике. Справочник военного инженера-энергетика. Раздел 1. Общие сведения. Глава 2. М.: МО РФ, 2001.

Панасюк Владимир Николаевич, к. т. н, доцент, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, заведующий кафедрой. 193123, Санкт-Петербург, улица Захарьевская, дом. 22, тел.: 8-921-587-10-56, E-mail: efominich@mail.ru

Парахин Юрий Николаевич, научный сотрудник, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, 193123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, дом. 22, тел.: 8-921-906-38-33. E-mail: efominich@mail.ru

Сухарь Геннадий Анатольевич, к.т. н, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, доцент кафедры. 193123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, дом. 22, 8-911-215-79-82, E-mail: efominich@mail.ru

УДК 621.316.13

УЧЕТ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИ РАСЧЕТЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ

Дерендяева Л.В.

Россия, г. Киров, ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Разработан новый подход к учету комплексных коэффициентов трансформации при расчете установившихся режимов высших гармонических составляющих. Предложенный метод позволяет рассчитывать режимы высших гармонических составляющих с различными коэффициентами трансформации трансформатора, представленных электрической схемой замещения.

A new approach to accounting of complex transformation ratios for calculation of steady-state regimes of higher harmonic components. The proposed method allows the calculation of modes of higher harmonic components with different coefficients, the transformation of the transformer, presented the electrical pattern of substitution.

В современных электрических системах, совместно работают сети многих номинальных напряжений, связанных друг с другом повышающими и понижающими трансформаторами и автотрансформаторами.

Интерес представляют трансформаторы с соединением обмоток по группе $Y/\Delta-11$ и $\Delta/Y-11$. В таких трансформаторах между соответствующими векторами первичных и вторичных напряжений образуется сдвиг фаз на угол 30° .

Отношения уровней напряжений разных ступеней характеризуются комплексными коэффициентами трансформации k_T , имеющими действительные и мнимые составляющие. Совместный расчет режимов высших гармонических составляющих сетей разных номинальных напряжений в диссертации предлагается выполнять с применением схем замещения трансформаторов, в которых используются дополнительные (фиктивные) задающие токи, рис. 1

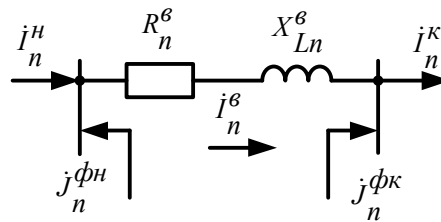


Рис. 1. Схема замещения трансформатора с комплексными коэффициентами трансформации, учитываемых с помощью фиктивных токов

Фиктивные токи, включаемые в начало и конец каждой трансформаторной ветви группы трансформаторов, имеют составляющие, зависящие от напряжения ветви:

$$\left. \begin{aligned} -j\phi_n^H &= \underline{Y}_n^{(1)} M_{\Sigma t}^+ \dot{U}_{ny} - \underline{Y}_n^{(2)} M_{\Sigma t}^- \dot{U}_{ny} \\ -j\phi_n^K &= \underline{Y}_n^{(3)} M_{\Sigma t}^+ \dot{U}_{ny} - \underline{Y}_n^{(4)} M_{\Sigma t}^- \dot{U}_{ny} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Тогда матрица токов, дополняющих задающие токи в узлах схемы замещения после некоторого преобразования примет вид:

$$\begin{aligned} j\phi_n &= M_{\Sigma}^+ \cdot j\phi_n^H - M_{\Sigma}^- \cdot j\phi_n^K \\ \text{или} \\ j\phi_n &= \left\| M_{\Sigma}^+ - M_{\Sigma}^- \right\| \cdot \left\| \begin{array}{cc} -\underline{Y}_n^{(1)} & -\underline{Y}_n^{(2)} \\ -\underline{Y}_n^{(3)} & -\underline{Y}_n^{(4)} \end{array} \right\| \cdot \left\| \begin{array}{c} M_{\Sigma t}^+ \\ M_{\Sigma t}^- \end{array} \right\| \cdot \dot{U}_n, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\underline{Y}_n^{(1)}, \underline{Y}_n^{(2)}, \underline{Y}_n^{(3)}, \underline{Y}_n^{(4)}$ - диагональные матрицы проводимостей ветвей, содержащих трансформаторы для n -ой гармоники; размерность матриц равна количеству ветвей, отображающих трансформаторы; \underline{Z}_n^B - сопротивление ветви для n -ой гармоники, содержащей трансформатор; M_{Σ}^+ - матрица соединений всей схемы, элементами которой служат нули и единицы с положительными знаками; M_{Σ}^- -

матрица соединений всей схемы, элементами которой служат нули и единицы с отрицательными знаками; $M_{\Sigma t}^+$, $M_{\Sigma t}^-$ - те же матрицы, но транспонированные; U_{ny} - комплексные матрицы узловых напряжений и токов для n -ой гармоники.

Для расчета режимов высших гармонических составляющих разработана математическая модель трансформатора с комплексными коэффициентами трансформации. Схема замещения трансформатора представляет собой ветвь с активным и реактивным сопротивлениями, в начало и конец этой ветви добавляются фиктивные токи, с помощью которых учитывается комплексное сопротивление трансформатора. Предложенная математическая модель трансформатора с комплексными коэффициентами трансформации позволяет применять метод узловых потенциалов к расчету режимов высших гармоник.

Литература

1. Л. А. Жуков, И.П. Стратан Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем. М.: Энергия, 1979
2. Н. А. Мельников Матричный метод анализа электрических цепей. М.: Энергия, 1972
3. П. И. Бартоломей. Об учете коэффициента трансформации при расчете режимов электрической сети методом узловых напряжений. – Электричество, 1971 №10, с.88-89
4. Х. В. Фазылов, Х.Т. Насыров, И.Л. Брискин. К расчету установившихся режимов энергосистем с учетом комплексных коэффициентов трансформации трансформаторов.- Электричество, 1972 №12, с.7-9.

Дерендяева Людмила Витальевна, к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВПО «ВятГУ», e-mail dlv.kirov@mail.ru, тел.: 8(8335) 53-02-74

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ХАРАКТЕРНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Бакшаева Н.С., Винокуров А.Н.
Россия, г. Киров, ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Данная статья посвящена исследованию влияния резкопеременной нагрузки лесопильных цехов на параметры качества электроэнергии в точке общего присоединения.

Given article is devoted to the influence of the variable load lumber shops on the parameters of power quality at the point of common connection.

Необходимость разработки данной темы обусловлена отсутствием четких рекомендаций, инструкций о возможности совместного питания коммунально-бытовых потребителей с резкопеременными нагрузками характерных производств на основе анализа схем питания потребителей, мощностей источников колебаний и режимов их работы.

Актуальность работ продиктована необходимостью выполнения требований национального стандарта ГОСТ 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в

системах электроснабжения общего назначения» в распределительных электрических сетях. Кроме того, колебания напряжения наносят определенный ущерб, поэтому разработка рекомендации по снижению величины колебаний напряжения, возникающих при работе резкопеременной нагрузки характерных производств, является весьма актуальной.

Была поставлена цель изучить влияние резкопеременной нагрузки характерных производств и отдельных электроприемников на параметры качества электроэнергии в различных точках электрической сети.

Практика работы отдельных предприятий обнаруживает во многих случаях недопустимый уровень колебаний напряжений у электроприемников, наносящий существенный ущерб производственному процессу. При этом снижается надежность электроснабжения и производительность электрифицированных механизмов, растут потери электрической энергии в сетях и асинхронных двигателях, составляющих большинство электроприемников производства.

Исследование режимов электропотребления производилось с использованием переносного анализатора электропотребления AR.5 фирмы Circutor, а также прибором РЕСУРС UF2M. Измерения проводились на шинах напряжением 0,4 кВ трансформаторной подстанции и на отходящем фидере, от которого питается лесопильное оборудование. Помимо лесопильного оборудования от данной подстанции питаются и другие потребители - жилые дома, хозяйственные постройки.

Был произведен анализ режимов электропотребления на трансформаторной подстанции и отходящих фидерах, расчет колебаний напряжения, возникающих при работе лесопильных производств. Сделан вывод о соответствии колебаний напряжения требованиям ГОСТ.

В качестве примера ниже представлены результаты исследований, проводимых при работе лесопильного оборудования и пилорамы Beaver 523В. Измерения проводились в течение суток. На рисунке 1 приводится график изменения напряжения на шинах 0,4 кВ ТП, во время работы пилорамы Beaver 523В. На рисунке 2 – график изменения активной мощности в каждой фазе. Результаты измерений приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Результаты измерений активной мощности

Место измерения	Значение активной мощности, кВт								
	максимальное			минимальное			среднее		
	Р _а	Р _б	Р _с	Р _а	Р _б	Р _с	Р _а	Р _б	Р _с
Ввод ТП	43,23	47,44	48,39	2,98	2,98	2,98	26,4	25,7	33,4
Фидер № 7	4,96	3,92	4,10	0,90	0,94	1,09	3,02	2,97	3,33

Таблица 2. Результаты измерений напряжений по фазам

Точка измерений	Фаза	Значение напряжения, В		
		максимальное	минимальное	среднее
ТП, ввод	а	238,02	223,60	230,73
	в	235,47	218,99	226,53
	с	238,26	220,62	226,48
ТП, фидер №7	а	237,990	223,59	230,71
	в	235,12	218,74	226,31
	с	238,25	220,64	226,32

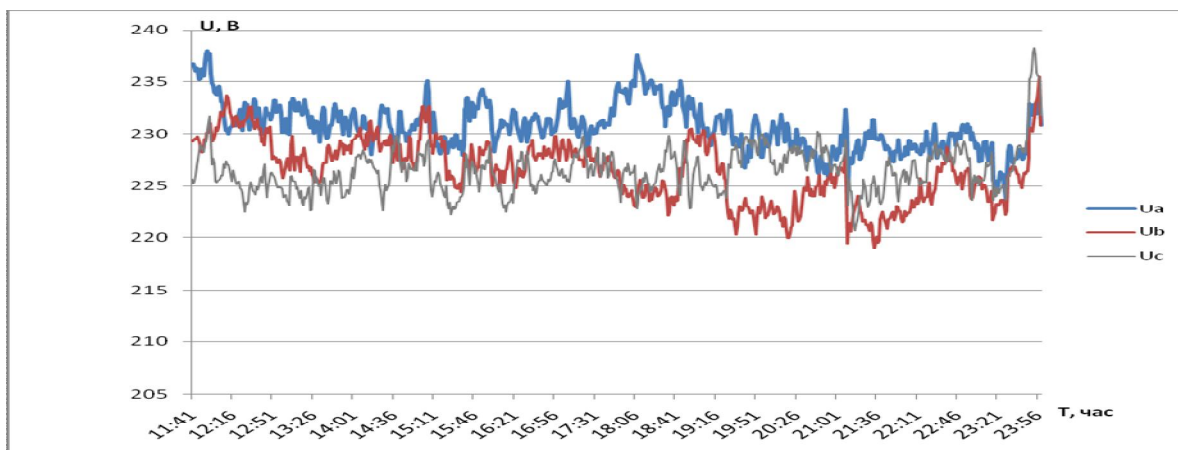


Рис. 1. График изменения напряжения на вводе ТП

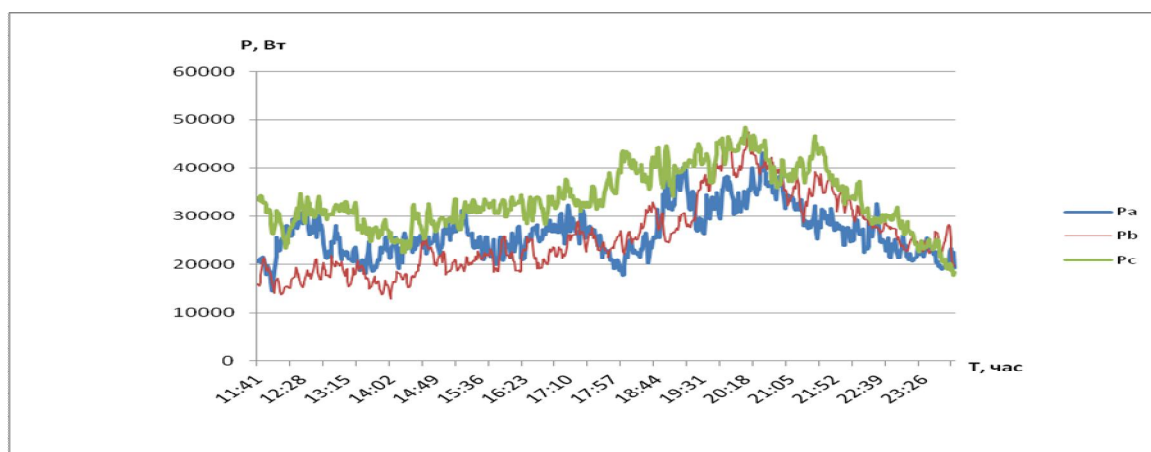


Рис. 2. График изменения активной мощности на вводе ТП

Был произведен расчет колебаний напряжений, возникающих при работе лесопильного оборудования и пилорамы Beaver 523В. Колебания напряжения характеризуется размахом амплитуды и частотой возникновения колебания. Результаты вычислений колебаний напряжения приводятся в таблице 3. На рисунке 3 приводится гистограмма размахов изменения напряжения.

Таблица 3. Результаты исследований размахов напряжения, возникающих при работе пилорамы Beaver 523В

Интервал, δU , В	$\delta U_{\min}/\delta U_{\max}$, %		Количество попаданий, n_i	n_i/N	Интервал времени между колебаниями Δt , мин	Допустимые значения $\delta U_{\text{доп}}$, %
0	0	0,7	461	0,620		-
0,7-1,7	0,7	1,7	240	0,323	1,612	0,9
1,7-2,7	1,7	2,7	31	0,042	3,096	1,2
2,7-3,7	2,7	3,7	7	0,009	23,968	2,1
3,7-4,7	3,7	4,7	1	0,001	106,143	2,9
4,7-5,7	4,7	5,7	2	0,003	743,000	7
		> 5,7	0	0,000	371,500	4,9

При проведении измерений нормы ГОСТ 13.109-97 по размаху изменения напряжения в ряде случаев не выполняются.

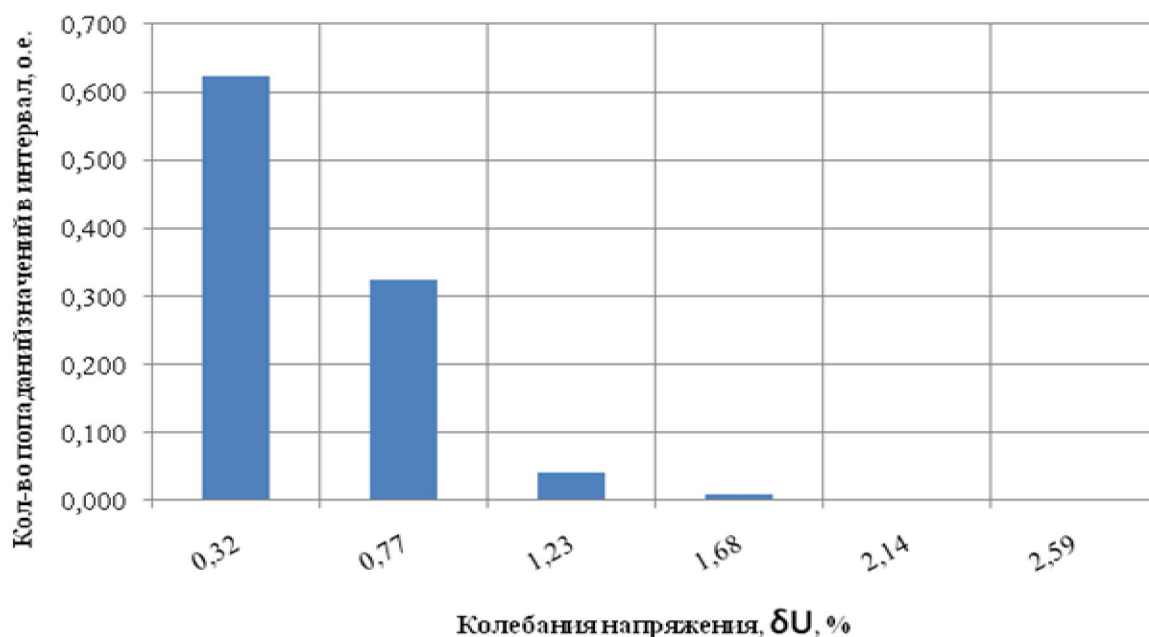


Рис. 3 . Гистограмма размахов изменения напряжения

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

Проведен анализ графиков электрических нагрузок характерных производств лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий. Установлено, что в системах электроснабжения леспромхозов работают потребители, как со спокойной нагрузкой, так и с резкопеременной нагрузкой.

Сделан вывод, что совместное питание исследуемых электроприемников с резкопеременной нагрузкой (лесопильное оборудование и пилорама Beaver 523В) с коммунально-бытовыми потребителями (жилые дома, хозяйственные постройки) невозможно.

Аналогичным образом можно сделать вывод о допустимости совместного питания других резкопеременных нагрузок с коммунально-бытовыми потребителями.

Бакшаева Наталья Сергеевна – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВПО «ВятГУ», доцент кафедры «Электроснабжения». Адрес: 610033, г. Киров, ул. Лепсе, д.62, кв.28, e-mail: bakshaeva@vyatsu.ru.

Винокуров Андрей Николаевич – студент ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

УДК 621.31

К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Панасюк В.Н., Парахин Ю. Н., Сухарь Г.А.

Россия, Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский филиал военной академии тыла и транспорта

Статья посвящена вопросу, связанному с уточнением нормированных значений экономической плотности тока в связи с изменениями ценовых показателей современной экономики России.

The article is devoted to the problem connected with the more precise clarification of the rated values of the economic current density owing to the price indices changes in modern Russian economics.

Известно, что выбор сечения проводов проектируемой сети производится с

учётom технико-экономических показателей, ограничений по нагреву проводов, пропускной способности линий в после аварийных режимах, механической прочности проводов воздушных линий, условий образования короны.

Сечения проводов электрической сети должны быть выбраны таким образом, чтобы они соответствовали оптимальному соотношению между капитальными затратами на сооружение линий сети, которые увеличиваются с увеличением сечения проводов и эксплуатационными расходами, включающими в себя стоимость потерь энергии, уменьшающимися при увеличении сечения.

Определение оптимального сечения представляет собой сложную задачу, которая сводится к нахождению решения, соответствующего наименьшим приведенным затратам, то есть в конечном итоге, привести к оптимальным размерам единовременных (капитальных) и текущих (эксплуатационных) расходов.

В настоящее время используют упрощённые методы определения сечения проводов: по экономической плотности тока и по экономическим интервалам мощностей.

По экономической плотности тока сечение выбирают по формуле:

$$F = \frac{I}{J_{\text{эк}}}, \quad (1)$$

где: I – расчётный ток в режиме наибольших нагрузок, проходящий по линии;

$J_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока для заданных условий работы линии.

Выбор сечений проводов по экономической плотности тока означает выбор сечения по условию минимума приведённых затрат в линию электропередачи:

$$Z = (E_n + P_{\text{ам}} + P_{\text{об}})(a + bF)l + \frac{P_H^2}{U_H^2 \cdot \cos^2 \varphi} \rho \frac{l}{F} \tau \cdot Z_3, \quad (2)$$

где: Z – приведённые затраты на линию электропередачи; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; $P_{\text{ам}}$ и $P_{\text{об}}$ – доля ежегодных отчислений для данного типа ЛЭП, (руб/год)/руб; a – часть капитальных вложений, не зависящая от сечения проводника, руб/км; b – стоимость материала проводов, руб/м; F – сечение проводника, мм²; l – длина ЛЭП, км; P_H – передаваемая линией номинальная мощность, кВт; U_H – напряжение линии, кВ; ρ – удельное сопротивление материала фазы ЛЭП, (Ом·мм²)/м; τ – время максимальных потерь, ч/год; Z_3 – стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии в линии (руб/кВт)/год.

Если взять производную от (2) по F , приравнять её нулю и решить полученное уравнение относительно F , то получим:

$$F_{\text{opt}} = \frac{S}{U_n} \sqrt{\frac{\rho \cdot \tau \cdot Z_3}{(E_n + P_{\text{ам}} + P_{\text{об}})b}} = \sqrt{3} I \sqrt{\frac{\rho \cdot \tau \cdot Z_3}{(E_n + P_{\text{ам}} + P_{\text{об}})b}} \quad (3)$$

Разделив ток на F_{opt} получим экономическую плотность тока:

$$J_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{(E_n + P_{\text{ам}} + P_{\text{об}})b}{3\rho \cdot \tau \cdot Z_3}} \quad (4)$$

Наиболее существенными факторами, влияющими на экономическую плотность тока при этом, являются стоимость материала проводов (b), стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии в линии (Z_3), время максимальных потерь (τ) и удельное сопротивление (ρ).

Рассмотрим влияние на экономические плотности тока таких двух важнейших факторов как стоимость цветного металла и стоимость 1 кВт·ч энергии. Указанные значения нормированных экономических плотностей тока были установлены при прежних ценах. Новые цены существенно отличаются, причём стоимости цветного металла и 1 кВт·ч электроэнергии возросли в десятки раз.

На основании выполненных расчётов в таблице 1 приведены возможные диапазоны изменения экономической плотности тока в алюминиевых проводах ВЛЭП. Для сопоставления здесь же указаны нормированные значения экономической плотности тока.

Таблица 1. Экономическая плотность тока для неизолированных проводов из алюминия

Продолжительность использования наибольшей нагрузки, ч	1000...3000	3001...5000	5001...8760
Экономическая плотность тока, А/мм ²			
- максимальная	2,2	1,86	1,23
- минимальная	0,82	0,74	0,53
- средняя	1,51	1,3	0,88
- нормированная ПУЭ	1,3	1,1	1,0

Из этого следует, что в условиях конкретного проектирования величина экономической плотности тока для неизолированных проводов из алюминия может быть не только меньше, как это отмечается различными специалистами, но и больше нормированной величины.

Литература

1. ПУЭ. Седьмое издание с изменениями и дополнениями. М. КНОРУС, 2009.
2. В.Д. Маньков. Основы проектирования. СПб, 2010.

Панасюк Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, заведующий кафедрой. 193123, Санкт-Петербург, улица Захарьевская, дом. 22, тел.: 8-921-587-10-56, E-mail: efominich@mail.ru

Парахин Юрий Николаевич, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, научный сотрудник. 193123, Санкт-Петербург, улица Захарьевская, дом. 22, тел.: 8-921-906-38-33. e-mail: efominich@mail.ru

Сухарь Геннадий Анатольевич, кандидат технических наук, Санкт-Петербургский филиал Военной академии тыла и транспорта, кафедра электроснабжения, электрооборудования и автоматики, доцент кафедры. 193123, Санкт-Петербург, улица Захарьевская, дом. 22, 8-911-215-79-82, e-mail: efominich@mail.ru

УДК 621.316.727

О ПРИЧИНАХ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Басманов В.Г., Порошин Д.А.

Россия, г. Киров, ФГБОУ ВПО «ВятскийГУ»

Изложены некоторые причины создания системы автоматической разработки энергосберегающих мероприятий.

Some reasons for the development of a system of automatic energy-saving measures laid out.

Разработка мероприятий по энергосбережению связана с развитием энергоэффективности как одним из пяти приоритетов развития государства. Разработка и принятие Федерального закона №261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" способствовала развитию такого направления как энергетические обследования (энергоаудита).

Выполнением энергоаудита занимаются различные частные и государственные структуры, при этом полноценное обследование нередко сводится к формальному составлению энергетического паспорта либо выполнению по возможности краткого отчёта. Причиной тому являются краткие сроки проведения. Также энергетическое обследование может осложняться погодными факторами. Помимо того, что само энергетическое обследование проводится исключительно в период отопительного сезона, на инструментальное обследование может повлиять и ряд других факторов. Примером может служить следующее: для полноценного качественного термографического обследования наружных ограждающих конструкций необходимо наличие пасмурной погоды; при этом желательно отсутствие дождя, снега и сильного ветра. Ярко светящее солнце скажется на качестве термографических снимков ввиду нагрева ограждающих конструкций и проявления на снимках следов солнечной радиации. Дождь или сильный снег снизят качество термографических снимков ввиду наличия своеобразного барьера из осадков, имеющих свою температуру. Наличие ветра может принести к проявлению так называемого «шума» на термографических снимках, что также снизит их качество.

В итоге, выждав наиболее оптимальную погоду, сделав необходимые инструментальные замеры и собрав информацию, энергоаудиторы приступают к оформлению отчёта по энергетическому обследованию. Оформление полноценного отчёта с обработкой информации и разработке на её основе энергосберегающих мероприятий может также занимать достаточно много времени, в данном случае имеются интервалы времени от нескольких недель до нескольких месяцев. Причиной является поиск необходимой справочной информации индивидуально для каждого учреждения. Например, для расчёта класса энергетической эффективности одного здания необходимо рассчитать его удельную отопительную характеристику. Для расчёта данной характеристики необходимо выполнить полный пересчёт характеристик строения по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Поиск и сбор информации по нормативным величинам осложняется рассредоточением этой и смежной с ней информацией по нескольким десяткам нормативных документов; иногда, чтобы найти ряд нормативных значений, от которых зависит весь остальной расчёт нужно несколько часов, а иногда весь день. Поэтому, зачастую комплекс работ по энергосбережению заканчивается лишь разработкой наиболее стандартных мероприятий по энергосбережению.

Проблема заключается не только в возможной безответственности и стандартности мероприятий, но и в том, что не всегда есть возможность проконтролировать правильность выполнения обследования и реальность расчётов сроков окупаемости. Также отсутствуют средства для ведения отчётности по реализации мероприятий, выбора из них наиболее подходящих под соотношение «Эффективность-качество-стоимость». Развитие и реконструкция учреждений также требует постоянного отслеживания эффективности тех или иных мероприятий, поскольку разработанные в один временной период мероприятия по экономии энергоресурсов, могут полностью оказаться неактуальными в другой.

Для решения подобных проблем необходимо наличие средств контроля и ведения отчётности по работам, связанных с энергосбережением. Выраженные в виде комплекса программ в виде единой Системы, они позволят получить универсальный инструмент, позволяющий выбирать энергосберегающие мероприятия и вести

отчётность по реализации плана энергосбережения; обосновывать мероприятия по снижению потребления энергоресурсов; упростить планирование мероприятий по энергосбережению; упростить анализ эффективности используемых мероприятий и сравнения с аналогичными мероприятиями в других учреждениях; ускорить и упростить анализ поставщиков мероприятий и сравнение цен на поставку мероприятий с целью выбора наиболее эффективных поставщиков; вести мониторинг объемов потребления энергоресурсов и воды; вести мониторинг и управление практической реализацией мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности; производить планирование финансирования и привлечения средств при реализации мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности.

Басманов Владислав Геннадьевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой электроснабжения ВятГУ, адрес: 610033, г. Киров, Студенческий проезд, 11, каб. 108, e-mail: vlad.basm@hotmail.ru, тел. 8-(8332)-53-02-74.

Порошин Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры электроснабжения ВятГУ, адрес: 610033, г. Киров, Студенческий проезд, 11, кааб. 204, e-mail: poroshind@yandex.ru, тел.: 8-(8332)-53-02-74

УДК 620.9:632.15

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КАБЕЛЕЙ И ЭНЕРГОМАГИСТРАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Лепешкин А.Р.

Россия, г. Москва, Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова

Качанов А.Н.

Россия, г. Орел, ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Рассмотрены проблемы совершенствования и применения сверхпроводящих кабелей и энергомагистралей для повышения эффективности передачи электроэнергии и электроснабжения. Новые сверхпроводящие материалы и криогенные жидкости двойного применения расширяют возможности использования гибридных сверхпроводящих энергомагистралей в различных отраслях энергетики, промышленности и физики.

The problems of perfection and application of superconducting cables and power highways of electricity transmission and electrosupply are considered. The new superconducting materials and cryogenic liquids of double application expand opportunities of use of the hybrid superconducting power highways in various branches of power, the industry and physics.

В прошлом году совпали два славных юбилея: 100 лет сверхпроводимости и 25 лет высокотемпературной сверхпроводимости. Сверхпроводимость, открытая в 1911 году голландским физиком Хейке Камерлинг-Оннесом, по сей день остается одним из наиболее ярких и интригующих физических явлений. Этот эффект возникает, когда некоторые металлы, такие как олово или свинец, охлаждаются до температуры, всего на несколько градусов отличающейся от «абсолютного нуля», который составляет $-273,15^{\circ}\text{C}$. Силовые сверхпроводящие кабели разрабатывались еще в 70-е и 80-е гг. прошлого века на основе низкотемпературных сверхпроводниковых технологий (НТСП технологии) с использованием в качестве хладагента жидкого гелия (температура кипения жидкого гелия - $4,2\text{ K}$ при нормальном давлении). Несмотря на достигнутые

успехи, применение НТСП-кабелей сдерживалось необходимостью использования для охлаждения невозобновляемого и дорогостоящего жидкого гелия (5–10 долларов за 1 литр) [1].

В 1986 году ученые из корпорации IBM (NYSE: IBM) Йоханнес Георг Беднорц и Карл Александр Мюллер положили начало новому захватывающему этапу в развитии сверхпроводимости, синтезировав металлооксидное соединение, которое проявляло признаки сверхпроводимости при температуре 35 К (-238 °С). Таким образом, были получены первые высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП-2), которые в настоящее время достигли критической температуры до -135 К. Применение ВТСП-оборудования и технологий в электроэнергетике [2-3] обеспечивает многие преимущества:

- сокращение потерь электроэнергии;
- снижение массогабаритных показателей оборудования в два-четыре раза;
- повышение надежности и продление срока эксплуатации электрооборудования за счет снижения старения изоляции;
- повышение надежности и устойчивости работы энергосистем;
- повышение качества электроэнергии, поставляемой потребителям;
- повышение уровня пожарной и экологической безопасности электроэнергетики;

- создание принципиально новых систем энергетики.

Особый эффект в электроэнергетике ВТСП-технологии могут дать при их применении в системах электроснабжения мегаполисов и крупных городов.

Основой этих направлений является способность сверхпроводников нести без потерь высокие плотности (10^9 - 10^{10} А/м²) транспортного тока в сильных магнитных полях при температурах ниже критической. Таким образом, при передаче по кабельным линиям электропередач мощностей свыше 20 млн. кВт на расстояние свыше 2000 км ожидается снижение электрических потерь на 10%, что соответствует сбережению от 7 до 10 млн. т.у.т. в год. При этом приведенные затраты на сверхпроводящую кабельную ЛЭП могут быть не больше, чем на высоковольтную ЛЭП традиционного исполнения.

В России успешно завершены проекты и проводятся испытания 3-х фазного кабеля на основе ВТСП длиной 30 и 200 м с током до 2 кА. Кабель продемонстрировал полное сохранение сверхпроводящих свойств после прохождения всего технологического маршрута, критические токи всех трех фаз равны сумме токов исходных ВТСП лент. Номинальный ток кабеля 1500 А, напряжение 20 кВ. Кабель способен работать при перегрузке в 30% от номинального тока и выше, и передавать мощность в 50 МВА (или в 70 МВА при 30% перегрузке). Кабель выдержал без повреждений более чем 13-ти кратную перегрузку током и 70 кВ постоянного и 50 кВ – переменного напряжения при высоковольтных испытаниях.

В настоящее время также ведутся интенсивные работы по созданию сверхпроводящих энергомагистралей (кабелей) с использованием новейших технологий и новых материалов для применения в энергетике, промышленности и физике. Создана первая гибридная энергетическая магистраль. ИНМЭ РАН, ВНИИКП и МАИ совместно участвовали в рамках реализации программ по развитию энергетических систем и технологий, включая ВТСП. Создали и успешно испытали первую в мире гибридную энергетическую магистраль. Энергия в ней передается сразу в двух видах - в виде потока жидкого водорода и в виде электричества по сверхпроводящему силовому кабелю.

Создание новых типов линий электропередач - дело весьма актуальное, но не простое. Представленный выше научный коллектив предложил совершенно новую идею: кабельная линия энергопередачи, сочетающая сверхпроводник и хладагент, который не только поддерживает сверхпроводящее состояние кабеля, но и является

энергоносителем. Эта идея доведена до опытного образца, в качестве хладоагента использован жидкий водород. Потери на поддержание низкой температуры в водородных магистралях для передачи электроэнергии составляют десятые доли процента, а экологичность водородных технологий и подобранный с учетом низкой стоимости сверхпроводящий материал - дополнительные, но также весомые, аргументы. Водород - один из наиболее эффективных энергоносителей, он имеет самую высокую плотность энергии среди других видов топлива. Но кроме этого водород обладает хорошими охлаждающими свойствами в жидком состоянии, и этот "бесплатный" холод в потоке водорода позволяет использовать сверхпроводящие кабели в криогенных магистралях для дополнительной передачи электричества, что значительно увеличивает плотность потока энергии. В качестве сверхпроводящего материала в проделанной работе использовались ленты дигборида магния MgB₂ (производства фирмы Columbus Superconductor, Италия). Для использования в водородной магистрали он хорошо подходит, в первую очередь потому, что может работать при температуре жидкого водорода, демонстрируя высокие сверхпроводящие свойства. По сравнению с известными высокотемпературными сверхпроводниками его цена в двадцать раз меньше. С учетом двух последних особенностей использование дигборида магния весьма интересно для водородных энергетических магистралей. Проверка этой идеи являлась целью первого практического эксперимента. Важно заметить, что созданный во ВНИИКП сверхпроводящий кабель явился вторым случаем использования дигборида магния на практике.

Что касается устройства сверхпроводящего кабеля, то его основной токонесущий слой состоит из пяти лент дигборида магния спирально уложенных на сердечник их пучком медных проволок. Диаметр кабеля составляет 26 мм, а длина - около 10 метров. При этом внутри остаётся изолированный канал диаметром около 12 мм для течения охлаждающего жидкого параводорода. Также параводород циркулирует и в полости между внешней оболочкой кабеля диаметром 28 мм и внутренней стенкой криостата диаметром 40 мм.

В процессе работы были созданы макет гибридной энергетической магистрали (с рабочим давлением до 10 бар) для размещения сверхпроводящего кабеля, собственно сам сверхпроводящий кабель и токовые вводы. Испытания экспериментальной энергетической магистрали проводились на специализированном стенде в России. В настоящее время необходимые величины расстояний передачи электроэнергии составляет 3000-5000 км, а требуемая мощность - порядка 10 ГВт. В модельной испытанной магистрали поток жидкого водорода в 200-220 г/с несет около 25 МВт мощности, плюс по сверхпроводящему кабелю идет электрическая мощность, в нашем случае это 50 МВт. В промышленной же магистрали, за счет увеличения тока, напряжения и объема потока водорода (увеличив диаметр трубы), можно пропускать гораздо более мощные потоки энергии. Работа имеет целый ряд положительных факторов. Создание гибридной магистрали является, по сути, новым видом практического применения сверхпроводников. Использование токонесущего элемента на основе дигборида магния, с момента открытия сверхпроводимости в котором прошло всего 10 лет, показывает, что этот материал является весьма перспективным и для других возможных применений в технике.

Обсуждение возможности создания гибридных транспортных энергетических магистралей ведется давно во всем мире. В мае 2011 года в Потсдаме в Institute of advanced sustainability studies под руководством нобелевского лауреата Карло Рубиа состоялся симпозиум, на котором рассматривались возможности передачи потоков энергии порядка 10 ГВт на расстояния в тысячи километров. Был сделан теоретический расчет, показавший, что оптимальным решением является именно гибридная магистраль с жидким водородом и сверхпроводящим кабелем на основе MgB₂. Однако такая первая экспериментальная работа была сделана в России.

Развивается прогресс в разработке ВТСП кабелей и энергомагистралей. Сегодняшний уровень разработок в этой области уже продемонстрировал их существенные преимущества, позволяет реально оценить их характеристики и приступить к разработке и реализации экономически выгодных проектов в энергетике.

Литература

1. Черноплеков Н.А. Сверхпроводниковые технологии: современное состояние и перспективы практического применения // Вестник РАН, № 4, 2001 г.
2. Елагин П. Сверхпроводниковые кабели — реальные очертания будущей энергетики // Новости электротехники, № 4 (34), 2005 г.
3. Высоцкий В. С., Сытников В. Е., Илюшин К. В. и др. Сверхпроводимость в электромеханике и электроэнергетике // Электричество, № 7, 2005 г.

Лепешкин Александр Роальдович, член-корреспондент АЭН РФ, д.т.н., начальник сектора, ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д.2.

E-mail: lepeshkin.ar@gmail.com.

Качанов Александр Николаевич, академик АЭН РФ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение», ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», тел. 41-98-53, e-mail: kan@ostu.ru

УДК 621.3.051

ПОВЫШЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РАЙОННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ – КАК СПОСОБ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Суворова И.А.

Россия, г. Киров, ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Произведена оценка целесообразности использования напряжения 20 кВ на примере фрагмента сельских электрических сетей Кировской области. Создана типовая модель сельской электрической сети с учётом подстанции 110 кВ.

Evaluation of practicality of use of 20 kV voltage by the example of the rural subnetworks of Kirov region is carried out. A standard model of a rural power network with consideration of 110 kV substation is created.

Основной особенностью сельских электрических сетей РФ является большая протяженность при сравнительно малой передаваемой мощности. Питание потребителей осуществляется на напряжении 10 – 35 кВ. При использовании напряжения 10 кВ возникают большие потери мощности и напряжения. Недостатком использования 35 кВ являются большие затраты на оборудование.

Оценка целесообразности использования напряжения 20 кВ производилась на примере фрагмента сельских электрических сетей Кировской области. Переход на напряжение 20 кВ позволит уменьшить объём использования цветного металла, уменьшить потери электроэнергии, увеличить дальность передачи электроэнергии по воздушным линиям по сравнению с сетями 10 кВ.

Фрагмент сельской сети (рис. 1) включает в себя 30 участков, в узлах подключены трансформаторы мощностью от 40 до 250 кВА, длина участка линий от 0,05 до 4,4 км, количество опор на участках от 1 до 78 шт.

Для воздушных линий принимается реальное количество опор (для упрощения они все принимаются одинаковыми) и выбираются промежуточные железобетонные опоры по [1,2], подвесные полимерные изоляторы [1], неизолированные

сталеалюминиевые провода [3]. Выбор сечения провода производится по экономической плотности тока, при этом учитывается ограничение по механической прочности согласно [2]. Для подстанции учитывается трансформатор и подстанция мачтового типа [1,2].

Выбор экономически целесообразного напряжения для фрагмента сельской сети производится путём сравнения дисконтированных издержек.

Критерием экономичности является минимум дисконтированных издержек, с помощью которого определяется наиболее эффективное капиталовложение для создания сети. Стоимость электроэнергии была взята для ОАО «Кировэнерго» за 2012 год.

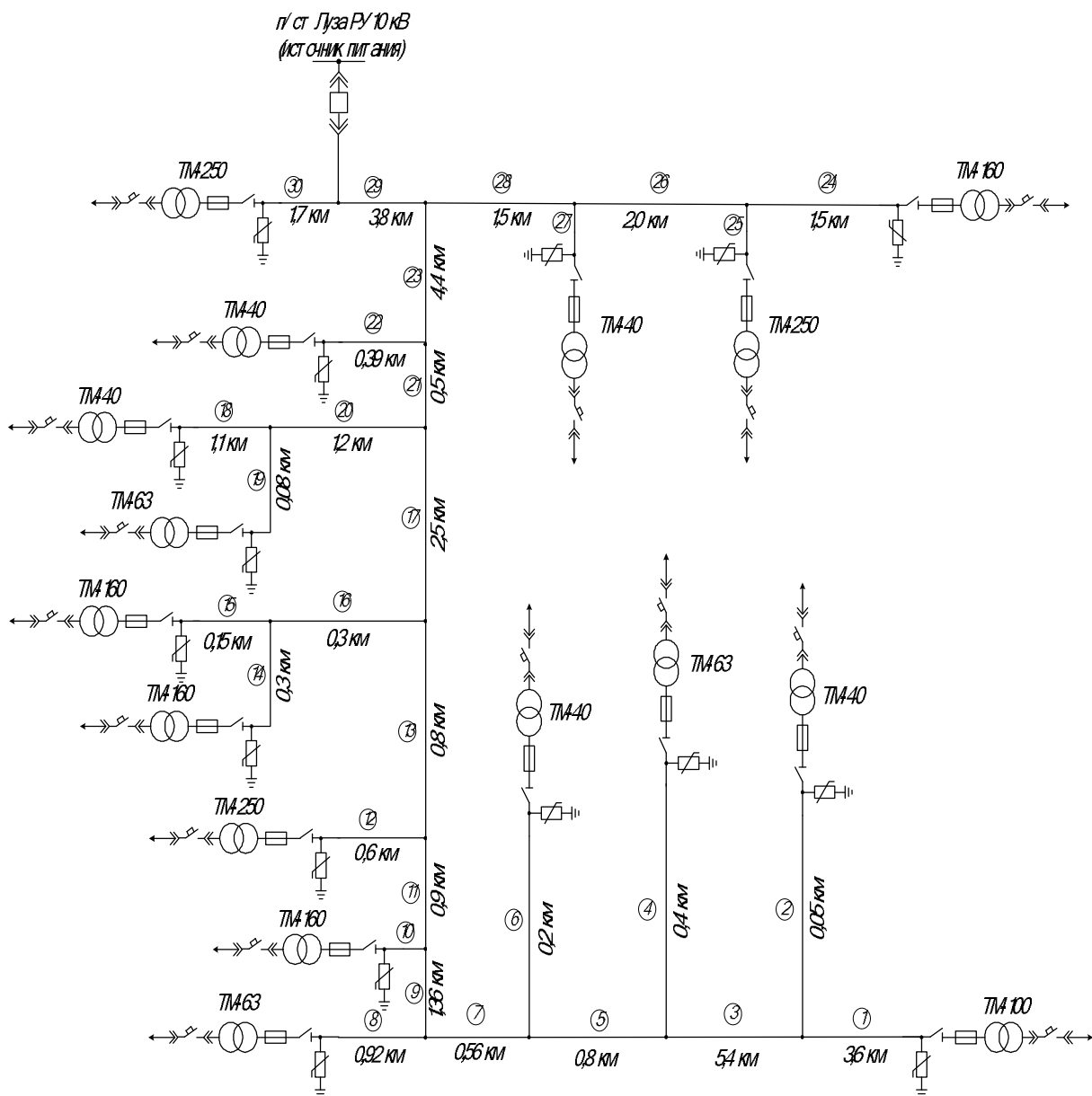


Рисунок 1 – Фрагмент сельской электрической сети

В ходе расчётов была определена потеря напряжения до самой удалённой точки для напряжения 10 и 20 кВ. Потеря напряжения ΔU для 10 кВ составила 11,284%.

Это не позволяет отрегулировать напряжение на шинах 0,4 кВ всех подстанций в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97. Для уменьшения потерь напряжения было принято решение увеличить сечения проводов на магистральных участках

сельской сети. В результате потеря напряжения до самой удаленной точки на напряжении 10 кВ составила 9,653%. При напряжении 20 кВ $\Delta U=3,751\%$.

Расчёты фрагмента сельской сети показали, что дисконтированные издержки варианта на напряжении 20 кВ выше, чем дисконтированные издержки варианта на напряжении 10 кВ на 8,36%. Разница дисконтированных издержек невелика и варианты можно считать равнозатратными.

Капитальные затраты на линии 20 кВ меньше, чем затраты на 10 кВ на 5,09%. Это обусловлено меньшим сечением провода на магистральных участках.

Капитальные затраты на подстанции 20/0,4 больше, чем затраты на подстанции 10/0,4 на 57,9%. Это связано с большой стоимостью трансформаторов 20 кВ. При увеличении количества предложений на рынке оборудования данного класса напряжения и его серийном производстве эта составляющая должна снизиться.

Для варианта на напряжении 20 кВ на 30,08% меньше расхода цветного металла.

Таким образом, общие капитальные затраты для напряжения 20 кВ выше, чем для 10 кВ на 9,42%. Однако для варианта 20 кВ, будут меньше потери электроэнергии в воздушных линиях на 48,05%. Также возможно увеличение зоны обслуживания потребителей за счёт большей допустимой длины линии 20 кВ.

Литература

1. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4 – 35 кВ. Том I - IV. М.: АО ПАПИРУС ПРО, 2005.

2. Гордон С.В. Справочник по строительству электросетей 0,38 – 35 кВ/ С.В.Гордон, П.И. Ерохин, Е.С.Кирков и др.; Под ред. Д.Т.Комарова. М.: Энергоатомиздат, 1982.

3. ГОСТ 839-80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи.

4. Черепанов В.В., Суворова И.А «Исследование технико-экономической целесообразности применения напряжения 20 кВ в сельских электрических сетях» Журнал «Электрика» № 11, 2011. 17 – 22 с.

Суворова Ирина Александровна, ВятГУ, старший преподаватель кафедры Электроснабжения, 610033, г. Киров, ул. Ломоносова, 16, а/я 1077, iasuvorova@list.ru, т: (8332) 53-02-74, 89127034646

СЕКЦИЯ №3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И УСТАНОВКИ

Руководители:

Кувалдин Александр Борисович, академик АЭН РФ, д.т.н., проф. каф. ФАМЭК, МЭИ

Королева Татьяна Геннадьевна, доктор электротехники, доцент каф. ЭиЭ, ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». г. Орел

УДК 621.3

К ВОПРОСУ О ПОКАЗАТЕЛЯХ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПИТАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТОКОМ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Птицына Е.В., Птицын Д.В.

Россия, г. Омск, ОГТУ

Кувалдин А.Б.

Россия, г. Москва, МЭИ (НИУ)

Приводятся результаты экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии в сети, питающей электролизные установки, и на шинах источников питания (электроэнергетических систем).

Experimental results of indicators of the quality of electric of the energy in the network, the supply electrolysis installation and on tires of a power supply (electropower systems).

В настоящее время силовая полупроводниковая техника широко применяется в источниках питания электротехнологических установок и системах возбуждения генераторов электростанций. Это обуславливает повышенный интерес к вопросам качества электроэнергии и электромагнитной совместимости электроприемников. Моральный и физический износ электрооборудования промышленных предприятий и станций (силовых трансформаторов и т.д.) является причиной дополнительных потерь холостого хода и ошибок в расчетах отпуска электроэнергии. Однако при решении вопросов о замене устаревшего оборудования (например, установки силовых трансформаторов с устройствами РПН, ПБВ или без них) следует принимать во внимание и аспекты качества отпущенной потребителям электроэнергии.

Исследования качества электрической энергии проведены на электростанциях, электролизных и металлургических предприятиях России и Казахстана. Основная цель исследований – испытания на соответствие требованиям ГОСТ 13109-97. В качестве объектов исследования были выбраны шины высокого напряжения подстанций, питающих электролизные установки с использованием тока сложной формы (ЭТУ ТСФ). При рассмотрении вопроса о качестве электроэнергии, необходимо оценивать влияние на показатели качества не только потребителей, но и источников питания (ИП). В работе представлены результаты исследований показателей качества электроэнергии (ПКЭ), выполненных на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-3 (г. Павлодар), работающей на твердом топливе, а также на шинах 110 кВ ГРЭС-2 (г. Томск), работающей на твердом топливе и газе. Исследованы основные показатели

качества электроэнергии в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97. В экспериментах использовались следующие контрольно-измерительные приборы: анализаторы несинусоидальности типа АН-1, анализатор спектра С4-53, анализатор гармоник 43250, анализаторы качества ППКЭ-1-50, «ANALYST- 2060», измеритель показателей качества электрической энергии «Ресурс-UF2» № 2323 [1-3].

Исследования ПКЭ на шинах закрытого распределительного устройства (ЗРУ-35 кВ), питающих цех электролиза Павлодарского химического завода от ТЭЦ-3 (Казахстан) выполнены:

- в функции ступени РПН трансформатора при нагрузке ванн 21 кА и количестве ванн 35 штук для обычного режима работы преобразовательного агрегата (табл. 1);

- в функции ступени РПН трансформатора преобразовательного агрегата ВАКВ2 в обычном и новом режимах при питании электролизных установок током сложной формы при нагрузке 50-60 кА;

- при изменении нагрузки цеха (50, 60, 150 кА) в новом режиме с питанием электролизеров ТСФ.

Экспериментально установлено, при одинаковой нагрузке и количестве ванн с повышением номера ступени РПН значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_{исч}$ как на низкой, так и на высокой стороне увеличиваются. Особенно это изменение значительно в цепи низкого напряжения – более 15 % (табл. 1) .

Таблица 1. Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения $K_{исч}$ на стороне высокого и низкого напряжения трансформатора в зависимости от ступени РПН

Ступень РПН	Нагрузка, кА	Количество ванн	$K_{исч}$, %	
			ВН	НН
4	21	35	1,1	13,5
5			1,3	15,0
6			1,4	16,5
7			1,5	17,5
8			1,6	18,5

Исследованиями подтверждено, что для обычного и нового режимов работы ЭТУ с увеличением ступени РПН трансформатора значения $K_{исч}$ и амплитуд гармоник кривой напряжения возрастают. При одном и том же $K_{исч}$ уровень той или иной гармоники может быть различным. В предлагаемом режиме работы ЭТУ с питанием ТСФ значение $K_{исч}$ уменьшилось до 0,5 % (против 2,0% при существующем режиме), поскольку заданную нагрузку цеха (50-60 кА) поддерживали на две ступени РПН ниже [2, 3].

Экспериментально подтверждено, при увеличении нагрузки (50, 60 и 115 кА) в режиме с питанием ЭТУ ТСФ спектральный состав и амплитуды гармоник кривой напряжения в сети не превышали нормально и предельно допустимых значений. Перевод преобразовательного агрегата в новый режим работы позволяет снизить суммарную индуктивность трансформатора (работа на более низкой ступени РПН), что снижает содержание высших гармоник в кривой питающего напряжения.

Вторая серия опытов выполнена на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-3, где установлены турбогенераторы мощностью 50-60 МВт. Турбогенераторы ТГ-1, ТГ-2, ТГ-3 оснащены машинными возбудителями, а ТГ-4 и ТГ-5 полупроводниковыми (тип ВУГГ). На генераторах установлены турбины с противодавлением ПТ-60-130/13 и котлы типа БКЗ-420-140.

Исследования ПКЭ на шинах генераторного напряжения ТЭЦ-3 выполнены:

- для турбогенераторов ТГ-2, ТГ-4, ТГ-5, оснащенных машинными и полупроводниковыми возбудителями, работающих в режиме холостого хода;
- для турбогенератора ТГ-4 с полупроводниковым возбудителем в режиме холостого хода и при работе под нагрузкой.

Исследованиями установлено, что показатели качества электроэнергии зависят от типа возбудителей генераторов электростанции. При наличии полупроводниковых возбудителей значение $K_{исн}$ превышали предельно допустимые значения (ТГ-2 – 0,6 %, ТГ-4 – 3,1 %, ТГ-5 – 3,1%). В кривой напряжения значительно возрастают амплитуды третьей, пятой, одиннадцатой, тринадцатой гармоник. Исследованиями установлено, что турбогенераторы с полупроводниковыми возбудителями вносят искажения в кривую питающего напряжения даже при работе в режиме холостого хода.

В третьей серии экспериментов исследованы ПКЭ на секциях шин 110 кВ ГРЭС-2 (г. Томск). В состав электрической схемы входят пять турбоагрегатов различной мощности (30, 50, 60, 110 МВт), четыре блочных трансформатора, резервные трансформаторы, трансформаторы собственных нужд, открытые распределительные устройства, генераторное распределительное устройство, распределительные устройства собственных нужд. Главная электрическая схема ГРЭС-2 построена по блочному принципу. Параллельная работа блоков осуществляется на шины ОРУ-110 кВ. На генераторах установлены турбины типов Т-43(50)-90-2, Т-50-2, ПТ-25-90/10, ПТ-60-90/3, Т-110/125-130-8 и котлы типов БКЗ-220, ТП-230-2, БКЗ-210-140. Турбогенератор ТГ-08 имеет в качестве основной тиристорную систему возбуждения. Однако блочный трансформатор турбогенератора ТГ-08 не имеет устройства регулирования напряжения РПН (ПБВ). Поэтому исследования ПКЭ на секциях шин 110 кВ ГРЭС-2 (г. Томск) выполнены в функции нагрузки блоков турбогенератор-трансформатор: опыты проведены в «летний период», когда трансформаторы имеют нагрузку менее 10-40 %.

Исследованиями установлено, что для блоков турбогенератор-трансформатор коэффициент 5-й гармонической составляющей напряжения фазных и междуфазных напряжений превышал нормально допустимые значения на 10 – 15 %, то есть со стороны высокого напряжения блочных трансформаторов. Другие ПКЭ были в норме.

Таким образом, результаты, полученные по преобразовательным подстанциям для ЭТУ с питанием ТСФ по улучшению ПКЭ, разумно использовать на станциях с блочными трансформаторами. Как показано в проведенных исследованиях имеется, возможность правильным выбором ступени РПН трансформатора, в зависимости от величины нагрузки снижать уровень гармоник и улучшать условия работы оборудования и технико-экономические показатели производства.

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Показатели качества электроэнергии.
2. Птицына Е.В. Электролизные и газоразрядные электротехнологические установки с питанием током сложной формы / Под ред. А.Б. Кувалдина. – Павлодар: ТОО НПФ «ЭКО», 2007. - 419 с.
3. Птицына Е.В. Влияние на электрическую сеть электротехнологических установок с питанием током сложной формы. / Е.В. Птицына // Электротехника. – 2001. - № 8. – С. 11-16.

Птицына Елена Витальевна – д.т.н., профессор кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Омского Государственного технического университета. Адрес: Россия, 644050 г. Омск, пр. Мира 11, раб. тел. (3812) 65-36-35. e-mail: evptitsyna@yandex.ru

Кувалдин Александр Борисович – д.т.н., профессор кафедры ФЭМАЭЖ МЭИ, заслуженный деятель науки РФ. Адрес: Россия, 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., 14, раб. тел. (495) 362–70–75, e-mail: KuvaldinAB@mpei.ru

Птицын Дмитрий Вячеславович – магистрант Омского Государственного технического университета. Адрес: Россия, 644050 г. Омск, пр. Мира 11.

АНАЛИЗ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКОВ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ДУГОЙ

Елизаров В.А., Елизаров К.А.

Россия, г. Москва, Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Проводится анализ причин возникновения высших гармонических составляющих токов цепи с электрической дугой. Рассматривается влияние на величину высших гармонических составляющих токов спектральный состав параметров электрической цепи. Исследования основаны на разработанной модели трехфазной цепи с дугой.

In the paper is carried out the analysis of the reasons of emergence of the high harmonic components of current in three-phase circuit with electric arc. It is considered the influence of parameters of electric circuit on current harmonic components value and its spectral structure. The studies were based on developed model of three-phase circuit with the arc.

Электротехнологические установки с дугой получили широкое распространение в современной технике, поскольку они используются для целого спектра задач – от плавки черных и цветных металлов и сплавов на их основе, до восстановления руд и получения сложных ферросплавов, огнеупоров и прочих химических соединений. Основным источником нагрева в таких установках является электрическая дуга, которая характеризуется существенной нелинейностью, вызывающей протекание в питающей цепи несинусоидальных токов.

подавляющее большинство электротехнологических установок с дугой, в силу больших мощностей, питаются от трехфазных сетей переменного тока. При совместном горении трех дуг происходит сильное искажение токов, возникает широкий спектр гармонических составляющих, которые трансформируются в первичную обмотку питающего трансформатора и передаются в энергосистему. Высшие гармонические составляющие токов оказывают негативное влияние на силовое оборудование, системы релейной защиты, автоматики и телекоммуникации. Экономический ущерб, причиняемый воздействием высших гармоник, обусловлен ухудшением энергетических показателей и сокращением срока службы электрооборудования, общим снижением надежности электрических сетей. Для уменьшения влияния на питающую сеть на стороне высокого напряжения печного трансформатора устанавливаются специальные фильтро-компенсирующие устройства,

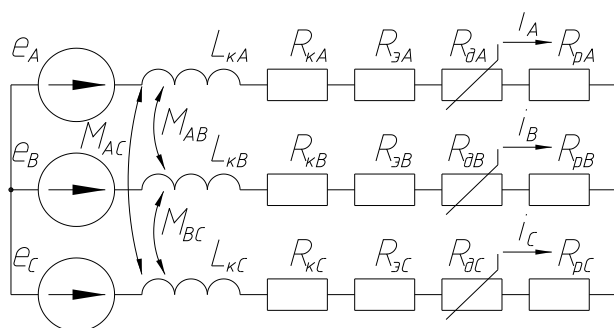


Рис. 1. Схема замещения трехфазной установки с дугой

которые предназначены для снижения искажений тока и напряжения до допустимых в энергосистемах пределов. Основным недостатком такого рода устройств являются значительная стоимость и большие габариты. Для успешной компенсации высших гармонических составляющих токов необходимо определить причины их появления и их спектральный состав.

Исследование гармонического состава на действующих установках, как правило, затруднено, поэтому такое исследование целесообразно провести на математической модели, позволяющей с достаточной точностью учесть все особенности работы установки.

В основу разработанной модели легла известная схема замещения силовой цепи трехфазной дуговой печи (рис. 1), учитывающая активные и реактивные сопротивления токоподводов и взаимные индуктивности фаз [1]. В исследуемой схеме первичная сторона печного трансформатора приводилась к вторичной. На рис. 1. обозначены: e_A, e_B, e_C – переменные ЭДС трансформатора для фаз А, В и С; $L_{кА}, L_{кВ}, L_{кС}$ – собственные индуктивности фаз (индуктивности короткой сети и печного трансформатора); $R_{кА}, R_{кВ}, R_{кС}$ – суммарные активные сопротивления токоподвода и трансформатора; $R_{эА}, R_{эВ}, R_{эС}$ – активные сопротивления электродов; $R_{дА}, R_{дВ}, R_{дС}$ – нелинейные сопротивления дуг, зависящие от тока и длины дуги; $R_{рА}, R_{рВ}, R_{рС}$ – активные сопротивления расплава; $M_{АВ}, M_{ВС}, M_{АС}$ – взаимные индуктивности фаз; I_A, I_B, I_C – токи фаз.

Для схемы рис. 1 по методу контурных токов записывалась система уравнений электрического равновесия для мгновенных значений во временной плоскости, которая при помощи преобразований Лапласа представлялась в операторной форме, где R_A, R_B, R_C – полные нелинейные активные сопротивления фаз:

$$\left. \begin{aligned} I_A(p) &= \frac{E_B(p) - E_A(p) + I_B(p) \cdot [(M_{AB} - L_{кВ}) \cdot p + R_B] - I_C(p) \cdot p \cdot (M_{AC} - M_{BC})}{[(L_{кА} - M_{AB}) \cdot p + R_A]} \\ I_B(p) &= \frac{E_C(p) - E_B(p) + I_C(p) \cdot [(M_{BC} - L_{кС}) \cdot p + R_C] - I_A(p) \cdot p \cdot (M_{AB} - M_{AC})}{[(L_{кВ} - M_{BC}) \cdot p + R_B]} \\ I_C(p) &= -I_A(p) - I_B(p). \end{aligned} \right\} (1)$$

Решение нелинейной системы уравнений (1) осуществлялось методами структурного моделирования в пакете прикладных программ *MatlabSimulink*. Построенная структурная схема в терминах, принятых в *Simulink*, приведена на рис. 2.

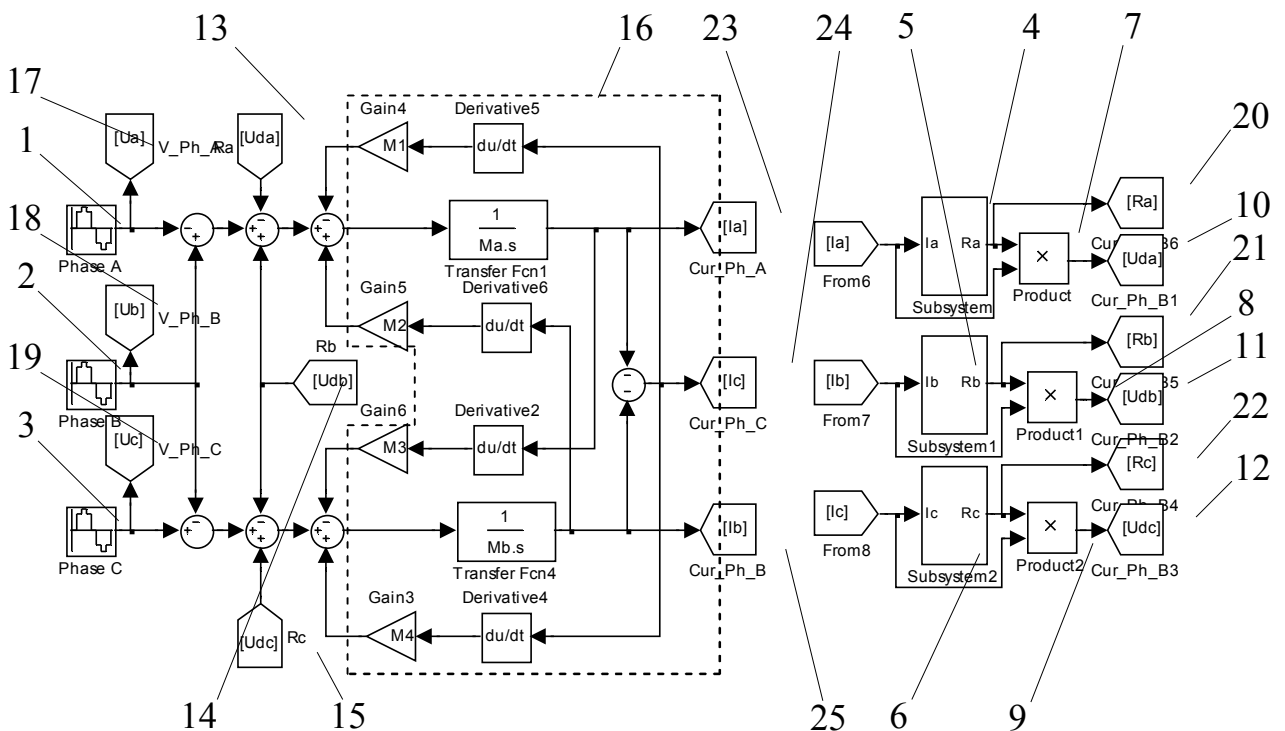


Рис. 2. Схема модели трехфазной дуговой печи в пакете структурного моделирования Matlab Simulink

Приведенная на рис. 2 модель является имитационной и позволяет исследовать влияние несимметрии питающего напряжения, индуктивностей и взаимных индуктивностей фаз, а также сопротивлений дуг на гармонический состав кривых фазных токов также как и на реальной установке. ЭДС трехфазного печного трансформатора на рис. 2 представлены блоками формирования синусоидального периодического сигнала 1, 2 и 3, сдвинутыми на 120° относительно друг друга.

Нелинейные сопротивления фаз определялись в зависимости от протекающего в фазе тока в блоках 4, 5 и 6. Напряжения дуги каждой фазы находились путем умножения фазного тока на соответствующие сопротивления блоками 7, 8 и 9. Через блоки ввода 10, 11, 12 и блоки вывода 13, 14 и 15 напряжение на дуге передавались в модель. Собственные и взаимные индуктивности фаз, а также их взаимодействие друг с другом описывались совокупностью блоков 16. Проведение гармонического анализа осуществлялось модулем быстрого преобразования Фурье. Для фиксации мгновенных значений фазных токов и напряжений использовались виртуальные осциллографы, данные в которые передавались при помощи блоков ввода 10 – 12 и 17 – 25.

Нелинейные сопротивления дуг представлялись в виде вольтамперных характеристик, построенных по выражениям, которые приведены в [2].

Исследования проводились путем расчета переходных зависимостей тока и вывода гистограмм постоянной составляющей, гармонических составляющих фазного тока вплоть до тринадцатой по всем трем фазам печи для различных режимов работы, а именно: при полной симметрии активных и индуктивных сопротивлений печного контура, при несимметрии питающего напряжения, при несимметрии взаимных индуктивностей, при несимметрии сопротивлений дуг, при несимметрии собственных индуктивностей фаз. В качестве исходных данных для проведения исследований принимались параметры дуговой сталеплавильной печи емкостью 100 т ДСП-100НЗА.

Точность моделирования проверялась сравнительными расчетами с разными значениями относительной погрешности и разными шагами дискретизации, а также сопоставлением полученных данных с данными, приведенными в литературе [3].

Анализ полученных результатов позволяет связать несимметричность режимов цепи с дугой с гармоническим составом кривой фазного тока. Было выявлено, что появление четных гармонических составляющих в кривой тока в основном является следствием погрешности вычисления. Величина третьей гармонической составляющей связана в большей степени с несимметрией цепи в целом, а величина пятой гармоники – отвечает процесса, происходящим в дуге. Нечетные гармоники более высоких порядков практически не отражают режим работы цепи.

Результаты исследования могут быть использованы при подборе параметров фильтро-компенсирующих устройств для цепей с дуговой нагрузкой.

Литература

1. ГОСТ 13109-97. Показатели качества электроэнергии.
2. Птицына Е.В. Электролизные и газоразрядные электротехнологические установки с питанием током сложной формы / Под ред. А.Б. Кувалдина. – Павлодар: ТОО НПФ «ЭКО», 2007. - 419 с.
3. Птицына Е.В. Влияние на электрическую сеть электротехнологических установок с питанием током сложной формы. / Е.В. Птицына // Электротехника. – 2001. - № 8. – С. 11-16.

Елизаров Владислав Александрович, аспирант кафедры ФЭМАЭК НИУ МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, кафедра ФЭМАЭК. E-mail: veliz@yandex.ru.

Елизаров Константин Александрович, к.т.н., ассистент кафедры ФЭМАЭК НИУ МЭИ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, кафедра ФЭМАЭК. E-mail: juko84@mail.ru.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ВАКУУМНЫХ ПЕЧАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ЭКРАННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

Митяков Ф.Е., Журжи Д.П.

Россия, Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В работе приводятся методики теплового расчета вакуумных печей сопротивления с экранной теплоизоляцией. Для проведения быстрого и точного теплового и экономического расчетов предлагается использовать специализированную программу «Shield Thermal Insulation».

The methodologies of temperature calculation of vacuum resistance furnaces with shield's thermal insulation are shown. For fast and exact thermal and economic calculations it is proposed to use specialized program «Shield's Thermal Insulation».

На стадии разработки технического задания необходимо знать, какими характеристиками будет обладать проектируемое изделие. При проектировании вакуумных печей сопротивления (ВПС) нужно иметь представление о тепловых потерях будущей установки, а также знать её приблизительную стоимость. Учитывая, что в ВПС с экранной теплоизоляцией мощность тепловых потерь обычно составляет 75...85% от мощности печи [1], то точный расчет этого параметра, безусловно, необходим при разработке новой установки, что позволит избежать завышения мощности питающего трансформатора. Вся эту информацию, естественно, можно получить расчетным путем, однако, для уточнения данных необходимо проводить очень объемные расчеты. Например, для выбора пакета экранной теплоизоляции необходимо знать распределение температур на каждом из экранов. Температура на экране зависит от состояния рабочей зоны печи, кожуха, числа экранов, а также их теплофизических свойств, которые в свою очередь сами зависят от температуры. В итоге мы имеем весьма объемную нелинейную задачу. При проведении расчетов в ручном режиме, помимо допущения ошибки, связанной с «человеческим фактором», существует вариант, при котором рассчитанная температура на одном из экранов окажется выше допустимой температуры применения выбранного материала, а, следовательно, тепловой расчет необходимо будет проводить заново. Кроме того, при инженерном проектировании, как правило, требуется произвести ряд расчетов для разных комплектов теплоизоляций с целью определения оптимального, на что также потребуется затратить много времени.

Для решения обозначенных проблем на кафедре ФЭМАЭК Московского Энергетического Института авторами была разработана специализированная программа Shield's Thermal Insulation (STI), которая с момента создания стала активно применяться как в учебных, так и в производственных целях, в связи с её многофункциональностью и простотой в использовании.

Программа позволяет решать следующие задачи:

1. Расчет мощности тепловых потерь и распределения температур на экранах с учетом нелинейности коэффициента черноты материалов, из которых выполнены металлические экраны.

2. Расчет срока службы комплекта экранной теплоизоляции проектируемой или исследуемой печи. Определяющим фактором является скорость массоуноса материала наиболее горячего экрана, которая в свою очередь зависит от давления в печи и ее рабочей температуры.

3. Для выбора оптимального комплекта теплоизоляции в зависимости от номинальной температуры в печи, рабочего давления и размеров рабочего

пространства предложен экономический критерий оценки минимума затрат [2]. Программа позволяет варьировать стоимость электроэнергии и материалов экранов.

4. Определение эквивалентной толщины неметаллической засыпки, необходимой для замены нескольких металлических экранов с сохранением значения теплового потока (с учетом нелинейности теплопроводности материала засыпки).

5. Расчет мощности теплового потока и распределения температур на экранах и по толщине засыпки при использовании комбинированной теплоизоляции с учетом нелинейности теплофизических параметров материалов.

В [3] рассмотрена целесообразность замены наиболее нагретых неметаллических экранов на неметаллическую засыпку. Для определения значения теплового потока через такой комплект комбинированной теплоизоляции (рис.1) необходимо решать задачу сложного теплообмена (излучение + теплопроводность).

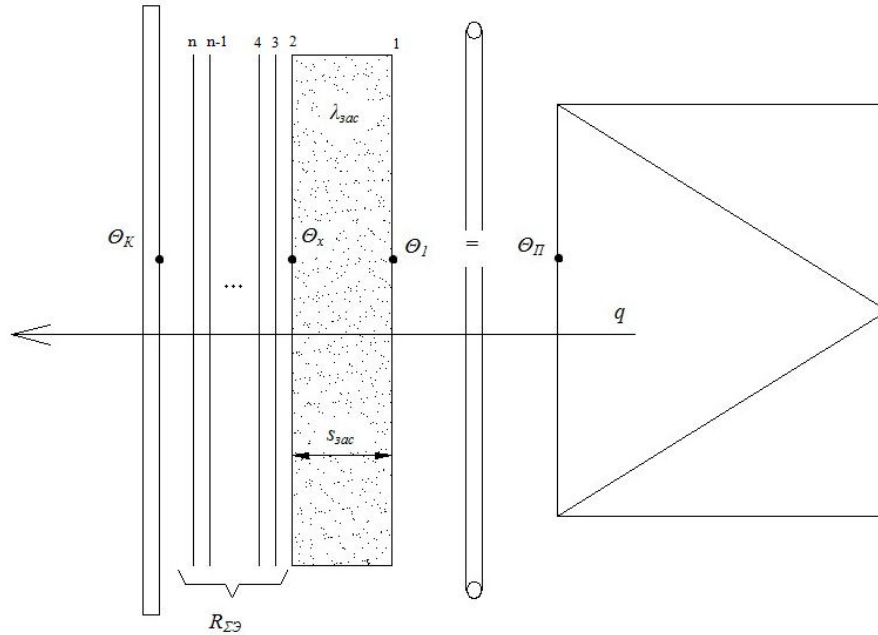


Рис.1. Продольный разрез комбинированной теплоизоляции ВПС.

Тепловой поток через комбинированную теплоизоляцию описывается выражением

$$q = \frac{T_1 - T_K}{R_{зас} + R_{ΣЭ} \times \frac{T_X - T_K}{\left(\frac{T_X + 273}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_K + 273}{100}\right)^4}}, \quad (1)$$

где T_1 – номинальная температура печи, T_K – температура на кожухе печи, T_X – температура между засыпкой и экранами, $R_{зас}$ – тепловое сопротивление засыпки, $R_{ΣЭ}$ – тепловое сопротивление экранов.

В выражении (1) две неизвестных q и T_X , в связи с этим запишем выражение, описывающее теплопередачу непосредственно через неметаллическую засыпку:

$$q = \frac{(T_1 - T_X)}{S_{зас}} \times \lambda, \quad (2)$$

где $S_{зас}$ – толщина засыпки, λ – теплопроводность засыпки.

Естественно, что в установившемся режиме значение теплового потока на всем протяжении комбинированной теплоизоляции одинаковое, что позволяет объединить выражения (1) и (2) в единую систему уравнений, но, к сожалению, решение такой системы вручную не представляется возможным. Приходится использовать специализированные прикладные программы, например, MathCad, но, к сожалению, полная оптимизация расчета в пакете MathCad с учетом итерационной зависимости

теплотехнических параметров материалов экранов и засыпки, а также изменения числа экранов, также представляет очень трудную задачу. В программе же STI данный расчет занимает всего лишь несколько минут, а результат его представляется в удобном виде (рис.2). Кроме того, в программе есть возможность моментально изменить заданные параметры и сравнить с предыдущими результатами.

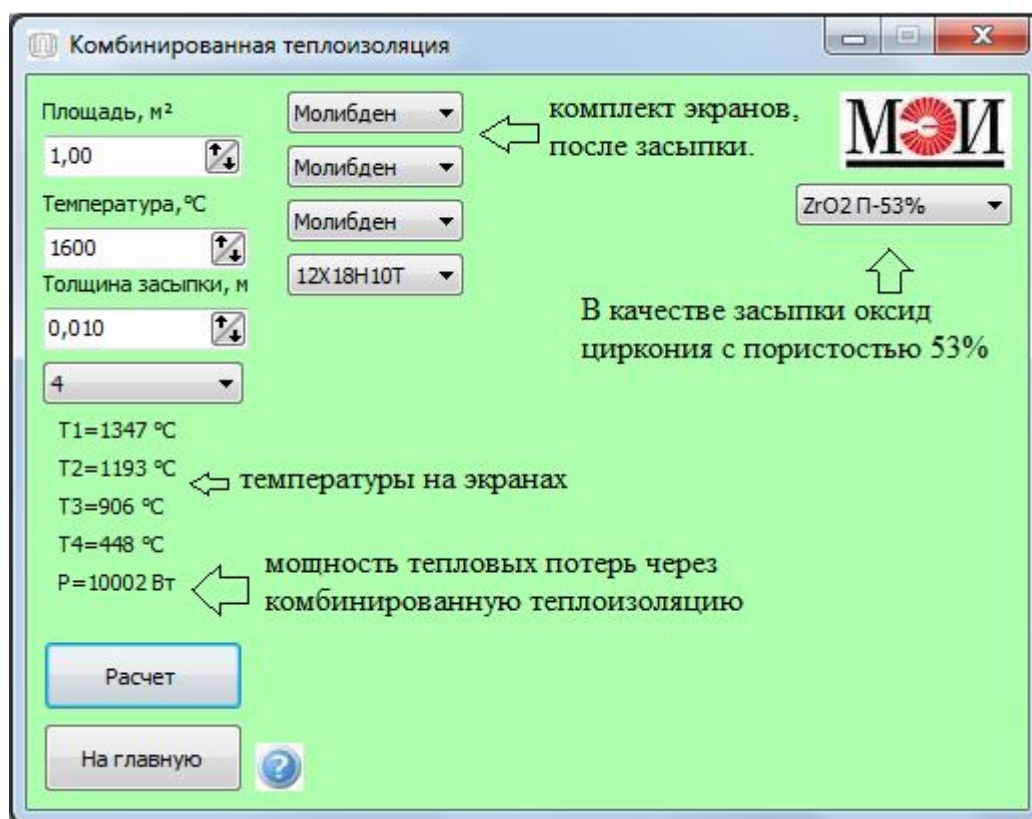


Рис.2. Расчетное окно для комбинированной теплоизоляции в программе STI с пояснениями.

Использование программы STI позволило значительно продвинуться в изучении применения различных пористых оксидных материалов в качестве неметаллической засыпки комбинированной теплоизоляции ВПС.

С учетом всего вышеизложенного, можно считать программу Shield's Thermal Insulation законченным продуктом, позволяющим решать ряд специализированных электротехнологических задач.

Литература

1. Мармер Э.Н. Александр Данилович Свенчанский – крупнейший организатор электротермии XX века // Электротехнология на рубеже XX-XXI веков // Сб. докл. Науч.-техн. семинара, посвященного 100-летию профессор А.Д.Свенчанского. – М.: Издательство МЭИ, 2005, с. 36-40.
2. Митяков Ф.Е. Экономический анализ применения экранной теплоизоляции в вакуумных печах сопротивления // Вестник МЭИ. 2011. №4. с. 80-84.
3. Рубцов В.П., Митяков Ф.Е. Модификация экранной теплоизоляции в высокотемпературных вакуумных печах сопротивления // Вестник МЭИ. 2011. №1. С.36-40.

Митяков Филипп Евгеньевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант кафедры ФЭМАЭК; 111558, г. Москва, ул. Молостовых, д. 15, корп. 5, кв. 17; filych@mail.ru
Журжи Дмитрий Петрович, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», студент кафедры ФЭМАЭК; 111116; г. Москва, ул. Энергетическая, д. 18, комн. 732; ZhurzhiDP@mpei.ru

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЯМИ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ТОКА

Рубцов В.П., Митяков Ф.Е.

Россия, Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В работе проводится сравнение регуляторов температуры печей сопротивления с различными способами ограничения тока. Анализируется влияние токовой отсечки на качество переходных процессов и быстродействия системы. Показана область применения разработанного регулятора температуры.

Comparison of temperature controllers of the furnace resistance with various methods of a current restriction is spent. Influence of setpoint current on quality of transients and speed of system is analyzed. The range of application of the developed temperature controller is shown.

В высокотемпературных печах сопротивления (номинальные температуры в печи свыше 1400 °С) в качестве нагревательных элементов применяются: на воздухе – дисилицид молибдена; в вакууме – тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, тантал, ниобий и сплавы на их основе). Представленные материалы обладают характерной особенностью: высокое значение температурного коэффициента электрического сопротивления, что приводит к изменению электрического сопротивления за время нагрева в 10-15 раз (рис.1). Во столько же раз изменяется мощность, выделяемая в нагревателе. Следует также отметить, что резкие колебания тока уменьшают срок службы нагревателей. В связи с этим на практике применяют различные способы уменьшения колебаний мощности, выделяемой в нагревателях, при изменении их температуры [1].

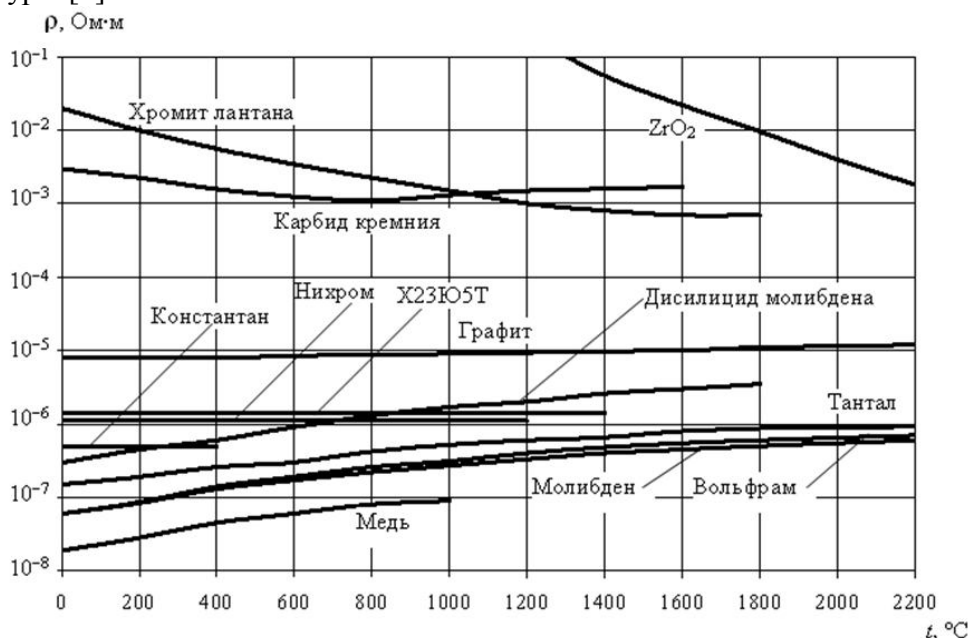


Рис.1. Зависимость удельного электрического сопротивления от температуры для различных материалов.

Отсутствие контроля тока в стандартном регуляторе температуры приводит к увеличению установленной мощности тиристоров и регулятора. Кроме того, отсутствие в стандартных программируемых регуляторах температуры внешних входов для введения отрицательной обратной связи по току ограничивает их применение для высокотемпературных печей, требующих контроля тока нагревателей, при включении

«холодной» печи. Для расширения возможностей стандартных программируемых регуляторов температуры предлагается вводить обратную связь по току в канал обратной связи температуры [2].

На рис.2 приведена функциональная схема модернизированного регулятора температуры. Данное устройство отличается от промышленного регулятора, тем, что между источником питания и силовым входом регулятора напряжения $PН$ установлен датчик тока $ТТ$. Датчик тока может быть выполнен в виде трансформаторов тока вторичными обмотками, подключенными к выпрямителю, связанному своим выходом с входом порогового элемента. Сигнал тока, снимаемый датчиком тока, через пороговый элемент $ПЭ$ подается в сумматор Σ совместно с сигналом температуры, снимаемым датчиком температуры $ДТ$. Суммированный сигнал тока и температуры подается на вычислительное устройство $ЭС$. По данному техническому решению получен патент на полезную модель № 98602 [2].

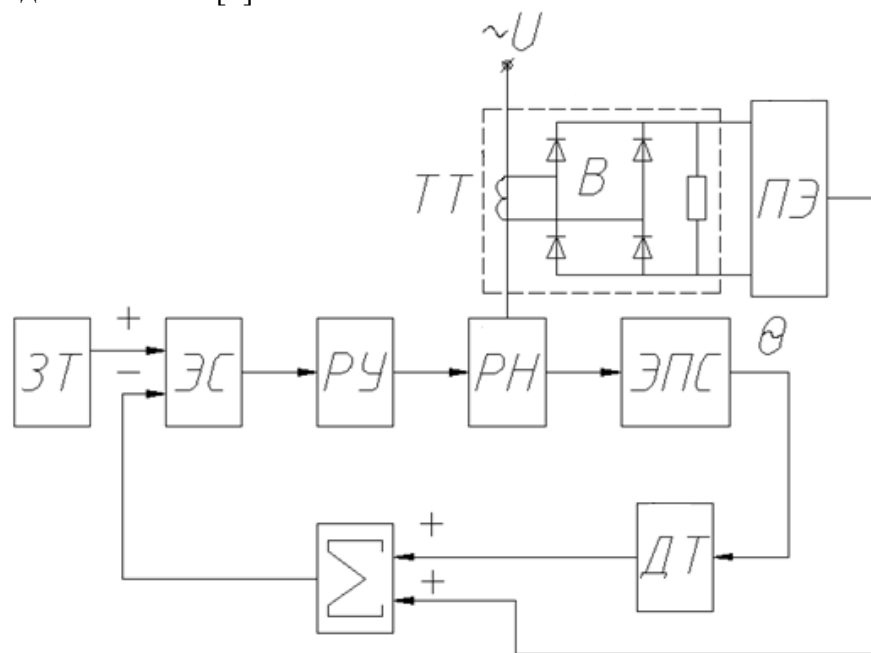


Рис.2. Функциональная схема разработанного регулятора температуры.

Исследования системы управления с ограничением тока проводились на разработанной модели в пакете прикладных программ Simulink Matlab (рис.3).

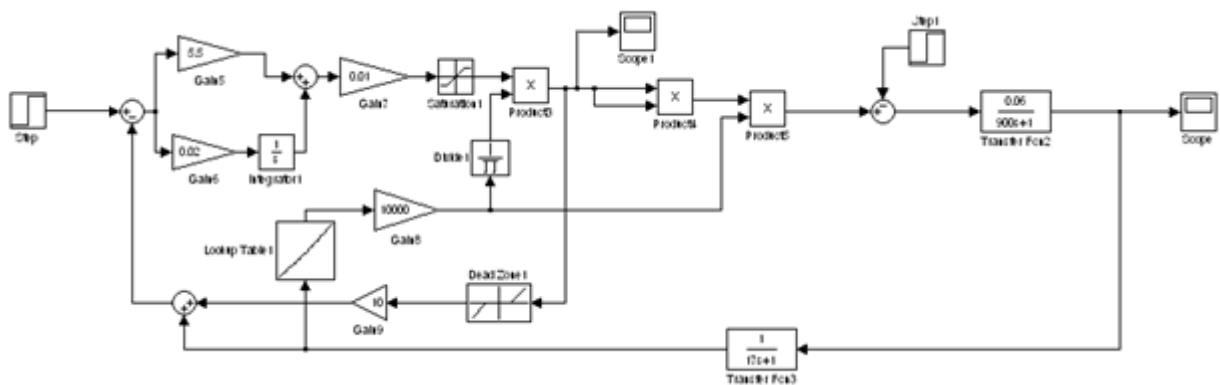


Рис.3. Модель регулятора температуры с дополнительной обратной связью по току.

Предлагаемая система управления (рис.3) сравнивалась по ряду показателей с регулятором температуры без ограничения тока, а также с регулятором температуры с внутренним контуром тока заложено в самом программируемом контроллере. По результатам сравнения [1], стоит отметить:

- ограничение тока приводит к снижению скорости изменения температуры в сравнении с регулятором без ограничения тока;

- обе схемы регулятора температуры с обратной связью по току обеспечивают требуемое качество переходного процесса;
- переходные функции тока и температуры, исследуемых регуляторов, схожи между собой;
- перерегулирование и точность переходной функции температуры лучше, при использовании разработанного регулятора с дополнительной обратной связью по току;
- бросок тока на нагревателях (при одинаковом значении токовой отсечки 6000 А) меньше в разработанном регуляторе, что положительно влияет на срок службы нагревателя;
- токовая отсечка может быть использована для регулирования скорости нагрева (рис.4).

Как показали исследования рекомендуемый диапазон «токовой отсечки» для нагревателей данного класса лежит в пределах $2 < I_{отс}/I_{ном} < 3$.

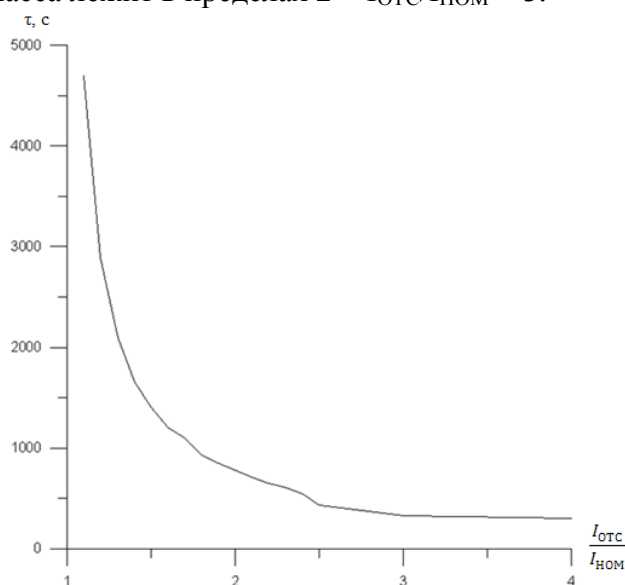


Рис.4. Зависимость быстродействия выхода на режим нагревателя от отношения тока «отсечки» к номинальному току.

Разработанный регулятор температуры позволяет организовывать плавный пуск печи, ограничивая бросок тока, что продлевает срок службы нагревателей. Целесообразно использовать такой регулятор в системах управления высокотемпературными электрическими печами сопротивления с нагревателями из дисилицида молибдена, а также в вакуумных печах сопротивления с экранной теплоизоляцией.

Литература

1. Рубцов В.П., Митяков Ф.Е., Горячих Е.В., Кручинин А.М. Влияние ограничения тока нагревателей на работу регуляторов температуры в высокотемпературных вакуумных печах сопротивления // Вестник МЭИ. 2012. №2. С. 80-84.
2. Пат. РФ на полезную модель №98602 «Регулятор температуры электропечи сопротивления» / В.П. Рубцов, Е.В. Горячих, Ф.Е. Митяков. 2010. Бюл.№29.

Рубцов Виктор Петрович, д.т.н., профессор кафедры ФЭМАЭК ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», 111250, Москва, ул. Красноказарменная, кафедра ФЭМАЭК.

Митяков Филипп Евгеньевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант кафедры ФЭМАЭК; 111558, г. Москва, ул. Молостовых, д. 15, корп. 5, кв. 17; filych@mail.ru

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В., Грекова А.Н.
*Россия, г. Новочеркасск, Южно-Российский государственный технический
университет (Новочеркасский политехнический институт)*

Предложена технология тепловых испытаний электрооборудования, позволяющая с помощью настраиваемой компьютерной модели сократить время и затраты электроэнергии. Технология проверена экспериментально.

The technology of thermal testing of electrical equipment, which allows using a customized computer models to reduce time and cost of electricity. The technology is tested experimentally.

С целью экономии электроэнергии предлагается следующая технология тепловых испытаний электрооборудования. В m точках M_i испытуемого объекта измеряется температура $T_n(M_i, t)$ на ограниченном интервале времени $[0, t_n]$. Далее тепловая компьютерная модель объекта путем вариации набора n теплофизических параметров x_1, x_2, \dots, x_n настраивается так, чтобы зависимость $T_n(M_i, t)$ объекта и $T(M_i, t)$ модели совпали с приемлемой точностью на интервале $[0, t_n]$. Затем с помощью модели определяется искомое время достижения установившегося режима $t_{уст}$, распределение температуры в объекте в этом режиме и проверяется выполнение первого закона термодинамики. Сокращение затрат электроэнергии определяется соотношением $t_{уст}/t_n$.

В качестве настраиваемых теплофизических параметров могут быть использованы коэффициенты теплоотдачи и теплопроводности, значения которых либо неизвестны, либо известны с большой погрешностью.

Моделью тепловых процессов является совокупность уравнений нестационарной теплопроводности, начальных и граничных условий.

Заметим, что в качестве модели можно использовать схему тепловых цепей объекта, состоящую из источников тепла и тепловых сопротивлений.

Значения варьируемых теплофизических параметров должны обеспечить минимум функционала

$$I(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^m \beta_i \int_0^{t_u} [T(M_i, t) - T_n(M_i, t)]^2 dt,$$

где β_i – весовые коэффициенты, $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$.

В тех случаях, когда функции $T_n(M_i, t)$ заданы таблицей, необходимо минимизировать функционал вида

$$I(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^m \beta_i \sum_{j=1}^r [T(M_i, t_j) - T_n(M_i, t_j)]^2, \quad (1)$$

где r – количество измерений на интервале $[0, t_n]$.

Описанная задача определения теплофизических параметров относится к классу обратных задач теплообмена. Для ее решения предложен итерационный алгоритм [1].

Рассмотрим применение предлагаемой технологии при тепловых испытаниях соленоида намагничивающей системы (рис. 1), предназначенной для определения

петель гистерезиса образцов магнитомягких материалов [2]. Параметры соленоида приведены в работе [1].

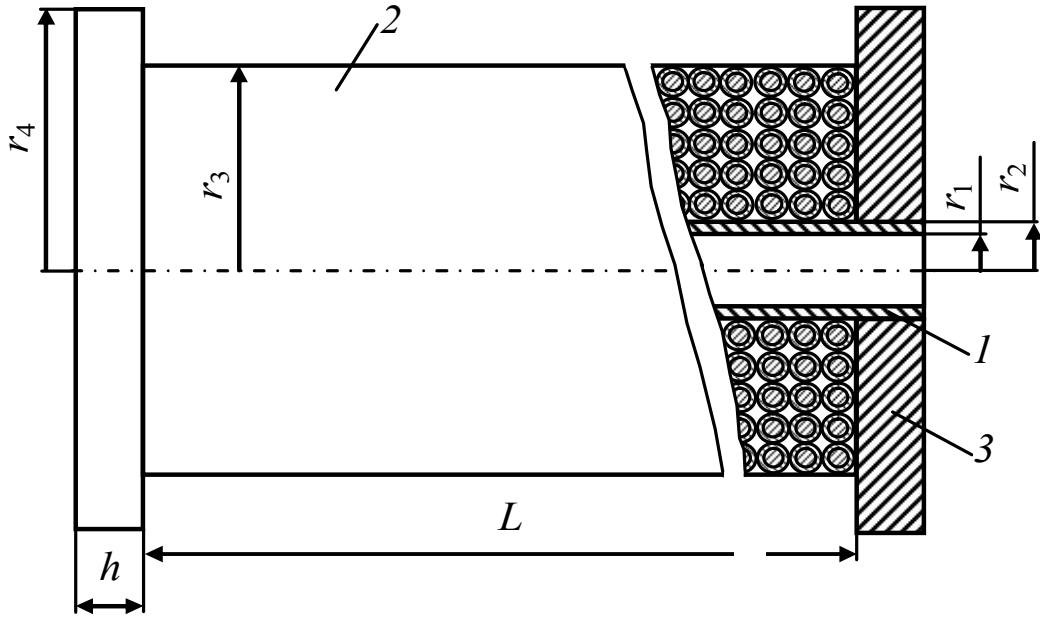


Рис. 1. Эскиз соленоида

Многовитковая обмотка соленоида при моделировании заменена сплошной однородной средой. Часть параметров среды определялись по формулам

$$q_2 = \frac{UI}{V_2}; \rho_2 c_2 = \rho_{\text{меди}} c_{\text{меди}} \frac{V_{\text{меди}}}{V_2}; V_2 = \pi(r_3^2 - r_2^2)L,$$

где U, I – напряжение и ток источника питания постоянного тока; V_2, q_2, ρ_2, c_2 – объем, объемная плотность мощности источника тепловой энергии, плотность, удельная теплоемкость обмотки соленоида, соответственно;

$V_{\text{меди}}, \rho_{\text{меди}}, c_{\text{меди}}$ – объем, плотность, удельная теплоемкость меди, соответственно.

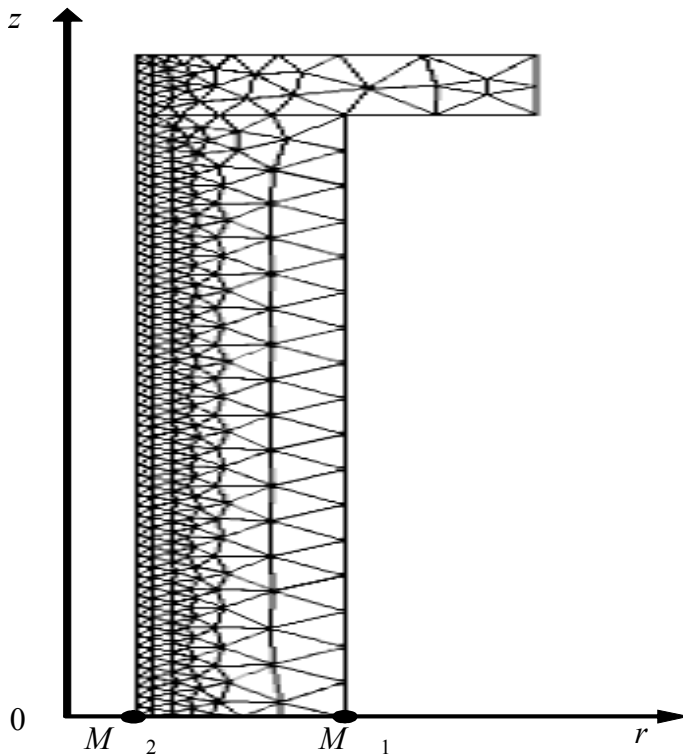


Рис. 2 Область расчета с конечно-элементной сеткой

Неизвестными теплофизическими параметрами являются эквивалентный коэффициент теплопроводности сплошной среды $\chi_1 = \lambda_2$ и коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности соленоида к окружающей среде $\chi_2 = \alpha_1$. Температура измерялась в двух точках M_1 и M_2 (см. рис. 2). Таким образом, имеем случай, когда $m = n = 2$.

Учитывая, что в точке M_1 находим температуру изоляции обмотки соленоида, определяющую надежность работы всего устройства, приняты следующие значения весовых коэффициентов: $\beta_1 = 2/3, \beta_2 = 1/3$.

На каждой итерации система уравнений нестационарной теплопроводности решалась методом конечных элементов. Минимизация функционала (1) выполнялась методом покоординатного спуска.

На пятой итерации получено $\lambda_2 = 0,027$ Вт/(м·К) $\alpha_1 = 6,5$ Вт/(м²·К). При этом среднеквадратичное отклонение $T(M_i, t)$ от $T_{и}(M_i, t)$ на интервале [0, 30 мин] составило 1,3 °С.

Построенная компьютерная модель тепловых процессов позволила определить распределение температуры в соленоиде в установившемся режиме, который был достигнут в течение 12 часов. При этом получены следующие значения температуры в точках M_1 и M_2 : $T_{уст}(M_1) = 80,9$ °С, $T_{уст}(M_2) = 173,4$ °С.

Для оценки достоверности полученных результатов проверено выполнение первого закона термодинамики в установившемся режиме – равенства подведенной к обмотке соленоида мощности сумме мощностей тепловой энергии, отдаваемой от поверхностей соленоида в окружающее пространство:

$$UI = \alpha_1 S_{внут} [T_{уст}(M_2) - T_{окр}] + \alpha_2 S_{внеш} [T_{уст}(M_1) - T_{окр}],$$

где $S_{внут} = \pi \cdot 2r_1 L$; $S_{внеш} = \pi \cdot 2r_3 L$ м²; $T_{окр} = 22$ °С.

В нашем случае имеем $141,2$ Вт $\approx 141,17$ Вт.

Последнее равенство свидетельствует о достаточно высокой точности определения параметров и температур в установившемся режиме.

Время и затраты электроэнергии тепловых испытаниях сократились в $12/0,5 = 24$ раза.

Таким образом, предложена эффективная энергосберегающая технология тепловых испытаний, основанная на применении компьютерной модели тепловых процессов.

Одновременно предложен итерационный алгоритм определения теплофизических параметров, основанный на решении обратных задач теплообмена.

Литература

1. Бахвалов Ю.А., Гречихин В.В., Грекова А.Н. Определение эквивалентного коэффициента теплопроводности многовитковой обмотки соленоида на основе решения обратной задачи теплообмена // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2012. – № 1. – С. 81-84.

2. Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В., Грекова А.Н. Идентификация параметров математических моделей потенциальных полей электромеханических устройств на основе решения обратных задач // Изв. Академии электротехн. наук. – 2011. – № 2. – С. 31-39.

Бахвалов Юрий Алексеевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Прикладная математика» ЮРГТУ(НПИ);

Горбатенко Николай Иванович, д.т.н., профессор, первый проректор ЮРГТУ (НПИ);

Гречихин Валерий Викторович, д.т.н., доцент, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» ЮРГТУ (НПИ);

Грекова Анна Николаевна, аспирантка кафедры «Прикладная математика» ЮРГТУ (НПИ).346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132. тел.: (8635)255326, e-mail: vgrech@mail.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПЕЧНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ПОМОЩИ КРУГОВЫХ ДИАГРАММ

Шпиганович А.Н., Ищенко А.Е.
Россия, Липецк, Липецкий ГТУ

В статье рассматривается способ построения круговой диаграммы для расчета и анализа режимов агрегатов «печь-ковш», руднотермических и дуговых электропечей, работающих с дугой, экранированной слоем шлака.

The subject of the article are circle diagram construction methods that are necessary for calculation and analysis of operation modes of "ladle-furnace", ore-thermal and electric-arc furnaces working with electric arc screened with slag layers.

При анализе режимов дуговых сталеплавильных (ДСП) и руднотермических электропечей (РТП) широко используются круговые диаграммы, которые позволяют быстро и с достаточной точностью определить основные электрические параметры агрегата в зависимости от тока электрода [1]. При этом учет того, что жидкий шлак и шихта (в случае с РТП) участвуют в распределении электрической мощности в ванне печи, затруднителен, поскольку круговые диаграммы строятся для электрических цепей, где изменяется только один параметр, в данном случае – сопротивление дуги. Для РТП существует способ построения их с учетом сопротивления шихты и шлака, которое при расчете схемы замещения подлежит приведению и включается не параллельно сопротивлению дуги, как это происходит на самом деле, а параллельно источнику питания [2]. В этом случае круговая диаграмма становится актуальной только для постоянных значений этих сопротивлений, хотя в процессе плавки они изменяются.

Способ, предложенный в данной статье, позволяет при построении круговой диаграммы одновременно учитывать изменение сопротивления дуги и шлака или шихты.

Для агрегата «печь-ковш» (АПК), ДСП или РТП строится схема замещения, представленная на рис.1. Активные и реактивные сопротивления печного трансформатора $R'_{тр.}$, $X'_{тр.}$, R'_0 , X'_0 вычисляются для определенной степени регулирования напряжения; сопротивления короткой сети $R_{кк}$, $X_{кк}$ принимаются не зависящими от тока и равными величине, полученной для режима короткого замыкания [3]. Для удобства дальнейших расчетов включенные последовательно сопротивления короткой сети и печного трансформатора объединяются эквивалентными R_{Σ} и X_{Σ} с учетом схемы соединения его обмоток. Уравнение для построения круговой диаграммы имеет вид:

$$\underline{I}_{\Sigma} = \underline{I}'_0 + \frac{\underline{I}_K}{1 + \frac{R_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}} \cdot e^{-j\varphi_{\Sigma}}}, \quad (1)$$

где \underline{I}_K - ток короткого замыкания, соответствующий режиму погружения электродов в жидкий металл, определяемый согласно (2); \underline{I}'_0 - приведенное значение тока холостого хода печного трансформатора, определяемое согласно (3).

$$\underline{I}_K = \frac{\underline{U}_C}{\underline{Z}_\Sigma}, \text{ т.к. } \underline{Z}_\Sigma = R_\Sigma + jX_\Sigma; \quad (3)$$

$$\underline{I}'_0 = \frac{\underline{U}'_C}{R'_0 + jX'_0}. \quad (4)$$

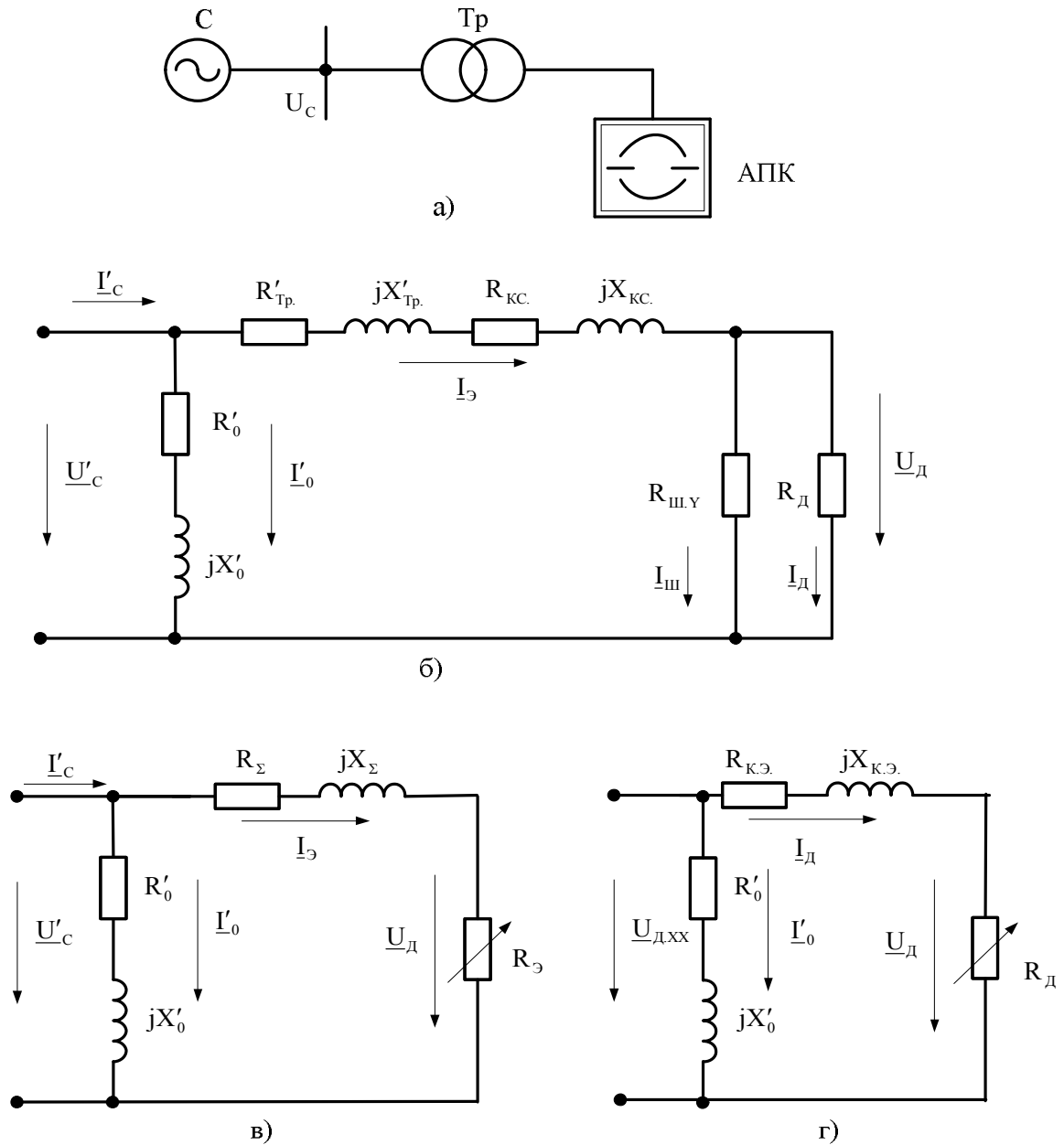


Рис.1. Электрическая часть электропечной установки на примере агрегата «печь-ковш» и схемы ее замещения:
 а – электрическая часть АПК;
 б – полная схема замещения одной фазы;
 в – схема замещения для построения круговой диаграммы без учета экранирования дуги шлаком;
 г – схема замещения для построения круговой диаграммы с учетом экранирования дуги шлаком.

На одной комплексной плоскости вместе с годографом \underline{I}_Σ строят согласно выражению (5) годограф напряжения дуги $\underline{U}_д$ и по ним совместно определяют все возможные параметры агрегата, поскольку пользоваться линией переменного параметра для R_Σ или $R_д$ невозможно, т.к. эту величину нельзя задать или определить на практике (рис.2).

$$\underline{U}_д = \underline{U}'_c - \frac{\underline{U}'_c}{1 + \frac{R_\Sigma}{Z_\Sigma} \cdot e^{-j\varphi_\Sigma}}. \quad (5)$$

На хорде $\underline{I}_к$ можно построить годограф тока дуги для фиксированных значений $R_{ш.у}$. Центр окружности для тока $\underline{I}_д$ будет лежать на перпендикуляре, проведенном из центра вектора тока $\underline{I}_к$, т.к. этот вектор будет хордой годографа тока $\underline{I}_д$, причем он будет лежать тем дальше от точки М, центра окружности ОК, чем больше будет значение $R_{ш.у}$, поэтому прямая LA от точки М будет линией переменного параметра (ЛПП) для $R_{ш.у}$. Из анализа геометрических построений (рис.3 а)) видно, что длина отрезка MM_1 пропорциональна проводимости шлака и шихты $g_{ш}$, умноженной на постоянный коэффициент Z_Σ^2/X_Σ , таким образом, ЛПП для $R_{ш}$ имеет градуировку в размерности проводимости и является линейной. Для определения масштаба градуировки LA задаются значением проводимости слоя шлака, например в 1 См, и для этого значения определяют согласно (6) угол $\varphi_{к.э.}$, под которым будет проводиться ЛПП для $R_д$ при построении круговой диаграммы относительно $R_д = \text{var}$ и $R_{ш.у} = \text{const}$.

$$\varphi_{к.э.} = \arctg \frac{R_{ш.у} \cdot X_\Sigma}{R_{ш.у} \cdot R_\Sigma + Z_\Sigma^2} \quad (6)$$

Учитывая, что перпендикуляр к продолжению ЛПП образует с вектором тока $\underline{I}_к$ угол $90^\circ - \varphi_{к.э.}$ [4], прямая, проведенная под этим углом к $\underline{I}_к$, отсекает на перпендикуляре, проведенном из середины $\underline{I}_к$, точку, которая является центром годографа для тока $\underline{I}_д$ при принятом $R_{ш.у}$. При этом мы получаем на МА отрезок, равный в масштабе величине проводимости слоя шлака, принятой ранее.

Теперь построим годограф напряжения дуги $\underline{U}_д$ с учетом экранирования ее слоем шлака, он обладает тем свойством, что его центр находится в одной точке N вне зависимости от значения сопротивления слоя шлака в т.ч., когда $R_{ш.у} = 0$. Из анализа геометрических построений вектора $\underline{U}_д$ для бездугового режима печи ($R_д \rightarrow \infty$) и случаев, когда $R_{ш.у} \rightarrow \infty$ $R_{ш.у} \neq \infty$ (рис.3 б)) величина отрезка ON оказывается не зависящей от $R_{ш.у}$ и равной $0,5 \cdot U'_c / \sin \varphi_{к.с.}$. Можно заключить, что вектор напряжения между электродом и металлом, экранированным шлаком при отсутствии дуги $\underline{U}_{д.хх}$ ограничивает рабочий участок годографа напряжения дуги $\underline{U}_д$, который лежит ниже этого вектора.

Исходя из всего изложенного выше, порядок построения совмещенной векторной диаграммы для АПК будет следующим: вначале строятся годографы тока электрода и напряжения дуги без учета экранирования ее слоем шлака; затем после

нахождения масштаба ЛПП проводимости слоя шлака для необходимых значений $R_{ш.У}$ строятся годографы тока дуги и на окружности напряжений дуги отсекается рабочий участок путем проведения из точки О прямой под углом $\varphi_{д.хх}$, определяемом согласно (7).

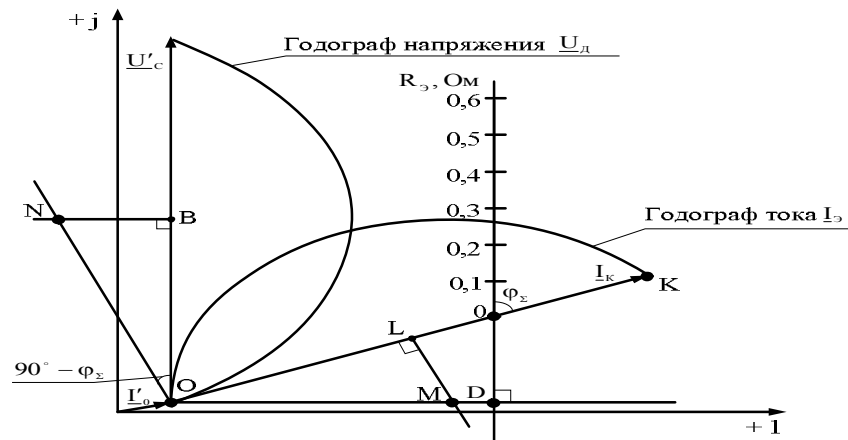


Рис.2. Круговые диаграммы тока электрода и напряжения дуги, построенные без учета экранирования дуги шлаком

Круговая диаграмма построена для следующих параметров: $U'_c = 500$, В; $I'_0 = 100$, А; $X_\Sigma = 0,5$, Ом; $R_\Sigma = 0,2$, Ом; $R_\varepsilon = \text{var}$.

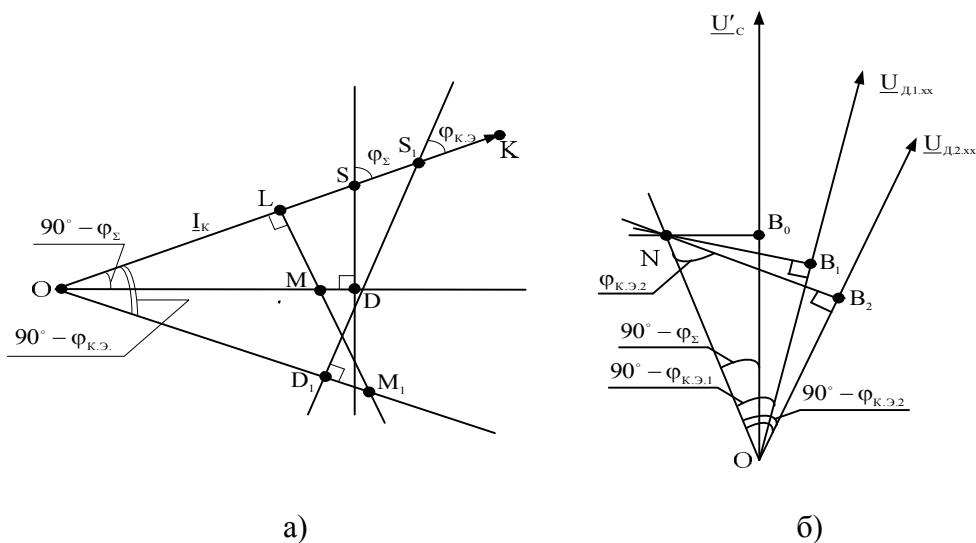


Рис. 3. К построению круговых диаграмм тока:
а - и напряжения дуги;
б - с учетом шунтирования дуги слоем шлака

$$\varphi_{д.хх} = \arctg \frac{X_\Sigma}{R_\Sigma + R_{ш.У}} \quad (7)$$

Круговая диаграмма тока $I_{д.}$, построенная с учетом сказанного, приведена на рис.4. По ней можно определить как функцию тока электрода или тока дуги такие параметры АПК как: активную мощность, потребляемую в ковше P_A (8); ее составляющие: мощность дуги P_d (9) и мощность, рассеиваемую в слое шлака $P_{ш}$ (10); косинус угла между приведенным напряжением сети U'_c и током электрода I_ε .

$$P_A = \frac{CG}{\mu_p}, \quad (8)$$

где $\mu_p = \mu_1 \cdot U$ - масштаб активной мощности

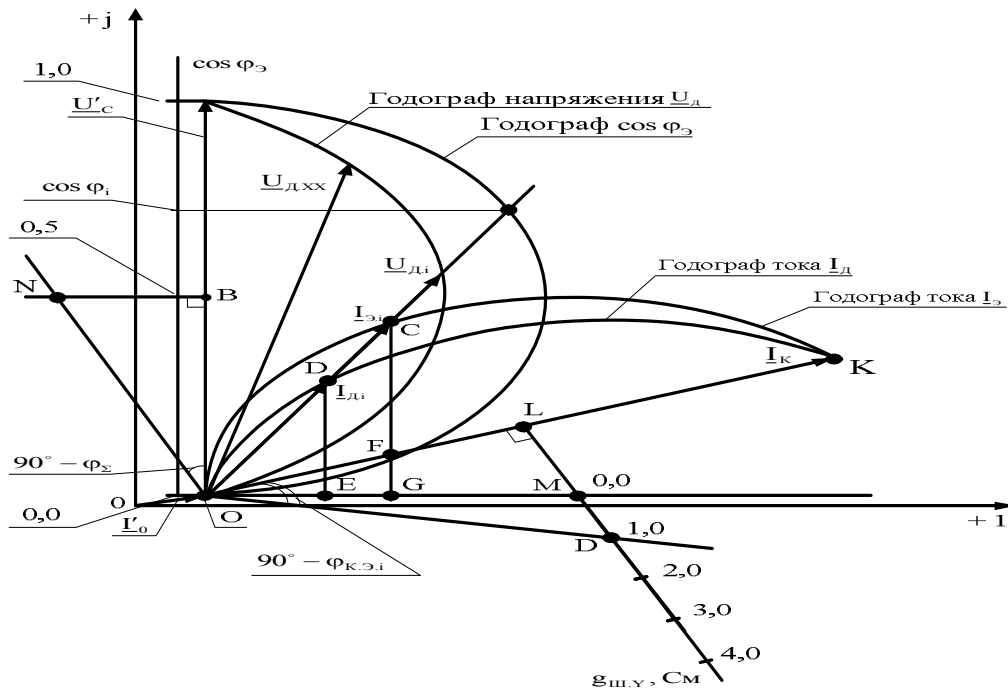
$$P_D = \frac{DE - GF}{\mu_p}; \quad (9)$$

$$P_{III} = \frac{CG - DE}{\mu_p}. \quad (10)$$

Коэффициент мощности агрегата определяется согласно (11):

$$\cos \varphi_C = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{I_3 \cdot (R_0'^2 + X_0'^2) \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} + U'_C \cdot X_0'}{I_3 \cdot (R_0'^2 + X_0'^2) \cdot \cos \varphi + U'_C \cdot R_0'} \right)^2 + 1}}, \quad (11)$$

где модуль тока электрода I_3 и соответствующее ему значение $\cos \varphi_3$ определяются по круговой диаграмме рис. 4.



$$\mu_U = 50, \frac{B}{CM}; \quad \mu_I = 100, \frac{A}{CM}; \quad \mu_g = 0,84, \frac{CM}{CM}$$

Рис. 4. Круговые диаграммы напряжения дуги, токов электрода и дуги, построенные с учетом экранирования дуги шлаком
Круговая диаграмма построена для следующих параметров: $U'_C = 500, B$;
 $I'_0 = 100, A$; $X_\Sigma = 0,5, Ом$; $R_\Sigma = 0,2, Ом$; $R_3 = var$.

Литература

1. Свенчанский А. Д., Смелянский М.Я. Электрические промышленные печи. Ч.2 Дуговые печи – М.: «Энергия», 1970. – 264 с.
2. Марков Н.А. Электрические цепи и режимы дуговых электропечных установок – М.: «Энергия», 1975 – 208 с.
3. Данцис Я.Б., Жилов Г.М. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей: Справочник. – М.: «Металлургия», 1987. – 320 с.
4. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей – М.: Энергия, 1975. – 752 с.

Шпиганович Александр Николаевич, д-р техн. наук, профессор, г. Липецк, ЛГТУ, заведующий кафедрой электрооборудования. Адрес: 398600, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30, Email: kaf-eo@stu.lipetsk.ru, т. 32-80-48.

Ищенко Андрей Евгеньевич, аспирант кафедры электрооборудования ЛГТУ. Адрес: 398042, Россия, г. Липецк, ул. Космонавтов, д.36/4, кв. 23, Email: iek@lipetsk.ru, т. 34-50-15.

УДК 621.785; 615.477

ИНДУКЦИОННОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ОСТЕОФИКСАТОРОВ

Родионов И.В., Калганова С.Г.

Россия, Саратов, ФГБОУ ВПО «Саратовский ГТУ имени Гагарина Ю.А.»

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-1799.2011.8. Исследована принципиальная возможность применения технологии индукционного газотермического оксидирования при создании функциональных металлооксидных покрытий на остеофиксаторах из нержавеющей стали. Получены покрытия при использовании различных реакционных окислительных сред – воздуха и перегретого водяного пара. Установлены технологические условия газотермической обработки, позволяющие создать металлооксидные покрытия с комплексом свойств, обеспечивающих медико-техническую эффективность применения стальных остеофиксаторов.

Investigated the principal possibility of application technology induction gas-thermal oxidation to develop functional metaloxide coatings on osteoclamps of stainless steel. Obtained coatings by using a different reaction of oxidizing environments – air and superheated steam. Installed technological conditions of gas-thermal processing, to create a metaloxide coatings with a complex of properties, providing medical and technical efficiency of steel osteoclamps.

Возможность получения и практического использования металлооксидных покрытий на стальных остеофиксаторах, функционирующих в костных структурах, является весьма актуальной, т.к. создаваемые на поверхности изделий металлооксидные слои способны обеспечить повышенный уровень адаптации к ним окружающих биоструктур. Поэтому исследование и разработка металлооксидных покрытий с новыми свойствами и качествами биосовместимости позволит расширить спектр областей применения технологии газотермического оксидирования и повысить качество современных медицинских имплантатов типа чрескостных остеофиксаторов из нержавеющей хромоникелевой стали.

Опытные образцы представляли винтовые стержни для чрескостного остеосинтеза, выполненные из биотолерантной нержавеющей стали 12Х18Н9Т (ГОСТ

5632-72).

Подготовка поверхности образцов перед газотермической обработкой проходила в несколько этапов, включающих пескоструйную обработку корундовым абразивом для получения исходной микрошероховатости, ультразвуковое обезжиривание (УЗО) в моющем растворе, промывку и сушку.

Газотермическая обработка проводилась с использованием двух способов: воздушно-термического и паротермического оксидирования.

Воздушно-термическое оксидирование осуществлялось в лабораторной цилиндрической электропечи индукционного нагрева со свободным доступом воздуха в ее рабочий объем при частоте тока на индукторе 100 кГц, напряжении 35 В и мощности индукционного нагрева 150 Вт (рис.1). Данная индукционная электропечь включает основной блок питания (ОБП), генераторный блок (ГБ) и вспомогательный блок (ВБ). ОБП обеспечивает функционирование ГБ, питающего индуктор переменным током с частотой 100 кГц, оптимальной для технического решения индукционного нагревательного устройства и обеспечивающей наибольшую скорость нагрева стальных изделий. Драйвер ГБ питается стабилизированным напряжением 15 В от ОБП, выходной силовой каскад – регулируемым постоянным напряжением 100-300 В от ОБП, с помощью которого изменяется выходная мощность. ВБ обеспечивает напряжение 12 В для питания вентиляторов принудительного охлаждения ГБ и индуктора.

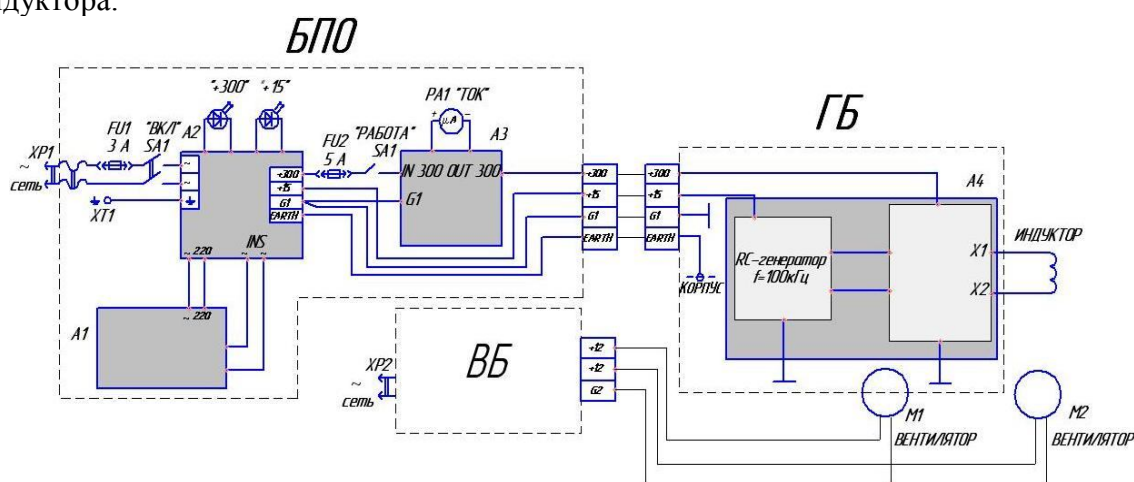


Рис. 1. Схема устройства индукционного нагрева опытных образцов

При воздушно-термическом оксидировании остеофиксаторов применялись температуры индукционной обработки 400 и 500⁰С с продолжительностью 0,5 ч при каждой температуре. Образование покрытия происходило за счет взаимодействия металлической основы с кислородом воздуха при определенной температуре в печи. В результате такого реакционного взаимодействия на обрабатываемой поверхности формировались металлооксидные соединения, которые придавали ей комплекс повышенных физико-химических и механических свойств отличных от свойств основного металла.

Паротермическое оксидирование проводилось в камерной электропечи экспериментальной нагревательной установки при температуре 550⁰С и выдержке 2 ч в атмосфере перегретого водяного пара. Паровая реакционная среда подавалась в камеру печи установки под давлением 1,2-1,3 атм, которое поддерживалось на протяжении всей продолжительности оксидирования. Получение термооксидных покрытий происходило в условиях взаимодействия стальной поверхности остеофиксаторов с реакционными компонентами парогазовой среды, в результате чего формировались поверхностные металлооксидные системы определенной толщины и структуры.

Путем профилометрических и опико-микроскопических исследований установлено, что в результате оксидирования создается морфологически развитое шероховатое покрытие с гетерогенной поверхностной структурой, имеющей многочисленные микронеровности, включая открытые поры, углубления и частицы различного размера. Такая структура оксидированной поверхности способна обеспечить эффективное взаимодействие ортопедических изделий с костной тканью (рис. 2).

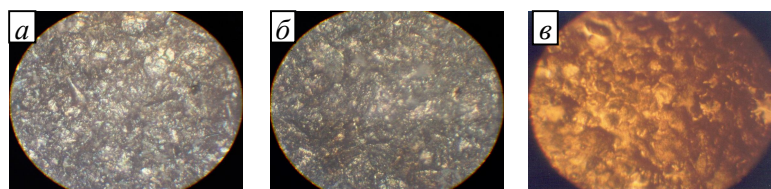


Рис. 2. Морфология газотермических оксидных покрытий на стали 12X18H9T при различных способах оксидирования: *a* – воздушно-термическое оксидирование при $t=400^{\circ}\text{C}$, $\tau=0,5$ ч; *b* – воздушно-термическое оксидирование при $t=500^{\circ}\text{C}$, $\tau=0,5$ ч; *v* – паротермическое оксидирование при $t=550^{\circ}\text{C}$, $\tau=2$ ч (x300)

Так, величина суммарной открытой пористости у воздушно-термических оксидных покрытий при индукционном нагреве достигала 34%, у паротермических покрытий – 39% при довольно высокой степени шероховатости поверхности (табл.).

Таблица Характеристики газотермических оксидных покрытий чрескостных остеофиксаторов

Способ термооксидирования	Режим обработки стали 12X18H9T						Характеристики покрытий							
	$p_{\text{среды, атм}}$	$t, ^{\circ}\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	частота тока, кГц	напряжение на индукторе, В	мощность индукции нагрева, Вт	фазовый состав	толщина, мкм	адгезия, МПа	микротвердость, ГПа	пористость, %	Шероховатость, мкм		
												R_a	R_{max}	S_m
Индукционное воздушно-термическое	норм.	400-500	0,5	100	35	150	Fe, Fe ₂ O ₃ , FeNi, Ti ₂ O ₃	25-40	23-26	4,8-5,5	29-34	1,1-1,4	5,6-5,8	~8
Паротермическое	1,2-1,3	550	2	-	-	-	Fe ₃ O ₄ , FeNi, Ti ₃ O ₅	55	25	5,2-5,4	35-39	1,2-1,3	5,4-5,9	10-14

Экспериментальными исследованиями доказано, что покрытия, получаемые в воздушной окислительной среде печи индукционного нагрева при $t>500^{\circ}\text{C}$, $\tau>0,5$ ч, частоте тока на индукторе 100 кГц, напряжении 35 В и мощности индукционного нагрева 150 Вт, а также покрытия, формируемые в среде перегретого водяного пара при $t>550^{\circ}\text{C}$ с $\tau>2$ ч, не обладают физико-химическими и механическими характеристиками, обеспечивающими требуемые медико-технические показатели поверхности чрескостных остеофиксаторов.

Стальные остеофиксаторы с воздушно-термическими оксидными покрытиями, полученными в условиях индукционного нагрева при режимах $t=400, 500^{\circ}\text{C}$ с $\tau=0,5$ ч, и с паротермическими оксидными покрытиями, созданными при $t=550^{\circ}\text{C}$ с $\tau=2$ ч, были опробованы в условиях эксперимента *in vivo*, результаты которого показали высокий уровень биосовместимости применяемых покрытий и их способность к интеграционному взаимодействию с костной тканью.

На данном основании можно полагать, что металлооксидные слои, созданные атмосферным окислением нержавеющей хромоникелевой стали в условиях индукционного нагрева при 400 и 500^oC, частоте тока на индукторе 100 кГц, напряжении 35 В и мощности индукционного нагрева 150 Вт, а также паротермическим оксидированием при 550^oC будут благоприятствовать адаптации биоструктур организма к имплантируемым чрескостным остеофиксаторам, обеспечивая их высокую приживляемость и функциональную надежность.

Выводы

1. Результатами выполненных исследований доказана принципиальная возможность применения чрескостных фиксаторов из нержавеющей стали 12Х18Н9Т с металлооксидными покрытиями, полученными способом воздушно-термического индукционного оксидирования при температурах нагрева электропечи $t = 400$ и 500°C , продолжительности $\tau=0,5$ ч, частоте тока 100 кГц, напряжении на индукторе 35 В, мощности индукционного нагрева 150 Вт, а также созданные способом паротермического оксидирования при режимах $t = 550^{\circ}\text{C}$ с $\tau=2$ ч.

2. Стальные остеофиксаторы с пористыми и морфологически гетерогенными газотермическими оксидными покрытиями показали повышенную эффективность применения за счет обеспечения высокого уровня биосовместимости и способности интеграционного взаимодействия с костной тканью.

Литература

1. Родионов И.В. Получение оксидных биосовместимых покрытий на чрескостных титановых имплантатах методом паротермического оксидирования // Перспективные материалы. №5, 2009. С. 35-44.

2. Родионов И.В. Металлооксидные покрытия с остеокондуктивными свойствами на остеофиксаторах из нержавеющей стали 12Х18Н9Т / Материали за VII Международна научна практична конференция «Научният потенциал на света – 2011». София, България: Изд-во «Бял ГРАД-БГ» ООД. Т.6. С. 49-55.

Родионов Игорь Владимирович, доктор технических наук, профессор, чл.-корр. РАН, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, СГТУ, iv.rodionov@mail.ru, (8452)57-16-04

Калганова Светлана Геннадьевна, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77, ЗАО «Северсталь-Сортовой завод Балаково», 413840, Саратовская область, г. Балаково, ул. Трнавская, д.3а офис 224, . sgkalganova@severstal.com, +7 (8453) 669-094

УДК.621.365.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭПС ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА КОЛИЧЕСТВА НАГРЕВАТЕЛЕЙ ИЗ ХРОМИТА ЛАНТАНА

Митяков Ф.Е., Потеряев К.С.

Россия, Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В данной работе рассматривается экономическая обоснованность снижения количества нагревательных элементов в высокотемпературной электрической печи сопротивления за счет использования электропечного понижающего трансформатора.

In this article the economic expediency of reduction of lanthanum chromite heaters number by using of a step-down transformer to power the high temperature resistance furnaces is considered.

В высокотемпературных электрических печах сопротивления (ЭПС), работающих в окислительной атмосфере, в качестве материала для нагревательных элементов применяются: дисилицид молибдена, карбид кремния, диоксид циркония и хромит лантана [1]. Настоящая работа посвящена ЭПС с нагревательными элементами из хромита лантана LaCrO_3 . Главным ограничением, при применении таких

нагревателей являются скорости нагрева и охлаждения в печи. Номинальные температуры в печах такого типа не превышают 1800 °С. Благодаря высокому удельному сопротивлению хромита лантана ЭПС с такими нагревателями не требуют понижающего электропечного трансформатора [2]. Кроме того, благодаря убывающей зависимости сопротивления от температуры не возникает проблемы с бросками тока в нагревателях во время разогрева «холодной» печи.

При расчете нагревателей ЭПС, как правило, задаются значением мощности, необходимой для осуществления нагрева садки до определенной температуры. Мощность, выделяемая в нагревателях, определяется по закону Джоуля-Ленца:

$$P = \frac{U^2}{R}, (1)$$

Исходя из (1), необходимая мощность может быть получена путем изменения суммарного сопротивления нагревательных элементов или совместного изменения напряжения сети и сопротивления нагревательных элементов.

Рассмотрим пример, поясняющий принцип проведения расчета первым способом для высокотемпературной печи СНО-5,5.13.5,5/17.

Мощность одной фазы проектируемой электропечи составляет 6230 Вт. Если в формуле (1) выразить сопротивление, тогда получаем:

$$R = \frac{U^2}{P}, (2)$$

$$R = \frac{220^2}{6230} = 7,8[Ом]$$

Суммарное сопротивление нагревателей равно 7,8 Ом (при заданном фазном напряжении 220 В).

Затем необходимо выбрать конструкцию нагревателя, удовлетворяющую форме и размерам рабочего пространства проектируемой печи. Наиболее часто в качестве нагревателей из хромита лантана применяются стержневые нагреватели с утолщенными токоподводами. Конструкция нагревателя такого типа представлена на рис.1. Для печи СНО-5,5.13.5,5/17 целесообразно применить нагреватели со следующими параметрами: диаметр рабочей части – 18 мм; диаметр токоподводящей части – 25 мм; длина рабочей части – 600 мм; длина токоподводящей части – 300 мм.

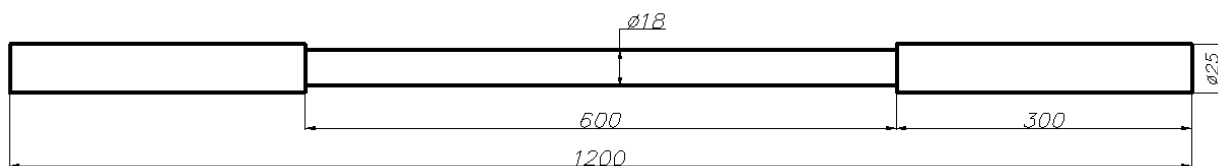


Рис.1. Стержневой хромитлантановый нагреватель.

Электрическое сопротивление такого нагревателя определяется:

$$R = \rho \frac{l_{РАБ}}{S_{РАБ}} + \rho \frac{l_{ТП}}{S_{ТП}}, (3)$$

где $S_{раб}$ и S_{mn} – сечение рабочей и токоподводящей частей соответственно; $l_{раб}$ и l_{mn} – длина активной и токоподводящей частей соответственно; ρ – удельное электрическое сопротивление материала нагревателя (для хромита лантана - 5×10^{-3} Ом×м).

Подставляя в выражение (3) значения конструктивных элементов, выбранного нагревателя, получаем сопротивление одного нагревателя:

$$R = 5 \times 10^{-3} \frac{0,6}{0,018} + 5 \times 10^{-3} \frac{0,6}{0,025} = 18,5[Ом]$$

Сопротивление выбранного нагревателя в 2 раза выше требуемого. В связи с

этим, необходимо подобрать нужное количество нагревателей и соединить их таким образом, чтобы в них выделялась требуемая мощность. По результатам проведенных расчетов получилось, что для получения необходимой мощности (а согласно закону Джоуля-Ленца необходимого сопротивления) количество нагревателей в фазе должно быть равно десяти (пять параллельно подсоединенных ветвей по 2 нагревателя в каждой). Данная схема соединения нагревателей представлена на рис.2а.

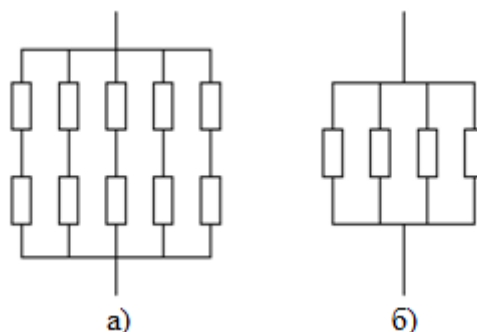


Рис.2. Схемы соединения нагревателей в фазе.

Необходимо отметить, что для проектируемой трехфазной установки общее количество нагревателей будет равно 30, что значительно увеличивает стоимость установки.

Рассмотрим второй способ электрического расчета установок такого типа. Зададимся определенным количеством нагревательных элементов. Например, установим четыре нагревателя в фазу и подсоединим их параллельно (рис.2б).

Тогда общее сопротивление фазы будет определяться как:

$$R_{\phi} = \frac{R_{наг}}{4} = \frac{18,5}{4} = 4,6[Ом]$$

Зная значение необходимой мощности в фазе, а также сопротивление нагревателей, из (1) можно выразить необходимое питающее напряжение:

$$U = \sqrt{P \times R_{\phi}} = \sqrt{6230 \times 4,6} = 170[V]$$

Таким образом, мы добились сохранения значения заданной мощности, изменив питающее напряжение. Однако, такой метод требует применения электропечного понижающего трансформатора. В связи с этим необходимо сравнить экономические затраты на восемнадцать (именно настолько больше нагревателей в первой установке) стержневых нагревателей из хромита лантана с трехфазным электропечным понижающим трансформатором мощностью 18,6 кВт и выходным напряжением 170 В.

Рыночная стоимость одного выбранного стержневого хромитлантанового нагревателя составляет 18,7 т.руб. [3]. Стоимость восемнадцати таких нагревателей – 336,6 т.руб.. Таким образом, для удешевления установки нужно найти трансформатор, рыночная стоимость которого будет ниже 336,6 т.руб. В качестве примера возьмем трансформатор ТСП-25/0,7-УХЛ4, характеристики которого приведены в Таблица 1.

Таблица 1

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВт·А	Номинальное напряжение, В		Номинальный ток, А	
		Первичная обмотка	Вторичная обмотка	Первичная обмотка	Вторичная обмотка
ТСП-25/0,7-УХЛ4	23	380/220	266/154	126	200

Цена выбранного трансформатора равна 30,5 т.руб., что гораздо дешевле восемнадцати дополнительных нагревательных элементов. Учитывая такую разницу в цене, вариант выполнения печи СНО-5,5.13.5,5/17 с двенадцатью

нагревателями и электропечным трансформатором можно считать экономически эффективным.

Необходимо отметить, что данный метод сравнения не учитывает что для фирмы-производителя таких нагревателей их цена (себестоимость) значительно ниже. В связи с этим разница в ценах между установками двумя типов сократится, однако, с большой долей вероятности, при данных рыночных ценах на материалы и оборудование, второй вариант исполнения этой печи будет все равно предпочтительнее. Кроме того, стоит отметить, что данный метод расчета справедлив не только для нагревателей из хромита лантана (он здесь используется в качестве примера), но и для любого другого материала, используемого для создания нагревательных элементов ЭПС.

В связи с этим на основе данного метода расчета будет разработан экономический критерий, направленный на определение оптимального количества нагревателей, толщины слоя теплоизоляции, а также целесообразности введения дополнительного оборудования (например, питающего трансформатора) в высокотемпературных электрических печах сопротивления. Такой критерий поможет сократить затраты на производство печи и, как следствие, увеличить прибыль предприятия.

Литература

1. Материалы для электротермических установок: Справочное пособие / Н.В. Большакова, К.С. Борисанова, В.И. Бурцев и др.; Под ред. М.Б. Гутмана. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 296 с.
2. Погребиский М.Я., Батов Н.Г. Материалы для электрических печей сопротивления. – М.: Изд. дом МЭИ, 2011. – 92 с.
3. Каталог товаров ООО «НПК «Термокерамика». Интернет-ресурс: www.lanterm.ru/hromitlantana

Митяков Филипп Евгеньевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», аспирант кафедры ФЭМАЭК; 111558, г. Москва, ул. Молостовых, д. 15, корп. 5, кв. 17; filych@mail.ru
Потеряев Кирилл Сергеевич, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», студент кафедры ФЭМАЭК; 143600, г. Волоколамск, ул. Ключевая, д. 9а; poteryaevks@gmail.com

УДК 621.365.5: 004.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМЕ «ПРИМЫКАЮЩИЙ ИНДУКТОР – ПЛОСКИЙ НАГРЕВАЕМЫЙ ОБЪЕКТ» В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ELCUT

Качанов А.Н., Голда А.В., Карнаухова Л.Н.
Россия, г. Орел, ФБГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

В статье рассмотрен вопрос моделирования процесса низкотемпературного нагрева примыкающим индуктором с использованием программного комплекса ELCUT.

The article discusses the issue of modeling of the process of low-temperature heating of adjacent inductor using the software ELCUT.

При проведении различных технологических процессов требуется обеспечить равномерный объемный нагрев обрабатываемых металлических изделий. Для решения данной задачи могут быть успешно использованы примыкающие индукторы, которые хорошо вписываются в существующие технологические линии. На рис. 1.

представлены основные варианты системы «Примыкающий индуктор – плоский нагреваемый металлический объект».

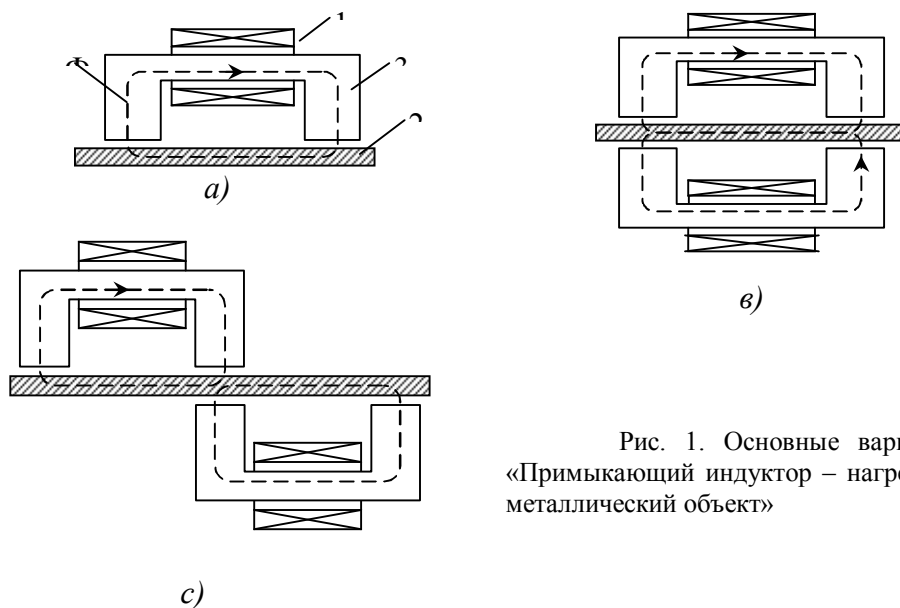


Рис. 1. Основные варианты системы «Примыкающий индуктор – нагреваемый плоский металлический объект»

Как видно из рисунка 1 (*a, б, c*) используя различные варианты размещения индукторов относительно нагреваемого объекта и друг друга, можно получить электромагнитные поля требуемой конфигурации. Варьируя количеством примыкающих индукторов и направлениями токов в обмотках можно получить равномерное распределение внутренних источников тепла по объему нагреваемого металлического изделия. Вместе с тем, для получения равномерного температурного поля необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на изучение электромагнитных и тепловых полей в системе «Примыкающий индуктор – нагреваемый плоский металлический объект» с учетом геометрических размеров магнитопроводов и их взаимного расположения.

Опыт аналитического и экспериментального исследования характера распределения основных параметров электромагнитного поля в системе «Индуктор – нагреваемый объект» приведенный в [1] показал, что для облегчения трудоемкости вычислительных процессов и учета изменения электрофизических свойств нагреваемых материалов целесообразно использовать современные программные продукты, базирующиеся на численных методах расчета.

Для моделирования электромагнитных и тепловых полей в системе, приведенной на рис. 1*a*. была использована программная среда ELCUT [2], которая позволяет решать плоские и осесимметричные задачи расчета стационарных и нестационарных электромагнитных (с учетом вихревых токов и нелинейных свойств материалов) и температурных полей (тепловые переходные процессы). В частности, была решена задача по расчету распределения основных параметров электромагнитного поля внутри нагреваемого плоского объекта, а также распределения внутренних источников тепла.

На рисунке 2. приведена картина распределения силовых линий электромагнитного поля в одной второй части магнитопровода и плоской загрузки, т.к. система симметрична.

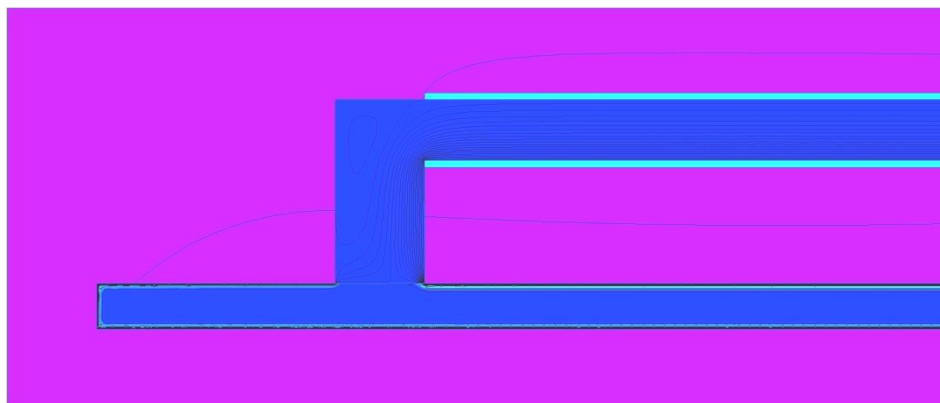


Рис. 2. Картина распределения силовых линий магнитного поля в системе «Примыкающий индуктор – плоская загрузка»

При решении нестационарной тепловой задачи учитывалось изменение электрофизических свойств материала загрузки в процессе нагрева. Достоверность результатов исследований, полученных с помощью программного пакета ELCUT, подтверждена их хорошей сходимостью с данными, полученными экспериментальным путем на физической модели.

Таким образом, применение программного продукта ELCUT позволяет значительно сократить время вычислительных процессов, оптимизировать выбор конструкции магнитопроводов примыкающих индукторов и взаимное расположение на нагреваемом объекте с целью выравнивания градиента температурного поля по объему нагреваемого изделия.

Литература

1. Katchanov A.N. Untersuchung des Magnetfeldes im Arbeitsplat eines Induktors fur die Erwarmung ebener Einsatze (статья) Im Wissenschaftliche zeitschrift der TH1, Heft 1. 1986, s. 107 – 111.

2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Руководство пользователя. /Санкт-Петербург: Производственный кооператив ТОР, 2010 – 345 с.

Качанов Александр Николаевич, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение», Госуниверситет – УНПК, тел. 8 (4862) 41 98 53

Голда Александр Викторович, студент гр. 51 – ЭО Госуниверситет – УНПК, e-mail: Golda-AleksandrV@yandex.ru

Карнаухова Любовь Николаевна, ведущий инженер ГУ «ОрелРЦЭ», тел. 8 (4862) 41 98 30

УДК 621.3

ПРОГРАММА GRADIENT ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ГРАДИЕНТНОГО НАГРЕВА

Кувалдин А.Б., Некрасова Н.С.
Россия, г. Москва, НИУ «МЭИ»

Описывается разработанная программа на базе автоматизированной процедуры расчета для исследования электромагнитных и тепловых полей заготовки, нагреваемой в установке индукционного градиентного нагрева.

There is described developed program on the basis of the automated procedure of calculation for research of electromagnetic and thermal fields of the preparation which are heated up in installation of induction gradient heating.

Индукционный нагрев широко применяется в различных отраслях промышленности, в частности, для нагрева металлических заготовок под пластическую деформацию. По сравнению с другими методами индукционный нагрев позволяет существенно повысить производительность оборудования, сократить энергозатраты, снизить себестоимость и улучшить качество продукции.

Технологический процесс прессования в некоторых случаях требует соответствующего температурного профиля по длине заготовки (так называемого градиентного нагрева), что связано с образующимся при прессовании теплом. неравномерный индукционный нагрев заготовки способствует улучшению качества прессования и увеличению срока службы технологического инструмента пресса [1].

Применение компьютерного моделирования процесса индукционного нагрева дает возможность выполнить совместный анализ электромагнитного и теплового полей с учетом температурных зависимостей электрических, магнитных и теплофизических свойств материалов и проводить виртуальные эксперименты, которые в реальности выполнить затруднительно или невозможно.

разработанная авторами с использованием пакета программ *ELCUT* осесимметричная модель системы индуктор-заготовка представлена на рис. 1, где 1 –

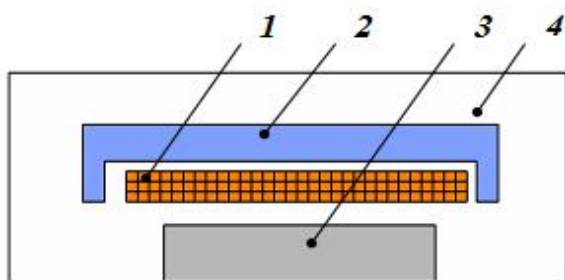


Рис 1. Система индуктор-заготовка

индуктор, 2 – магнитопровод, 3 – заготовка, 4 – воздух. С помощью составленной модели для проверки ее адекватности были проведены расчеты параметров работающей установки промышленной частоты при нагреве алюминиевой заготовки длиной 438 мм и диаметром 175 мм в индукторе длиной 550 мм, состоящем из 90 витков.

Результаты расчета, полученные при использовании программы *ELCUT*, достаточно точно совпали с результатами эксперимента [2].

Так как при проектировании новых установок необходимо проведение большого числа вычислительных экспериментов, то для более быстрой и удобной работы авторами разработана в среде *Delphi* компьютерная программа *GRADIENT*, которая использует для проведения вычислений программу *ELCUT*, причем исходные для расчетов данные:

геометрические размеры и свойства заготовки и индуктора, шаги сетки конечных элементов, рабочая частота, энергетические параметры и другие, формируются предварительно в пакете *Excel*. После выполнения расчетов в программе *ELCUT* результаты их направляются в *Excel* и *Delphi* для дальнейшей обработки и решения поставленного технологического задания.

Для пользователя, применение программы *GRADIENT* означает, что достаточно ввести в таблицы окна ввода (рис 2) необходимые для расчетов данные и запустить процесс. Созданная программа упрощает ввод исходных параметров и анализ полученных результатов расчетов.

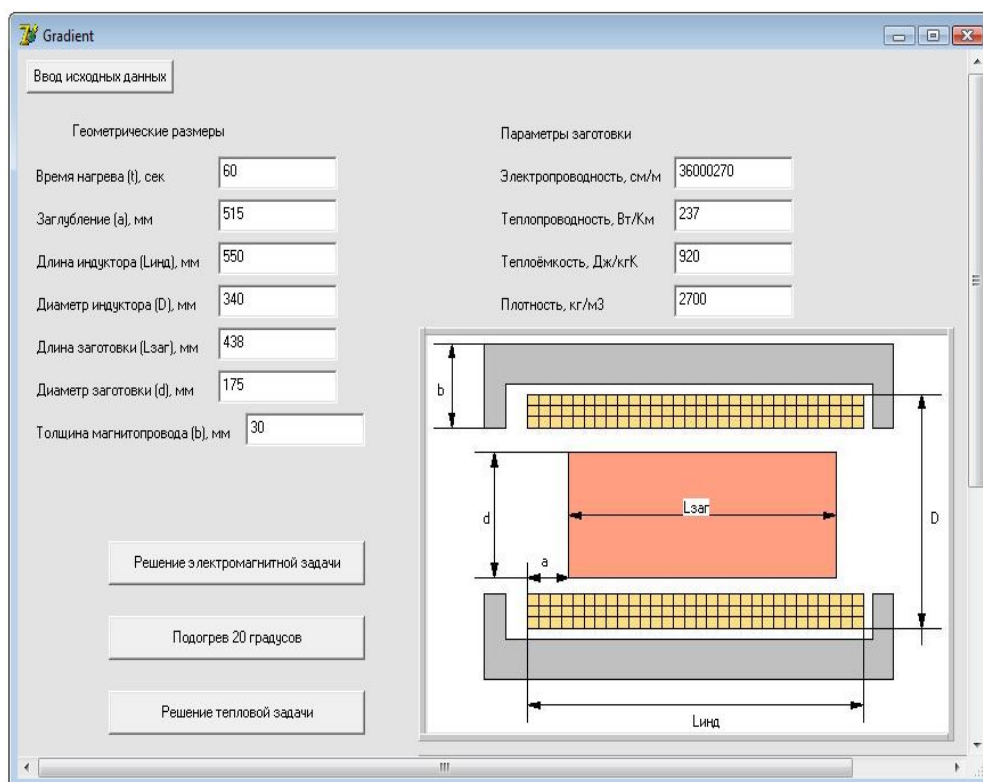


Рис. 2. Окно ввода данных в программе *GRADIENT*

В результате решения связанных электромагнитных задач и задач нестационарной теплопередачи с помощью разработанной программы, были получены распределения температуры в заготовке для различных вариантов конструкции индуктора и режимов работы установки, что позволило предложить ее модернизацию с целью сокращения времени нагрева, обеспечивающего повышение производительности и энергетических показателей.

Литература

1. Лакерник Р.М. Наложение металлических кабельных оболочек – М., Энергия, 1980. – 128 с.
2. Кувалдин А., Некрасова Н. Моделирование индукционного градиентного нагрева алюминиевых заготовок // Индукционный нагрев, 2011, № 16. – С. 17-21.

Кувалдин Александр Борисович – заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор кафедры ФЭМАЭК МЭИ (НИУ). e-mail: KuvaldinAB@mpei.ru

Некрасова Наталья Сергеевна – аспирант кафедры ФЭМАЭК МЭИ (НИУ).

E-mail: tihka23@mail.ru, адрес: Россия, 111250, г. Москва, Красноказарменная ул., 14, раб. тел. (495) 362–70–75

УДК.621.365.5

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ С ХОЛОДНЫМ ТИГЛЕМ

Васильев С. А.

Россия, Москва, НИУ МЭИ

Разработана упрощённая трёхмерная модель индукционных печей с холодным тиглем в программе *ANSYS*. Описаны основные особенности моделирования. Проведены исследования по влиянию параметров модели на точность и время расчёта.

The simplified three-dimensional model of induction furnaces with cold crucible in the ANSYS program is developed. The main features of modeling are described. Researches on influence of parameters of model on accuracy and calculation time are carried out.

Среди электропечей для плавки химически активных и тугоплавких металлов и сплавов важную роль играют индукционные печи с холодным тиглем (ИПХТ), позволяющие за одну плавку получить конечный продукт высокого качества. Однако электрические потери в холодном тигле (ХТ) могут достигать до 40 % подводимой к индуктору активной мощности, что сдерживает распространение этих печей. Данный недостаток может быть устранен путём выполнения вертикальных разрезов на наружных (обращённых к индуктору) стенках секций ХТ (диапазон частот 50-1000 Гц) или путём подбора толщины стенки ХТ (диапазон частот 1-10 кГц).

Расчёт ИПХТ с уменьшенными электрическими потерями в ХТ связан с определенными трудностями. Принятая во ВНИИ электротермического оборудования (ВНИИЭТО) в 1982 году методика расчёта ИПХТ [1], основанная на схеме замещения по общему магнитному потоку, позволяет учесть как электромагнитное отжатие расплава от стенок, так и теплообмен между расплавом и ХТ, но не учитывает влияние на энергетические показатели печи вертикальных разрезов в секциях ХТ.

Для расчёта ИПХТ с любой конструкцией ХТ автор применил комбинацию данной методики и компьютерного моделирования с использованием программного пакета *ANSYS*, который позволяет решать электромагнитные задачи в трёхмерной постановке.

В ИПХТ одновременно протекают взаимосвязанные между собой электромагнитные, гидродинамические и тепломассообменные процессы. Однако проведённые ранее во ВНИИЭТО исследования показали, что в большинстве случаев можно пренебречь воздействием движения расплава на электромагнитное поле, а, так как скорость протекания электромагнитных процессов существенно выше, чем процессов тепломассообмена, то с допустимой погрешностью можно рассматривать эти процессы независимо друг от друга, что позволяет упростить моделирование.

С учётом этого в программе *ANSYS* была разработана упрощённая трёхмерная модель ИПХТ, состоящая из расплава, ХТ, индуктора и расчётной области (рис. 1).

Модель имеет следующие особенности:

- моделируется только электромагнитная задача, при этом принята цилиндрическая форма расплава;
- не учитывается нелинейность свойств проводящих элементов (загрузка и ХТ);
- индуктор моделируется условно с помощью специального элемента в *ANSYS*;
- секции ХТ разделены на 4 части (сама секция, нижняя,

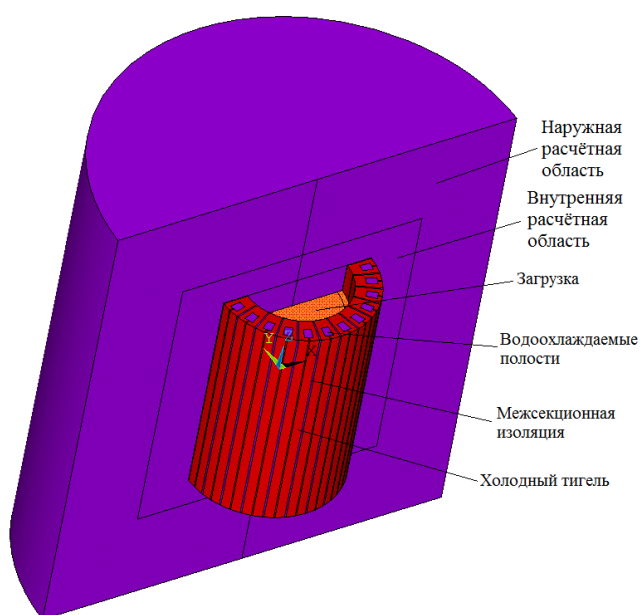


Рис.1. Упрощённая модель ИПХТ (индуктор не показан)

средняя и верхняя часть разреза), что позволяет путём изменения свойств каждой части моделировать различные конструкции ХТ (рис. 2);

- расчётная область разделена на 2 части: внутреннюю (ограничивает загрузку, ХТ и условный индуктор) и наружную (рис. 1).

Помимо особенностей моделирования, связанных с работой исследуемого объекта, при составлении модели ИПХТ в программе *ANSYS* учтены следующие параметры, которые влияют на точность и время расчёта:

- шаг разбиения проводящих элементов (загрузки и ХТ) по радиусу (учёт глубины проникновения электромагнитной волны) и по высоте (учёт концевых эффектов);

- различный шаг разбиения расчётной области (для внутренней точнее, а для наружной грубее) и размеры наружной расчётной области (граница распространения электромагнитного поля);

- толщина изоляционного промежутка между секциями ХТ увеличена (в реальных печах она равна 0.2 мм, но в *ANSYS* смоделировать столь тонкий слой, как правило, невозможно);

- вводится переходный слой между загрузкой и ХТ, так как разбиение загрузки и ХТ, как правило, различно.

Влияние указанных выше параметров было исследовано на разработанной модели и были даны рекомендации по её настройке.

разработанная трёхмерная модель индукционной печи с ХТ легко перестраивается на любые параметры ИПХТ, включая количество секций ХТ, т.к. модель создавалась путём написания кода на специализированном языке программирования программы *ANSYS*. При этом для работы с программой достаточно знать основные аспекты её интерфейса.

Модель даёт широкие возможности для исследований и может быть в дальнейшем усовершенствована для учёта помимо электромагнитных процессов явления тепло- и массопереноса в ИПХТ.

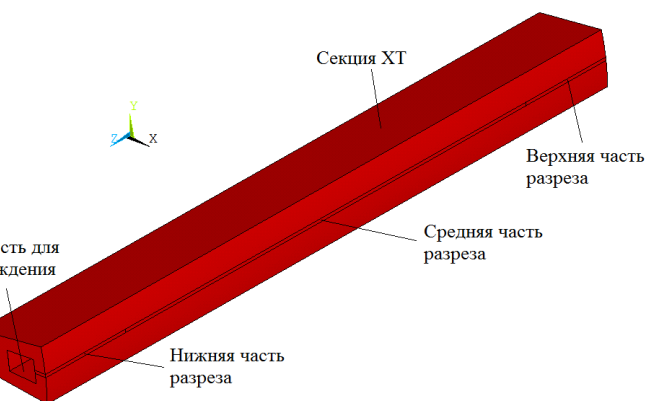


Рис.2. Секция холодного тигля с разрезом

Литература

1. Тир. Л.Л., Губченко А.П. Индукционные плавильные печи для процессов повышенной точности и чистоты. – М.: Энергоатомиздат, 1988. - 120 с.

Васильев Сергей Александрович, аспирант кафедры ФЭМАЭК НИУ МЭИ, 111250, Москва, ул. Красноказарменная, д.14. E-mail: CAVasilev@yandex.ru

УДК 621.365.5

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «НЕМАГНИТНОЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ИЗДЕЛИЕ – ИНДУКТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ»

Бикеев, Р.А. Бланк А.В., Еремеев А.Н., Промзелев В.А.
Россия, г. Новосибирск, Новосибирский ГТУ

Предложен приближенный аналитический метод расчета электромагнитного поля установки индукционного нагрева с постоянными магнитами с помощью каскадной схемы замещения, которая сформирована в цилиндрической системе координат на основе сопоставления общих законов и методов расчета электромагнитного поля и методов теории электрических цепей синусоидального тока.

Ключевые слова: установки индукционного нагрева, постоянные магниты, электромагнитное поле синусоидальных токов, каскадные схемы замещения, четырехполюсники.

The analytical method is offered to solve the electromagnetic problems in induction heating system with permanent magnets using the cascade equivalent circuits obtained in the cylindrical coordinate system by means of comparison of the electromagnetic field theory and the sinusoidal circuit theory.

Keywords: induction heating systems, permanent magnets, the time-harmonic electromagnetic field, cascade equivalent circuits, quadripoles.

Исследования электромагнитных явлений в установках индукционного нагрева с постоянными магнитами в настоящее время находятся на начальной стадии, о чем свидетельствует анализ отечественных и зарубежных источников. В связи с этим проблема изучения электромагнитных полей в таких установках представляется весьма актуальной.

Одним из наиболее перспективных подходов в индукционном нагреве немагнитных материалов с низким удельным сопротивлением (алюминия, меди, латуни) следует считать вращение нагреваемого изделия в магнитном поле постоянных магнитов, изготовленных из интерметаллических соединений на основе редкоземельных металлов. Полный КПД процесса нагрева в этом случае определяется потерями в двигателе и может достигать 90% [1-3].

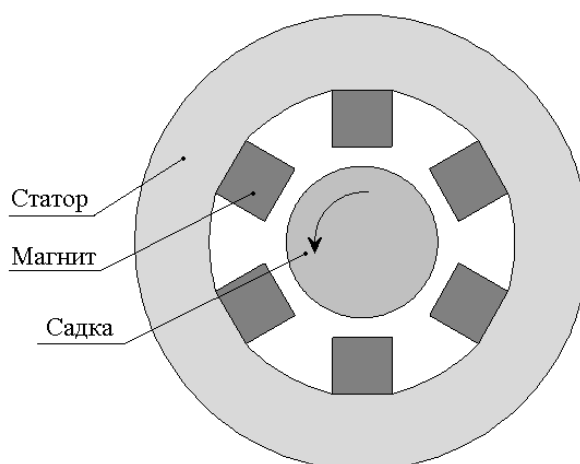


Рис. 1. Установка индукционного нагрева с постоянными магнитами

Индукционная установка для нагрева изделий цилиндрической формы содержит симметричную многополюсную систему возбуждения на постоянных магнитах и расположенную внутри вращающуюся садку (рис. 1).

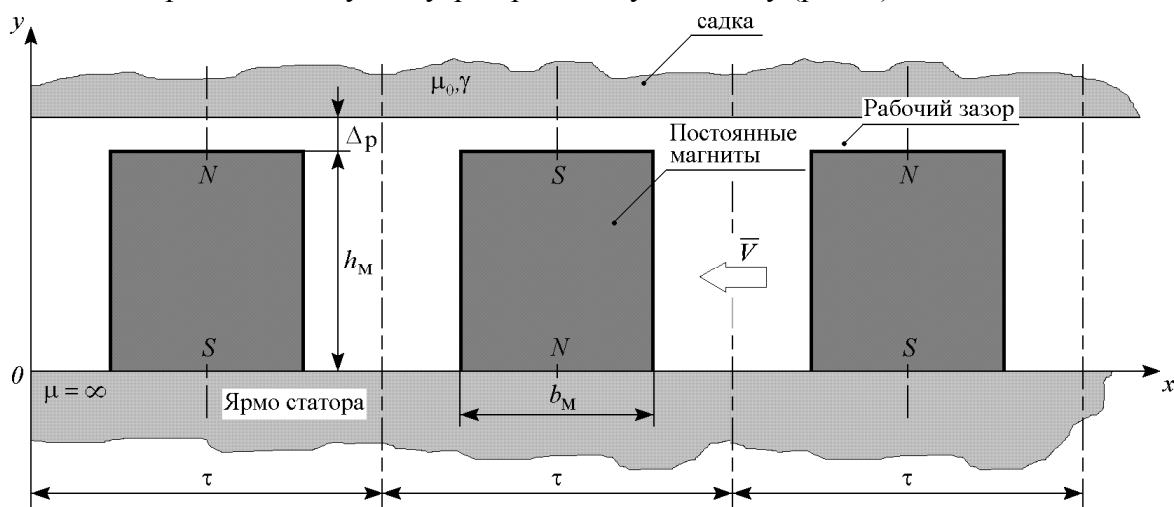


Рис. 2. Плоская развертка системы «магниты – зазор – садка»

Для расчета параметров электромагнитного поля использовалась модель, изображенная на рис. 2, представляющая собой трехслойную плоскую развертку системы «магниты – зазор – садка». Активная зона модели содержит разноименно-полюсную структуру постоянных магнитов, проводящая немагнитная среда (садка) отделена от активной зоны зазором Δp . Протяженность модели в направлении координаты z неограниченно велика.

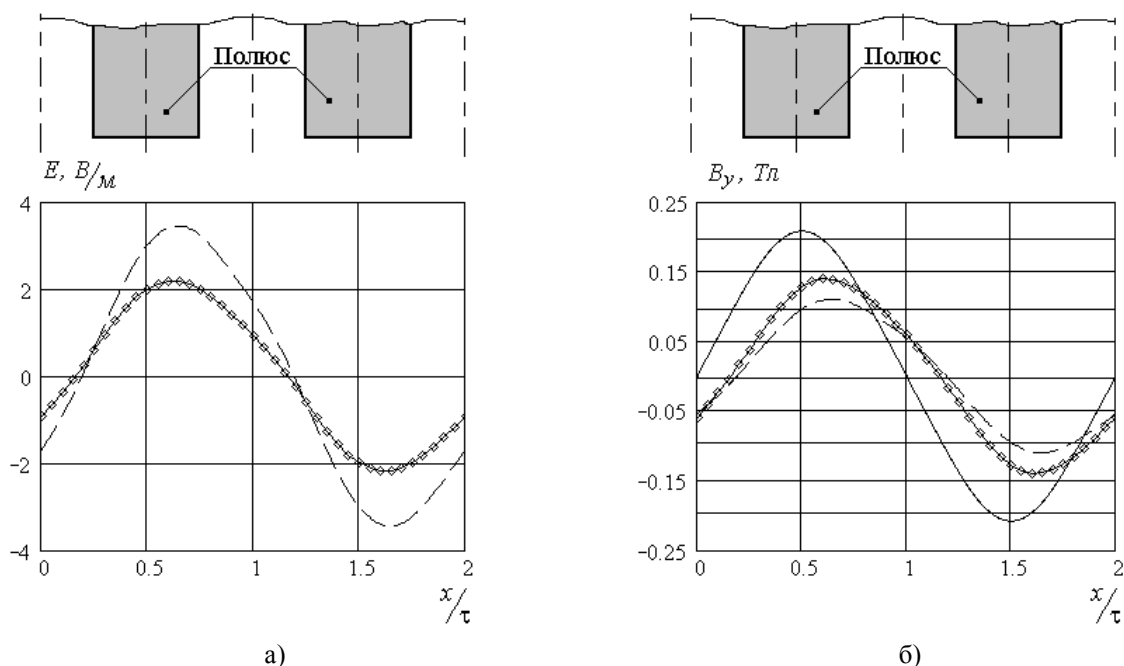


Рис. 3. Результаты расчет электромагнитного поля на поверхности садки при изменении скорости вращения:

а) кривая вектора электрической напряженности;

б) кривая нормальной компоненты вектора магнитной индукции;

обозначение кривых: — $V = 0$; - - - $V = 31,42 \text{ м/с}$

Для численных расчетов использовалась программа ELCUT 5.5 разработки производственного кооператива «ТОР» (г. Санкт-Петербург).

При численном расчете перемещающиеся постоянные магниты заменялись распределенной в пространстве многофазной системой токов. Рассчитывались

нормальная компонента вектора магнитной индукции и электрическая напряженность на поверхности садки при следующих исходных данных: полюсное деление 20 мм; ширина магнита 10 мм; высота магнита 25 мм; рабочий зазор 5 мм; глубина алюминиевого слоя 10 мм; проводимость алюминия $3,445 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$; относительная магнитная проницаемость магнита в радиальном направлении 1,083; остаточная индукция магнита 1 Тл.

В результате расчета были получены кривые, дающие наглядное представление о влиянии скорости вращения садки на компоненты векторов (рис. 3).

Литература

1. Karban P., Mach F., Dolezel I. Higher-order finite element modeling of rotational induction heating of nonferromagnetic cylindrical billets // Heating by electromagnetic sources HES-10. – Padua, 2010 – pp. 515-522.

2. Dughiero F., Forzan M., Lupi S., Nicoletti F., Zerbetto M A new high efficiency technology for the induction heating of non magnetic billets // Heating by electromagnetic sources HES-10. – Padua, 2010 – pp. 531-538.

3. Михайлов К.А., Ковальский В.В., Кинев Е.С. Математическое и физическое моделирование индукционного нагрева в поле постоянного магнита. // Материалы 4-й научно-технической конференции с международным участием. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009.- С.200-203.

Бикеев Роман Александрович, Новосибирский ГТУ, 630092, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных электротехнологических установок Новосибирского ГТУ, тел. (383)346-30-32, e-mail: bikeev@ngs.ru.

Бланк Алексей Валерьевич, Новосибирский ГТУ, 630092, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, кандидат технических наук, докторант кафедры теоретических основ электротехники Новосибирского государственного технического университета, тел.: (383) 346-04-42, e-mail: kaftoe@ngs.ru

Еремеев Андрей Николаевич, Новосибирский ГТУ, 630092, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, магистрант кафедры автоматизированных электротехнологических установок Новосибирского ГТУ, тел. (383)346-30-32, e-mail: elterm@ngs.ru.

Промзелев Владислав Алексеевич, Новосибирский ГТУ, 630092, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, аспирант кафедры автоматизированных электротехнологических установок Новосибирского государственного технического университета, тел. (383)346-30-32, e-mail: promzelev@mail.ru.

УДК 621.3

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Зацепин Е.П., Куратто П.В.
Россия, г. Липецк, ЛГТУ

Рассматриваются вопросы повышения энергетической эффективности дуговых электропечей и минимизация их негативного воздействия на питающую электрическую сеть.

Considered the questions of electric arc furnaces' power efficiency's increase and minimization of their negative impact on power supply system.

В «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, ставится задача снижения энергоемкости ВВП к 2030 году до 44 % от уровня 2005 г. Одной из основных, как мировых, так и общероссийских тенденций развития металлургической отрасли является увеличение доли электросталеплавильного производства. Электрическая мощность дуговых печей может составлять 85-90 % мощности по цеху и 20-60 % по предприятию в целом. В процессе работы дуговые сталеплавильные печи (ДСП) создают нестабильную, изменяющуюся несимметрию нагрузки фаз, приводящую к появлению обратной последовательности напряжения. Значительное отрицательное влияние оказывает явление «мертвой» и «дикой» фазы, характерное для всех типов существующих дуговых печей. Оно возникает из-за динамического несимметричного изменения реактивного сопротивления короткой сети, вызывающего электрическое смещение нейтральной точки нагрузки относительно нейтральной точки трансформатора, вследствие чего появляется перенос и перекося подводимой мощности по фазам, устранить который не позволяют существующие регуляторы мощности. Измерения в реальных системах электроснабжения ДСП показали, что коэффициент асимметрии реактивного сопротивления при работе печи достигает 35 – 40 %, а разброс коэффициента относительного распределения излучений дуг по фазам до 35%. Максимальное вертикальное перемещение электродов для печей емкостью 12 - 200 тонн составляет величину 2250 - 4500 мм [1]. Изменяющаяся при этом взаимная индуктивность проводников оказывает доминирующее влияние на сопротивление короткой сети при рабочих токах в 40 - 50 кА. Реактивная составляющая сопротивления печного контура при вертикальном перемещении электрода одной из фаз печи в верхнее положение изменяется на величину порядка 40%. Анализ полученных в реальной системе электроснабжения дуговых печей ДСП-100 данных свидетельствует о незначительном нелинейном характере исследуемых величин и показывает, что токи в фазах короткой сети, наряду с прерывистостью во времени, характеризуются переменной интенсивностью, а реактивная составляющая сопротивления силового токопровода дуговой печи в эксплуатационном режиме может быть подвержена значительным изменениям. При анализе системы электроснабжения ДСП зависимость реактивного сопротивления печного контура от токов и напряжений в первом приближении может быть принята линейной, что незначительно скажется на точности проведенных расчетов. Важной задачей при проектировании и эксплуатации дуговых сталеплавильных печей является анализ влияния их эксплуатационных параметров на качество электрической энергии в целом и на коэффициент несимметрии в частности.

Схема замещения наиболее простой короткой сети «звезда на электродах» представлена рис. 1, где E – э.д.с. во вторичной обмотке электропечного трансформатора; \underline{U}_{nN} – напряжение смещения нейтрали (определяется путем сложения левых и правых частей системы уравнений), R – активное сопротивление ветвей; X_T – реактивное сопротивление вторичных обмоток трансформаторов; L – собственная индуктивность гибких кабелей; M – взаимная индуктивность ветвей $L_{тш}$ – индуктивность трубчатых шин, $\underline{Z}_э$ – сопротивление электродов; $\underline{Z}_д$ – сопротивление электрических дуг (в первом приближении может быть принято линейным); индексы А, В, С – соответствующие фазы. Для данной схемы по второму закону Кирхгофа может быть записано уравнение

$$\begin{cases} \underline{E}_A - \underline{U}_{nN} = (jX_{TA} + R_A + j\omega L_A + j\omega L_{тшA} + \underline{Z}_{эA} + \underline{Z}_{дA}) \cdot \underline{I}_A + j\omega \cdot M_{AB} \cdot \underline{I}_B + j\omega \cdot M_{AC} \cdot \underline{I}_C; \\ \underline{E}_B - \underline{U}_{nN} = (jX_{TB} + R_B + j\omega L_B + j\omega L_{тшB} + \underline{Z}_{эB} + \underline{Z}_{дB}) \cdot \underline{I}_B + j\omega \cdot M_{AB} \cdot \underline{I}_A + j\omega \cdot M_{BC} \cdot \underline{I}_C; \\ \underline{E}_C - \underline{U}_{nN} = (jX_{TC} + R_C + j\omega L_C + j\omega L_{тшC} + \underline{Z}_{эC} + \underline{Z}_{дC}) \cdot \underline{I}_C + j\omega \cdot M_{BC} \cdot \underline{I}_B + j\omega \cdot M_{AC} \cdot \underline{I}_A. \end{cases} \quad (1)$$

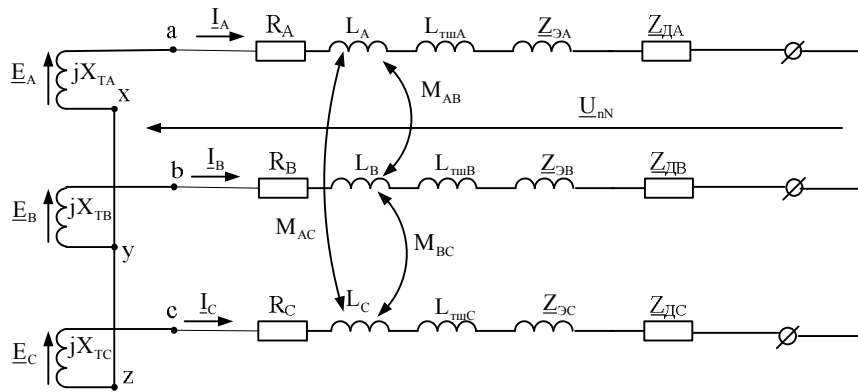


Рис. 1. Схема замещения короткой сети по схеме «звезда на электродах».

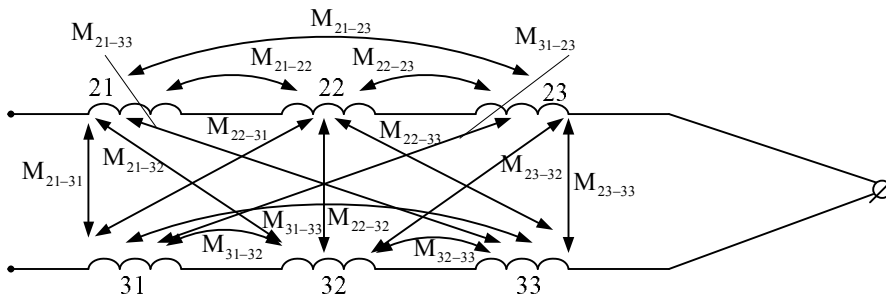


Рис. 2. Взаимные индуктивности между участками короткой сети

Каждую ветвь короткой сети можно условно разбить на 3 участка. Два прямолинейных и один, представляющий дугу окружности. Схема замещения представлена на рис. 2 для второй и третьей ветвей. Участки 11, 13, 21, 23, 31, 33 прямолинейны, а 12, 22, 32, изогнуты по дуге окружности.

Взаимные индуктивности рассчитываются по формуле

$$M_{AB} = -M_{13-21} + M_{11-21} - M_{11-23} + M_{11-22} + M_{12-21} + M_{12-22} + M_{12-23} + M_{13-22} + M_{13-23}.$$

где M_{21-23} – взаимная индуктивность между участками 21 и 23 ветви.

Аналогичным образом определяются M_{BC} и M_{AC} .

Применяя метод симметричных составляющих и учитывая (1), определяются [3]

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{11} &= \underline{U}_1 / \underline{I}_1 = \frac{1}{3}(\underline{Z}_A + \underline{Z}_B + \underline{Z}_C) - \frac{1}{3} \cdot (\underline{Z}_{AB} + \underline{Z}_{AC} + \underline{Z}_{BC}); \\ \underline{Z}_{21} &= \underline{U}_2 / \underline{I}_1 = \frac{1}{3}(\underline{Z}_A + a \cdot \underline{Z}_B + a^2 \cdot \underline{Z}_C) + \frac{2}{3} \cdot (\underline{Z}_{AB} \cdot a^2 + \underline{Z}_{AC} \cdot a + \underline{Z}_{BC}); \\ \underline{Z}_{12} &= \underline{U}_1 / \underline{I}_2 = \frac{1}{3}(\underline{Z}_A + a^2 \cdot \underline{Z}_B + a \cdot \underline{Z}_C) + \frac{2}{3} \cdot (\underline{Z}_{AB} \cdot a + \underline{Z}_{AC} \cdot a^2 + \underline{Z}_{BC}). \end{aligned} \quad (2)$$

где фазные и взаимные сопротивления участков печного контура определяются по формулам

$$\begin{aligned} \underline{Z}_A &= jX_{ТА} + R_A + j\omega L_A + j\omega L_{тшA} + \underline{Z}_{эA} + \underline{Z}_{дA}; \quad \underline{Z}_{AB} = j\omega \cdot M_{AB}; \\ \underline{Z}_B &= jX_{ТВ} + R_B + j\omega L_B + j\omega L_{тшB} + \underline{Z}_{эB} + \underline{Z}_{дB}; \quad \underline{Z}_{BC} = j\omega \cdot M_{BC}; \\ \underline{Z}_C &= jX_{ТС} + R_C + j\omega L_C + j\omega L_{тшC} + \underline{Z}_{эC} + \underline{Z}_{дC}; \quad \underline{Z}_{AC} = j\omega \cdot M_{AC}. \end{aligned}$$

Проведенные исследования показывают, что $Z_{22} = Z_{11}$, а $Z_{21} \neq Z_{12}$, учитывая это, получим следующие выражения

$$\underline{U}_1 = I_1 \cdot Z_{11} + I_2 \cdot Z_{12}; \quad \underline{U}_2 = I_2 \cdot Z_{22} + I_1 \cdot Z_{21},$$

где I_1, U_1 токи и напряжения прямой, а I_2, U_2 обратной последовательности

Аналогичные зависимости определены и для других типов коротких сетей ДСП переменного тока. Используя полученные выражения, можно оценить несимметрию по обратной последовательности, возникающую в системе электроснабжения при работе ДСП по выражениям аналогичным приведенным в ГОСТе 13109-97

$$\alpha_{U_2} = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} = \frac{I_2 \cdot Z_{11} + I_1 \cdot Z_{21}}{I_1 \cdot Z_{11} + I_2 \cdot Z_{12}} = \frac{I_2 + I_1 \cdot Z_{21}/Z_{11}}{I_1 + I_2 \cdot Z_{12}/Z_{11}}.$$

Таким образом, применяя предложенный подход можно оценить как качество электрической энергии в отношении несимметрии по обратной последовательности в системе электроснабжения при функционировании дуговой сталеплавильной печи, так и определить параметры режима необходимые для разработки новых принципов регулирования, а также способов и средств симметрирования электрического режима работы и повышения энергетической эффективности дуговой сталеплавильной печи, что позволит повысить коэффициент мощности и электрический КПД электропечной установки. В результате уменьшится удельный расход электроэнергии.

Литература

1. Бош, В.И. Особенности систем электроснабжения сталеплавильных производств [Текст]: монография / В.И. Бош, Е.П. Зацепин. – Липецк: ЛГТУ, 2006. – 152 с.
2. Данцис, Я.Б. Короткие сети и электрические параметры дуговых электропечей: справочник [Текст] / Я.Б. Данцис, Г.М. Жилов. – М.: Металлургия, 1987. – 320 с.
3. Лосев, С.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем [Текст] / С.Б. Лосев, А.Б. Чернин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 528с.

Зацепин Евгений Петрович, доцент, к.т.н., ФГБОУ ВПО ЛГТУ, доцент каф. электрооборудования, г. Липецк, ул. Московская д. 30., т. 8 (4742) 32 80 49, e-mail: ezats@mail.ru.

Куратто Павел Валерьевич, магистрант каф. электрооборудования ФГБОУ ВПО ЛГТУ, г. Липецк, ул. Московская д. 30, т. 8 (4742) 32 80 49, e-mail: 38pervoemayay@mail.ru.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА В ЭНЕРГОАУДИТЕ

Пичугин И. Л.

Россия, Москва, НИУ ГОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

В статье обобщена и усовершенствована структура этапов энергоаудита.

The article generalized the structure and improved steps of energy audit.

Актуальность энергосбережения рассмотрена на примере теплоснабжения в ЖКХ.

Тепловые сети в России имеют протяженность 184 тыс.км, из которых 34 тыс.км нуждаются в срочной замене.[1] Средний износ сетевого хозяйства в системах теплоснабжения превышает 65%. С утечками теплоносителя ежегодно теряется более 0,25 км³ сетевой воды. 82% общей протяженности тепловых сетей требуют капитального ремонта или полной замены. В результате потери энергии значительно превышают нормативы и составляют 35-40% против 16% по нормативу. Во многих странах Западной Европы с развитыми системами теплоснабжения потери в тепловых сетях составляет от 2 до 10%). Изношенность оборудования котельных и низкое качество его эксплуатации приводят к завышенному потреблению электрической энергии на сумму более 13 млрд.кВт.ч в год.

Потенциал экономии тепловой энергии за счет снижения сверхнормативных потерь в сетях составляет порядка 250 млн. Гкал. Для производства такого количества тепла ежегодно требуется 50 млн. т.у.т., включая 16 млрд. м³ газа. Эквивалентное снижение потребности в мощности систем теплоснабжения за счет этого составляет 100 тыс. Гкал/час. Это в 2,5 раза выше подключенных тепловых нагрузок в г.Москве.

Приведенная статистика подтверждает актуальность проблемы энергосбережения в теплоснабжении ЖКХ. Для разработки комплекса энергосберегающих мероприятий необходимо проведение энергоаудита. В настоящее время нет единого мнения по вопросу этапизации энергоаудита.

Анализируя различные исследования в области энергоаудита, можно выделить несколько подходов относительно этапов проведения энергетических обследований. Большинство авторов [2] сходятся во мнении о нескольких этапах: 1) предварительный, 2) первичный энергоаудит, 3) полный энергоресурсаудит, 4) постаудиторская деятельность.

Общеввропейским стандартом ISO 19011 предусмотрены несколько отличающиеся этапы аудита [3]. Первым этапом является инициирование аудита, в котором устанавливаются цели и задачи проекта, выбирается рабочая группа аудита, устанавливаются методологические основы аудита и контакт с проверяемой организацией. Вторым этапом – это подготовка аудита. На этом этапе разрабатывается план аудита, распределяются рабочие задания в группе аудита, подготавливаются рабочие документы. На третьем этапе осуществляется обзорный анализ документации, сбор и обработка информации, получение наблюдений аудита, подготовка заключений по результатам аудита. Подготовка отчета и рассылка результатов работ, постаудиторская деятельность - заключительный этап аудита.

На наш взгляд, очень важным является обязательное включение организация непрерывного мониторинга, который позволит в дальнейшем проводить более углубленные энергетические обследования наиболее перспективных систем в энергосберегающем плане, расширит возможности изучения и анализа достигнутых результатов, послужит основой для дальнейшего развития комплекса мер по энергосбережению и станет ключом к энергетическому сервису. Кроме того мониторинг должен предлагаться в качестве одного из энергосберегающих мероприятий в энергетическом паспорте и являться основой дальнейшего энергосервиса.

На основании проведенного анализа нами разработана следующая структуризация энергоаудита (рисунок 1), включающая в себя в качестве заключительного этапа проведение непрерывного мониторинга.

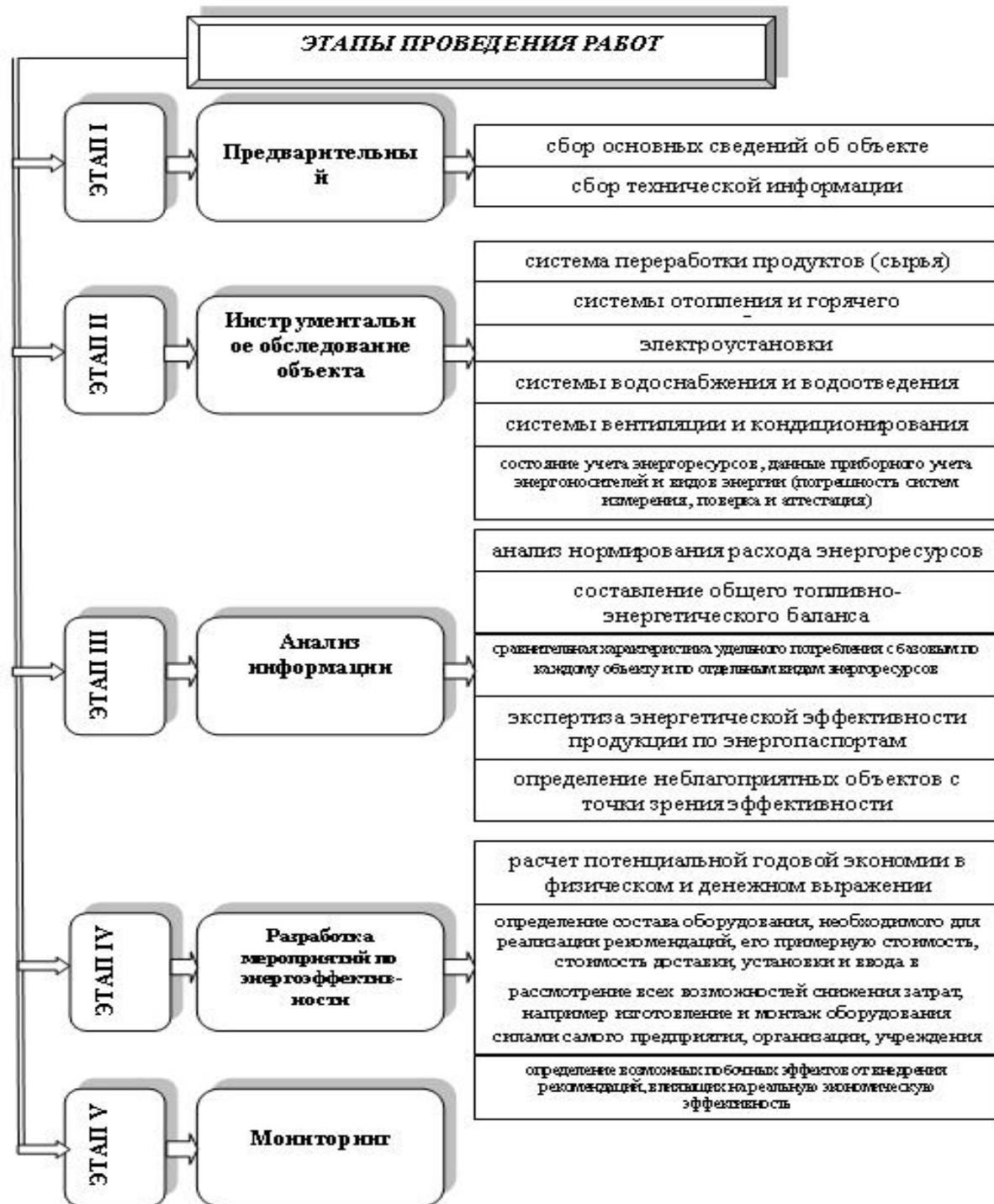


Рисунок 1 – Структура этапов энергетического обследования

Литература

1. Чернышов, Л.Н. Обоснование концепции энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве/ Л.Н. Чернышов, И.Л. Пичугин // Строительство и реконструкция.-2010.-№6 (32).
2. Чернышов, Л.Н. Основы энергоресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере.-Иркутск.-2008
3. International standart ISO 19011

Пичугин Игорь Леонидович, аспирант кафедры НЭОБ НИУ ГОУ ВПО МГСУ, sliceofpie@yandex.ru, т. 8 985 185 61 99

СЕКЦИЯ № 4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Руководители:

Степанов Юрий Сергеевич, д.т.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, директор НОЦ нанотехнологий ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел;

Киричек Андрей Викторович, д.т.н., проф., зав. каф. ТМиКТИ» ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел.

УДК 621.165

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Кляйнрок И. Ю.

Россия, Екатеринбург, УрФУ

Приведены результаты расчётного исследования температурного и термонапряжённого состояния корпуса цилиндра высокого давления теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0 ЗАО «УТЗ» на номинальном режиме работы. Определены зоны, характеризующиеся максимальными температурными напряжениями.

The results of thermal stress state investigation of steam turbine T-53/67-8,0 high-pressure cylinder at the nominal operating conditions are presented in the article. Zones with maximal thermal stresses were determined.

Известно [1], что наиболее неблагоприятными режимами работы паровой турбины с точки зрения возникновения недопустимых температурных напряжений и снижения ресурса её корпуса являются пусковые режимы. Кроме этого на ресурс корпуса паровой турбины оказывают влияние температурные напряжения, вызванные изменениями мощности паровой турбины в процессе её эксплуатации, а также стационарные напряжения на установившихся режимах работы. Поэтому для расчётов фактической выработки ресурса и решения вопроса об его продлении целесообразно проводить численное моделирование температурного и термонапряжённого состояния корпуса для всех эксплуатационных режимов работы паровой турбины.

Исследование температурного и термонапряжённого состояния корпуса цилиндра высокого давления (ЦВД) теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0 ЗАО «УТЗ» (УТЗ) при пусковых режимах работы подробно рассмотрено в [2]. В настоящей статье представлены результаты аналогичного исследования для данного корпуса на номинальном режиме работы.

Исследование термонапряжённого состояния корпуса паровой турбины представляет собой весьма сложную задачу, так как его температурное поле имеет значительную неравномерность в радиальном, окружном и осевом направлениях. Данное обстоятельство объясняется: сложной геометрической формой корпуса; наличием паропроводов, лап, крепежа, изоляции; различными температурами пара и коэффициентами теплоотдачи в камерах по длине цилиндра.

Для упрощения задачи определения трехмерного температурного поля обычно рекомендуется разбивать данную задачу на несколько подзадач в одно- и двухмерной

постановке [1]. Одно- и двухмерные модели являются достаточно экономичными с точки зрения затрат вычислительных ресурсов, и могут быть реализованы на обычных персональных компьютерах. Исследования, представленные в [3], показывают, что в качестве одной из таких моделей может быть принята двухмерная осесимметричная модель продольного сечения стенки корпуса ЦВД.

Термонапряжённое состояние корпуса ЦВД рассчитывалось методом конечных элементов в САЕ-пакете ANSYS [4], используя междисциплинарный последовательный анализ (стационарный анализ теплового состояния→статический анализ напряженно-деформированного состояния (НДС)).

Исходными размерами для построения геометрической модели корпуса ЦВД турбины Т-53/67-8,0 приняты размеры элементов конструкции корпуса из чертежей УТЗ.

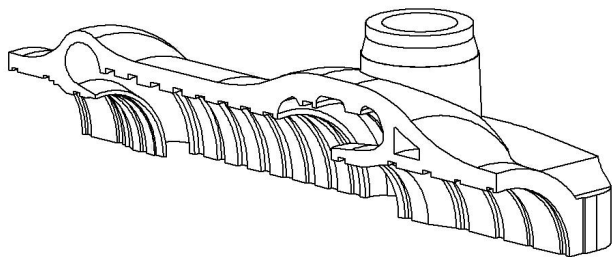


Рис.1. Корпус ЦВД теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0

Корпус ЦВД – одностенный литой, выполнен из отливки стали 15Х1М1ФЛ (см. рис. 1). Для установки первой обоймы переднего концевого уплотнения (ПКУ) и образования камеры отсоса пара после первого отсека переднего концевого уплотнения в корпус вваривались Г-образные полукольца, к которым приваривался козырёк.

Двухмерная осесимметричная модель максимально приближена к реальной геометрии корпуса в САД-пакете КОМПАС и импортирована в ANSYS в символьном формате данных ACIS. Данный формат файлов позволяет полноценно переносить параметры геометрической модели в ANSYS.

Для решения тепловой задачи выбран элемент PLANE 77. Данный элемент определяется восьмью степенями свободы и температурой в каждом узле и может быть использован в качестве осесимметричного элемента. При переходе на структурную задачу автоматически выбирается элемент PLANE 82. Данный элемент используется в качестве осесимметричного элемента двухмерного моделирования конструкций с объёмным НДС. Элемент определяется восьмью узлами, имеющими две степени свободы в каждом узле: перемещения в направлении осей X и Y узловой системы координат, и имеет такие свойства, как пластичность, ползучесть, увеличение жесткости при наличии нагрузок, большие перемещения и деформации

Механические и теплофизические свойства стали задавались в соответствии с [5]. При задании характеристик металла считаем его изотропным и линейно-упругим.

Для формирования условий теплообмена, средствами конечноэлементного комплекса ANSYS, на поверхности модели корпуса накладывались граничные условия III рода (коэффициенты теплоотдачи и температуры пара) соответствующие номинальному режиму работы паровой турбины.

Температуры пара, омывающие поверхности корпуса, определялись на основе заводского расчета турбины на номинальный режим работы и представлены в таб. 1.

Коэффициенты теплоотдачи на различных поверхностях ротора рассчитывались по критериальным уравнениям [6]. При расчете предполагалось наличие идеальной изоляции на наружных поверхностях корпуса, то есть коэффициенты теплоотдачи на изолированной поверхности принимались равными нулю.

Таблица 1. Параметры свежего пара по ступеням ЦВД теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0

Наименование	Наименование величин	Сводные данные по ступеням ЦВД								
пара	Расход через	11,8	209,9							
	Давление									
	Температ									

Температурное поле корпуса ЦВД на номинальном режиме работы теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0 представлено на рис. 2.

Из рисунка видно, что в корпусе ЦВД имеется значительная неравномерность температурного поля в осевом направлении, однако, область паровпуска прогрета достаточно равномерно. Также можно отметить отсутствие градиентов температур по толщине стенки корпуса (разности температур по толщине стени равны нулю практически для всех сечений).

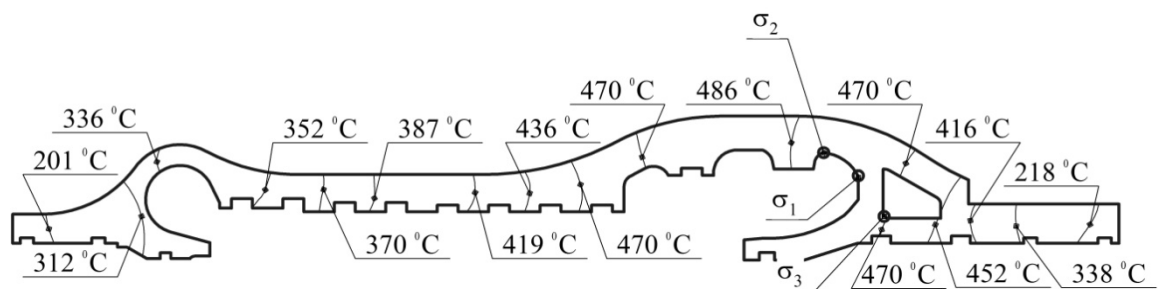


Рис. 2. Температурное поле корпуса ЦВД на номинальном режиме работы паровой турбины

При задании краевых условий задачи моделирования термонапряжённого состояния корпуса, в качестве объемной нагрузки задавалось рассчитанное температурное поле и ограничения на перемещения по осям X, Y в зоне горизонтального разъёма корпуса.

Для учёта всех компонентов поля напряжений (нормальных и касательных) в анализе было использовано эквивалентное напряжение по Мизесу (von Mises stress). Напряжение по Мизесу характеризует общее напряженное состояние в точке модели.

Расчет температурных напряжений при статической нагрузке (установившемся температурном поле) номинального режима работы паровой турбины показал, что максимальные температурные напряжения в корпусе ЦВД возникают в зоне приварки Г-образных полуколец и составляют $\sigma_1=118$ МПа. Также высокий уровень температурных напряжений отмечен в зоне радиусного перехода стенки корпуса ($\sigma_2=110$ МПа) и в изгибе полукольца в камере отсоса пара после первого отсека ПКУ ($\sigma_3=96$ МПа).

Анализ полученных результатов показал, что на номинальном режиме работы теплофикационной паровой турбины Т-53/67-8,0 в корпусе ЦВД не возникает температурных напряжений, превышающих предел текучести стали 15Х1М1ФЛ, равный $\sigma_{0,2}=240$ МПа. Наиболее “критической” зоной с точки зрения возникновения максимальных температурных напряжений является зона приварки Г-образных полуколец к корпусу турбины.

Полученные, таким образом, результаты могут быть использованы при расчёте фактической выработки ресурса корпуса ЦВД.

Литература

1. Плоткин Е.Р., Лейзерович А.Ш. Пусковые режимы паровых турбин энергоблоков. – М.: Энергия, 1980. – 192 с.
2. Кляйнрок И.Ю., Голошумова В.Н., Бродов Ю.М. Исследование термонапряженного состояния корпуса ЦВД паровой турбины Т-53/67-8,0 ЗАО “УТЗ” для ПГУ-230 // Надежность и безопасность энергетики. – 2011. – № 3. – С. 65-69.

3. Кляйнрок И.Ю., Голошумова В.Н., Бродов Ю.М. Выбор геометрической модели при исследовании теплового состояния корпусов паровых турбин // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции “Повышение эффективности энергетического оборудования”. – Иваново: ГОУ ВПО Ивановский государственный Энергетический университет, – 2011. – С. 94-97.

4. Басов К.А. ANSYS: Справочник пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

5. Масленков С.Б., Масленкова Е.А. Стали и сплавы для высоких температур: Справ. изд. в 2-х кн. Кн. 1. – М.: Металлургия, 1991. – 383 с.

6. Зысина-Моложён Л.М., Зысин Л.В., Поляк М.П. Теплообмен в турбомашинках. – Л.: Машиностроение, 1974. – 335 с.

Кляйнрок Иван Юрьевич, аспирант ФГАОУ ВПО “Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина”, Екатеринбург, 620014, Маршала Жукова 11-78, uralturbine@gmail.com, т. +79126424543.

УДК 621.923.4

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ЗА СЧЕТ СООБЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТУ

Заброда О.С., Василенко Ю.В.

Россия, г. Орел, ФГОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Авторами статьи рассматриваются вопросы снижения энергоемкости процесса плоского шлифования за счет усложнения кинематики обработки.

The authors of the article deals with the reduction of energy consumption flat grinding process due to complexity of the kinematics of treatment.

Основным недостатком процесса шлифования является его высокая энергоемкость, что приводит к значительным погрешностям обработки и возникновению температурных дефектов на обрабатываемых поверхностях. Существуют различные технологические приемы снижения энергоемкости обработки при шлифовании, связанные главным образом с уменьшением интенсивности трения связки круга с обрабатываемым материалом.

Одним из путей снижения энергоемкости процесса плоского шлифования является усложнение кинематики процесса шлифования [1]:

- сообщением поперечных (осевых) колебаний инструменту;
- сообщением поперечных колебаний заготовке.

Сообщение поперечных колебаний инструменту имеет ряд преимуществ: повышение производительности обработки независимости от размера и массы заготовки; повышение эффективности гидроочистки рабочей поверхности абразивного круга при использовании СОТС, что способствует снижению силы шлифования и контактной температуры в зоне обработки.

Для обоснованной оценки возможностей данного способа необходимо провести динамический анализ шпиндельного узла, который включает в себя исследование виброустойчивости подшипников.

При реализации процесса сообщения поперечных колебаний инструменту для получения изотропного микрорельефа и высокого качества поверхности, необходимо задавать частоту вибраций в пределах от 3000 до 22000 Гц. Увеличение частот

колебаний оказывает существенное влияние на виброустойчивость гидродинамических подшипников и на их функционирование в целом.

Вибрационная устойчивость, как способность подшипников работать в нужном диапазоне вибраций, является определяющим критерием работоспособности станка. Действительно, увеличение уровня интенсивности вибраций приводит к повышению напряжений в подшипниках и, как следствие, снижению запаса прочности. Сообщение колебаний высокой частоты ведет к потере устойчивости, заложенной в самой природе гидродинамической смазки и может привести к росту амплитуд до величины радиального зазора [6].

Виброустойчивость подшипников зависит от гидродинамического режима смазки. Формирование этого режима происходит следующим образом. Жидкость вследствие маслянистости прилипает к твердым поверхностям и нагнетается в конфузorno-диффузорный зазор, образованный втулкой подшипника и валом. Этот процесс в определенной мере можно сравнить с насосным эффектом. При относительном сдвиге слоев смазки, согласно гипотезе Ньютона, вдоль смазочного слоя развивается градиент давлений [2].

Давление в конфузornoй части зазора возрастает, т.е. градиент давления положительный, а в диффузорной части смазочного слоя уменьшается. При этом наибольшее давление формируется в зоне минимального зазора. Возрастание гидродинамических давлений в связи с наложением поперечных колебаний приводит к уменьшению эксцентриситета и степени сужения зазора, что в свою очередь является причиной снижения уровня давлений. Таким образом, при жидкостном режиме смазки подшипники имеют высокие эксплуатационные характеристики. Поэтому возникает необходимость создания требуемого гидродинамического режима смазки, который бы обеспечивал виброустойчивость подшипников при сообщении осевых колебаний инструменту.

Применение современных средств проектирования в виде программных комплексов, основанных на математических моделях и эффективных вычислительных методах, требуют углубленного знания физики смазочных процессов. Поэтому основной расчет гидродинамического режима смазки подшипников основывается на том, что несущий смазочный слой должен передавать нагрузку на корпус агрегата, а его толщина при этом должна быть больше минимальной величины. Такой режим работы обеспечивает максимальную износостойкость.

Реализация гидродинамического режима смазки предполагает выполнение следующих необходимых условий:

- 1) наличие вязкостных свойств смазочного материала и смачиваемости поверхностей;
- 2) относительное движение опорных поверхностей;
- 3) отсутствие или минимальное скольжение смазочного материала по образующим несущий слой поверхностям;
- 4) наличие щелевого зазора.

Таким образом, разработка адекватной математической и программной модели гидродинамического режима смазки подшипников шпинделя шлифовального станка 3E711BФ1 при сообщении поперечных колебаний инструменту требует использования системного подхода для реализации экспериментальной части исследования.

Литература

1. Василенко, Ю.В. Способ плоского шлифования с наложением осевых колебаний на шпиндель станка / [Текст] / Ю.В. Василенко, О.С. Забрoда // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. - №2/3(280). - 2010. – с. 23 – 26.

2. Савин, Л.А. Моделирование роторных систем с опорами жидкостного трения: монография [Текст] / Л.А. Савин, О.В. Соломин. – М.: Машиностроение – 1, 2006. – 444с.

Василенко Юрий Валерьевич, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел.
Декан ФТиКТИ, Тел. (4862) 541419, E-mail: asis@ostu.ru

Заброда Олеся Сергеевна, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», г. Орел.
Аспирант, Тел. (4862) 541419, E-mail: olesya_zabroda@mail.ru

УДК 621.9

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ
СВЕРХЗВУКОВОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СТРУЕЙ
С НАЛОЖЕНИЕМ НАПРАВЛЕННОГО ВИБРАЦИОННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ ВДОЛЬ ЛИНИИ РЕЗА**

Степанов Ю.С., Барсуков Г.В., Алюшин Е.Г.
Россия, г. Орел, ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

Авторами статьи проведено моделирование влияния частоты направленной вибрации материала при различных амплитудах колебания на производительность гидроабразивного резания.

The authors modeled the influence of the frequency of vibration of the material aimed at different amplitudes of the vibrations on the performance of abrasive waterjet cutting.

Попытки использования энергии вибрационного воздействия для интенсификации процессов механической обработки известны с конца 30х годов XX века. Характерной особенностью современного состояния физики и техники вибрации является многообразие её применения, охватывающее широкий частотный диапазон, с использованием модуляции колебаний по амплитуде, частоте и фазе.

Тенденция стремления к более прогрессивным методам механической обработки становится актуальнее из года в год. Исследуя процесс гидроабразивного резания, возникла гипотеза о повышении производительности и увеличении качества реза путём наложения направленного вибрационного воздействия вдоль линии реза. Вибрационное воздействие вдоль линии реза должно существенно усилить режущие свойства струи, так как возникнет микроимпульсность абразивного врезания, а, следовательно, и зонность теоретически аппроксимированного профиля следа струи в материале. Таким образом, будет формироваться микроступенчатость врезания гидроабразивной струи в материал, что позволит сохранить исходно высокий импульс врезания в момент разряжения вибрационного воздействия между жидкостно-абразивной струей и материалом. Характер и интенсивность вибрации является определяющим фактором при данном воздействии.

Авторами произведен теоретико-аналитический расчет параметров направленного вибрационного воздействия на разрезаемый материал, который необходим для определения параметров вибрационного стола и его конструктивных особенностей.

Упругие колебания описаны волновым уравнением, общим для всех частот [1]:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}. \quad (1)$$

В сокращённом виде:

$$\Delta W = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}, \quad (2)$$

где Δ - оператор Лапласа;

W -изменение колеблющейся величины во времени.

$$W = A \cdot \sin \frac{2\pi}{T} \left(\tau - \frac{x}{c} \right), \quad (3)$$

где τ - время, с;

A – амплитуда волны;

T - время, за которое совершается полный цикл колебаний;

x, y, z – координаты источника синусоидальных колебаний, м;

x – направление распространения волн;

c – скорость звука в среде распространения, м/с.

На рис. 1 приведены результаты расчета эффективной частоты направленной вибрации при варьировании амплитуды колебаний.

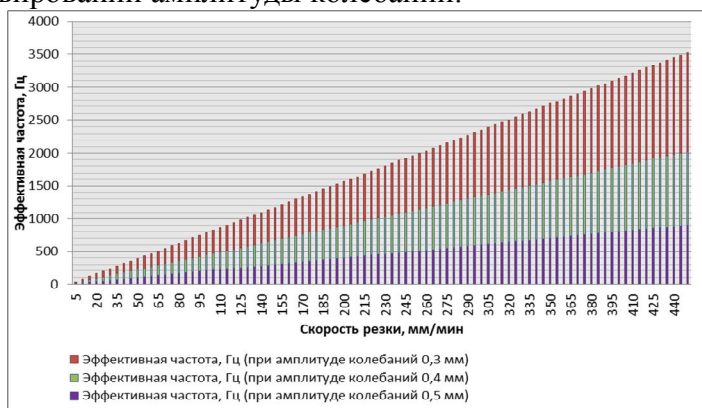


Рис. 1. Диаграмма зависимости скорости подачи гидроабразивной струи от накладываемой частоты направленной вибрации материала при различных амплитудах колебания

Результаты расчётов позволяют сделать вывод о том, что эффективная частота вибрационного воздействия нарезаемый материал гидроабразивной струей находится в киллогерцовом диапазоне возможных частот вибрации. Установлено, что чем больше скорость гидроабразивной струи в нарезаемом материале, тем меньшей должна быть амплитуда накладываемой вибрации, и тем большей должна быть частота вибрационного воздействия. Полученные результаты необходимо учитывать при проектировании вибропривода и вибростола для гидроабразивного резания.

Литература

1. Киселев, Е.С. Интенсификация процессов механической обработки с использованием энергии ультразвукового поля [Текст]: учебное пособие / Е.С. Киселев. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 186 с.

2. Степанов, Ю.С. Формирование качества поверхностного слоя деталей при резании сверхзвуковой струей жидкости [Текст] / Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков // СТИН. - 2003. - № 10. - С. 15–17.

Степанов Юрий Сергеевич, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел, д.т.н., профессор директор НОЦ «Орелнано», Тел. (4862) 475071, E-mail: stepanov@ostu.ru
Барсуков Геннадий Валерьевич, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел, д.т.н., профессор кафедры ТМиКТИ, Тел. (4862) 419818, E-mail: awj@list.ru
Алюшин Евгений Геннадьевич, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел, Аспирант каф. ТМиКТИ, Тел. (4862) 419818, E-mail: upk@ostu.ru

УДК 621.65.03.037

ГЕРМЕТИЧНЫЙ ЭЛЕКТРОНАСОС ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ АГРЕССИВНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Загрядцкий В.И., Кобяков Е.Т., Свидченко С.Ю., Харитонов Л.Г.
Россия, г. Орел, Госуниверситет – УНПК

Приводится конструкция и дается принцип действия оригинального герметичного электронасоса для перекачки агрессивной жидкости.

The design is given and the principle of operation of the original tight electropump for pumping of aggressive liquid is given.

Герметичные насосы для перекачки агрессивных жидкостей и сжиженных газов широко используются в химической, нефтяной, нефтехимической промышленности, в ядерном производстве и в других областях. Среди них значительное место занимают герметичные центробежные электронасосы.

Электронасосы или выполняются в виде моноблочной конструкции, либо электронасос образован конструктивно независимым центробежным насосом и отдельным двигателем.

Электронасосы получают вращение от двигателя цилиндрической формы исполнения, вследствие чего агрегат, образованный насосом и электродвигателем, отличается значительными осевыми размерами и большой материалоемкостью, что приводит, в конечном счете, к дополнительным энергозатратам.

Использование дискового электродвигателя для центробежных электронасосов, по мнению авторов, является более перспективным; так как они обладают рядом достоинств перед цилиндрическими электродвигателями: минимальная осевая длина; лучшее охлаждение; меньшая материалоемкость; более высокий КПД и т.д.

Центробежный насос имеет корпус с рабочим колесом относительно большого размера. Дисковый электродвигатель имеет увеличенный, по сравнению с цилиндрическим мотором, диаметр и уменьшенную длину. Поэтому его применение приводит к наилучшей компоновке электронасоса, сопровождающейся уменьшением осевой длины агрегата, т.е. к компактности и малогабаритности.

Приводом насоса могут служить как асинхронные, так и синхронные электродвигатели дисковой конструкции. Использование двусторонних торцовых электродвигателей позволяет увеличить мощность насосов до нескольких сот киловатт и более.

Известен [1] дисковый центробежный двигатель-насос, в котором ротор электродвигателя объединен с рабочим колесом насоса. На наш взгляд, эта конструкция не может служить для перекачивания агрессивных жидкостей.

В ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» (г. Орел) разработан герметичный центробежный электронасос [2], лишенный приведенных выше недостатков. В конструкции электронасоса конструктивно совмещены корпус электродвигателя и корпус насоса, образуя единый моноблочный корпус электронасоса.

Корпус электронасоса (рис. 1) выполнен разъемным. Он имеет центральную часть 1, съемную часть 2 и плиту статора 3. Внутри центральной части находится спиральная камера 4, внутри которой размещено рабочее колесо 5. Съемная часть включает в себя рабочее колесо с опорными подшипниками и другими вспомогательными элементами.

На плите 3 статора через посредство опорного диска 6 установлен кольцевой плоский магнитопровод 7 с трехфазной обмоткой возбуждения. Она защищена от возможного попадания агрессивной жидкости экраном 8. Со стороны статора рабочее колесо имеет консольный участок, на котором

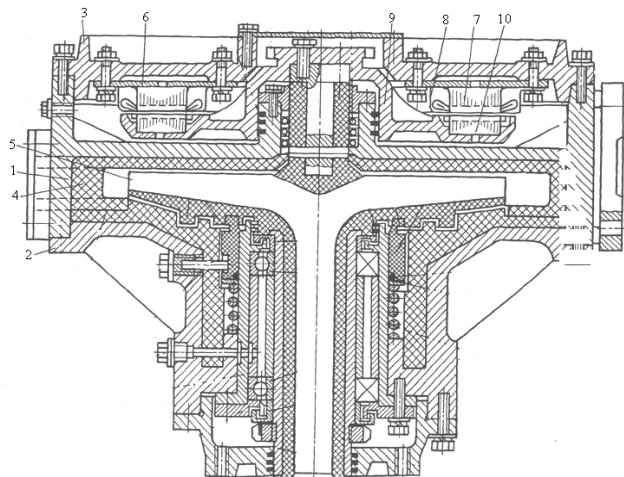


Рис.1

размещается ротор 9. На его диске установлен кольцевой плоский магнитопровод ротора 10 с короткозамкнутой обмоткой.

Рабочее колесо выполнено из материала, химически устойчивого к агрессивной перекачиваемой среде, например, полипропилена или полиамида.

Электронасос со стороны двигателя содержит два вида уплотнительных устройств.

Первое уплотнительное устройство со стороны дискового

электродвигателя включает сальниковое уплотнение, размещенное в кольцевой полости, образованной между поверхностями внутреннего кольцевого выступа стенки корпуса насоса и консольного участка рабочего колеса. Сальник состоит из шайб и мягких набивок из химически устойчивых к агрессивным средам материалов.

Второе уплотнительное устройство образовано из разрезных колец, размещенных в канавках наружной поверхности внутреннего выступа стенки корпуса и контактирующих с внутренней поверхностью ступицы ротора.

Электронасос снабжен также уплотнениями гидравлической полости в съемной части насоса. Лабиринтно-канавочное уплотнение со стороны съемной части корпуса представлены кольцевыми выступами в центральном диске рабочего колеса и соответствующими канавками в накладке из химически устойчивого к перекачиваемой среде материала.

Уплотнительные устройства гидравлических полостей в съемной части корпуса насоса представлены торцовым уплотнением, состоящим из кольцевого подпятника, кольцевой пяты, уплотнительного кольца. Кроме того, имеется радиальное уплотнение из упругих разрезных колец, уложенных в канавки, выполненные на выступе диска рабочего колеса. Назначение других элементов электронасоса ясно из приводимого рисунка.

Центробежный моноблочный электронасос для перекачки агрессивных жидкостей работает следующим образом. Перед пуском электронасоса производится заполнение насоса перекачиваемой жидкостью в соответствии с установленными правилами. После выполнения действий, связанных с заливкой насоса, включают в работу его электродвигатель, подключая обмотку статора к электрической сети. В результате взаимодействия вращающегося магнитного поля на проводники короткозамкнутого ротора, ротор и рабочее колесо приводятся во вращение.

Перекачиваемая жидкость, поступающая по осевому каналу рабочего колеса к его лопастям, выбрасывается в спиральную камеру насоса через напорный патрубок в напорную линию насосной установки.

В процессе работы электронасоса возникают осевые силы двух видов: сила гидростатического давления, направленная в сторону всасывания, и сила электромагнитного притяжения магнитопровода ротора к магнитопроводу статора. Поскольку эти силы, приложенные к рабочему колесу, направлены в разные стороны, на опорные подшипники передается только их разность, что способствует надежности и долговечности электронасоса. Смазка подшипников осуществляется периодически смазочными маслами, подаваемыми в пространство между подшипниками по каналу, выполненному в съемной части корпуса электронасоса с помощью прессмасленки, ввертываемой в резьбовое соединение, закрываемое пробкой.

Конструкция центробежного моноблочного электронасоса имеет небольшие аксиальные размеры и может использоваться для перекачки агрессивных жидкостей с различными свойствами.

Выводы: 1. Задача создания новых типов герметичных электронасосов мирового уровня с дисковыми двигателями является актуальной.

2. Необходимо в этом направлении проводить НИР и ОКР.

Литература

1. Патент РФ №2284426 F04 13/16/ Аксиальный центробежный двигатель – насос / Гайтов Б.Х., Кашин Я.М., Рябухин М.И., Гайтова Г.Б. Опубл. 2005. Бюл. №27

2. Патент РФ №2384743 C1 F04D 13/06, F04D 7/06/ Центробежный моноблочный электронасос для перекачивания агрессивных жидкостей / Загрядцкий В.И., Кобяков Е.Т. Опубл. 2010. Бюл. №8.

Загрядцкий Владимир Иванович, д.т.н., профессор; кафедра «Электрообрудование и энергосбережение» Госуниверситет – УНПК. 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29, тел. (4862)419830.

Свидченко Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент; кафедра «Электрообрудование и энергосбережение» Госуниверситет – УНПК. 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29, тел. (4862)419830.

Харитоновна Людмила Геннадьевна, ст. преподаватель; кафедра «Электрообрудование и энергосбережение» Госуниверситет – УНПК. 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29, тел. (4862)419830.

Кобяков Евгений Тихонович, к.т.н., профессор кафедры «Динамика и прочность машин», Госуниверситет – УНПК, 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29.

УДК 518.3+501

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Пеньков В.Б., Иванов Д. А.
Россия, г. Липецк, ЛПГУ

Метод граничных состояний оценен с позиций ресурсосбережения. В качестве объекта рассмотрено напряженно-деформированное состояние многосвязной пластины, нагруженной по границам полостей. Решение сведено к рутинным вычислениям.

The method of boundary states is estimated from the positions of the resource saving. As the object is considered the stress-strain state of manifold plates, loaded on the limits of the cavities. The solution is reduced to routine calculation.

В машиностроении немалое внимание уделяется прочностным и жесткостным расчетам деталей узлов и механизмов, особенно, если эти детали работают с большими нагрузками и имеют вырезы. Данные расчеты сложны и требуют высоких «энергетических» затрат, снижение которых требует создания новых или развития существующих методов решения краевых задач уравнений математической физики. Наибольшее распространение получили метод конечных элементов, метод граничных элементов, вариационные методы механики и др.

Метод граничных состояний (МГС) является новым, эффективным, компьютерно-ориентированным методом решения краевых задач уравнений математической физики. Он обеспечивает возможность построения решения основных задач механики для тел разнообразных конфигураций простыми средствами.

Эффективность МГС в задачах статики изотропных тел определена рядом присущих методу черт [1]:

1) исходный базис пространства состояний строится для класса топологически эквивалентных тел: ограниченных односвязных, неограниченных односвязных, двусвязных и т.п.;

2) «тело в смысле МГС», под которым понимается ортонормированный базис пространства внутренних состояний, строится однократно, и может использоваться для решения различных краевых задач: первой, второй, основных контактной и смешанной и др.;

3) в случае основных задач «скелет» задачи (матрица коэффициентов бесконечной системы уравнений) представляет собой единичную матрицу, и решение сводится к рутинному вычислению квадратур (ресурсосбережение);

4) граничные условия содержатся в результирующем граничном состоянии, что служит основой проверки адекватности решения;

5) решение имеет аналитическую форму, что позволяет легко проводить анализ.

Рассмотрим изотропную пластинку. По краю пластинки равномерно распределены усилия. Формулы комплексного представления Г.В. Колосова – Н.И. Мусхелишвили [2] дают общее решение плоской задачи:

$$\begin{aligned} 2G(u + iv) &= \kappa\varphi(z) - z\overline{\varphi'(z)} - \overline{\psi(z)} \\ \sigma_x + \sigma_y &= 4\operatorname{Re}\varphi'(z) \\ \sigma_y - \sigma_x + 2i\sigma_{xy} &= 2[\bar{z}\varphi''(z) + \psi'(z)], \end{aligned} \quad (1)$$

где $z = x + iy$ – комплексная переменная; $\varphi(z), \psi(z)$ – функции Колосова – Мусхелишвили; G – модуль сдвига; $\kappa = (3 - \mu)/(1 + \mu)$; u, v – компоненты вектора перемещений; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_{xy}$ – компоненты тензора напряжений; функции $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ – аналитические по своим переменным, μ – коэффициент Пуассона.

Пусть на внутреннем контуре многосвязной области определен главный вектор приложенных сил (рис. 1).

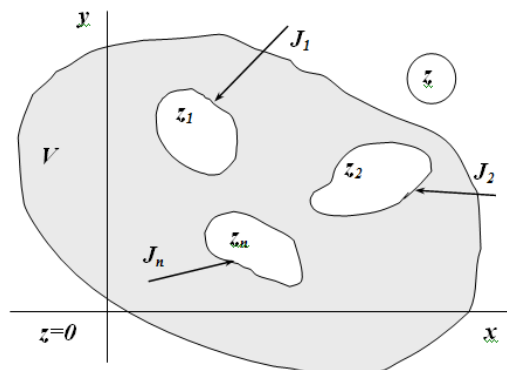


Рис. 1. Многосвязная область

В этом случае представление для функций $\varphi(z)$ и $\psi(z)$ таково [2]:

$$\begin{aligned} \varphi(z) &= -\frac{1}{2\pi(1+k)} \sum_{n=1}^n (X_n + iY_n) \ln(z - z_n) + \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_j z^j; \\ \psi(z) &= -\frac{k}{2\pi(1+k)} \sum_{n=1}^n (X_n - iY_n) \ln(z - z_n) + \sum_{j=-\infty}^{\infty} a_j z^j, \end{aligned} \quad (2)$$

где X_n и Y_n – составляющие главного вектора внешних усилий, действующих на внутреннем контуре n -ого отверстия.

Внутреннее состояние определяется наборами компонент вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений. Базисный набор пространства внутренних состояний можно конструировать в соответствии с (1), генерируя возможные варианты для аналитических функций. Для многосвязной области они имеют вид:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \varphi(z) \\ \psi(z) \end{pmatrix} \in & \left\{ \begin{pmatrix} z^1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ z^1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} iz^1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ iz^1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} (z-z_1)^{-1} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ (z-z_1)^{-1} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} i(z-z_1)^{-1} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ i(z-z_1)^{-1} \end{pmatrix}, \right. \\ & \left. \dots, \begin{pmatrix} (z-z_n)^{-k} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ (z-z_n)^{-k} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} i(z-z_n)^{-k} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ i(z-z_n)^{-k} \end{pmatrix}, \dots \right\}, n = 1, 2, \dots \end{aligned}$$

Дальнейший ход построения решения аналогичен тому, что и для односвязной области и подробно описан [3].

Решение основных задач проводилось для тела круговой формы с круговыми же вырезами (рис. 2). Использовалась безразмерная форма определяющих соотношений. На рис. 3 приведены изолинии различных компонент напряженно-деформируемого состояния пластинки, находящейся в обобщенном плоско-напряженном состоянии.

Разработанные программные алгоритмы в системе Wolfram Mathematica позволяют проводить решение для тел с различной геометрией границы и вырезов с высокой точностью (10^{-6} и выше). Точность решения определяется количеством используемых элементов базиса.

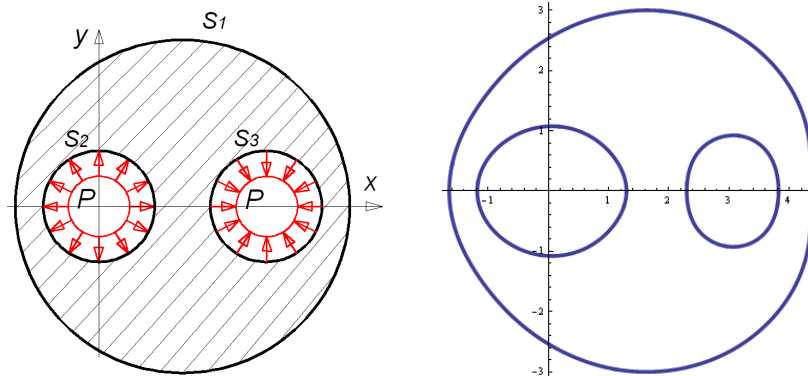


Рис. 2. Нагружение тела (слева) и контур деформированного тела (справа)

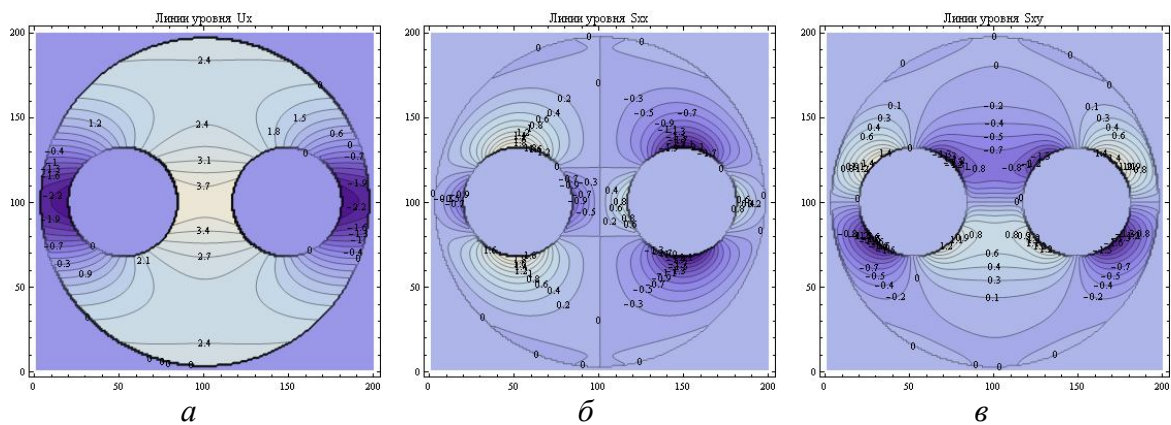


Рис. 3. Изолинии компонент: *a* – вектора перемещения u , *б* – компонента напряжения σ_{xx} , *в* – компонента напряжения σ_{xy}

Построение математической модели технологических процессов существенно повышает точность инженерных расчетов и уменьшает затраты времени на подготовку производства. Направленное варьирование параметров геометрии и нагружения позволяет добиваться оптимальных показателей технологического процесса или прочностных свойств деталей.

Литература

1. Пеньков В.Б., Пеньков В.В. Метод граничных состояний для решения задач линейной механики // Дальневосточный математический журнал. – 2001. – Т.2, №2. – С.115-137.
2. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 707 с.
3. Иванычев Д.А. Решение плоских задач анизотропной упругости методом граничных состояний // Вестник высших учебных заведений Черноземья. Научно-технический и производственный журнал. – Липецк: ЛГТУ. – №2 (20) – 2010. – С.31–35.

Пеньков Виктор Борисович, д.ф.-м.н, профессор. ЛипецкийГТУ, почтовый адрес: 398035,г. Липецк, ул. Звездная, д.13, кв.41. Тел. 8-920-240-36-19. E-mail: vbpenkov@mail.ru

Иванычев Дмитрий Алексеевич, к.ф.-м.н, доцент. ЛипецкийГТУ, почтовый адрес: 398020, г. Липецк, ул. Шкатова, д.4, кв.53, тел. 8-950-803-27-96, e-mail: Lsivdmal@mail.ru

УДК 692.001

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ И РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Степанов Ю.С., Белкин Е.А., Поярков В.Н.

Россия, г. Орел

Разработана теория построения трехмерной геометрической модели микрорельефа поверхностного слоя на основе модульно-геометрического принципа. Разработана техническая идея прибора активного контроля над процессом формирования

микрорельефа, принцип действия которого основан на понятии динамической голографии.

According to the authors' concept for calculation components with profile surfaces the methods of tensor analysis are advisable it is important that the surface which has no analytical model from the field of classical differential geometry should be written with the mathematical angle.

Одной из причин, существенно влияющих на информационную полноту аналитического описания микрорельефа поверхности, является применение итерационных и статистических методов, в основе которых отсутствует понятие кривизны поверхности в локальной области заданной точки – вершине модуля – соприкасающегося параболоида, которая оценивается тензором Римана – Кристоффеля.

Так метод статистического описания абразивных поверхностей при помощи теории цепей Маркова позволяет построить только двумерную модель, включающую такты резания вдоль идеализированной линии в направлении резания. Это не позволяет учитывать форму режущих кромок в направлении, перпендикулярном к вектору скорости резания и их положение по отношению к последующим крокам, что необходимо при объяснении процесса съема материала.

Поэтому разработка методов математического моделирования, позволяющих восполнить информационный недостаток в описании микрорельефа поверхности, занимает важное место в теории формообразования.

К основной причине, не позволяющей построить достаточно строгую трехмерную геометрическую модель, адекватную реальному микрорельефу, относят: использование в одномерных моделях микрорельефа совокупность параметров шероховатости R_a , R_z , R_{max} и др. и параметров $\omega_n, \zeta, \gamma_0, \phi_1, \theta_1, \Theta_1$ - в двумерных моделях.

До настоящего времени нет достаточно полных и хорошо обоснованных трехмерных геометрических моделей микрорельефа в математических моделях формообразующей и обработанной поверхности. Таким образом, для структурирования трехмерной геометрической модели микрорельефа следует применять новые научные подходы.

Разработан модульно-геометрический подход математического моделирования микрорельефа поверхности.[1]

Дано теоретическое обоснование модульно-геометрического подхода моделирования микрорельефа. Классификация поверхностей сложной формы с геометрической точки зрения не может иметь научного обоснования. Общие признаки в структуре поверхностей отсутствуют. Поверхность сложной формы структурируется на основе модульного принципа, метод структурирования определяется задачами теории формообразования. Модульно-геометрический метод, который используется для решения этих задач, заключается в аппроксимации локального участка поверхности соприкасающимся параболоидом. Геометрической характеристикой для оценки кривизны локального участка является тензор Римана-Кристоффеля. Аналитическое задание соприкасающегося параболоида как геометрического образа второго порядка соприкосновения с данным локальным участком поверхности определяется из разложения в ряд Тейлора. Ряд Тейлора также определяет геометрические образы более высокого порядка соприкосновения: куболоид, квадролоид и т.д. Кривизна поверхности в точке соприкосновения оценивается углом поворота вектора, перенесенного параллельно самому себе по замкнутому контуру, охватывающему точку соприкосновения и принадлежащему ее локальной области, на соприкасающейся поверхности: параболоиде, куболоиде и т.д. Угол поворота на рассматриваемой поверхности зависит от координат вектора:

$$d_1 x^v d_1 x^\mu \left[2\partial_{[v} \Gamma_{\mu]\lambda}^\chi + 2\Gamma_{[v|\rho] \lambda}^\chi \right] v^\lambda + d_1 x^v d_2 x^\mu d_2 x^\tau \left[\Gamma_{\tau\lambda}^\sigma \partial_\mu \Gamma_{v\sigma}^\chi - \Gamma_{\mu\nu}^\rho \partial_\tau \Gamma_{\rho\lambda}^\chi - \right. \\ \left. - \Gamma_{\mu\nu}^\rho \Gamma_{\rho\sigma}^\chi \Gamma_{\tau\lambda}^\sigma \right] v^\lambda + d_1 x^v d_2 x^\mu d_2 x^\tau d_2 x^\omega \left[-\Gamma_{\mu\nu}^\rho \Gamma_{\tau\lambda}^\sigma \partial_\omega \Gamma_{\rho\sigma}^\chi \right] v^\lambda + \\ + d_1 x^v d_2 x^\mu d_1 x^\tau d_2 x^\omega \left[\Gamma_{\mu\omega}^\rho \Gamma_{\tau\lambda}^\sigma \partial_\nu \Gamma_{\rho\sigma}^\chi \right] v^\lambda,$$

где $\Gamma_{\rho\sigma}^\chi$ - коэффициенты аффинной связности второго рода,

индексы $\nu, \mu, \tau, \omega \dots = 1, 2$; $d_1 x^\nu, d_2 x^\mu$ - дифференциалы координатных векторов.

Этот вектор равен разности двух векторов, полученных в результате параллельного переноса вектора v^λ из вершины инфинитезимального параллелограмма в противоположащую вершину вдоль его сторон, составляющих различные части замкнутого контура. Отсюда следует, что выражения в квадратных скобках есть тензоры. Так,

$$R_{\nu\mu\lambda}^\chi = 2\partial_{[v} \Gamma_{\mu]\lambda}^\chi + 2\Gamma_{[v|\rho] \lambda}^\chi -$$

тензор Римана-Кристоффеля, существенная компонента которого R_{1212} дает угол поворота вектора при параллельном переносе по замкнутому контуру на соприкасающемся параболоиде, ограничивающего локальную область его вершины. Порядок точности определения ковариантного дифференциала, характеризующего изменение координат вектора, не позволяет рассчитать кривизну квадролоида. Геометрическая структура куболоида не исследована. В технических приложениях следует ограничиться аппроксимацией локального участка соприкасающимся параболоидом, так как можно постулировать: кривизна поверхности в точке соприкосновения равна кривизне соприкасающегося параболоида.

Дискретно-определённую поверхность обрабатываемой детали, в общем случае можно аппроксимировать набором модулей, имеющих гладкую «сшивку», каждый из которых представляет собой соприкасающийся параболоид определенного типа.

Установлено, что модульный принцип, применяемый для описания геометрии каркасных дискретно-определённых поверхностей, при абразивной обработке детали, может быть принят за основу для структурирования микрорельефа поверхности.

При построении математической модели, описывающей микрорельеф поверхности, используется модульный принцип структурирования поверхности сложной формы с решением вопросов негладкой «сшивки» отдельных модулей.

Рассмотрение формирования микрорельефа поверхности детали из-за сложности реально протекающих явлений проводится для идеальной модели со следующими допущениями: окружающая среда не оказывает действия на трехмерную геометрическую модель микрорельефа поверхности, химическим, тепловым и динамическим взаимодействием инструмента и детали можно пренебречь.

Получено аналитическое представление для соприкасающегося параболоида через главные кривизны поверхности. Из уравнений для полной и средней кривизны поверхности соприкасающегося параболоида:

$$K = k_1 k_2 = \frac{R_{1221}}{g_{11} g_{22} - g_{12}^2}, \\ H = \frac{1}{2}(k_1 + k_2) = \frac{1}{2} * \frac{B_{11} g_{22} + B_{22} g_{11}}{g_{11} g_{22} - g_{12}^2},$$

где: K – гауссова или полная кривизна поверхности,
 H – средняя кривизна поверхности,
 k_1, k_2 – главные кривизны поверхности,
 g_{11}, g_{12}, g_{22} – компоненты метрического тензора,
 R_{1221} – существенная компонента тензора Римана-Кристоффеля (тензора кривизны).

Из уравнения Гаусса:

$$R_{1221} = B_{11} B_{22},$$

Для точки соприкосновения исследуемой поверхности и соприкасающегося параболоида в приближении:

$$g_{11}g_{22} - g_{12}^2 = 1;$$

$$g_{11} = g_{22} = 1;$$

где данная точка имеет координаты $X=0, Y=0$.

Аналитическое представление для соприкасающегося параболоида:

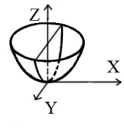
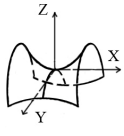
$$Z = 1/2(k_1 X^2 + k_2 Y^2),$$

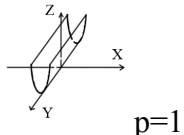
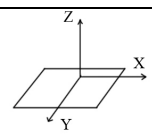
Полученное представление для соприкасающегося параболоида через главные кривизны поверхности является важным результатом, на основе которого сделан численный расчет модульной геометрической модели микрорельефа поверхности.

Определена система критериев для количественной оценки топографии микрорельефа: k_1, k_2 – главные кривизны поверхности, R_z – высота микро неровности. Выдвинута теоретически обоснованная гипотеза об информационной полноте системы критериев топографии микрорельефа.

Геометрическая модель микрорельефа представляет собой совокупность модулей, имеющих негладкую «сшивку» - соприкасающихся параболоидов. Каждый соприкасающийся параболоид может быть представлен, как один из четырех типов, указанных в табл. 1. каждый тип соприкасающегося параболоида имеет соответствующую ориентацию по отношению к оси Z в локальной системе координат XYZ .

Таблица 1 – Типы соприкасающегося параболоида

Тип поверхности	Название	Приведенное уравнение	Вид поверхности	B_{11}	B_{22}
I	Эллиптический параболоид	$2pz = \frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{b^2}$ $a, b \in R; p = \pm 1$	 $p=1$	$\frac{1}{pa^2}$	$\frac{1}{pb^2}$
II	Гиперболический параболоид	$2pz = \frac{X^2}{a^2} - \frac{Y^2}{b^2}$ $a, b \in R; p = \pm 1$	 $p=1$	$\frac{1}{pa^2}$	$-\frac{1}{pb^2}$

III	Параболический цилиндр	$2pz = X^2 / a^2$ $a, b \in R; p = \pm 1$	 $p=1$	$\frac{1}{pa^2}$	0
IV	Плоскость	$z = 0$ $a, b \in R; p = \pm 1$		0	0

Где: $a, b \in R; p = \pm 1; B_{11}, B_{22}$ – коэффициенты второй квадратичной формы.

2. Приборы контроля над процессом формирования микрорельефа

Современные приборы контроля сконструированы таким образом, что регистрирующие устройства фиксируют значения параметров с контурных карт объекта. Контурные карты определяются или с большими погрешностями, или за достаточно большой интервал времени. Осуществить контроль над труднодоступным объектом – абразивным зерном, движущимся в материале детали, не представляется возможным.

Существует один из путей расширения возможностей контролирующих устройств и использования информации полученной с их помощью, для построения трехмерных моделей, применение приборов исследующих голографическое изображение объекта.

Принцип контроля рассматриваемых приборов основан на последних исследованиях процессов получения голографического изображения объекта в оптическом и рентгеновском диапазонах. Приборы этой серии позволяют изучать процессы обработки не в проекции на плоскость, а в пространстве и реализовать способ определения топографии микрорельефа поверхности детали, основанный на модульно-геометрическом подходе [2].

3. Рентгенопрофилограф активного контроля

Задача, на решение которой направлено предлагаемое устройство, состоит в обеспечении возможности осуществления контроля над формированием микро геометрии поверхностного слоя детали в процессе абразивной обработки и исследования механизма процессов, сопутствующих формированию микрорельефа: стирания скола, выкрашивания и вырывания абразивного зерна из связки инструмента, возникновения микроколебаний зерна в связке инструмента, изменения пористой структуры связки инструмента, микростружкообразования, пластического оттеснения и упрочнения обрабатываемого материала единичным зерном и совокупностью зерен и т. д.

Это достигается тем, что в рентгенопрофилографе активного контроля [3], содержащем источник рентгеновского излучения, кристаллический резонатор для получения монохроматического рентгеновского излучения, фокусирующее кристаллические системы – коллиматоры, принцип действия одного из которых основан на восьми лучевой дифракции, кристаллические зеркала, для разделения и изменения направления распространения рентгеновского излучения, регистрирующую среду – кристалл – анализатор для получения интерференции волн, увеличение трехмерной интерференционной картины осуществляется отражательным микроскопом при регистрации голографического изображения исследуемого объекта, а для измерений используется трехмерная матрица, составленная из электронно-оптических преобразователей.

Выводы:

1. Разработан способ определения топографии микрорельефа, позволяющий построить трехмерную геометрическую модель микрорельефа по экспериментальным данным.

2. Дано обоснование возможности прогнозирования разработки приборов пассивного и активного неразрушающего контроля, позволяющих проводить оценку на основе трехмерных геометрических моделей.

3. Осуществлено прогнозирование разработки приборов пассивного и активного неразрушающего контроля над процессом формирования микрорельефа, принцип контроля которых основан на последних исследованиях процессов получения голографического изображения объекта в оптическом и рентгеновском диапазонах.

Литература

1. Степанов Ю. С., Белкин Е. А., Барсуков Г. В. Моделирование микрорельефа абразивного инструмента и поверхности детали. Монография. М.: Изд-во «Машиностроение-1». 2004. 215 с.

2. Патент РФ № 2187070. Способ определения микрогеометрии поверхности детали и абразивного инструмента / Степанов Ю.С., Белкин Е.А., Барсуков Г.В. Заяв. 27.02.2001. Оpubл. 10.08.2002. Бюл. № 22.

3. Патент РФ №280204. Рентгенопрофилограф активного контроля / Белкин Е.А. Заяв. 24.10.2005. Оpubл. 12.02.2007. Бюл.№22.

Степанов Юрий Сергеевич, д.т.н., профессор, директор НОЦ ОрелНано Госуниверситета – УНПК; г.Орел, Наугорское шоссе, 29; yury057@yandex.ru; тел. (4862) 41-32-95.

Белкин Евгений Александрович, д.т.н., с.н.с. Госуниверситета – УНПК; г. Орел, Наугорское шоссе, 29; тел. (4862) 41-32-95.

Поярков Вячеслав Николаевич, к.т.н., генеральный директор; ОАО "Болховский завод полупроводниковых приборов"; 303140, г. Болхов, Орловской обл., ул.К.Маркса, 17 (48640)2-36-65,2-32-94; oaobzpp@list.ru.

СЕКЦИЯ № 5. ЭНЕРГО - И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Руководители:

Никольский Олег Константинович, д.т.н., проф., заслуженный деятель науки РФ, лауреат гос. премии, зав. каф. АлтГТУ им. Ползунова И.И., г. Барнаул

Ефимов Михаил Александрович, к.т.н., проф. ОГАУ, г. Орел

УДК 697.7

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЦ

Никольский О.К., Тайсаева В.Т.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Альтернативные источники энергии (АИЭ) в настоящее время находят широкое применение во всем мире среди развитых стран. Причиной этому являются: острая необходимость снижения выброса парниковых газов от энергетики, что нашло свое подтверждение в Киотских протоколах; обеспечение энергетической безопасности; экономия невозобновляемых энергетических ресурсов. Актуальность использования АИЭ также повышается в связи с мировым ростом цен на энергоносители.

Международные эксперты сходятся во мнении, что доля АИЭ в мировом энергопотреблении будет расти. По подсчетам Управления энергетической информации (EIA) при правительстве США, доля АИЭ к 2030 г. увеличится до 21 % с нынешних 9 % и сравняется с долей использования природного газа в мировом энергопотреблении [1].

Несмотря на огромные потенциальные запасы, в настоящее время альтернативные источники энергии в России используются крайне мало по ряду причин, основными из которых являются следующие.

1. Кажущееся изобилие запасов горючих ископаемых является сдерживающим фактором развития альтернативной энергетики в наших странах.
2. Широкая общественность, деловые круги и правительства испытывают недостаток в надежной информации о доступности и экономической целесообразности АИЭ, поэтому альтернативная энергетика, как правило, представляется слишком дорогой.
3. Развитию АИЭ мешает неблагоприятный инвестиционный климат и недостаточность законодательной базы.

Поэтому на долю использования АИЭ приходится сегодня не более 1 % от общего объема производства электроэнергии в наших странах.

Вместе с тем существует ряд регионов, где по экономическим и экологическим условиям представляется целесообразным приоритетное развитие альтернативной энергетики. Среди них можно выделить:

- зоны децентрализованного энергоснабжения с низкой плотностью населения;
- зоны централизованного энергоснабжения с большим дефицитом мощности и значительными потерями в сельскохозяйственном производстве из-за частых отключений электрической сети;
- города со сложной экологической обстановкой из-за вредных выбросов в атмосферу промышленных предприятий и ТЭЦ;

- зоны с проблемами энергообеспечения фермерских хозяйств и индивидуального жилья.

Человечеству не будет угрожать энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля и урана, если оно освоит технологии использования источников альтернативной энергии и сможет найти оптимальное сочетание применения возобновляемых и истощаемых ресурсов. В этом случае будут решены проблемы загрязнения среды обитания и обеспечения населения экологически чистыми продуктами питания, увеличения продолжительности и качества жизни человека.

Решающими факторами развития альтернативной энергетики, на наш взгляд, должны быть:

- уменьшение зависимости от импорта энергоресурсов (энергетическая безопасность);
- снижение вредного влияния на окружающую среду, в т.ч. сокращение эмиссии парниковых газов (экологическая безопасность);
- стремление сохранить собственные невозобновляемые энергоресурсы для будущих поколений и на случай чрезвычайных обстоятельств.

В арсенале АИЭ особое место занимает солнечная энергетика – область энергетики, связанная с преобразованием солнечной энергии в электрическую и тепловую энергию. Солнечную энергетику можно рассматривать как чистое неисчерпаемое «зеленое» электричество или тепло, которое создается из солнечного света или тепла от солнца.

Наиболее перспективным и экономически целесообразным представляется применение солнечной теплоэнергетики. По данным Международного энергетического агентства (IEA) себестоимость производства этого вида энергии в два раза ниже, чем при использовании солнечной фотоэнергетики.

Мировой опыт развития альтернативной энергетики свидетельствует о настоятельной необходимости ее поддержки со стороны государственных и региональных органов власти.

Суть предлагаемого проекта заключается в создании солнечных теплиц с использованием энергоэффективных технологий, которые обеспечивают производство экологически чистой сельскохозяйственной продукции, снижение потребления органического топлива и кислорода, предотвращение выбросов углекислого газа. Для этого предусмотрено использование специального гелиоэнергетического оборудования, включающего солнечные коллекторы с теплоносителем «вода-воздух», тепловые аккумуляторы с пористой насадкой и гибридные солнечные системы.

Отличие проекта (рисунок 1) от зарубежных аналогов состоит в оптимизации геометрических размеров теплицы, обеспечивающей максимальное поступление солнечной энергии, что позволяет использовать без отопления теплицу в весенне-осенний период года. Кроме того, новое архитектурное решение проекта позволяет совместить ограждающую конструкцию с тепловым аккумулятором, тем самым экономить до 40 % строительных материалов.

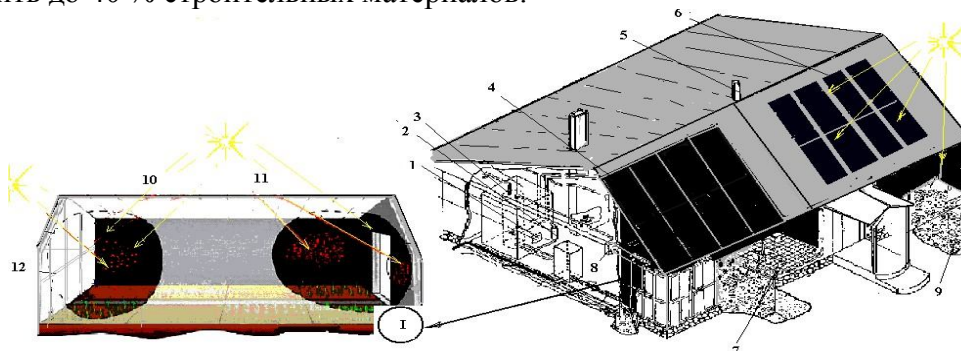


Рис. 1. Общий вид солнечной энергоэффективной теплицы

Разработка «Энергоэффективная солнечная теплица» вошла в число восьми лучших проектов Глобального конкурса инвестиционных исследований по возобновляемой энергетике [3]; автор проекта является первым ученым в России, награжденным призом BlueSky Департамента Промышленности ООН.

Литература

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики. Научное издание.4.1.- М.ФГНУ «Росинформагротех»,2000.-348 с.
2. Тайсаева В.Т. Энергоэффективные технологии жизнеобеспечения с солнечными системами теплоснабжения. В Сб. трудов Международного университета природы, общества и человека «Дубна».-М.:РАЕН, 2007.-287 с.
3. BlueSky Award Certificate Global Top Investment Scenarios to Apply New Technologies for Renewable Energy Utilization, Гонконг (Шеньцзин), окт.2005 г.

Никольский Олег Константинович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул; тел. (3852)36 71 29, e-mail: elnis@inbox.ru

Тайсаева Валентина Табановна, д.т.н., профессор Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, г. Улан-Удэ, тел. (3012)44 62 41, e-mail: solar_en@mail.ru

УДК 537.8 : 681.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО КОМПАКТНЫМИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ

Титов Е.В., Мигалев И.Е.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Приведены результаты измерения параметров электрического поля от энергосберегающих ламп различной мощности. Предложено сочетание экспериментальных исследований и компьютерного моделирования электромагнитных излучений. Представлено компьютерное моделирование электрического поля от энергосберегающих ламп.

The results of measurement of the electric field of energy saving lamps of different power. Proposed combination of experimental studies and computer modeling of electromagnetic radiation. Presented by the computer simulation of the electric field of energy saving lamps.

В настоящее время в России активно внедряются энергосберегающие технологии. В первую очередь осуществляется замена ламп накаливания на компактные люминесцентные лампы, так называемые, энергосберегающие. Эксплуатация таких ламп связана с рядом опасностей.

Во-первых, компактные люминесцентные лампы опасны для здоровья человека из-за содержания в них различных ядовитых веществ: ртути, фосфора. Во-вторых, уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) таких ламп превышает предельно-допустимые уровни (ПДУ) напряженности электрического поля, определенные в санитарных нормах [1-2].

Для анализа опасности электромагнитной обстановки в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова были проведены

исследования ЭМИ от включенных энергосберегающих ламп моделей «Navigator» и «Zeon» с помощью приборов ПЗ - 50 и ПЗ - 41 в разных частотных диапазонах на различном расстоянии от поверхности источников излучения. Указанные выше энергосберегающие лампы обладают следующими техническими характеристиками: Лампа №1 – «Navigator» (25 W, E27, 2700 K, 220–240 V, 50/60 Hz, 1200 lm); Лампа №2 – «Zeon» (3U, 15 W, E27, 4200 K, 220–240 V, 50–60 Hz, T091203).

Параметры электромагнитного поля измеряются в три этапа:

1) от энергосберегающей лампы фирмы «Navigator»;

2) от энергосберегающей лампы фирмы «Zeon»;

3) от обеих ламп одновременно на расстояниях l между измерителем и исследуемой лампой.

В таблице 1 представлены результаты измерений напряженности электрического поля, характеризуемого превышением нормируемых значений [1-2], от энергосберегающих ламп моделей «Navigator» и «Zeon» на различных расстояниях.

Таблица 1 – Экспериментальные данные измерения напряженности электрического поля от энергосберегающих ламп

Таким образом, экспериментальные данные показывают превышение предельно-допустимого уровня электромагнитного излучения в широком частотном диапазоне на расстоянии менее 15 см от работающей лампы, а на частоте 50 МГц – менее 40 см. Этот феномен заставляет задуматься о необходимости проводить детальные исследования электромагнитных полей от подобных источников ЭМИ. Компьютерное моделирование позволяет расширить информативную основу состояния электромагнитной безопасности.

Частота излучения	Предельно-допустимые уровни, В/м	Расстояние между измерителем и лампой l , см	Напряженность электрического поля, В/м		
			Лампа «Navigator» (25 Вт)	Лампа «Zeon» (15 Вт)	Обе лампы
50 Гц	500	1	468	285	866
30 кГц	25	1	418,33	310	758,34
		5	182,13	158,12	323,78
		15	71,59	55,2	108,35
3 МГц	15	1	109,3	63,35	145,79
		5	50,3	30,03	76,43
		15	17,33	10,33	22,85
30 МГц	10	1	61,18	72,2	128,25
		5	40,64	34,65	67,17
		15	12,87	9,34	16,86
50 МГц	3	1	70,62	68,12	241,37
		5	48,66	34,59	68,35
		10	22,29	17,70	38,67
		15	11,76	9,81	19,32
		20	7,68	6,89	10,53
		30	4,47	4,30	25,61
		40	3,83	3,51	10,55

Примечание: цветом выделены ячейки, содержащие данные о превышении ПДУ.

В процессе моделирования расчет проводится методом конечных элементов, когда вся моделируемая среда разбивается на небольшие участки различной конфигурации. По нормируемым значениям характеристик ЭМИ [1, 2] производится переход от параметров электромагнитного поля к допустимому времени пребывания человека в каждой точке исследуемого объекта, тем самым формируется пространственная картина опасности ЭМИ.

На рисунке 1 показана пространственная картина опасности электрического поля частоты 3 МГц (вид сверху) от энергосберегающих ламп моделей «Navigator» и «Zeon». На картине показаны зоны допустимого времени пребывания людей вблизи

исследуемых ламп в исследуемом помещении в виде изоповерхностей, окрашенных в различные тона в зависимости от числового значения допустимого времени. Справа от картины указана шкала допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, с помощью которой можно визуально определить потенциально опасные зоны в зависимости от цветового оттенка изображения в любой области моделируемого пространства.

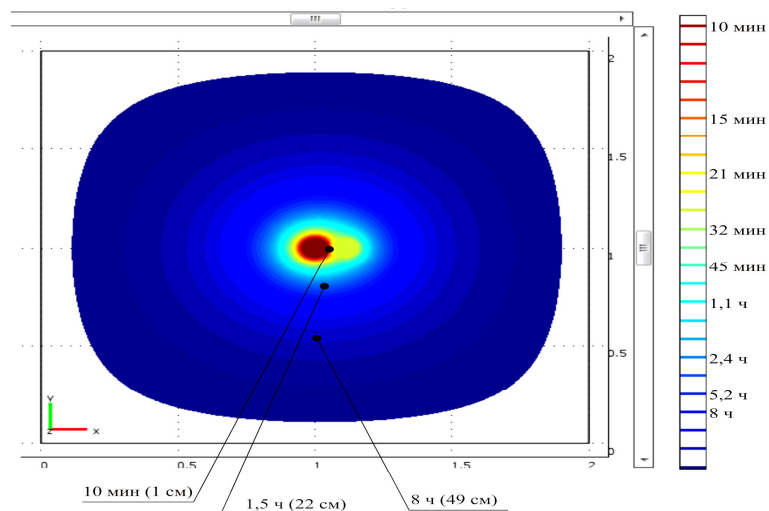


Рисунок 1 – Пространственная картина опасности ЭМИ от энергосберегающих ламп

Результаты измерений и компьютерного моделирования позволяют оценивать пространственную картину опасности ЭМИ от энергосберегающих ламп, определять допустимое время нахождения в различных зонах исследуемых объектов и разрабатывать на этой основе организационно-технические мероприятия по нормализации электромагнитной обстановки.

Литература

1. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст]. – Введ. 2009–05–15. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.
2. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст]. – Введ. 2001–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 13 с.

Титов Евгений Владимирович, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Дом. адрес: 656038, г. Барнаул, пр. Комсомольский, дом 71/2, к. 201, тел.: 8-923-647-47-87, e-mail: elnis@inbox.ru.

Мигалев Иван Евгеньевич, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, дом. адрес: 656002, г. Барнаул, ул. Лужкова, дом 30, кв. 6, тел.: 8-913-244-66-91, e-mail: elnis@inbox.ru.

УДК 537.8 : 681.3

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Воробьев Н.П., Титов Е.В., Мигалев И.Е.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

В статье рассмотрена методика оценки состояния электромагнитной обстановки в помещениях с источниками электромагнитных излучений.

In this article the method of assessment of the electromagnetic environment in areas with sources of electromagnetic radiation.

Необходимость контроля состояния электромагнитной обстановки в помещениях обусловлена все большим их оснащением различной технической и бытовой аппаратурой, которая является источником электромагнитных излучений (ЭМИ).

Существует ряд нормативных документов [1–3], которые устанавливают предельно допустимые уровни электромагнитного излучения, воздействующего на население и рабочий персонал. Однако, более информативным и удобным для восприятия параметром является допустимое время пребывания человека в различных зонах помещения независимо от уровней и частотных спектров электрических и магнитных составляющих ЭМИ. Для определения этого времени должны быть выявлены наиболее опасные составляющие поля в помещении.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) разработана методика интегрированного контроля электромагнитной обстановки. Методика заключается в том, что по результатам измерения значений напряженностей электрического и магнитного полей, создаваемых источниками ЭМИ на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц, определяются наиболее опасные составляющие электромагнитного поля (ЭМП), соответствующие минимально допустимому времени пребывания человека в точке измерения. Далее производится компьютерное моделирование ЭМП в помещении для выделенных опасных составляющих ЭМИ.

Допустимое время пребывания людей в точках измерения определяется по следующей методике.

Известны расчетные выражения для определения допустимого времени пребывания в зоне действия электромагнитного поля людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, в производственных условиях [1]. Это время определяется в зависимости от предельно допустимых уровней электромагнитных полей (ЭМП).

В частности, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЭСП) при воздействии менее 1 часа за смену составляет 60 кВ/м [1]. Допустимое время пребывания персонала в этом электростатическом поле (час) без средств защиты определяется по формуле [1]

$$T_{\text{доп (ЭСП)}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (1)$$

где $E_{\text{факт}}$ – значение напряженности электростатического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м.

При воздействии электростатического поля более 1 часа за смену $E_{\text{пду}}$ определяется по формуле

$$E_{\text{пду}} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad (2)$$

где t – время воздействия, ч [1].

Вычисленное по формуле (2) ПДУ напряженности электростатического поля для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, при воздействии в течение 8 часов составляет 21 кВ/м.

Аналогично можно определить допустимое время пребывания людей в зонах действия источников ЭМИ, например, в помещениях с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ).

Нормированный в [2] предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, равен 15 кВ/м при его воздействии в течение 8-часового рабочего дня. В соответствии с формулой (2) ПДУ напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, при его воздействии в течение 1 часа за сутки (не нормированное в [2]), составляет 43 кВ/м.

Допустимое время пребывания человека (час) в этом поле, создаваемом ПЭВМ, без средств защиты можно определить по формуле

$$T_{\text{доп (ЭСП) ПЭВМ}} = \left(\frac{43}{E1_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (3)$$

где $E1_{\text{факт}}$ – значение напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м.

Таким же образом можно определить и другие показатели ПДУ электромагнитных полей, не нормированные Санитарными нормами и Правилами.

При определении ПДУ напряженности электрического поля (ЭП) промышленной частоты руководствуются следующим.

ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП при воздействии в течение всей смены (8 часов) составляет 5 кВ/м [1]. Допустимое время пребывания людей в этом поле (час) рассчитывается по формуле

$$T_{\text{доп (ЭП 50)}} = \left(\frac{50}{E2_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (4)$$

где $E2_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ и бытовой техники, на частоте 50 Гц, кВ/м [1].

Нормированное значение ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты, создаваемого ПЭВМ на рабочих местах, составляет 0,025 кВ/м для 8-часового рабочего дня [2]. Используя формулу (4), можно получить формулу для определения допустимого времени пребывания человека в электрическом поле 50 Гц, создаваемом ПЭВМ (час)

$$T_{\text{доп (ЭП 50) ПЭВМ}} = \left(\frac{0,25}{E3_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (5)$$

где $E3_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, кВ/м.

Для всех изделий бытовой техники кроме ПЭВМ ПДУ напряженности электрического поля 50 Гц при воздействии в течение 8 часов составляет 0,5 кВ/м [3]. С учетом этого значения допустимое время пребывания людей в электрическом поле 50 Гц бытовой техники можно рассчитать по формуле (час)

$$T_{\text{доп (ЭП 50) БТ}} = \left(\frac{5}{E4_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (6)$$

где $E4_{\text{факт}}$ – значение напряженности электрического поля, создаваемого бытовой техникой кроме ПЭВМ на частоте 50 Гц, кВ/м.

Допустимое время пребывания людей в магнитном поле (МП), создаваемом источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 50 Гц можно определить, используя таблично заданные в [1] нормированные значения этих показателей для производственных условий, по формуле

$$T_{\text{доп (МП 50)}} = \frac{1600}{H1_{\text{факт}}}, \quad (7)$$

где $H_{1\text{факт}}$ – значение напряженности магнитного поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 50 Гц, А/м.

Аналогично определяется допустимое время пребывания людей в зонах действия магнитного поля частотой 50 Гц от ПЭВМ, используя таблично заданные в [2] нормированные значения этих показателей, по формуле

$$T_{\text{доп (МП 50) ПЭВМ}} = \frac{4}{H_{2\text{факт}}}, \quad (8)$$

где $H_{2\text{факт}}$ – значение напряженности магнитного поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, А/м.

При облучении в течение 8 часов от нескольких источников, работающих в радиочастотных диапазонах, для которых установлены разные предельно допустимые уровни, допустимое время пребывания человека в соответствии с [1] определяется по формуле

$$T_{\text{доп (ЭМП РЧ)}} = \frac{8}{K_T}, \quad (9)$$

где K_T – поправочный временной коэффициент, задаваемый следующим образом [1].

Измеренные значения напряженностей электрических или магнитных полей, соответствующие наименьшему допустимому значению времени пребывания людей используются в качестве входных параметров для компьютерного моделирования ЭМИ в среде COMSOL Multiphysics [4].

В итоге создается пространственная картина распределения напряженности электрического или магнитного полей в контролируемом помещении. На рисунке 1 показан пример трехмерной картины распределения напряженности электрического поля: по осям отложены координаты источников ЭМИ, м. С помощью цветовой шкалы могут быть определены уровни напряженности электрического поля в различных областях помещения.

В процессе моделирования расчёт проводится методом конечных элементов, когда вся моделируемая среда разбивается на небольшие участки различной конфигурации. С использованием формул (1–9) производится переход от параметров электромагнитного поля к допустимому времени пребывания человека в каждой точке помещения, тем самым формируется картина электромагнитной опасности (рисунок 2).

На картине опасности электромагнитного излучения (рисунок 2) показаны зоны допустимого времени пребывания людей в исследуемом помещении в виде изоповерхностей, окрашенных в различные тона в зависимости от числового значения допустимого времени. Справа от картины указана шкала допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, с помощью которой можно визуально определить потенциально опасные зоны в зависимости от цветового оттенка изображения в любой области моделируемого пространства. Отдельно на картине указано допустимое время нахождения в зонах долговременного пребывания, а также – в местах наибольшего уровня ЭМИ.

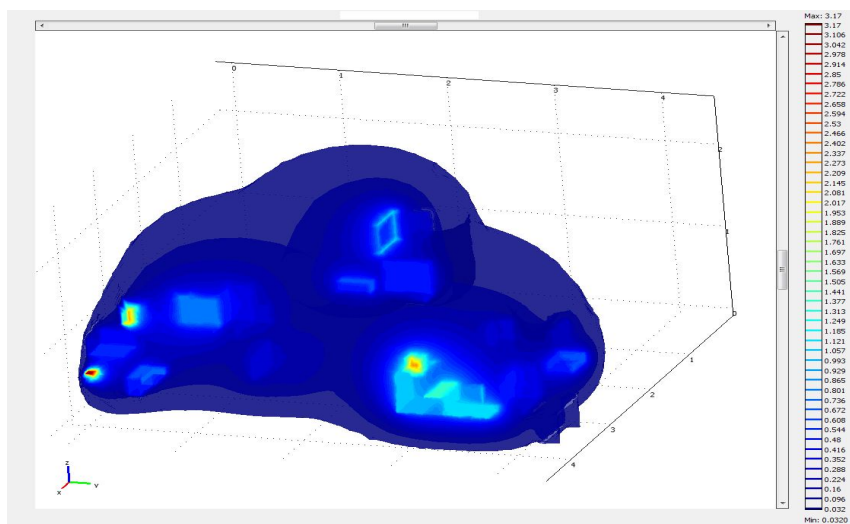


Рис. 1. Трехмерная картина распределения напряженности электрического поля

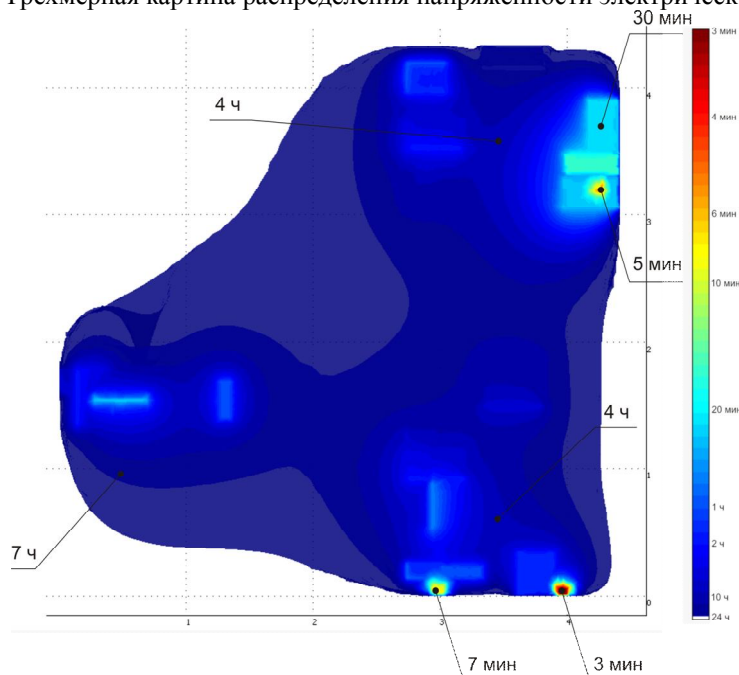


Рис. 2. Картина опасности электромагнитного излучения

Предложенная методика позволяет определять уровни электромагнитных излучений во всех точках пространства помещения от любых источников ЭМП, выявлять зоны с превышенными значениями предельно допустимых уровней ЭМИ; с помощью полученной пространственной картины опасности ЭМИ определять допустимое время нахождения в различных зонах исследуемых объектов и разрабатывать на этой основе организационно-технические мероприятия по нормализации электромагнитной обстановки.

Литература

1. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст]. – Введ. 2009–05–15. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.
2. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. – Введ. 2003–06–30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.
3. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст]. – Введ. 2001–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 13 с.

4. Femlab 2.3. [Электронный ресурс] / под общ. ред. В. Е. Шмелева и В. Д. Лебедева [подраздел 5.11]. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : В. Е. Шмелев "Заметки по использованию системы FEMLAB" и В. Е. Шмелев "FEMLAB 2.3. Замечания по версии", 2008. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.

Воробьев Николай Павлович, д.т. н., профессор кафедры «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, дом. адрес: 656056, г. Барнаул, ул. Чернышевского, дом 28, кв. 40, тел.: (385-2) 36-71-29.

Титов Евгений Владимирович, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, дом. адрес: 656038, г. Барнаул, пр. Комсомольский, дом 71/2, к. 201, тел.: 8-923-647-47-87.

Мигалев Иван Евгеньевич, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, дом. адрес: 656002, г. Барнаул, ул. Лужкова, дом 30, кв. 6, тел.: 8-913-244-66-91.

УДК 537.8 : 681.3

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ АПК

Титов Е.В.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрена методика исследования опасности электромагнитных излучений, возникающих в процессе использования ряда электротехнологий на объектах АПК.

The method of investigation of electromagnetic radiation hazards that arise from the use of a number of sites on the electrotechnologies APK.

Механизм взаимодействия электромагнитных излучений (ЭМИ) с человеческим организмом до конца не изучен. Но биологами отмечаются отрицательные результаты при облучении биологических систем электромагнитными полями (ЭМП). Поэтому возникает необходимость обеспечения электромагнитной безопасности людей и животных [1], в том числе и на объектах агропромышленного комплекса (АПК).

Анализ технологических процессов в АПК показывает, что среди наиболее опасных электротехнологий сельскохозяйственного производства по уровням создаваемых ЭМП, могут быть выделены следующие:

- обработка кормов электрическим током;
- электрическая очистка и сортирование семян в электрическом поле высокой напряженности;
- обеззараживание сельскохозяйственных сред и оборудования в электрическом поле;
- высоковольтное истребление насекомых электрическим полем;
- борьба с сорняками токами промышленной частоты;
- управление животными на пастбище с помощью электроимпульсного воздействия;
- разрушение, дробление и измельчение материалов в электрогидравлической установке;
- электроискровая обработка травы;

- искусственная аэроионизация воздуха, в том числе, с использованием двухзонных электрофильтров и аэроионизаторов Болотова (люстра Чижевского);
- ультразвуковая обработка материалов с использованием пьезокерамических преобразователей;
- стерилизация питательных растворов в магнитном поле;
- комплексная очистка и обеззараживание питьевой воды магнитным полем;
- активация воды омагничиванием постоянными магнитами или электромагнитами.

Необходимо отметить высокую степень опасности источников электрического и магнитного полей промышленной частоты.

В настоящее время наиболее приемлемыми способами обеспечения электромагнитной безопасности являются защита временем и расстоянием, а также снижение электромагнитных излучений (ЭМИ) до уровней, не превышающих предельно допустимые [2 - 4].

Для выбора мероприятий по нормализации электромагнитной обстановки необходима оценка степени опасности ЭМИ. В качестве показателя такой оценки может использоваться допустимое время пребывания в различных зонах помещения, независимо от уровней и частотных спектров отдельных электрических и магнитных составляющих ЭМП.

Параметры электромагнитного поля могут быть измерены с помощью специальной аппаратуры: СТ-01 – для измерения статического электрического поля, ПЗ-50 – переменного электрического и магнитного полей частотой 50 Гц, ПЗ-41 – переменного электрического и магнитного полей высокой частоты.

Измерения проводятся на расстоянии 0,1 м от внешних поверхностей источников ЭМИ и используются для построения компьютерной модели распределения электромагнитного поля, например, с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics [5].

По результатам моделирования электромагнитной обстановки на обследуемом объекте формируется шкала допустимого времени пребывания в точках измерений с помощью формул, полученных в зависимости от предельно допустимых уровней (ПДУ) электромагнитных полей [2–4]. При определении допустимого времени пребывания людей в электрическом поле (ЭП) промышленной частоты руководствуются следующим.

ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты для людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП при воздействии в течение всей смены (8 часов) составляет 5 кВ/м [2]. Допустимое время пребывания людей в этом поле (час) рассчитывается по формуле

$$T_{\text{доп (ЭП 50) P}} = \left(\frac{50}{E_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (1)$$

где $E_{\text{факт}}$ – напряженность ЭП 50 Гц в контролируемой зоне, кВ/м [2].

Нормированное значение ПДУ напряженности электрического поля промышленной частоты, создаваемого персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ) на рабочих местах, составляет 0,025 кВ/м для 8-часового рабочего дня [3]. Используя формулу (1), можно получить формулу для определения допустимого времени пребывания человека в электрическом поле 50 Гц, создаваемом ПЭВМ (час)

$$T_{\text{доп (ЭП 50) H1}} = \left(\frac{0,25}{E_{\text{факт}}} \right) - 2, \quad (2)$$

где $E_{\text{факт}}$ – напряженность ЭП 50 Гц в контролируемой зоне, кВ/м [3].

Для всех изделий бытовой техники кроме ПЭВМ ПДУ напряженности электрического поля 50 Гц при воздействии в течение 8 часов составляет 0,5 кВ/м [4]. С учетом этого значения допустимое число часов пребывания людей в ЭП 50 Гц бытовой техники можно рассчитать по формуле

$$T_{\text{доп}} (\text{ЭП } 50) \text{ Н2} = \left(\frac{5}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (3)$$

где $E_{\text{факт}}$ – напряженность ЭП 50 Гц в контролируемой зоне, кВ/м [4].

Об уровне электромагнитной безопасности судят по полученной пространственной картине опасности электромагнитного излучения от различных источников, расположенных на исследуемом объекте. На рисунке 1 показан пример картины опасности, на которой показаны зоны допустимого времени пребывания на объекте.

Предложенная методика позволяет определять уровни электромагнитных излучений во всех точках пространства помещения от любых источников ЭМП, выявлять зоны с превышенными значениями предельно допустимых уровней ЭМИ, определять допустимое время нахождения в различных зонах исследуемых объектов и разрабатывать на этой основе организационно-технические мероприятия по нормализации электромагнитной обстановки.

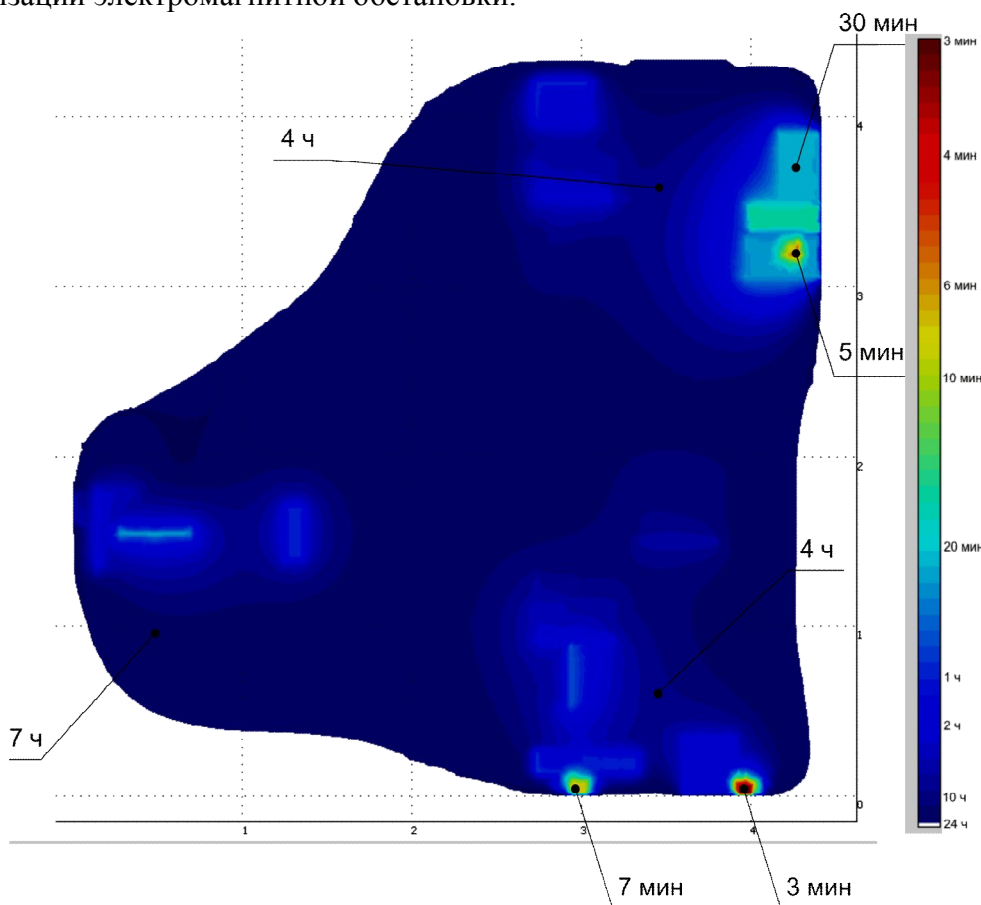


Рис. 1. Картина опасности электромагнитного излучения

Литература

1. Биологическое действие низкоинтенсивных экологических факторов на организм человека / Довгуша В.В., Кудрин И.Д., Тихонов М.Н. и др. // Экол. пром. пр-ва. – 1999. – Вып.1. – С. 3-14; Вып.2. – С. 9-22.
2. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст]. – Введ. 2009–05–15. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.

3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. – Введ. 2003–06–30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.

4. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст]. – Введ. 2001–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 13 с.

5. Femlab 2.3. [Электронный ресурс] / под общ. ред. В. Е. Шмелева и В. Д. Лебедева [подраздел 5.11]. – Электрон. текстовые дан. – СПб. : В. Е. Шмелев "Заметки по использованию системы FEMLAB" и В. Е. Шмелев "FEMLAB 2.3. Замечания по версии", 2008. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.

Титов Евгений Владимирович, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Дом. адрес: 656038, г. Барнаул, пр. Комсомольский, дом 71/2, к. 201, тел.: 8-923-647-47-87, e-mail: elnis@inbox.ru.

УДК 537.8 : 681.3

ФОРМИРОВАНИЕ КАРТИНЫ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Мигалёв И. Е.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Предложен метод формирования наглядной картины опасности нахождения в зонах помещения с источниками электромагнитных излучений по критерию допустимого времени пребывания людей.

A method for forming a visual picture of danger zones being in the room with the sources of electromagnetic radiation by the allowable residence time of the people.

Интенсивное использование электромагнитной и электрической энергии в современном обществе привело к тому, что в последней трети XX века сформировался новый значимый фактор загрязнения окружающей среды – электромагнитный. Электромагнитное поле искусственного происхождения является значимым экологическим фактором. Отсюда следует необходимость измерять и нормировать присутствие электромагнитного излучения в рабочей зоне и его воздействие на человеческий организм. Результаты измерений должны быть представлены в наглядной форме, которая позволит определить опасные зоны помещения, чтобы можно было с учетом этих данных запланировать мероприятия по улучшению электромагнитной безопасности.

Исходными данными для формирования картины опасности нахождения в зонах помещения служат результаты непосредственных измерений при помощи современной аппаратуры [1].

Результаты измерений сами по себе не формируют цельной картины электромагнитной обстановки в помещении. Исходя их природы измерений, современная аппаратура в состоянии представить лишь точечные данные для конкретных моментов времени и узких диапазонов частот. Цельную картину электромагнитной обстановки можно получить при помощи численного анализа результатов измерения. Такой анализ может проводиться с помощью специализированного программного обеспечения, например, COMSOL Multiphysics [2].

На рисунке 1 представлена картина электромагнитной обстановки, полученная с помощью такого программного обеспечения. Цветом на рисунке показаны электрические потенциалы точек помещения. Представленная на рисунке картина дает полное представление об электромагнитной обстановке в помещении. Однако она не может дать представления об уровнях опасности зон помещения для человека. Эта картина может быть преобразована в более наглядную форму в несколько этапов.

Действующие в настоящее время стандарты СанПиН [3, 4] определяют ряд формул, по которым может быть вычислено максимально допустимое время пребывания человека в электрическом поле. С использованием этих формул картина на рисунке 1 может быть преобразована в картину на рисунке 2.

Эта картина является более наглядной и может быть использована для планирования мероприятий по электромагнитной безопасности. Однако прямой анализ этой картины (особенно с помощью средств автоматизации) встречает некоторые сложности. С формальной точки зрения мы считаем опасными только зоны с повышенным уровнем излучения; зоны, соседствующие с ними, считаются безопасными.

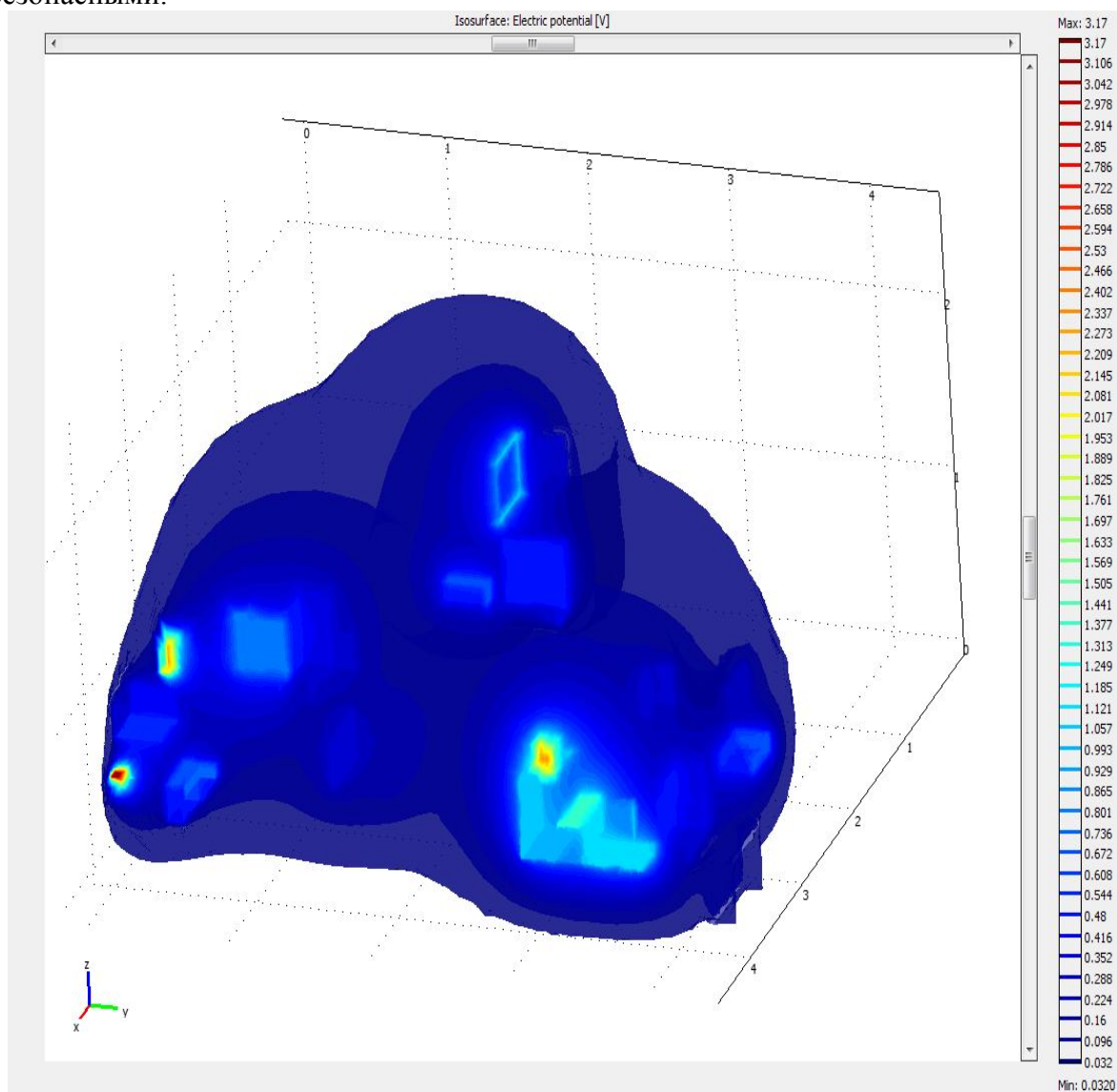


Рис. 1. Образец трехмерной модели помещения, полученной при помощи COMSOL Multiphysics

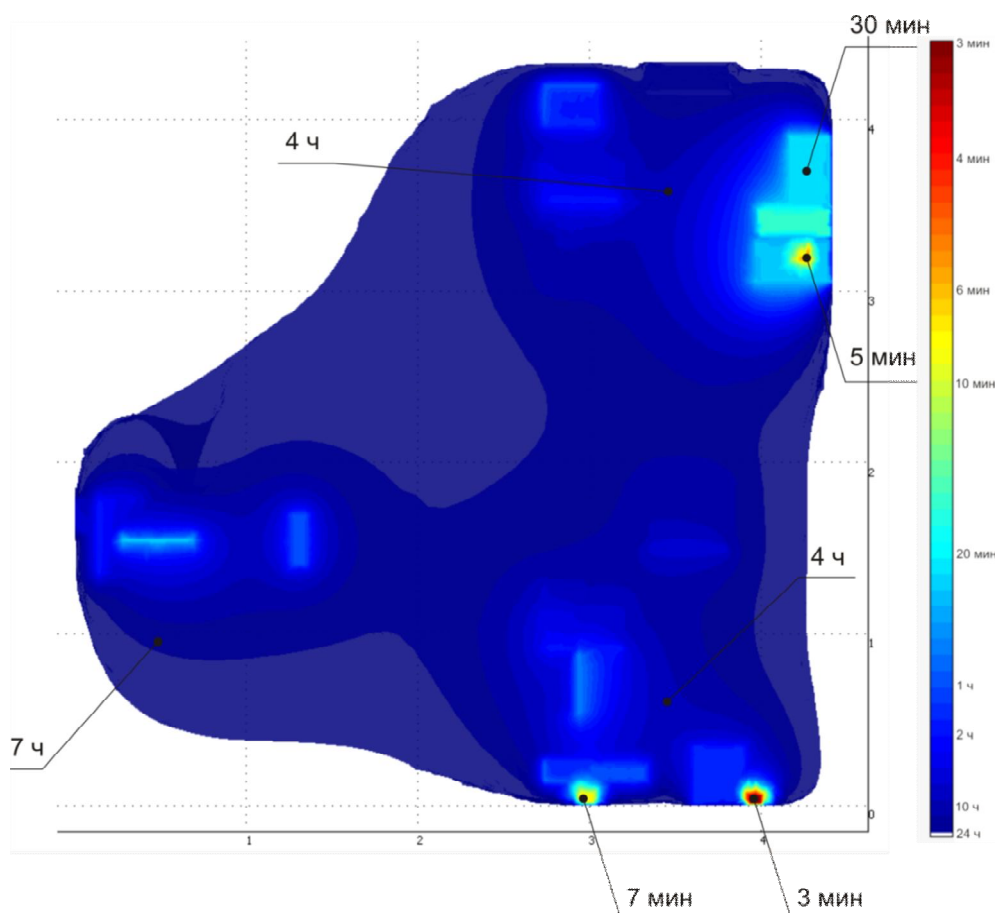


Рис. 2. Время допустимого пребывания в различных зонах помещения (вид сверху)
 Человек, чье рабочее место находится на небольшом расстоянии от опасного объекта (компьютера, радиотелефона), не будет предупрежден об опасности.

В связи с этим предлагается другой метод оценки опасности нахождения человека в зонах помещения. В каждой точке помещения строится цилиндр (см. рисунок 3). Радиус цилиндра 0,5 м, высота цилиндра 2 м (параметры ориентировочные, могут зависеть от специфики работы людей). Для каждого такого цилиндра находится максимальный уровень излучения, который регистрируется внутри цилиндра. Этот уровень излучения и обуславливает опасность нахождения человека (или его рабочего места) в конкретной точке помещения.

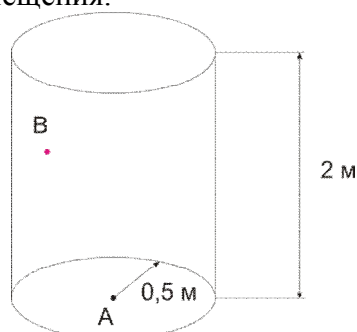


Рис. 3. Способ определения опасности нахождения человека в точке А

Например, построим цилиндр из точки А. Если внутрь цилиндра попадет точка В с высоким уровнем излучения (например, системный блок мощного компьютера) – мы считаем, что в точке А уровень опасности будет высоким, несмотря на то, что в самой точке А высокого уровня излучения не регистрируется.

На рисунке 4 представлен рисунок 2, на которой наложено изображение, полученное в результате описанной обработки. Само изображение представлено на рисунке 5. Видно, что распределение и доля опасных областей поменялись: опасными должны считаться более обширные области.

Описанная методика позволяет получать более наглядные картины опасности электромагнитного излучения применительно к рабочим местам людей.

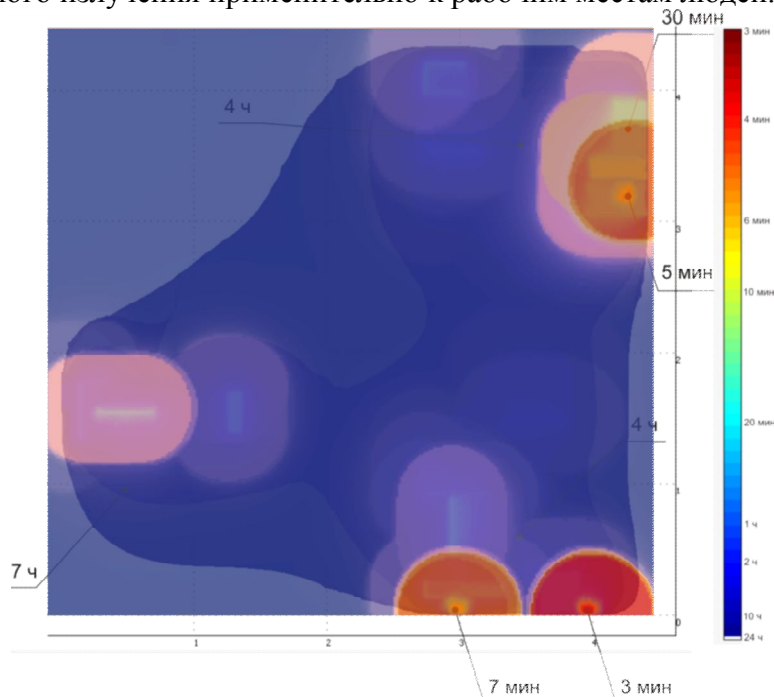


Рис. 4. Картина с наложенным изображением – результатом обработки методом цилиндров

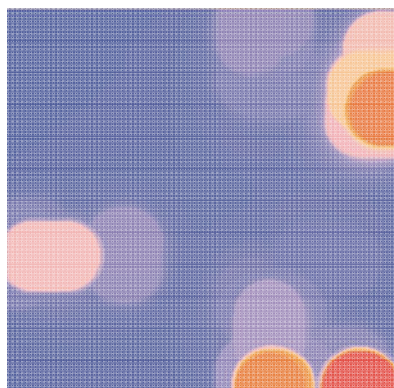


Рисунок 5 – Результат применения метода цилиндров

Литература

1. Карякин, Р. Н. Основы электромагнитной совместимости [Текст]: учебник для вузов / Р.Н. Карякин, Л.В. Куликова, О.К. Никольский, А.А. Сошников, Н.Т. Герцен, Т.В. Еремина, А.А. Зайцев; под ред. Р.Н. Карякина; Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Изд. 2-е, перераб. – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2009. – 470 с.
2. Егоров, В. И. – Применение ЭВМ для решения задач (Comsol Multiphysics) [Текст]: учебное пособие / В. И. Егоров; СПб.: ИТМО, 2006.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. – Введ. 2003–06–30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.
4. СанПиН 2.2.4-2.1.8.055-96. Излучения радиочастотного диапазона. [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2009.

Мигалев Иван Евгеньевич, аспирант кафедры «Электрификация производства и быта» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, дом. адрес: 656002, г. Барнаул, ул. Лужкова, дом 30, кв. 6, тел.: 8-913-244-66-91, e-mail: elnis@inbox.ru.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Компанеев Б.С.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Проведен анализ пожарной опасности дуговых коротких замыканий при различных сочетаниях характеристик срабатывания защиты и пережога электропроводки.

The analysis of fire hazard of arc short circuit at different combinations of characteristics of tripping and electrical burnout.

При выборе критерия пожаробезопасности электроустановок может быть использован разработанный в АлтГТУ подход [1], учитывающий пожарную опасность дуговых коротких замыканий (КЗ).

Возникающая при КЗ электрическая дуга может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что приводит к развитию пожара. Пожарная опасность дуговых КЗ усугубляется при возникновении явления пережога проводников. Температура в месте действия дуги достигает нескольких тысяч градусов, что аналогично воздействию на проводник электросварки. Пережог проводника сопровождается растягиванием электрической дуги, оплавлением и испарением металла проводников, разбрызгиванием раскаленных частиц.

Провода могут пережигаться быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов, связанных с развитием электрической дуги и искрообразованием.

Степень пожарной опасности дуговых КЗ можно характеризовать возможностью пережога проводов электрической сети до срабатывания защиты.

Одним из таких показателей является коэффициент незащищенности участка электрической сети для i -го вида КЗ. Этот показатель определяется отношением диапазона токов КЗ, для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, к диапазону токов КЗ на участке сети, т.е. представляет собой долю незащищенной части участка сети:

$$k_s^{нз(i)} = \delta l_s^{нрз(i)} = l_s^{нрз(i)} / l_s, \quad (1)$$

где $\delta l_s^{нрз(i)}$ - доля незащищенной части участка сети для i -го вида КЗ;

l_s - длина s -го участка сети ($s=1, 2, \dots, S$);

$l_s^{нрз(i)}$ - длина зоны пережога для i -го вида КЗ на этом участке.

Нулевое его значение отвечает отсутствию опасности пережога на участке сети (i , как следствие, значительно меньшей опасности пожара, чем при наличии зоны пережога, так как процесс развития КЗ ограничивается электрической защитой), а единичное – полной незащищенности участка сети от пережога. Очевидно, что, чем меньше величина такого показателя, при прочих равных условиях, тем меньшую пожарную опасность представляет данный вид КЗ на этом участке, и, соответственно, тем лучше он защищен.

На основе этого показателя строится показатель, характеризующий пожарную опасность пережога в сети в целом (i , соответственно - эффективность системы электрической защиты) для i -го вида КЗ. Он определяется, как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети и называется коэффициентом незащищенности сети для i -го вида КЗ:

$$k_s^{нз(i)} = \Delta l^{нз(i)} = \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{нз(i)}}{\sum_{s=1}^S l_s}, \quad (2)$$

где, $\Delta l^{нз(i)}$ - доля незащищенной части электрической сети для i -го вида КЗ;

$l_s^{нз(i)}$ - длина незащищенной части s -го участка сети.

С учетом рассмотренных показателей формируются показатели пожарной опасности i -го вида КЗ на s -ом участке электрической сети; i -го вида КЗ в сети в целом и интегральные показатели пожарной опасности для всех видов КЗ.

Для обоснования выбора расчетных характеристик срабатывания защиты и перегорания электропроводки выполнены расчеты показателей пожарной опасности для различных вариантов электроснабжения и различных систем электрической защиты сельскохозяйственного объекта.

В расчетах в основном рассматриваются системы электрической защиты на базе устаревших, но в большом количестве находящихся в эксплуатации выключателей серии АЕ и современных выключателей серии ВА с характеристиками «С» и «В».

При этом системы электрической защиты могут строиться на основе ПА-систем, имеющих в своем составе предохранители и автоматические выключатели и ПАУ-систем, представляющих собой ПА-системы, дополненные УЗО.

Рассматриваемая схема электроснабжения 380/220 В сельскохозяйственного объекта имеет 8 участков, заданных топологическими координатами: иерархической нумерацией от начала сети (1), охватывающей все участки, с учетом радиального принципа построения схемы электроснабжения (1.1, 1.2 ...). При этом участок 1 представляет собой воздушную линию 0,38 кВ, выполненную проводом А 50. Индуктивное сопротивление системы принято в расчетах равным 5 мОм, мощность питающего трансформатора (со схемой соединения обмоток «звезда-звезда»), длина воздушной линии 500 м, мощность применяемого трансформатора 250 кВА, параметры системы электрической защиты варьируются.

Результаты расчетов показателей пожарной опасности для всех рассматриваемых вариантов с учетом изменения типов применяемых автоматических выключателей приведены в таблице 2, где верхние, средние и нижние характеристики обозначены соответственно В, С, Н в последовательности: для аппарата защиты – для перегорания электропроводки.

Анализ полученных результатов показывает, что наименьшие показатели пожарной опасности дуговых КЗ соответствуют сочетанию характеристик: Н-В. Для всех остальных видов сочетаний характеристик показатели пожарной опасности КЗ увеличиваются. Поэтому сочетание Н-В использовать в расчетах нецелесообразно.

Наибольшие показатели пожарной опасности дуговых КЗ соответствуют сочетанию характеристик: В-Н, и С-Н. Для всех рассматриваемых вариантов при таких сочетаниях коэффициенты незащищенности электропроводок находятся в диапазонах от 0,89 до 1 для всех видов КЗ, а вероятность срабатывания защиты до перегорания проводников крайне мала. Учитывая с некоторым допущением равноценность значений показателей пожарной опасности при этих сочетаниях, из этой группы для расчетов может быть выбрано любое из них, например, С-Н.

Улучшение по величине показателей пожарной опасности КЗ, иногда значительное, обеспечивает сочетание характеристик В-С. При таком сочетании коэффициенты незащищенности электропроводок находятся в диапазонах от 0,1 до 0,91; от 0,1 до 0,96 и от 0,1 до 0,97 для однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ соответственно.

Таблица 2 - Показатели пожарной опасности КЗ для мощности питающего трансформатора 250 кВА и удаленности до объекта 500 м

Тип применяемого автоматического выключателя	Варианты сочетания характеристик к защите и пережога	Приведенные коэффициенты незащищенности по видам КЗ				Интегральный показатель пожарной опасности для ПА-системы защиты	Интегральный показатель пожарной опасности для ПАУ-системы защиты
		одно-фазного	двух-фазного	трех-фазного	одно-фазного на корпус		
АЕ2046	В-В	0,89	0,12	0,1	0,89	0,204	0,033
	В-С	0,89	0,62	0,69	0,89	0,227	0,06
	В-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	С-В	0,89	0,1	0,1	0,89	0,204	0,032
	С-С	0,89	0,6	0,69	0,89	0,226	0,06
	С-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	Н-В	0,36	0	0	0,36	0,083	0,011
	Н-С	0,36	0,58	0,62	0,36	0,112	0,043
ВА 47-29 «В»	В-В	0,1	0,1	0,1	0,1	0,027	0,008
	В-С	0,1	0,1	0,1	0,1	0,027	0,008
	В-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	С-В	0,1	0,1	0,1	0,1	0,027	0,008
	С-С	0,1	0,1	0,1	0,1	0,027	0,008
	С-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	Н-В	0,1	0	0	0,1	0,022	0,003
	Н-С	0,1	0,08	0,03	0,1	0,026	0,006
ВА 47-29 «С»	В-В	0,62	0,1	0,1	0,62	0,146	0,024
	В-С	0,89	0,1	0,1	0,89	0,204	0,032
	В-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	С-В	0,19	0,1	0,1	0,19	0,049	0,011
	С-С	0,66	0,1	0,1	0,66	0,153	0,025
	С-Н	0,89	1	1	0,89	0,243	0,08
	Н-В	0,1	0	0	0,1	0,022	0,003
	Н-С	0,1	0,08	0,03	0,1	0,026	0,006
	Н-Н	0,36	0,1	0,1	0,36	0,088	0,016

Меньшим значениям показателей пожарной опасности по сравнению с сочетанием В-С среди оставшихся характеристик соответствуют сочетания: В-В, С-В, С-С и Н-С. При этом наихудшая ситуация соответствует сочетанию С-С. При сочетаниях В-В, С-В и Н-С показатели пожарной опасности по крайней мере не хуже этих показателей для сочетания С-С.

При сочетании характеристик Н-Н возможны как высокие, так и низкие показатели пожарной опасности. При этом в случае высоких значений показатели пожарной опасности, по крайней мере, не хуже этих показателей при сочетаниях В-Н, и С-Н, а в случае низких значений они, по крайней мере, не лучше этих показателей для сочетания С-С.

По результатам проведенного анализа можно сделать вывод, что для оценки эффективности системы электрической защиты можно ограничиться расчетом показателей пожарной опасности по следующим сочетаниям характеристик срабатывания защиты и пережога проводов: С-Н и С-С.

При сочетании характеристик С-Н показатели пожарной опасности достигают максимальных значений, а при сочетании С-С можно рассчитывать усредненные значения пожарной опасности КЗ.

Дополнительным аргументом в пользу исключения из рассмотрения сочетаний характеристик В-Н и В-С является возможность отбраковки части автоматических выключателей с характеристиками выше средней в процессе монтажа системы электрической защиты.

Остальные сочетания характеристик приводят к промежуточным значениям показателей пожарной опасности.

Литература

1. Никольский, О.К. Комплексная система обеспечения безопасности электроустановок сельских населенных пунктов. Методические и практические рекомендации [Текст]/О.К. Никольский, А.А. Сошников, О.Н. Дробязко, Т.В. Еремина, С.А. Сошников, Ю.С. Лукьянов, С.Н. Серов, Б.С. Компанеец, С.Ф. Нефедов, О.В. Полухин; под ред. А.А. Сошникова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011.-112 с.

Компанеец Борис Сергеевич, к.т.н., сотрудник кафедры ЭПБ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, тел. 8 (3852) 36 71 29, elnis@inbox.ru

УДК 631.31:658.382.3

ВАРИАНТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТКАХ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

Никольский О.К., Сошников А.А., Еремина Т.В.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрены различные варианты разработок устройств защитного отключения для использования в системах электроснабжения стационарных и нестационарных электроустановок.

Various options of development of devices of protective shutdown for use in systems of power supply stationary and non-stationary electro - installations are considered.

Переход в России к системам электроснабжения с отдельными рабочими и защитными нулевыми проводниками (TN-C-S и TN-S) создал технические предпосылки массового использования устройств защитного отключения (УЗО).

Результаты исследований особенностей использования УЗО, выполненных в Алтайском государственном техническом университете, легли в основу формирования типоряда модифицированных изделий и подготовки конструкторско-технологической базы для их производства по направлениям создания:

- многофункциональных электронных защитных устройств;
- гибридных электрических защит с электромеханическим преобразователем;
- защитных устройств индивидуального применения для нестационарных электроустановок (передвижных и переносных).

В ряде случаев эффективность УЗО значительно повышается при одновременном использовании в одном изделии различных функций. В связи с требованиями ПУЭ [1] актуальным является введение мониторинга тока утечки в электрической сети по верхнему его пределу, составляющему 1/3 значения тока срабатывания. Реализация необходимого набора дополнительных функций в одном аппарате, как правило, нецелесообразна в маломощных однофазных УЗО. Практически приемлемым остается подход, предусматривающий использование ограниченного числа функций, формируемых в соответствии с запросами заказчиков и установленными требованиями эксплуатации.

В результате выполненных работ нами разработан типоряд многофункциональных УЗО серии УЗК-01 с номинальным током до 125 А, реализующих защиту от тока утечки на землю, коротких замыканий, перегрузки и перенапряжения в электрической сети, имеющих многоступенчатую дискретно-регулируемую уставку срабатывания, обеспечивающую сигнализацию предаварийного режима и мониторинг превышения заданного уровня тока утечки.

Одним из перспективных направлений развития устройств защитного отключения является создание электромеханических изделий, имеющих ряд преимуществ по сравнению с электронными. Однако отечественное производство УЗО ограничивается электронными изделиями и полуфабрикатами, собранными из зарубежных комплектующих. Причиной этого является отсутствие технологии создания высокоточных поляризованных реле с кинематическим усилителем для управления коммутационным блоком УЗО.

Задачи разработки электромеханического преобразователя и экспериментальной проверки его эффективности в составе гибридного УЗО, сочетающего в себе магнитоэлектрическое реле и электронный ключ, управляющий независимым расцепителем автоматического выключателя, были решены при участии авторов на Дивногорском заводе низковольтной аппаратуры (Красноярский край).

В предлагаемой конструкции реле использована биполярная схема, представленная на рисунке 1. Действие такого реле основано на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита 5 и переменного тока в обмотке 4, расположенной на якоре 3. Коромысло 6 и якорь выполняют роль магнитопровода магнитного потока, созданного постоянным магнитом, что обеспечивает притяжение коромысла к якору. Поворачивая постоянный магнит вокруг его оси, можно изменять тангенциальную составляющую магнитного потока, протекающего по магнитопроводу и, тем самым, регулировать усилие притяжения коромысла к якору, устанавливая необходимую чувствительность реле, определяющую порог срабатывания. При поступлении сигнала утечки на обмотку реле с выхода дифференциального трансформатора якорь размагничивается, коромысло под действием пружины 7 откидывается и через толкатель 2 замыкает нормально разомкнутые контакты реле. Функцию кинематического усилителя осуществляет симистор, управляющий независимым расцепителем автоматического выключателя и входящий в отдельный блок гибридного устройства защитного отключения.

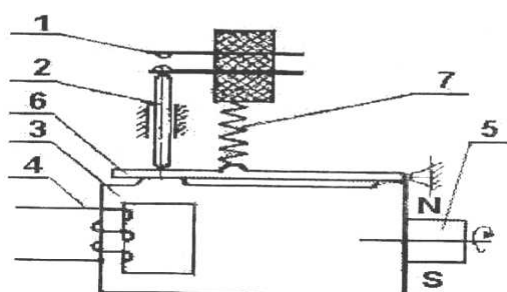


Рис. 1. Конструкция магнитоэлектрического реле

Учитывая, что основными элементами конструкции магнитного реле являются постоянный магнит, магнитопровод и пружина, определяющие чувствительность и надежность работы УЗО, нами были проведены исследования по выбору исходных материалов и разработке технологии изготовления деталей и их сборки.

В результате исследования различных материалов для постоянного магнита были выбраны следующие материалы (ферриты бария) для создания постоянного магнита: 1БИ ПЯО.707.186.ТУ; М2БА-1 ОЖО.707.061.ТУ; МЗБА-1 ОЖО.707.112.ТУ. Для магнитопровода чувствительного реле выбран пермаллой типа 79НМ (ГОСТ 101160-75).

Результаты испытаний разработанного УЗО позволили Дивногорскому заводу низковольтной аппаратуры приступить к выпуску первых гибридных УЗО, сочетающих электронный усилитель на основе полупроводникового ключа с электромеханическим преобразователем из отечественных комплектующих. УЗО выпускается на базе автоматического выключателя ВА 61-29 и отличается повышенной надежностью.

Использование УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током 6 мА является наиболее эффективным способом предотвращения электропоражений при эксплуатации нестационарных электроустановок (НЭУ).

Нами разработана конструкция УЗО, позволяющая снизить металлоемкость и вес, повысить технологичность изготовления и защищенность от воздействия внешних электромагнитных полей. На рисунке 2 приведена функциональная схема УЗО-вилка (ДПВ-Т). При включении УЗО в сеть трехфазного источника питания в фазных и нулевом проводниках возникает ток и силовые контакты 7 оказываются под напряжением. Одновременно на одну полуобмотку соленоида 6, подключенную к фазному и нулевому проводникам, подается напряжение (при включенной вилке в розетку эта полуобмотка постоянно находится под напряжением).

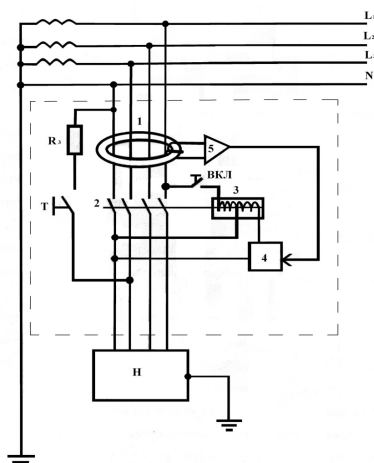


Рис. 2. Функциональная схема УЗО-вилка

1 – ДТТ; 2 – силовая контактная группа (исполнительный механизм); 3 – соленоид; 4 – следящее устройство (пороговый элемент); 5 – электронный усилитель (включен в схему следящего устройства); Т – кнопка «ТЕСТ»; R₃- тестовый резистор; Н – нагрузка

Вторая полуобмотка соленоида 6 присоединяется к кнопке «ВКЛ» и от нее к источнику питания. При нажатии кнопки «ВКЛ» (в индикаторном отверстии включается индикатор красного цвета) во второй полуобмотке соленоида появляется напряжение, в результате соленоид замыкает контакты силовой контактной группы 7 и в фазных проводах от источника питания к нагрузке через УЗО протекает ток. При отпускании кнопки «ВКЛ» во второй полуобмотке соленоида 6 напряжение исчезает, а соленоид удерживает силовые контакты 7 в замкнутом состоянии при наличии напряжения в первой полуобмотке соленоида. В момент включения вилки в розетку силовая контактная группа находится в разомкнутом состоянии.

При возникновении тока утечки в защищаемой цепи, превышающего пороговое значение питание соленоида отключается. В результате контакты силовой группы размыкаются под действием пружины, обесточивая неисправную нагрузку.

Функционально УЗО-вилка представляет быстродействующее устройство, время отключения дифференциального тока составляет 0,03 сек.

Экспериментальная проверка представленных УЗО, проведенная в различных регионах России, подтвердила эффективность и простоту эксплуатации разработанной электрозащитной аппаратуры.

Литература

1. Правила устройства, эксплуатации и безопасности электроустановок. Нормативно-технический сборник. Барнаул, 2004.
1. Еремина Т.В. Вероятностный анализ безопасности сельских электроустановок (под ред. Никольского О.К.).-Улан-Удэ, Изд. ВСГТУ, 2010.

Никольский Олег Константинович, д.т.н., профессор, зав. кафедры ЭПБ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, тел. 8 (3852) 36 71 29, e-mail: elnis@inbox.ru

Сошников Александр Андреевич, д.т.н., профессор кафедры ЭПБ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, тел. 8 (3852) 36 71 29, elnis@inbox.ru

Еремина Тамара Владимировна, д.т.н., профессор кафедры ЭБЖ Восточно-СибирскийГТУ, г. Улан-Удэ, тел. 8 (3012) 42 23 98

УДК 621.311:568.264

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЙТИНГА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрены принципы создания системы нечеткой логики для определения рейтинга альтернативных источников энергии.

Principles of creation of system of indistinct logic for definition of a rating of alternative power sources are considered.

При оптимизации энергоснабжения автономных потребителей в Алтайском регионе с учетом альтернативных источников энергии возникает проблема адекватного распределения мощности потребителя по альтернативным видам энергии, которая заключается в следующем. Входные данные, касающиеся альтернативных источников, представлены, как правило, как в цифровой форме, с различной размерностью, так и в нечетких терминах (низкий, средний, высокий). Интерпретировать такие данные с целью оценки рейтинга альтернативных источников сложно без использования понятий нечеткой логики. Кроме того, есть целый ряд дополнительных соображений, влияющих на целесообразность и надежность получения энергии тем ли иным альтернативным или традиционным источником. Это энергетический ресурс (количество энергии), среднесуточное количество энергоресурса в течение года (вероятность наличия энергоресурса в течение года), экономический потенциал вида энергии, возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии, воздействие на окружающую среду и на человека.

В связи, с чем нами разработана система нечеткой логики для определения рейтинга альтернативных источников (Fuzzy Logic Toolbox в Matlab). Система нечеткой логики разработана с помощью теории нечетких множеств, изложенной в работе [1]. Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

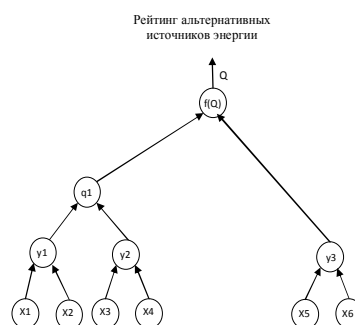


Рис. 1. Иерархическая структурная схема нечеткого логического вывода для альтернативных источников энергии

В таблице 1 приведены влияющие факторы к рисунку 1.

Таблица 1 – Совокупность влияющих факторов к рисунку 1

Обозначение фактора	Описание фактора
x1	Энергетический ресурс (количество энергии)
x2	Среднесуточное количество энергоресурса в течение года (вероятность наличия энергоресурса в течение года)
x3	Экономический потенциал вида энергии
x4	Себестоимость производства 1 кВт·час
x5	Возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии
x6	Воздействие на окружающую среду и на человека
y1, y2, y3, q1	Укрупненные влияющие факторы
Q	Корень дерева – рейтинг альтернативных источников энергии

Нечеткая модель состоит из четырех управляющих m-файлов (bioreactor.m, hydrogenerator.m, sungenerator.m, hydrogenerator.m) и 5-ти систем нечеткого вывода: q_y1.fis, q_y2.fis, q_y3.fis, q_q1.fis, Q.fis. Каждая система нечеткого вывода имеет по 2 входных фактора, влияющих на рейтинг альтернативных источников энергии.

Обоснование выбора влияющих факторов для определения рейтинга альтернативных источников энергии с целью распределения энергетических потребностей автономного потребителя по различным видам энергии представлено в таблице 2.

Так как разработанная программа работает с величинами в диапазоне от -100 до 100, а значения входных параметров изменяются в различных пределах, то целесообразно использовать дополнительный m – файл - нормализатор.

Таблица 2 – Обоснование выбора влияющих факторов для определения рейтинга альтернативных источников энергии с целью распределения энергетических потребностей автономного потребителя по различным видам энергии

Влияющие факторы	Обоснование необходимости учета влияющих факторов при создании системы нечеткой логики, определяющей рейтинг источников энергии
Энергетический ресурс (количество энергии)	Энергетический ресурс - запасы отдельного вида энергии, которые при данном уровне техники могут быть использованы для энергоснабжения конкретного автономного потребителя энергии. Они различны для одного и того же географического местоположения автономного потребителя.
Среднесуточное количество энергоресурса в течение года (вероятность наличия энергоресурса в течение года)	Нетрадиционные возобновляемые источники энергии обладают таким свойством, как изменчивость во времени. Например, процесс поступления солнечной энергии, хотя в целом и закономерен, но содержит, тем не менее, значительный элемент случайности, связанный с погодными условиями. Еще более изменчива и непредсказуема энергия ветра, воды. Стабильность производства биоэнергии может быть обеспечена при условии надежного снабжения требуемым количеством сырья.
Экономический потенциал вида энергии	Экономический потенциал - совокупная способность отраслей народного хозяйства производить промышленную и с/х продукцию, осуществлять капитальное строительство, перевозки грузов, оказывать услуги населению, вырабатывать энергию в определенный исторический момент. Для различных видов энергии он не одинаков.
Возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии	У возобновляемых источников есть отрицательное качество - это малая плотность потока (удельная мощность). Это заставляет создавать большие площади энергоустановок, «перехватывающие» поток используемой энергии (приемные поверхности солнечных установок, площадь ветроколеса и т.п.). Не у всех автономных потребителей есть возможность использования огромных площадей по причине их отсутствия или сложности рельефа.

Окончание таблицы 2

Влияющие факторы	Обоснование необходимости учета влияющих факторов при создании системы нечеткой логики, определяющей рейтинг источников энергии
Воздействие на окружающую среду и на человека	Вред окружающей среде наносят не только традиционные источники энергии, но и возобновляемые. Вклад их различен как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе и влияет не только на окружающую среду, но и на человека.
Себестоимость производства 1кВт·час мощности	Себестоимость производства электроэнергии – удельная величина затрат, необходимых для работы энергоустановки на условиях самокупаемости. Хотя нетрадиционные возобновляемые источники энергии и являются «бесплатными» (отсутствует необходимость использования топливных ресурсов), этот фактор нивелируется значительными расходами на приобретение соответствующего оборудования. Себестоимость производства 1 кВт мощности различна для отдельных видов энергии.

Единицы измерения влияющих факторов для определения рейтинга альтернативных источников представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Единицы измерения влияющих факторов для определения рейтинга альтернативных источников энергии

Влияющие факторы	Единицы измерения
Энергетический ресурс (количество энергии)	низкий, средний, высокий
Экономический потенциал вида энергии	низкий, средний, высокий
Себестоимость производства 1кВт·час мощности	руб./кВт·час
Возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии	низкие, средние, высокие
Воздействие на окружающую среду и на человека	низкое, среднее, высокое
Вероятность наличия энергоресурса в течение года	%

В связи с тем, что исходная информация распределена, как правило, по случайному закону, для лингвистической оценки этой переменной использованы 5 термов модификации стандартной функции распределения $gaussmf - qgaussmf$, которая позволяет использовать как четкие, так и нечеткие входные величины.

Для получения результатов нечеткого вывода ($y_1 \rightarrow$ Промежуточный результат 1) по заданным параметрам использованы нечеткие базы знаний типа Mamdani.

Иерархический вывод по дереву (рисунок 1) осуществляется одним из четырех *m*-файлов (bioreactor.m, hydrogenerator.m, sungenerator.m, hydrogenerator.m).

Разработанная система нечеткой логики позволит обоснованно определять рейтинг альтернативных источников по результатам изменения: величины энергетического ресурса (количества энергии), среднесуточного количества энергоресурса в течение года (вероятности наличия энергоресурса в течение года), экономического потенциала вида энергии, возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии, воздействия на окружающую среду и на человека.

Литература

1) Штовба С.Д., Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с., ил.

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. служ. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. служ. (385-2) 36-71-29, тел. моб. 8-961-999-93-04, vnprol51p@ya.ru.

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ И
АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТРОЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ**

Воробьев Н.П., Кандрин Ю.В., Цымбалист О.В.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрена методика экспериментальных исследований неравномерности волновых полей излучателей и акустических свойств контролируемой среды.

The methods of experimental investigations of wave fields of uneven radiators and acoustic properties of the controlled environment.

Цель экспериментальных исследований волновых полей ультразвуковых (УЗ) излучателей - определение и выбор параметров поршневых вибраторов, которые допустимо применять для прозвучивания нерегулярных слабодисперсных волоконных сред. [1] Задачи экспериментального поиска технических решений в этой области превалируют над теоретическим в связи с тем, что сказывается неидеальность пьезоэлектрических свойств материала преобразователя (анизотропия) и отклонение траекторий колебательного движения точек рабочей поверхности вибратора от траекторий движения точек поверхности идеального поршня.

Целью проведенных нами исследований являлось выявление пределов изменения акустических свойств материалов и зависимостей акустических свойств от степени сжатия материала (объемной плотности) в зоне прозвучивания. В итоге необходимо было получить данные, подтверждающие обоснованность индивидуальных функций преобразования разрабатываемых датчиков, а также данные, позволяющие рассчитать погрешности измерения устройств.

Экспериментальные исследования волновых полей проводились с помощью установки, изображенной на рисунке 1. Установка содержит расположенный на массивном основании поворотный механизм из неподвижной части 1 и поворотного диска 2, который может быть установлен в требуемое положение с помощью рукоятки 3. Угол поворота фиксируется по шкале φ . К неподвижной части 1 жестко крепится плита 4, на которой размещается излучатель УЗ колебаний 5. Излучатель 5 может перемещаться по плите 4 вдоль шкалы 2, определяющей расстояние от точки контроля до излучающей поверхности. На поворотном диске 2 установлен точечный приемник УЗ колебаний 6, который может быть смещен в плоскости, перпендикулярной плоскости диска 2, с помощью микрометрических винтов 8 и 9 механизма 7. Координаты точки контроля фиксируются с помощью шкал горизонтального X и вертикального Y смещения.

Конструкция приемника практически исключает искажения поля в точке контроля. Для устранения интерференции, обусловленной взаимодействием прямой и отраженных от элементов механизма 7 волн, перед приемником размещен экран 10 с поглотителем.

На рисунке 2 показан общий вид установки для измерения характеристик акустического поля излучателя. Для определения влияния на акустическое поле ограничений, вносимых конструктивными элементами датчика, перед излучателем размещался формирующий канал требуемых размеров. На рисунке 3 показано размещение излучателя и приемника для определения амплитуды сигнала при различных положениях приемной поверхности.

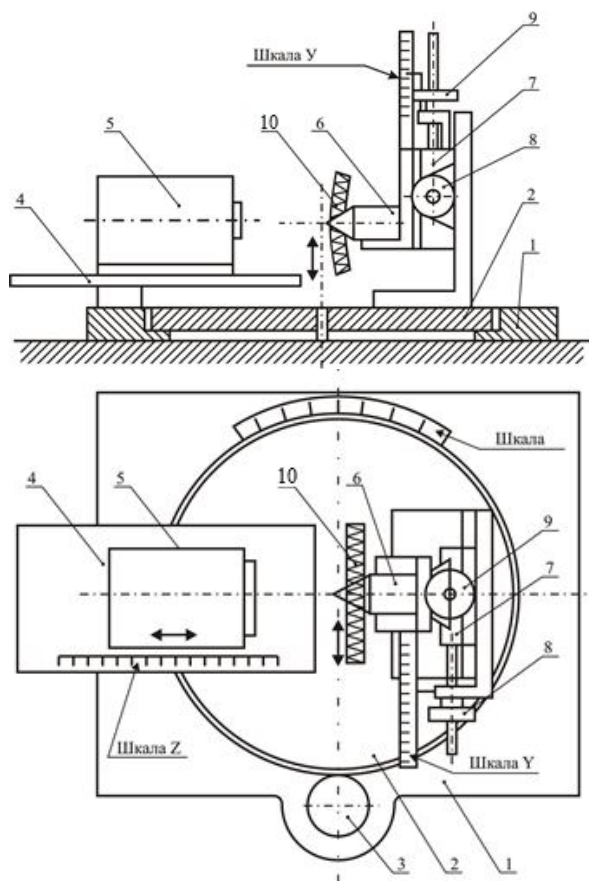


Рис. 1. Установка для определения характеристик акустических полей УЗ излучателей

Приемник 6 выполнен на пьезоэлементе диаметром 8 мм, установленном в корпусе, который имеет коническую насадку с отверстием на вершине конуса диаметром 1 мм. УЗ колебания, проходящие в отверстие, воспринимаются приемной поверхностью пьезоэлемента.

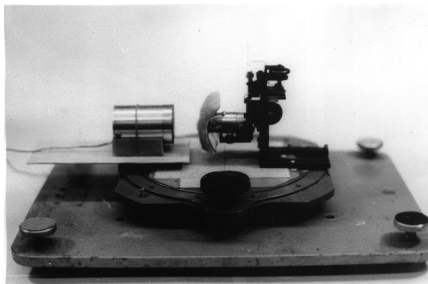


Рис. 2. Общий вид установки для измерения характеристик акустического поля излучателя

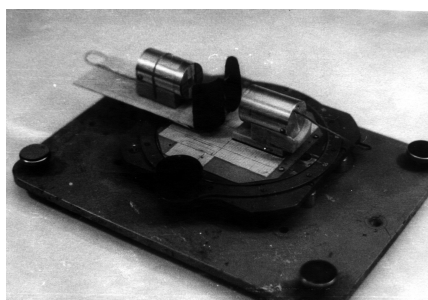


Рис. 3. Размещение излучателя и приемника для определения амплитуды сигнала при различных положениях приемной поверхности

Для возбуждения УЗ колебаний использовались преимущественно круглые

поршневые пьезопреобразователи различных диаметров и возбуждаемые на различных частотах. Хотя наиболее простым техническим решением было бы применение прямоугольных поршневых вибраторов, однако предварительная оценка картины акустического поля показала, что неравномерность звукового давления по сечению УЗ пучка у таких вибраторов наиболее высокая.

Поршневые вибраторы с круглой рабочей поверхностью имеют распределение характеристик поля, обладающее центральной симметрией. Поэтому измерения проводились вдоль одной из диаметральных осей преобразователя и на различных расстояниях от излучающей поверхности. На установке (рисунок 1) координата осевого смещения определялась по шкале Z , а радиального - по шкале X . Предварительно точечный приемник 6 с помощью микрометрического винта 9 (шкала Y) устанавливался на уровень диаметральной оси вибратора.

Практический интерес для решения поставленных задач имеют не абсолютные значения звукового давления в различных точках поля, а относительные изменения его в зависимости от координаты точки контроля. Так как величина сигнала пьезоэлектрического приемника пропорциональна значению звукового давления у его рабочей поверхности, при измерениях фиксировалась амплитуда выходного напряжения приемного усилителя. Относительное изменение этого напряжения в полной мере характеризует распределение амплитуд звукового давления по сечению УЗ пучка.

Результаты измерений пространственного распределения сигналов точечного приемника (точечным называют приемник с размерами рабочей поверхности, намного меньшими длины УЗ волны в среде) в акустическом поле поршневых вибраторов: диаметром $D = 18$ мм, возбуждаемого на частоте $f = 110$ кГц; диаметром $D = 30$ мм, возбуждаемого на частотах $f = 80$ и $f = 240$ кГц, представлены в виде графиков, изображенных на рисунке 4.

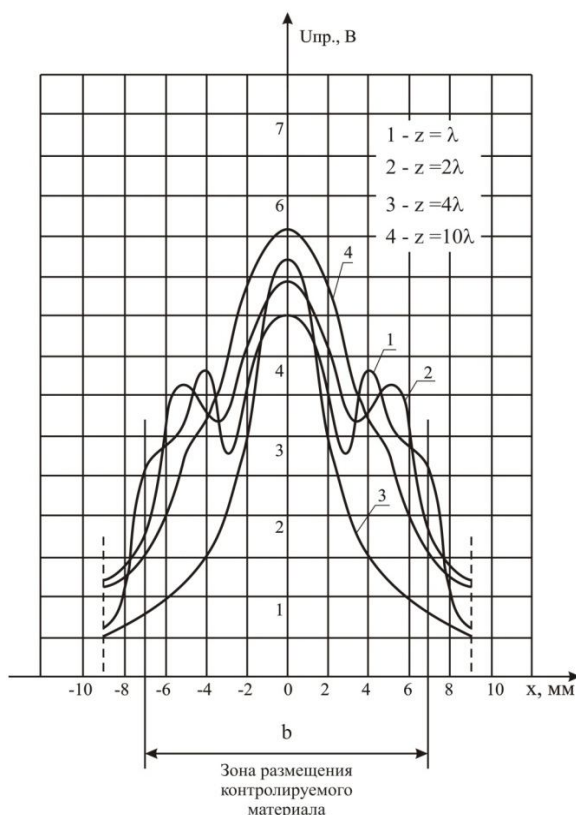


Рис. 4. Акустическое поле пьезокерамического излучателя $\varnothing 18$ мм, возбуждаемого на частоте $f = 110$ кГц

Кривые, характеризующие распределение звукового давления в поле излучателя $\varnothing = 18$ мм (рисунок 4), показывают, что непосредственно вблизи

излучающей поверхности неравномерность поля максимальна. На расстояниях от излучателя $z > 10 \lambda$ зависимость может быть с достаточной точностью аппроксимирована параболической и сохраняется в пределах реальных размеров акустического канала. Наибольший интерес представляют кривые, характеризующие поле непосредственно в зоне размещения контролируемой среды. В данном случае это кривые, находящиеся в пределах 3λ (кривые 1 и 2). В интервале, ограниченном по оси X пунктирными линиями (этот интервал соответствует поперечному размеру изделия, который оно может иметь с наибольшей вероятностью), отношение амплитуд давления $P_{\max}/P_{\min} = (3 \div 4)$. Очевидно, что при таком соотношении амплитуд давления контроль плотности материала можно производить только в условиях идеальной регулярной структуры среды.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что структуры акустических полей пьезоэлектрических вибраторов нельзя в таком виде считать удовлетворительными. Эти структуры достаточно близки к теоретическим расчетным параметрам полей. Наибольший вклад в неравномерность поля дает центральный интерференционный максимум и, если рассматривается вся излучающая поверхность, отношение амплитуды центрального максимума к амплитуде боковых тем больше, чем больше величина $k\tau$, где τ - радиус излучателя, а k - волновое число для прозвучиваемой среды. Сравнение теоретических распределений звукового давления на поверхности поршневых излучателей с экспериментальными, однако, позволяет отметить, что реальные поршневые вибраторы имеют существенно большую разницу амплитуд звукового давления на оси излучателя и в крайних точках сечения УЗ пучка. Это явление объясняется с точки зрения теории и практики пьезоэлектрических поршневых преобразователей.

Литература

1. Воробьев, Н. П. Акустический контроль параметров технологических процессов: монография / Н. П. Воробьев [и др.]; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2010. – 266 с.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Тел. служ. (385-2) 36-71-29, тел. моб. 8-961-999-93-04, vnprol51p@ya.ru.

Кандрин Юрий Викторович – аспирант Алтайского государственного технического университета (Барнаул), директор фирмы «АККОН» (Барнаул), телефон (3852) 55-04-27, 77-35-44, эл. почта: ukandrin@mail.ru; mail@akkon.ru.

Цымбалист Ольга Васильевна – к.п.н., доцент, институт технологии агрономических исследований Алтайского государственного аграрного университета (Барнаул), (3852) 77-48-47.

УДК 621.311:568.264

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМЕЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, ПО ПРИВЕДЕННЫМ ЗАТРАТАМ И ПО СРОКУ ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТОВ

Воробьева С.Н.

Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрено определение замещающей мощности альтернативных источников энергии на основе системы нечеткой логики, по приведенным затратам и по сроку окупаемости проектов.

We consider the determination of the replacement power of alternative energy sources on the basis of fuzzy logic for reduced costs and payback period.

Определение замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии на основе системы нечеткой логики

Суть предложенного нами метода:

1) с помощью системы нечеткой логики определяют рейтинг каждого из видов альтернативных источников;

2) находят сумму полученных рейтингов альтернативных источников;

3) составляют пропорции:

- сумма рейтингов альтернативных источников энергии – мощность, необходимая автономному потребителю;

- рейтинг одного источника энергии - соответствующая ему замещаемая мощность того же источника альтернативной энергии;

4) из составленных пропорций определяют замещаемую мощность по каждому из видов альтернативных источников;

5) численное значение замещаемой мощности передают в программу по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя в Алтайском регионе, выполненную в среде Excel;

6) получают приведенные затраты на энергоснабжение автономного потребителя для каждого из видов альтернативных источников.

Выражаем замещаемую мощность одного из источников альтернативной энергии через известные величины:

$$P_{з.и} = \frac{Q_u \cdot P}{\sum Q}, \quad (1)$$

где P - мощность, необходимая автономному потребителю;

Q_u - рейтинг одного из видов альтернативных источников энергии;

$\sum Q$ - сума рейтингов альтернативных источников энергии.

Пример вычислений замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии по формуле (1) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты вычисления замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников

Рейтинг альтернативных источников энергии:				
солнечной	биоэнергии	рек	ветра	Сумма рейтингов
48,08	42,9	36,7	38,7	166,38
Замещаемая мощность, Вт, для				
солнечной энергии	биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	Мощность, необходимая автономному потребителю, Вт
462,36	412,54	352,93	372,16	1600

Данные таблицы 1 использованы в программе по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии.

Определение замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии по минимуму приведенных затрат

Суть предложенного нами метода:

1) берут приведенные затраты на основании результатов работы программы по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии;

2) вычисляют величину, обратную приведенным затратам каждого из источников альтернативной энергии;

3) находят сумму величины, обратной приведенным затратам;

4) составляют пропорции:

- сумма величины, обратной приведенным затратам – мощность, необходимая

автономному потребителю;

- величина, обратная приведенным затратам для одного источника альтернативной энергии – соответствующая ему замещаемая мощность того же источника альтернативной энергии;

4) из составленных пропорций определяют замещаемую мощность по каждому из видов альтернативных источников;

5) численное значение замещаемой мощности передают в программу по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя в Алтайском регионе;

6) получают приведенные затраты на энергоснабжение автономного потребителя для каждого из видов альтернативных источников.

Выражаем замещаемую мощность одного из источников альтернативной энергии через известные величины:

$$P_{з.и} = \frac{G_u \cdot P}{G}, \quad (2)$$

где P - мощность, необходимая автономному потребителю;

G_u - величина, обратная приведенным затратам для одного из видов альтернативных источников энергии;

$\sum G$ - сумма величины, обратной приведенным затратам.

Пример вычислений замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии по формуле (2) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты вычислений замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников

Приведенные затраты, руб., при использовании				Сумма величины, обратной приведенным затратам
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
6162842,89	3025879,89	1318035,22	7347766	
Величина, обратная приведенным затратам, при использовании				Мощность, Вт, необходимая автономному потребителю
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
$1,6 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-7}$	$7,59 \cdot 10^{-7}$	$1,36 \cdot 10^{-7}$	$1,39 \cdot 10^{-6}$
Замещаемая мощность, Вт, при использовании				Мощность, Вт, необходимая автономному потребителю
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
187,10	381,08	874,87	156,93	1600

Данные таблицы 2 использованы в программе по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии.

Определение замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии по минимуму времени окупаемости

Суть предложенного нами метода:

1) берут время окупаемости на основании результатов программы по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии;

2) вычисляют величину, обратную времени окупаемости каждого из источников альтернативной энергии;

3) находят сумму величины, обратной времени окупаемости;

4) составляют пропорции:

- сумма величины, обратной времени окупаемости – мощность, необходимая автономному потребителю;

- величина, обратная времени окупаемости для одного источника альтернативной энергии – соответствующая ему замещаемая мощность того же источника альтернативной энергии;

4) из составленных пропорций определяют замещаемую мощность по каждому из видов альтернативных источников;

- 5) численное значение замещаемой мощности передают в программу по оптимизации энергоснабжения автономного потребителя в Алтайском регионе;
- 6) получают приведенные затраты на энергоснабжение автономного потребителя для каждого из видов альтернативных источников.

Выражаем замещаемую мощность через известные величины:

$$P_{з.и} = \frac{T_u \cdot P}{T}, \quad (3)$$

где P - мощность, необходимая фермеру;

T_u - величина, обратная времени окупаемости для одного из видов альтернативных источников энергии;

$\sum T$ - сумма величины, обратной времени окупаемости.

Пример вычислений замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии по формуле (3) представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты вычислений замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников

Срок окупаемости, лет, при использовании				
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
36,06	37,58	8,12	58,54	
Величина обратная сроку окупаемости, при использовании				Сумма величины, обратной сроку окупаемости
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
0,0277	0,0266	0,123	0,017	
Замещаемая мощность, Вт, при использовании				Мощность, Вт, необходимая автономному потребителю
биоэнергии	энергии рек	энергии ветра	солнечной энергии	
228,036	218,813	1012,683	140,469	
				1600

Данные таблицы 3 были использованы в программе по оптимальному энергоснабжению автономного потребителя энергии.

Таким образом, для оптимизации энергоснабжения автономных потребителей в Алтайском регионе предложена концепция оптимизации энергоснабжения автономного потребителя энергии, важнейшей составляющей которой явилась разработка методики определения замещаемой мощности для каждого из видов альтернативных источников энергии:

- на основе системы нечеткой логики;
- по минимуму приведенных затрат;
- по минимуму времени окупаемости проекта энергоснабжения автономного потребителя.

Использование предложенной концепции оптимизации энергоснабжения автономного потребителя энергии позволяет выбрать либо наиболее дешевый вариант (на основе минимума приведенных затрат), либо наиболее надежный (на основе рейтинга источников энергии), либо вариант с минимальным временем окупаемости вложений (на основе минимума времени окупаемости проекта).

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29.

СЕКЦИЯ № 6. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Руководители:

Злобин Евгений Федорович, д.э.н., проф., директор Финансово-экономического института ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел
Комаристый А.С., к.э.н., доцент кафедры ЭиЭ ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел

УДК 621.332

БИЗНЕС-ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИКА

Глинкин Е.И.

Россия, г. Тамбов, ТамбовГТУ

Чичев С.И.

Россия, г. Тамбов, ОАО «МРСК Центра» - «Тамбовэнерго»

Систематизирован регламент бизнес-процесса «Диагностика», внедрённый в филиалах «ОАО МРСК Центра», в области его применения, структурных схем, стандартов процессов, а также расчёта ключевых показателей эффективности и проведения процедур.

The business process regulations "Diagnostics", introduced in «JSC Centre branches», in the field of its application, block diagrams, standards of processes, and also calculation of key indicators of efficiency and carrying out procedures are systematized.

Регламент бизнес-процесса (БП) «Диагностика» (РГ БП10.2/01-01/2010) (далее Регламент) [1-4] разработан в целях повышения эффективности бизнес процесса «Диагностика» ОАО «МРСК Центра» и устанавливает основные требования к порядку организации работ и взаимодействию подразделений и его филиалов по обеспечению достоверной и полной информацией о техническом состоянии электрооборудования и ЛЭП. Регламент обязателен к применению для всех уровней управления и предназначен для персонала, осуществляющего измерение, испытание или осмотр, оценку технического состояния электрооборудования и линий электропередачи (ЛЭП) или принимающего участие в бизнес-процессе «Диагностика» (рис. 1).

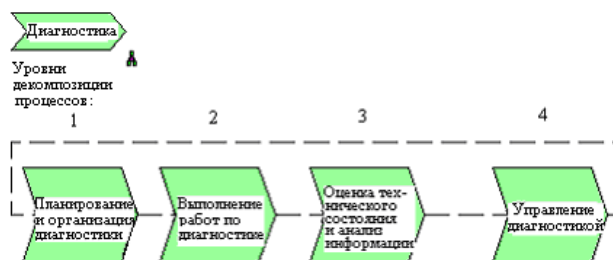


Рис. 1. Структурная схема бизнес-процесса «Диагностика»

Регламент определяет набор (и):

- взаимосвязь БП верхнего уровня «Диагностика» ОАО «МРСК Центра» с процессами 1-го, 2-го, 3-го и 4-го уровней декомпозиции;
- привязку методик и алгоритмов к операциям в рамках процессов;
- входящих/исходящих исходных данных (информации) необходимых для функционирования БП «Диагностика» (в т.ч. получаемых из внешних интерфейсов);
- данных (информации) передаваемой из БП «Диагностика» во внешние интерфейсы других процессов;
- регламентируемых документов генерируемых, передаваемых и потребляемых исполнителями в рамках БП «Диагностика»;

Регламент определяет порядок и:

- последовательность выполнения операций;
- схемы информационного обмена между подразделениями – исполнителями операций;
- контроля регламентных операций на предмет качества и своевременности их выполнения;
- актуализации нормативных документов (методик, алгоритмов и процессов), в целях обеспечения непрерывного развития БП «Диагностика».
- ответственных исполнителей операций с детализацией до уровня структурных подразделений;
- связи БП «Диагностика» с другими процессами в рамках БП «Обеспечение распределения электрической энергии»;
- описание выполняемых регламентируемых операций;
- сроки выполнения регламентируемых операций;
- требования к форматам и содержанию (информационному наполнению) регламентных документов;
- критерии и показатели эффективности выполнения в структуре БП «Диагностика».

Согласно [3 – 4] бизнес-процесс верхнего (МРСК) уровня «Диагностика» состоит из четырех процессов 2-го (РСК) уровня (см. рис.2):

1. «Планирование и организация диагностики»;
2. «Выполнение работ по диагностике»;
3. «Оценка технического состояния и анализ информации»;
4. «Управление диагностикой».

Их общая взаимосвязь и взаимосвязь 2-го и 3-го уровней (в РСК) определяющих конечный результат бизнес-процесса «Диагностика» представлена на рис.2.

Процесс 2 уровня – «Планирование и организация диагностики». Состоит из 4-х самостоятельных подпроцессов (процедур) 3-го уровня (см. рис.2):

- составление годовых, квартальных и оперативных планов проведения диагностики;
- организация работ по диагностике;
- определение объема дополнительных работ;
- анализ повреждаемости.

В свою очередь, подпроцесс «Составление годовых, квартальных и оперативных планов проведения диагностики» состоит из 2-х своих процедур:

- долгосрочное планирование диагностики (3 года);
- краткосрочное планирование диагностики (месяц, квартал, год).

Подпроцесс «Организация работ по диагностике» также состоит из 2-х самостоятельных процедур:

- организация отключений;

- допуск к работам.



Рис. 2. Взаимосвязь 2-го и 3-го уровней в РСК (процессов и подпроцессов)

Процесс 2 уровня – «Выполнение работ по диагностике». Состоит из 3-х самостоятельных процедур 3-го уровня (см. рис.2):

- выполнение плановой диагностики оборудования;
- выполнение внеплановой диагностики оборудования;
- оформление результатов работ.

Подпроцессы 3-го уровня – «Выполнение плановой диагностики ЭО и ЛЭП» и «Выполнение внеплановой диагностики электрооборудования» состоят из 5-ти подпроцессов, соответственно:

- электрооборудования ПС 35-110 кВ;
- воздушных линий;
- кабельных линий;
- электрооборудования трансформаторных (ТП) и распределительных (РП) 0,4-10 кВ;
- технического обслуживания устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Процесс 2 уровня – «Оценка технического состояния и анализ информации» Состоит из 3-х самостоятельных процедур (см. рис.2):

- оценка технического состояния активов;
- анализ: информации о техническом состоянии электрооборудования; функционирования бизнес-процесса.

Процесс 2 уровня - «Управление диагностикой». Состоит из 4-х самостоятельных процедур 3-го уровня декомпозиции (см. рис.2):

- актуализация: системы анализа данных по результатам диагностики; методологии диагностики; средств диагностики;
- повышение квалификации персонала.

В целях повышения эффективности функционирования и стандартизации бизнес-процесса «Обеспечение распределения электроэнергии» в ОАО «МРСК

Центра» систематизирован, внедрённый в эксплуатацию основной пакет документов, регламентирующих бизнес-процесс второго уровня «Диагностика».

Литература

1. Чичёв, С.И. Информационно-измерительная система центра управления электрических сетей [Текст] / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин: Машиностроение. – Москва, 2009. – 176с.

2. Чичёв, С.И. Информационно-измерительная система электросетевой компании [Текст] / С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин: Спектр. – Москва, 2011. – 152с.

3. Приказ №362 – ЦА от 03.11.2010г «О регламентации бизнес-процесса Диагностика» [Текст]: приложения №1-6. – Москва, 2010г.

4. Концепция диагностики электротехнического оборудования подстанций и линий электропередачи электрических сетей ОАО «ФСК ЕЭС» [Текст]: от 01.03.2005г.

Чичёв Сергей Иванович, канд. техн. наук, филиал ОАО «МРСК Центра» - «Тамбовэнерго», служба диагностики, инженер 2-й категории, 392680 г. Тамбов, Моршанское Шоссе, 23, chichev.si@mrsk-1.ru, тел. раб. 8-4752-57-83-09.

Глинкин Евгений Иванович, док. техн. наук, профессор, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет, профессор кафедры «Биомедицинская техника», 392000, г. Тамбов, Советская, 106, glinkinei@rambler.ru, тел.(8-4752) раб. 63-56-20, дом. 51-23-45.

УДК 621.311.004.13

НОРМАТИВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ефремов И.А., Таран А.С., Филиппова Т.А.
Россия, г. Новосибирск, НГТУ

Обсуждается роль нормирования в планировании задач энергосбережения в генерирующих и сетевых компаниях энергетики. Отсутствие нормативов не дает возможность оценить эффективность задач энергосбережения и исключает их планирование.

The role of standardization in planning of energy saving tasks in generation and network electric power enterprises is discussed. The absence of standards does not make possible to assess efficiency and excepts their planning.

Энергосбережение является актуальной государственной проблемой. В документах государственного уровня определены концепции ее решения. На выполнение программ энергосбережения выделены большие финансовые средства. В энергетике эта работа проводится в энергосистемах, на электрических станциях, в генерирующих (ГК), сетевых (СК), в энергосбытовых (ЭСК) компаниях. Это требует исследований путей и методов составления программ энергосбережения и разработки механизмов их реализации. Имеются определенные принципы разработки программ энергосбережения для цикла производства электроэнергии и цикла потребления. Первичным является цикл производства, его эффективность. Во многих работах показана чрезвычайно низкая эффективность цикла производства. После реформирования энергетики главной целью было создания электроэнергетического рынка. И многие другие проблемы отошли на второй план, были отодвинуты. Это относится и к энергосбережению. Сегодня все экономические показатели

эффективности производства электроэнергии чрезвычайно низкие. В результате цены на электроэнергию «давят» на промышленность, тормозят выход ее из кризиса. Энергосбережение, это один из действенных способов повышения производственной эффективности предприятий энергетики и снижения цен на электроэнергию.

Большое значение имеет комплекс вопросов.

1. Разработка классификации задач энергосбережения. Нельзя ориентироваться только на случайный выбор задач энергосбережения. Во многих работах дается перечень задач, например в [1], но он частично отражает технологический цикл производства на энергетических предприятиях и зачастую не содержит показателей – измерителей их эффективности.

2. Разработка механизмов стимулирования и оценки энергосбережения. Никакие планы и решения не могут дать эффект без механизмов контроля и заинтересованности. Об этом говорит международный опыт. Механизмы всегда связаны с нормативами.

3. Определение связей задач энергосбережения, правил управления электроэнергетическим рынком и регулирующих возможностей самого рынка. Надо учесть, что рынок электроэнергии особый. В основном он монопольный или олигопольный. Конкурентные свойства пока не развиты.

Реализация этих принципов возможна только при сочетании государственного и рыночного механизмов управления энергетикой. Этот принцип заявлялся всегда, но он не работает достаточно эффективно в существующем виде, поскольку все показатели производственной эффективности энергетики снижаются, начиная с 1990г. Одной из причин является отсутствие нормативной базы.

Сейчас в наших работах получены первые результаты по реализации концепций энергосбережения в ГК и СК. Разработан первоначальный упорядоченный перечень задач энергосбережения, определены свойства электроэнергетического рынка, которые тормозят энергосбережение, определены пути эффективного решения этой проблемы. Особое внимание уделяется контролю. Можно поставить разные цели, но если они неконтролируемые, то они не будут достигнуты. Важным элементом контроля являются нормативы.

Общими функциями управления производством являются: прогнозирование, планирование – это главная функция, контроль, учет, нормирование, анализ. Отсутствие одной из них обязательно приведет к неэффективному управлению.

Остановимся на особенностях управления режимами крупных ТЭС (ГК) и технологических задачах производства электроэнергии. Это - выбор состава основного работающего оборудования, распределения нагрузки между агрегатами станций, построение энергетических характеристик станций, работа агрегатов собственных нужд. Возникают задачи нормативных энергетических характеристик ТЭС. Часто они имели вид удельных расходов топлива от выработки электроэнергии $b_{y\partial}(\mathcal{E}_{mэс})$, сейчас они разрабатываются в виде цены электроэнергии $\psi(\mathcal{E}_{mэс})$. Конечно цена не отражает в полной мере характеристику $b_{y\partial}(\mathcal{E}_{mэс})$, и, тогда нет нормативного подхода к эффективности технологического процесса ТЭС. Вместе с тем если использовать оптимизацию как базовый принцип управления режимами по критерию минимума расхода топлива $B_{mэс} = \min$, то можно получить нормативные характеристики $b_{y\partial \cdot n}(\mathcal{E}_{mэс})$, особенно если учитывать, что сейчас на крупных ТЭС имеются компьютерные системы [2]. Состав задач зависит от положения ГК на электроэнергетическом рынке. Состав работающего оборудования влияет на энергетическую характеристику станции $I(W)$. В оптимизационных алгоритмах она обычно задается в виде полинома $I=a+bW+cW^2$, причем КПД станции при этом меняется на величину до 5%. Издержки на транспорт часто принимаются постоянными,

что также является недостаточно обоснованным и они также по – сути имеют вид нелинейного полинома. Тогда и $\Psi(W)$ – нелинейная.

Поскольку ГК и СК взаимодействуют при энергоснабжении потребителей, то необходимо иметь и нормативную характеристику потерь электроэнергии в СК $\Delta \mathcal{E}_{СК}(\mathcal{E}_{ТЭС})$. Однако, чаще всего, ГК вообще не имеют информации об этой характеристике.

Для СК большое значение имеют потери электроэнергии [3]. Известно, что кроме технологических потерь имеются коммерческие – особенно хищения и неплатежи. Сейчас эта информация отнесена к категории коммерческой тайны. Что вызывает недоумение. Все негативные результаты технической деятельности СК можно отнести к хищениям и неплатежам. Во всех странах мира имеются такие потери, но они нормируются. И тогда их нельзя произвольно включать в тарифы.

Для того чтобы изменить положение с низкой эффективностью режимов по – нашему мнению необходимо за основу взять нормативный подход к оценке деятельности ГК и СК. Только нормативы могут дать пороговое значение, выше которых потери не должны быть и при этом имеются механизмы оценки ограничений. Без этого решать проблему энергосбережения при производстве электроэнергии нельзя.

Норматив определяется часто по принципу: «фактические потери – резервы их снижения по составляющим - нормативы». Этот принцип сейчас не может использоваться, поскольку статистические данные не соответствовали нормативным принципам. Тогда остаются только пути специальных расчетов, прогнозирования нормативов по аналогии с такими же объектами и эвристически методы. Все они возможны и это будет стартовым значением. Такие расчеты ведутся для СК.

Конечно, нормативный подход не избавлен от недостатков. Например, резервы улучшения определяются экспертно. Потери определяются для некоторых характерных условий, нет методики расчетов, не ясен вопрос информационного обеспечения. В ряде работ по нормированию потерь энергии в сетях показано, что нормативные потери завышены примерно на 5%.

Таким образом, методика разработки нормативов должна включать в себя:

- классификацию объектов производства и лицензирование их деятельности,
- определение показателей I оценки деятельности объекта по важнейшим F направлениям энергосбережения,
- принципы расчета норматива для $I(F)$,
- пути улучшения нормативного показателя.

Нужна общеотраслевая методика. Целесообразно иметь две составляющие нормативного показателя, зависящего от внутренней технологической деятельности и от внешней (экономической, коммерческой). Имеется опыт его применения. Для ТЭЦ на диаграмме режимов турбин всегда указываются нормативные поправки к расходу теплоты (на величину вакуума, температуры и др.). Имеются нормативы потерь на котлах (с уходящими газами, от недожога и др.). В зависимости от них, устанавливался нормативный расход условного топлива для агрегатов ТЭС и всей станции и использовался как одна из форм стимулирования деятельности персонала.

Для оценки внешней деятельности и расчета основными показателями может быть себестоимость тепловой и электрической энергии, удельные расходы топлива. Себестоимость сейчас не применяется, так как это закрытый коммерческий показатель. Тогда можно использовать КПД. Величина удельного расхода топлива на выработанную электроэнергию не должна быть больше нормативной. Для этого требуется определить факторы, влияющие на величину удельных расходов. Состав факторов можно определять по данным в АСУ ТП ТЭС, которые собираются в темпе процесса. Это включает несколько десятков показателей. Возникает задача отбора значимой информации с применением математического аппарата статистического анализа и моделей характеристик, например, расхода топлива и тогда можно построить

фактическую характеристику [4]. Ее сравнение с нормативной позволяет дать общую оценку эффективности режима и роль факторов. В опубликованных работах использовались методы регрессионного анализа и эмпирические характеристики. Наши экспериментальные расчеты показывают, что можно применять нейронные методы. В их пользу говорят те, что нормативные характеристики многопараметрические, в них часто связи между факторами неявные. Изменчивость режимов требует постоянных расчетов по получению и актуализации входной информации.

Регрессионный анализ является наиболее распространенным из группы вероятностно-статистических методов. При использовании регрессионного анализа зависимость между случайными величинами X и Y математически можно выразить как: условное математическое ожидание Y при фиксированном значении x . При множественной регрессии подбор уравнения регрессии – это специальная процедура регрессионного анализа, которая должна быть автоматизирована. При накоплении примерно 20 точек производится коррекция. Описание зависимости между переменными помогает установить наличие возможной причинной связи и с помощью уравнения регрессии можно предсказывать значения зависимой переменной по значениям независимых переменных.

Первоочередным вопросом получения нормативов является информационное обеспечение. Чтобы информация была объективной, необходимо применять принципы коммерческого учета. Системы такого вида хорошо разработаны (АСКУЭ, ИИСКУ, АСУ ТП) и они могут быть созданы с соответствующей защитой от искажения информации.

Работы по энергосбережению в энергетике вполне обоснованно можно отнести к актуальным проблемам. Необходимо обсуждение предложений по решению этих задач и выработка положений общепромышленной методики, причем с обсуждением ее на научном и производственном уровнях.

Ошибки в планировании энергосбережения могут приводить к значительному снижению эффекта от этой работы и даже к ухудшению технико-экономических показателей производственного процесса.

Решение проблемы возможно при условии внедрения в компаниях современных компьютерных технологий, моделировании работы ТЭЦ и позволяющих получать информацию о работе электростанций в режиме реального времени. Данная информация может оказаться крайне полезной, в том числе и в случае использования практик нормирования затрат.

Литература

1. Литвак В.А. Основы регионального энергосбережения (научно-технические и производственные аспекты). - Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 300 с.
2. Применение ЭВМ для автоматизации технологических процессов в энергетике. Под ред В.А.Семенова. – М.: Энергоатомиздат, 1983,.. - 309 с.
3. Воротницкий В.Э., Загорский А.Т., Апрыткин В.Н., Западное В.А. Расчёт, нормирование и снижение потерь электроэнергии в городских электрических сетях. - "Электрические станции", 2000г., №5, с.9-13.
4. В.А. Веников, В.Г. Журавлев, Т.А. Филиппова. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем - М.: Энергоиздат, 1980, - 464 с.

Ефремов Игорь Алексеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630090, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, доктор технических наук, профессор кафедры техники и электрофизики высоких напряжений Новосибирского государственного технического университета, (383) 346-11-79, e-mail: efremov-ia@ngs.ru;

Филиппова Тамара Арсентьевна, Новосибирский государственный технический университет, 630090, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, доктор технических наук, профессор кафедры систем управления экономики энергетики Новосибирского государственного технического университета, (383) 346-13-59, e-mail: ta_filippova@ngs.ru;

Таран Андрей Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630090, г. Новосибирск, пр.К.Маркса, 20, аспирант Новосибирского государственного технического университета. (383) 346-13-59.

УДК 621.31 – 027.236 (470.319)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ФИЛИАЛЕ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» - «ОРЕЛЭНЕРГО».

Щербаков А.В., Старцев Е.В.

Россия, г. Орел, Филиал ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго»

Данный доклад посвящен работе филиала ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго» в области энергосбережения и повышения энергоэффективности при передаче электроэнергии в электрических сетях.

This report focuses on the work of the branch of JSC “IDGC of Centre” – “Orelenargo” in energy conservation and energy efficiency in the transmission of electricity in electric networks.

В области энергосбережения и повышения энергетической эффективности филиалом ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго» с 2006 года осуществляется работа, направленная на уменьшение потерь при передаче электроэнергии. После вступления в силу Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года. Действующие на момент принятия закона программы были пересмотрены и преобразованы в программу «Энергосбережения и повышения энергетической эффективности 2010 – 2015 гг.»

Целевыми показателями программы «Энергосбережения и повышения энергетической эффективности» приняты: отпуск электроэнергии в сеть, отпуск электроэнергии потребителям, потери электроэнергии, потребление ресурсов на хозяйственные нужды, оснащённость современными приборами учета электроэнергии на розничном рынке в соответствии с Программой ПРСУЭ.

Структура программы энергосбережения Общества состоит из следующих подпрограмм: целевые организационные потери, целевые технические потери, программа развития системы учета, программа реновации. На 2011 год планировался эффект по подпрограммам 16,426 млн.кВт*ч в натуральном и 54,1 млн. руб. денежном выражении. По итогам 2011 года эффект составил 8,787 млн.кВт*ч в натуральном и 40,3 млн. руб. денежном выражении, затраты на мероприятия фактически составили 99,6 млн. руб. (без НДС). Источниками финансирования программы энергосбережения являлись инвестиционная программа в объеме 99,6 млн. руб.

Основные мероприятия, способствующие снижению расхода электроэнергии на технологический процесс распределения: отключение трансформаторов на двух (и более) трансформаторных подстанциях (220)110/35/10; 110(35)/10 кВ в режиме малых нагрузок; отключение трансформаторов КТП 10/0,4 кВ с сезонной нагрузкой; выравнивание нагрузок фаз 0,4 кВ путем перераспределения подключенных

потребителей; увеличение сечения перегруженных линий электропередач 10 и 0,4 кВ; замена перегруженных и недогруженных силовых трансформаторов; оптимизация загрузки и режимов работы распределительных электрических сетей. По результатам 2011 года технические потери электроэнергии в целом по Обществу были снижены на 0,462 млн. кВтч.

В 2011 году нетехнические потери электроэнергии по Обществу снижены на 8,325 млн. кВтч. Снижение потерь электроэнергии обусловлено выполнением программы мероприятий по модернизации комплексов учета электроэнергии и выполнению задач по договорам на оказание услуг по передаче. За 2011 год было установлено и заменено 7,971 тыс. приборов коммерческого учета, что позволило увеличить учитываемый объем оказанных услуг по передаче в среднем на 0,16%. В итоге, снижение потерь электроэнергии от снижения систематической инструментальной погрешности «устаревшего» парка расчетных приборов учета по итогам 2011 года составило 3,4 млн. кВтч. Производилась техническая проверка систем учета электроэнергии. В течение 2011 года технических (инструментальных) проверок было проведено на 20,280 тыс. систем учета электроэнергии. В результате были выявлены и устранены нарушения в системах учета, которые позволили сократить потери, вызванные несанкционированным увеличением погрешности работы измерительного комплекса на 3,261 млн. кВтч (0,15% от объема оказанных услуг) на сумму 4,489608 млн. руб. без НДС, в том числе 2,693 млн. кВтч на сумму 4,190841 млн. руб. без НДС включено в объем оказанных услуг гарантирующими поставщиками. В 2011 году составлено 1646 актов о бездоговорном потреблении, в объеме 2,216 млн. кВтч, что позволило сократить издержки на сумму 5,156830 млн. руб. без НДС.

Организация системы технического учета электроэнергии по центрам питания МРСК. Для детального анализа причин повышенных потерь, их локализации и устранению были проведены работы по оборудованию дополнительных точек технического учета электроэнергии, за 2011 год было установлено, заменено или отремонтировано 224 шт. систем учета.

Персонал МРСК с целью определения объемов оказанной услуги по передаче электроэнергии ежемесячно проводит обходы потребителей - граждан, потребителей юридических лиц. При обходах производятся контрольные снятия показаний с расчетных систем учета, так же выполняется визуальный осмотр приборов учета. Всего в зоне операционной деятельности Общества по состоянию на 31.12.2011 года более 0,14 млн. точек поставки, в т.ч. потребители-граждане - 0,138 млн. точек поставки, юридические лица - 0,011 млн. точек поставки. В течение 2011 года по Обществу выполнялись мероприятия по снятию показаний со следующей периодичностью: по потребителям-гражданам 2 раз в год (более 0,023 млн. точек учета в месяц); по потребителям юридическим лицам 12 раз в год (более 0,011 млн. точек учета в месяц).

В 2011 году проведено более 0,02 млн. инструментальных проверок систем учета, в т.ч. у потребителей-граждан - 0,014 млн. проверок, юридические лица - 0,005 млн. проверок.

В конце филиале ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго» для анализа технико-экономических характеристик и определения эффективного использования энергоресурсов в 2011 г. ОАО «МРСК Центра» заключило договор на оказание услуг по проведению энергетического обследования.

Щербаков Александр Владимирович, инженер 2 категории Управления энергосбережения и повышения энергоэффективности филиала ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго», т. 54-94-12, E-mail: scherbakov.avl@mrsk-1.ru

Старцев Евгений Вячеславович, специалист Управления энергосбережения и повышения энергоэффективности филиала ОАО «МРСК Центра» - «Орелэнерго», т. 54-94-12, E-mail: startsev.ev@mrsk-1.ru

ОБ УЧЕТЕ ДОГОВОРНЫХ ВЕЛИЧИН ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Заугольников В.Ф.

Россия, г. Орел, ОАО «МРСК Центра» филиал «Орелэнерго»

Рассмотрен вопрос целесообразности представления в договорах электроснабжения потерь электроэнергии в силовых трансформаторах линейной функцией. Рекомендовано учитывать потери в этих случаях не в виде процентов, а квадратичным полиномом фактической функции потерь.

The question of expediency of linear model for definition of load losses in a power transformer for calculations between the actors of the electricity market is considered. It is recommended to consider losses for these cases not in the specified percentages of load, but a square-law polynomial representing approximation of the actual function of losses.

Расчеты за полученную (переданную) электроэнергию между потребителем и сетевыми организациями (СО) предполагают наличие приборов учета (ПУ) установленных на границах балансовых принадлежностей (ГБП) сетей.

В реальных условиях на трансформаторах 10(6)/0,38 кВ находящихся на балансе потребителей, часто расчетные ПУ установлены на стороне 0,38 кВ, поэтому учтенная электроэнергия этими ПУ должна быть приведена к точкам поставки, т.е. к ГБП, согласно /1/. Таким образом, необходима корректировка измеренной приборами учета электроэнергии на величину потерь в трансформаторе.

В договорах согласованная заинтересованными сторонами корректирующая величина, обычно представлена процентами от отпущенного количества электроэнергии. Однако, как известно, потери электроэнергии не являются линейной функцией прошедшей через трансформатор электроэнергии. В этой связи возникает вопрос о допустимости такого подхода в расчетах между потребителями электрической энергии и СО.

Технологические потери электроэнергии в силовом трансформаторе определяются суммированием двух составляющих: потерь холостого хода и нагрузочных потерь /2/. Для определения величины нагрузочных потерь используем метод средних нагрузок. Учитывая, что в качестве исходной информации будем использовать количество активной энергии прошедшей через трансформатор, формула может быть записана:

$$dW_{\text{H}} = 1,63 \frac{W_p^2}{U^2 T} R_{\text{T}}, \quad (1)$$

где R_{T} – активное сопротивление трансформатора, U – напряжение стороны ВН трансформатора, W_p – активная энергия за расчетный период, T – число часов расчетного периода.

Расчеты по формуле (1) выполнялись для трансформаторов различных мощностей. В табл.1 приведены результаты для трансформатора мощностью 400 кВА.

В качестве договорной величины принято 2,41% от отпущенной электроэнергии через трансформатор за весь рассматриваемый период – год (столб. 6) .

На рис.1 представлены рассчитанные зависимости потерь в трансформаторе по формуле (1) и по линейной модели. Как видно из рисунка, линейная функция имеет всего одну общую точку с зависимостью, рассчитанной по формуле. Это означает, что по линейной модели можно определить корректно потери только для одного значения переданной энергии через трансформатор $W_{\text{рав}}$.

На временном диапазоне равном году объемы потерь определенные по формуле линейной зависимости будут одинаковы (столб. 5 и 7). Однако в любых

других временных диапазонах, в том числе за месячные расчетные периоды, равенства нет.

Всегда будет существовать разность в величинах потерь определенных по квадратичной и линейной функциям (столб. 8). Зависимость этой разности от переданной электроэнергии (от коэффициента загрузки трансформатора) также представлена на рис.1.

Таблица 1.

Кз	W, кВтч	dWн, кВтч	dWхх, кВтч	dWΣ, кВтч	dWΣ, %	γ=κW, кВтч	delta=5-7, кВтч	% от dWΣ
0,025	5840	2,82	1168	1170,8177	20,05	140,7	1030,07	87,98
0,1	23360	45,08	1168	1213,1	5,19	563	650,09	53,59
0,2	46720	180,33	1168	1348,3	2,89	1126	222,34	16,49
0,3	70080	405,75	1168	1573,7	2,25	1689	-115,24	-7,32
0,4	93440	721,33	1168	1889,3	2,02	2252	-362,66	-19,2
0,5	116800	1127,07	1168	2295,1000	1,96	2815	-519,91	-22,65
0,6	140160	1622,99	1168	2791,0	1,99	3378	-586,99	-21,03
0,7	163520	2209,06	1168	3377,1	2,07	3941	-563,91	-16,7
0,8	186880	2885,31	1168	4053,3	2,17	4504	-450,66	-11,12
0,9	210240	3651,72	1168	4819,7	2,29	5067	-247,24	-5,13
1	233600	4508,29	1168	5676,3	2,43	5630	46,33	0,82
0,46	1302320	17371,02	14016	31387	2,41	31387	0	-

Она будет отрицательной при значениях передаваемых энергий больших, чем $W_{рав}$, что означает превышение величин потерь рассчитанных по линейной функции над потерями, рассчитанными по квадратичной зависимости. Если переданная энергия

будет меньше $W_{рав}$, функция будет иметь положительный знак – значения потерь, рассчитанные по квадратичной зависимости будут больше. Отсюда следует, что количество электроэнергии отпущенной из сети СО в абонентский трансформатор потребителя за любой расчетный период будет определено неверно. Одна сторона не досчитается определенного количества электроэнергии, а другая - его необоснованно получит, и только если переток электроэнергии будет равен величине $W_{рав}$, что за расчетный период практически не будет выполняться никогда, расчеты для этих субъектов будут корректны.

Разность в определении потерь электроэнергии по линейной зависимости и по квадратичной, как видно из табл.1 и рис.1 может быть соизмерима с самой величиной потерь. В нашем примере максимальное отклонение от квадратичной функции превысило 87%, а минимальное отклонение составило -22,65% (столб.9).

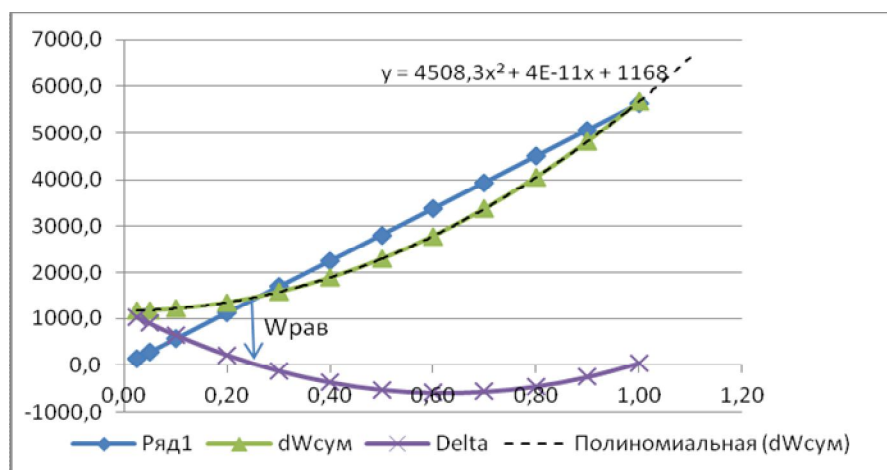


Рис. 1. Зависимости потерь электроэнергии

Отсюда следует, что применение линейных моделей потерь электроэнергии для включения их в договор электроснабжения при помесечных расчетах между субъектами рынка электроэнергии – нецелесообразно. Необходимо более точное определение потерь в таких трансформаторах во всем диапазоне их работы.

В качестве возможного подхода, можно рекомендовать вычисление потерь для внесения в договор электроснабжения не величиной заданной процентами, а в виде выражения квадратичного полинома представляющего собой аппроксимацию фактической функции потерь конкретного трансформатора. Формула полиномиальной кривой описывающей потери в нашем трансформаторе представлена на рис.1. Если пренебречь вторым членом этой формулы из-за его малости, она примет вид:

$$dW_{\text{тр}} = 4508,3 \cdot K_3^2 + 1168,0 \quad (2)$$

Первый член которой отражает нагрузочные потери, а свободный член - потери холостого хода. Для более удобного практического использования формулы (2) рекомендуется получить аналогичное выражение в функции энергии.

Величина потерь, рассчитанная по данному выражению для значения $K_3=0,025$ (энергия 5840 кВтч), при котором наблюдалось максимальное отклонение договорной величины от расчетной, составила 1170,8177 кВтч. Величина потерь определенная по формуле (1) равна 1170,8177 кВтч., т.е. получен результат, совпадающий до четвертого знака после запятой. Для $K_3=0,5$ (116800 кВтч), которому соответствовала наибольшая отрицательная погрешность, получаем потери равные 2295,1 кВтч совпадающие до первого знака после запятой с рассчитанными по формуле (см. таблицу), при этом относительное отклонение равно 0,001 % . Напомним, что по линейному функционалу отклонение составляло более 21%.

Изложенное выше остается справедливым при изменении номинальных мощностей трансформаторов, как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Выводы:

1. Получены количественные оценки отклонений (погрешностей) линейной модели учета потерь электроэнергии в трансформаторах, от результатов расчетов выполненных по методу средних нагрузок.

2. Показано, что использование линейной модели учета потерь в трансформаторах приводит к некорректному определению количества энергии поставленной из СО потребителю.

3. Предложено в качестве величин потерь электроэнергии, в абонентских трансформаторах, включаемых в договор электроснабжения для денежных расчетов за поставленную электроэнергию потребителю вместо процентов использовать квадратичный полином, при этом значительно повышается достоверность определения результатов расчетов, в том числе при существенных отклонениях потребляемой электроэнергии от базового года.

Литература.

1. Правила функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики. Утверждены постановлением Правительства РФ от 31.08.2006г., №530.

2. Инструкция по организации в Минэнерго РФ работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. Утверждена приказом Минэнерго РФ от 30.12.2008г. Зарегистрирована в Минюсте РФ 12.02.2009г №13314.

Заугольников Владимир Федорович, к.т.н., доцент, e-mail: zaugolnikov@rambler.ru, тел. 8 910 7481331.

**ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ЭНЕРГОАУДИТОРОВ
И ЭНЕРГОМЕНЕДЖЕРОВ В ИВАНОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Бухмиров В.В., Костерин А.Ю., Созинова Т.Е.

Россия, г. Иваново, ФГБОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина»

В статье представлена информация о программах подготовки энергоаудиторов и персонала в сфере энергетического менеджмента у потребителей топливно-энергетических ресурсов, реализованной в УМЦ «Энергосбережение» ИГЭУ.

This article provides information about training programs of energy auditors and staff in the field of energy management by consumers of energy resources implemented in Training Educational Center "Energy Saving" ISPU.

В настоящее время, ключевой задачей деятельности предприятий и организаций в сфере энергосбережения является, в первую очередь, выполнение требований федерального закона от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Основные требования федерального закона №261-ФЗ для потребителей энергоресурсов можно сформулировать следующим образом: выполнение требований по энергетической эффективности зданий, установка приборов учета энергоресурсов, обеспечение снижения расхода энергоресурсов для бюджетных организаций на 3% в год, проведение энергетических обследований, разработка программ энергосбережения организации и реализация энергосберегающих мероприятий.

Решение, поставленных федеральным законом №261-ФЗ задач, невозможно без системного подхода к энергосбережению и без соответствующей профессиональной подготовки персонала в сфере энергетических обследований и энергетического менеджмента у потребителя ТЭР.

В соответствии с государственным образовательным стандартом (ГОС) дополнительного профессионального образования, утвержденного приказом Министерства образования РФ №2370 от 31 июля 2000 г. «для профессиональной переподготовки устанавливаются ...:

– программы профессиональной переподготовки объемом от 500 до 1000 учебных часов, осуществляемые с целью... ведения новой профессиональной деятельности;

– программы дополнительного к высшему профессионального образования, осуществляемые в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки лиц для присвоения дополнительной квалификации, формируемые по заказам министерств, ведомств и органов управления образованием, в том числе с учетом международных требований и стандартов, и утверждаемые Минобразования России, объемом свыше 1000 учебных часов».

Отметим преимущества дополнительного (к высшему) профессионального образования и профессиональной переподготовки:

– отсутствие общеобразовательных предметов;

– максимальная приближенность к выбранной профессии.

В Ивановском государственном энергетическом университете предусмотрены все виды дополнительного профессионального образования. Модульная система

обучения позволяет составлять программы с учетом индивидуальных требований, предъявляемых к конкретному рабочему месту специалиста, его базового образования, необходимых сроков и форм обучения. Сроки непрерывного обучения по отдельным образовательным модулям могут составлять 1 ÷ 2 недели с отрывом от основного места работы.

В соответствии с ГОСом дополнительного профессионального образования «для повышения квалификации устанавливаются ...:

– краткосрочные программы повышения квалификации объемом от 72 до 100 учебных часов, направленные на повышение квалификации по отдельным видам профессиональной деятельности и решение соответствующих профессиональных задач».

Вышеуказанные программы обучения предусмотрены федеральным законом №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации». Но в рамках ограниченного времени проведения первых обязательных энергетических обследований (согласно того же 261-ФЗ) возникла потребность быстрой переподготовки инженеров, работающих в области энергоаудита и вступающих в СРО в области энергетического обследования. С целью организации массовой подготовки энергоаудиторов 7 апреля 2010 г. Министерство энергетики РФ издало приказ № 148, в котором было рекомендовано инженерам, пройти краткосрочные курсы повышения квалификации в объеме 72 ч. с получением удостоверения государственного образца.

В 2011 году вступил в силу международный стандарт ISO 50001:2011 Energy management systems - Requirements with guidance for use (Системы энергоменеджмента. Требования и руководство по применению), который устанавливает требования к организации по созданию, реализации, поддержанию и улучшению системы энергоменеджмента на предприятии, призванной непрерывно повышать эффективность использования энергии и энергетических ресурсов.

В России стандарт ГОСТ Р 50001 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» находится в стадии разработки.

Технический комитет по стандартизации «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент» (ТК 039) планирует весной 2012 года вынести проект ГОСТ Р 50001 на утверждение и уже с 1 января 2013 года ввести в действие стандарт ГОСТ Р 50001.

С целью реализации поставленных задач в области энергетических обследований и управления энергосбережением на предприятиях и в организациях необходимо иметь высококвалифицированный персонал, ориентированный на решение задач организации энергосбережения.

В ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» накоплен значительный опыт в сфере подготовки персонала – энергоаудиторов и энергоменеджеров, в частности: с 2003 года в ИГЭУ разработана и используется, рабочая программа «Управление энергосбережением», профессиональной подготовки специалистов по направлению подготовки 060800 «Экономика и управление на предприятии (электроэнергетика)»; в 2008 году разработан учебно-методический комплекс по дисциплине «Управление энергосбережением»; в 2011 году дисциплина «Управление энергосбережением» включена в программу подготовки бакалавриата по направлению подготовки 080200 «Менеджмент», профиль подготовки «Производственный менеджмент»; в 2009 году в УМЦ ИГЭУ «Энергосбережение» разработана учебная программа профессиональной подготовки энергоаудиторов, которая успешно реализована в течение 3,5 лет при повышении квалификации более 1200 специалистов из 49 регионов Российской Федерации; в 2011-2012 годах в УМЦ ИГЭУ «Энергосбережение» разработана учебная программа подготовки энергоменеджеров для промышленных предприятий и

организаций бюджетной сферы, которая включает в себя информацию по всем основным разделам международного стандарта ISO 50001.

Целевая аудитория этих учебных программ разная. Основы энергосбережения изучают ответственные специалисты по вопросам энергосбережения на предприятиях бюджетной сферы, промышленности и ЖКХ. Курсы по проведению энергетических обследований предназначены для энергоаудиторов. Программа энергоменеджмента предназначена для руководящего звена компаний.

При обучении энергоаудиторов большое внимание уделяется всем этапам проведения энергетического обследования: от сбора предварительной информации, необходимой для заключения договора, до заполнения энергетического паспорта.

Для повышения квалификации действующих энергоаудиторов УМЦ «Энергосбережение» разработаны программы семинаров-тренингов по проведению энергетических обследований отопительной котельной и здания (строения, сооружения).

Цель семинара-тренинга: получение практических навыков проведения энергетического обследования от сбора первичной информации до составления отчетной документации на действующем объекте. В процессе обучения подробно рассматриваются вопросы организации работы по энергосбережению в жилищном фонде, порядок взаимодействия с ресурсоснабжающими организациями, типовые мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в сфере ЖКХ.

Разработанные в ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина» программы подготовки энергоменеджеров: позволяют подготовить для предприятий и организаций высококвалифицированных специалистов в области энергоаудита и управления энергосбережением; детально прорабатывают вопросы проведения внутреннего аудита организации, особенности разработки программ энергосбережения, в привязке к виду экономической деятельности организации; позволяют учитывать особенности создания и развития систем энергетического менеджмента в России, т.к. практически адаптирует международный стандарт ISO 50001 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» к требованиям и особенностям нормативно-методической и правовой базы в области энергосбережения и энергетического менеджмента России.

Занятия со слушателями в УМЦ «Энергосбережение» проводят ведущие профессора и доценты университета - теоретики и практики энергоаудита, а также специалисты из других организаций Иванова, Москвы и Ярославля.

В процессе обучения используются как авторские программы и методические материалы преподавателей, так и программы, утвержденные Министерством образования и науки РФ, Министерством энергетики РФ и управляющим органом системы добровольной сертификации АРИЭР «МАЭН».

Бухмиров В.В., д.т.н. профессор; Костерин А.Ю., Созинова Т.Е., Россия, г. Иваново, ФГБОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», тел./факс. (4932) 26 97 78/ (4932) 26 99 00, e-mail: buhmirov@tot.ispu.ru

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Комаристый А.С., Комаристая Л.С., Молоканов Е.Е.
Россия, г. Орел, ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

В статье отмечены основные положения комплексного подхода к решению задач повышения энергоэффективности и энергосбережения промышленных предприятий

Basic principles of complex approach to task solution of power efficiency and energy saving enhancement at manufacturing enterprises are stated in the article.

Для решения задач связанных с энергоэффективностью и энергосбережением недостаточно заменить все лампы на энергосберегающие, утеплить фасады зданий и установить счетчики расхода тепла и воды. Такие эпизодические меры, уместные в сфере ЖКХ, имеют слабый эффект в сфере промышленного производства. Здесь необходим комплексный подход, направленный не только на снижение затрат энергии, тепла, воды, материалов и т.д., но и на системную энергоэффективную организацию всего процесса производства, инженерной инфраструктуры, зданий и сооружений.

Энергоэффективность в этом контексте отличается от энергосбережения тем, что не только предполагает сокращение лишних затрат энергии и ресурсов, но и максимизирует экономический эффект от затраченной энергии.

В масштабах любой экономики показателем, характеризующим энергоэффективность в этом смысле, является энергоёмкость ВВП, то есть отношение потребляемой в национальной экономике энергии к валовому внутреннему продукту. В России этот показатель сейчас является одним из худших в мире: если в 2009 году в среднем по мировой экономике он составлял 0,20 тонн нефтяного эквивалента/1000\$, то в России он был равен 0,42 (для сравнения в Дании — 0,11, в Германии— 0,14, в Швеции — 0,17, в Канаде, Китае, США- 0,20).

До последнего времени недостаточная эффективность компенсировалась невысокой ценой на энергоносители. Сегодня ситуация осложнилась

Низкое качество устаревшей и не соответствующей современным подходам инженерной, энергетической и транспортной инфраструктуры привело к тому, что сегодня, например, электроэнергия в России стала дороже, чем в других промышленно развитых странах.

А значит, если не предпринимать решительные системные меры по развитию комплексной энергоэффективности, наша экономика станет неконкурентоспособной.

Специалисты говорят о начале новой эпохи и принципиально новых подходах в архитектуре, связанных с тем, что энерго- и экоэффективность становятся главным принципом при строительстве новых и реконструкции старых зданий. Если стандартное жилое здание, построенное в 60-70-х годах XX века, имело энергопотребление на уровне 200-400 квт·ч/м² в год, то сейчас выдвигаются требования сделать потребление не более 50 квт·ч/м² в год. Все большее распространение получают и здания с так называемым «нулевым энергопотреблением», расход энергии в которых полностью компенсируется локальной генерацией.

Для промышленных и общественных зданий эти тенденции столь же актуальны. Энергоэффективный подход к проектированию промышленных зданий начинается уже с грамотного выбора положения и планировки предприятия с точки

зрения логистики, «стыковки» с имеющимися энергетическими и инженерными сетями, учета климатических условий (включая инсоляцию, господствующую розу ветров, наличие источников воды и т.д.).

Следующим важным шагом является применение «энергоэффективных» архитектурных и конструктивных решений. Эти решения предполагают выбор планировки и конструкции здания, снижающий расходы на отопление, вентиляцию, кондиционирование. Применение современных теплоизоляционных материалов, энергосберегающих окон и дверей является далеко не единственным и даже не главным фактором.

Другим чрезвычайно важным аспектом выступают инженерные системы (включая отопление, очистку воздуха, системы доставки воды и рабочих газов, пожаротушения и т.д.

Привычные решения, например, использование тепла из централизованной системы теплоснабжения через ЦТП, далеко не всегда являются оптимальными.

В настоящее время существует большой выбор разнообразных комплексных решений в области инженерных систем, обеспечивающих производство. К сожалению, во многих случаях их внедрение сдерживается устаревшими российскими стандартами, используемыми при экспертизе проектов.

Важно отметить, что большая доля энергопотребления в промышленном секторе связана не с освещением, а с использованием различного рода приводов. Применение современных устройств (частотно-регулируемых приводов, двигателей прямого привода и т.д.) может дать значительный энергоэффект.

Следующим важным аспектом ресурсоэффективности производства является рациональная организация производственных процессов, перемещений грузов и людей внутри здания, правильное зонирование, разделение «чистых» и «грязных», «теплых» и «холодных» зон и грузопотоков. Энергоэффективность производства — это комплексная характеристика и ее нельзя сводить к выполнению установленных стандартов раздела «Энергосбережение» проектно-сметной документации.

Заказчик уже при формировании технического задания для проектировщика должен думать об энергоэффективности производства

При всей важности вышеупомянутых факторов решающим является качество используемого технологического оборудования и технология как таковая.

К сожалению, одной из основных проблем отечественной производственной экономики является нарастающее старение основных фондов. Более 70% предприятий работают на устаревших станках, отличающихся низкой производительностью при большом расходе электроэнергии и материалов. Еще хуже ситуация в малых и средних фирмах, которые в промышленно развитых странах обеспечивают 70-80% инноваций и повсеместно являются основным «мотором» внедрения новых технологий. У нас в стране этот показатель не «дотягивает и до 20%.

Основной причиной такого бедственного положения является то, что до недавнего времени в России была крайне не развита система поддержки инвестиций в оборудование со стороны малого и среднего бизнеса (в том числе кредитование таких сделок).

Между тем в последние два десятилетия в мире имел место качественный скачок в отношении энерго- и ресурсоэффективности технологий материалообработки. Одним из факторов здесь стало применение новых подходов.

Речь идет, во-первых, о развитии программного обеспечения, управляющего технологическим процессом (САМ-системы), позволяющего существенно снизить издержки при одновременном увеличении производительности. Другим фактором является повсеместное распространение гибких бесконтактных методов обработки материалов с помощью лазерного излучения. Лазерные технологии обработки

благодаря отсутствию потерь при механическом контакте с изделием, селективности процесса обработки экономят порядка 20 % материалов.

Комаристый Александр Семенович, к.э.н., доцент кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»,
e-mail:askomaristiy@ yandex.ru

Комаристая Людмила Семеновна, ст. преподаватель кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК».

Молоканов Евгений Егорович, доцент кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»; адрес: Россия, 302020 г. Орел, Наугорское шоссе, д.29. Тел.(4862) 419830, факс (4862) 416684.

УДК 657.6: [334.71 : 621.31

К ВОПРОСУ О СОСТАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Комаристый А.С., Комаристая Л.С., Молоканов Е.Е.
Россия, г. Орел, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»

В примере технического задания приведены структура и последовательность проведения энергетического обследования (аудита) промышленного предприятия, в соответствии с требованиями ФЗ-261.

The structure and survey sequence of energy inspection (auditing) of manufacturing enterprise in accordance with requirements of Federal Law-261 are given in the example of technical requirement.

При составлении договора на проведение энергетического обследований промышленного предприятия самой сложной задачей для «Заказчика», является составление корректного технического задания для «Исполнителя», обеспечивающего в полном объеме требования предъявляемые ФЗ-261, руководящих документов Министерства энергетики РФ, к разработке энергетического паспорта. В этой связи, используя имеющийся опыт, приводим вариант технического задания

Техническое задание

на оказание услуг по энергетическому аудиту промышленного предприятия

1. Основания для энергетического аудита

1.1. Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» от 23 ноября 2009 г. № 261 - ФЗ.

2. Цель энергетического аудита

2.1. Контроль за рациональным и эффективным использованием ТЭР (природного газа, электрической энергии, воды и тепловой энергии), правильностью ведения учета энергопотребления, а так же расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР;

2.2. Определение соответствия расходования и оплаты ТЭР установленным нормам, договорным обязательствам и фактическим показателям энергопотребления;

2.3 Разработка мероприятий по повышению энергоэффективности (программы повышения энергоэффективности), а так же комплекса мер по изменению структуры энергопотребления и взаимоотношений с субабонентами и поставщиками ТЭР.

3 Основные задачи энергетического аудита

3.1. Оценка фактического состояния использования ТЭР и сравнение показателей энергоиспользования с нормативными значениями по объектам, обследуемым в п. 4;

3.2. Составление топливно-энергетического баланса по каждому виду ТЭР;

3.3. Выявление причин нерационального расходования ТЭР и определение резервов экономии топлива и энергии;

3.4. Определение требований к нормированию потребления ТЭР, организации совершенствования учета и контроля расхода энергоносителей;

3.5. Определение правильности расчетов с субабонентами и поставщиками ТЭР за потребленные энергоресурсы, а так же возможности сокращения издержек;

3.6. Разработка комплекса технических и организационных мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности;

3.7. Формирование комплекса мер по изменению структуры энергопотребления и взаимоотношений с субабонентами и поставщиками ТЭР;

3.8. Определение необходимости проведения дальнейших обследований для проработки задач, выявленных в рамках данной работы.

3.9. Составление энергетического паспорта.

4. Объекты энергетического аудита.

Энергоаудиту подлежат:

4.1. Объекты предприятия

4.2. Оборудование основного технологического процесса:

4.3. Система электроснабжения:

4.3.1. Распределительные устройства закрытого типа (ЗРУ): анализ системы учета электроэнергии; проведение замеров параметров качества электроэнергии; термографическое обследование монтажа и оборудования.

4.3.2. Комплектные трансформаторные подстанции (КТП): анализ системы учета электроэнергии; замер токов основных потребителей КТП; термографическое обследование монтажа и оборудования.

4.3.3. Внутренняя распределительная сеть и оборудование 6-10 кВ: термографическое обследование кабельных линий и оборудования 6-10 кВ; расчет потерь электроэнергии в фидерах 6-10 кВ основных потребителей и сравнение с нормативными значениями; расчет потерь электроэнергии в оборудовании 6-10 кВ основных потребителей.

4.3.4. Внутренняя распределительная сеть и оборудование 0,4 кВ: термографическое обследование кабельных линий и оборудования 0,4 кВ; расчет потерь электроэнергии в фидерах 0,4 кВ основных потребителей и сравнение с нормативными значениями; расчет потерь электроэнергии в оборудовании 0,4 кВ основных потребителей; термографическое обследование электродвигателей: системы вентиляции; сетевых и подпиточных насосов системы теплоснабжения; насосов первого и второго подъема системы водоснабжения; шкафов управления и автоматики.

4.3.5. Внутренняя распределительная сеть и оборудование постоянного тока: термографическое обследование кабельных линий и оборудования постоянного тока; замер токов работающего оборудования.

4.4. Система водоснабжения:

4.4.1. Анализ существующего нормативно-расчетного водопотребления;

4.4.2. Анализ системы учета воды;

4.4.3. Обследование состояния водоводов, запорной арматуры, резервуаров;

4.4.4. Обследование состояния и режимов работы установок водоочистки и водоподготовки;

4.5. Система теплоснабжения:

4.5.1. Анализ существующего нормативно-расчетного теплопотребления и технологических нужд;

- 4.5.2. Анализ поддерживаемых температурных графиков;
- 4.5.3. Анализ существующей системы учета газа на нужды котельных;
- 4.5.4. Анализ существующей системы учета выработанной и использованной тепловой энергии;
- 4.5.5. Гидравлический расчет тепловых сетей;
- 4.5.6. Проведение замеров параметров работы котельной и тепловой сети;
- 4.5.7. Термографическое обследование котельных, включая: котлы; теплопроводы; запорная арматура;
- 4.5.8. Обследование режимов работы и состояния калориферов;
- 4.5.9. Термографическое обследование изоляции теплопроводов промышленной площадки, а так же отопительных элементов цехов, вспомогательных и офисных помещений;
- 4.5.10. Обследование материалов и состояния запорной арматуры системы теплоснабжения;
- 4.5.11. Проведение замеров реального температурного графика во вспомогательных и офисных помещениях.
- 4.6. Здания, сооружения и оборудование промышленной площадки:
 - 4.6.1. Термографическое обследование состояния тепловой изоляции стен, межпанельных швов, оконных и дверных проемов;
- 4.7. Автотракторная и специальная техника:
 - 4.7.1. Анализ нормативных показателей расхода моторных топлив;
 - 4.7.2. Анализ состояния учета моторных топлив;
 - 4.7.3. Анализ эффективности расхода моторных топлив.
- 5. Финансово-экономический анализ.
 - 5.1. Экспертиза договоров с энергоснабжающими организациями;
 - 5.2. Анализ финансового баланса потребления ТЭР.
 - 5.3. Тарифы на транспортировку и использование природного газа на собственные нужды;
 - 5.4. Тарифы на использование прочих видов ТЭР.
- 6. Данные для проведения энергетического аудита
 - 6.1. Опросные листы;
 - 6.2. Паспорта основного технологического и вспомогательного оборудования, проектная и исполнительная документация на объекты;
 - 6.3. Техническая и технологическая информация, полученная по результатам обследования в соответствии с п. 4.1 - 5;
 - 6.4. Ежегодная отчетность по использованию энергоресурсов
 - 6.4.1. Показатели работы: фактические показатели выработки продукции (выполненной работы); фактический расход топливного газа за базовый год; фактический расход газа на технологические нужды за базовый год; фактическое значение технологических потерь газа за базовый год; значение фактического потребления электроэнергии на собственные нужды по счетчикам на вводах ЗРУ; значение фактического потребления тепловой энергии на собственные нужды; значение фактического потребления воды на собственные нужды; фактическое потребление моторных топлив.
 - 6.4.2. Показатели финансовых расчетов за потребление ТЭР в течении базового года;
 - 6.5. Показания приборов учета, имеющихся на предприятии;
 - 6.6. Результаты инструментального обследования, полученные по результатам работ в соответствии с п. 4.1 – 5;
 - 6.7. Нормативно-методическая литература (приложения 4 договора).
- 7. Основное содержание энергетического аудита

7.1. «Подготовительный этап» энергоаудита включающий в себя: разработку опросных листов; рассылку опросных листов; получение заполненных опросных листов и систематизацию полученных данных.

Второй этап «Проведение энергоаудита» включает в себя: проведение документального обследования; проведение инструментального обследования технологических объектов в соответствии с п. 6; получение недостающей документации для проведения анализа эффективности использования ТЭР в соответствии с п. 6.

Этап «Оформление отчета об энергоаудите» включает в себя: разработку энергетического баланса по видам потребляемых энергоресурсов (электроэнергии, газу, моторным топливам, теплу, воде); определение фактических удельных норм энергопотребления по отдельным видам ТЭР и сравнение их с нормативными удельными значениями; оценку величины энергетических потерь с указанием причин их возникновения по обследуемым оборудованию и объектам; составление финансового баланса потребления ТЭР; анализ существующей системы учета ТЭР; разработку первичных рекомендаций по рациональному использованию энергоресурсов; разработку организационно-технических мероприятий по экономии ТЭР; оформление отчета об энергоаудите; разработку энергетического паспорта предприятия; разработку программы или мероприятий по повышению энергоэффективности.

Заказчик:

Исполнитель:

Комаристый Александр Семенович, к.э.н., доцент кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»;
e-mail:askomaristiy@ yandex. ru

Комаристая Людмила Семеновна, ст. преподаватель кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»;

Молоканов Евгений Егорович, доцент кафедры «Электрооборудование и энергосбережение» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»; адрес: Россия, 302020 г. Орел, Наугорское шоссе, д.29. Тел.(4862) 419830, факс (4862) 416684.

УДК-338.45:621.331:332.146

ББК-65.305.14-561

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Бельчикова Е.С.

Россия, г. Новосибирск, НГТУ

В статье рассмотрено современное состояние и имеющиеся инвестиционные ресурсы российской энергетики, обоснована необходимость утверждения новых инвестиционных проектов в данной отрасли. Рассмотрены основные особенности инвестиционных проектов в энергетике и реализация данных особенностей в текущих проектах энергокомпаний. Проанализирована специфика взаимосвязи указанных особенностей и их влияние на инвестиционную привлекательность проектов.

In the article the current state and available investment resources of the Russian power is considered, need of the approval of new investment projects for this branch is proved. The main features of investment projects in power and realization of these features in the current projects of the power companies are considered. Specifics of interrelation of the specified features and their influence on investment appeal of projects is analysed.

Установленная мощность электростанций Российской Федерации по данным Минэнерго РФ на 01.07.2011 г. – 216,9 ГВт, в том числе ГЭС – 45,5 ГВт, АЭС – 23,9 ГВт, ТЭС – 147,5 ГВт. При этом, структура основного оборудования электростанций по техническому состоянию имеет вид:

- ТЭС: до 30 лет – 41%, 31 – 50 лет – 52%, более 50 лет – 7%;
- ГЭС: до 30 лет – 22,3%, 31 – 50 лет – 56,8%, более 50 лет – 20,9%;
- АЭС: до 20 лет – 20,4%, более 20 – 40 лет – 79,6% [1].

Данные показатели говорят о том, что проблема износа и устаревшего оборудования стоит практически перед каждым предприятием энергетического комплекса России. Высокая степень изношенности оборудования электростанций приводит к снижению надежности работы оборудования и снижению эффективности – КПД ТЭС в России 36,6%, в мире 39-41,5%. При этом, Минэнерго Российской Федерации прогнозируется прирост нагрузки к 2017 г. относительно 2010 г. по ЕЭС России на 32,2 млн. кВт (21,6%), а прогноз выбытия энергетического оборудования к 2020 г. – 12-15%. Следовательно, энергетическая отрасль Российской Федерации испытывает острую необходимость в модернизации имеющихся мощностей и появлении новых для покрытия увеличивающейся нагрузки. В связи с этим, одним из наиболее важных вопросов является отбор и утверждение инвестиционных проектов в энергетике. По этому поводу Минэнерго РФ отмечает, что ресурсы для инвестирования минимальны. При этом, рост цен на топливо выше роста цен на электроэнергию (рост цен на газ с 1.07.2012 г. – 115 %, рост цен на электроэнергию с 2012 г. – 111%, рост тарифов сетевых компаний с 2012 г. – 110%), что приводит к снижению необходимой валовой выручки энергопредприятий. Это, в свою очередь, ведет либо к ухудшению финансового состояния до критического уровня (при сохранении инвестиционной программы), либо к корректировке инвестиционных проектов в части объемов, сроков выполнения, стоимостных параметров и источников финансирования. Таким образом, для того чтобы новые проекты утверждались, они должны обладать достаточно высокой инвестиционной привлекательностью. Рассмотрим основные особенности инвестиционных проектов в энергетике и их влияние на привлекательность проектов для инвесторов.

1. Особенность отрасли. Электроэнергетика - базовая отрасль экономики России, обеспечивающая потребности экономики и населения страны в электрической и тепловой энергии, во многом определяющая устойчивое развитие всех отраслей экономики страны. Энергетический сектор обеспечивает консолидацию субъектов Российской Федерации, определяет формирование основных финансово-экономических показателей страны. В то же время, спрос на электро- и теплоэнергию определяется состоянием экономической конъюнктуры: на уровне всей страны – изменением ВВП, на уровне населения – средним душевым доходом. Сложные условия современной экономики России вызывают постоянные изменения в спросе на электро- и теплоэнергию, следствием чего являются неопределенность для потенциальных инвесторов в доходах от инвестиций в энергообъекты. А неопределенность доходов – одна из причин повышенных рисков вложений средств в инвестиционные проекты в энергетике.

2. Длительность проектов. Значительная продолжительность проектов (длительность горизонта планирования) в энергетике связана в первую очередь со сроками службы энергетического оборудования – при выборе расчетной величины горизонта планирования для энергообъекта исходят из предполагаемого срока его эксплуатации. При этом разные элементы основных фондов энергообъектов имеют разные сроки эксплуатации, поэтому обычно за величину горизонта планирования принимается период строительства (6-10 лет) и 10-15 лет эксплуатации наиболее важной части основных фондов (для примера – нормативный срок службы котельных установок, паровых турбин – 20-30 лет).

3. Высокие капиталовложения. Здесь можно сразу привести несколько примеров среди энергообъектов, находящихся на данный момент на стадии строительства: строительство нового энергоблока 420 МВт Ставропольской ГРЭС, капитальные вложения в данный проект составляют 15,9 млрд. руб (37,8 млн. руб./МВт); строительство нового энергоблока 450 МВт Уренгойской ГРЭС, капитальные вложения в данный проект составляют 24,5 млрд. руб (54,4 млн.руб./МВт); строительство блока №3 225 МВт Харанорской ГРЭС, капитальные вложения в данный проект составляют 11,2 млрд. руб (49,9 млн. руб./МВт); строительство энергоблока №1 208 МВт Красноярской ТЭЦ-3, капитальные вложения в данный проект составляют 3,16 млрд. руб (15,2 млн.руб./МВт). Как видно из приведенных примеров, удельные капиталовложения в строительство новых энергообъектов составляют миллионы рублей. Данная особенность приводит к необходимости детального и тщательного обоснования решений по инвестированию проектов нового энергетического строительства и технического перевооружения основных средств.

4. Сроки окупаемости проектов. Необходимость в капитальных вложениях в проект зависит от фазы инвестиционного цикла. На прединвестиционной фазе требуется 2-5% от суммарного объема инвестиций, на инвестиционной фазе (проектирование, строительство и пуско-наладочные работы) – 95-98% от суммарного объема инвестиций. Вложенные средства начнут возвращаться только на эксплуатационной фазе, т.е., с учетом продолжительности инвестиционной фазы – как минимум через 6-10 лет. Для быстрого возврата средств на эксплуатационной фазе необходимо постоянное повышение стоимости реализуемого продукта – электро- и теплоэнергии, а это невозможно. Стоимость электро- и теплоэнергии для генерирующих компаний определяется исходя из ситуации на оптовом рынке, которая зачастую непредсказуема, а для сетевых компаний тарифы в настоящее время подчиняются RAB-регулированию, т.е. тариф формируется таким образом, чтобы сетевые компании имели возможность постепенно возвращать инвестированные средства. Постепенный (контролируемый регулирующими органами) возврат средств, в свою очередь, увеличивает сроки окупаемости проектов. Помимо проектов со значительными сроками окупаемости встречаются и проекты с неопределенным (бесконечным) сроком окупаемости. Причиной их утверждения в первую очередь является важность инвестиционных проектов в энергетике не только для конкретного инвестора, но и для всей экономики страны и развития ее производственного потенциала. Другой причиной могут быть выгоды, которые принесет реализация данного проекта, но которые не могут быть учтены при расчетах.

5. Структура финансирования. Существует несколько форм привлечения финансовых ресурсов в электроэнергетику. По данным Энергетического института им. Г. М. Кржижановского основными источниками финансирования проектов в энергетике являются: для генерации – механизм оптового рынка мощности с использованием конкурсных процедур (договора ДПМ), для сетевых компаний – механизм RAB-регулирования [2]. Фактически, проекты нового строительства генерирующих компаний действительно большей частью реализуются за счет средств, полученных через механизм платежей за новую мощность по ДПМ. Еще одним источником финансирования нового строительства генерации является дополнительная эмиссия акций компаний – в некоторых компаниях данный источник составляет около 70% от общего объема инвестированных средств (ОГК-1). Также для нового строительства возможно использование кредитования по льготным кредитным ставкам в государственных банках (из рекомендаций Минэнерго – не выше 8 %). Что касается сетевых организаций, новое строительство финансируется в основном из амортизационных отчислений и заемных процентных средств. Проекты ТПиР генерирующих и сетевых компаний в основном финансируются за счет

амортизационных фондов, накопленной прибыли прошлых лет, средств от возврата налога на добавленную стоимость. Для сетевых компаний дополнительным источником финансирования проектов ТПиР и нового строительства является плата за технологическое присоединение [3]. Атомная энергетика, в свою очередь, участвует в федеральной программе "Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года" и для строительства и проектов по ТПиР помимо указанных источников финансирования использует бюджетные средства.

6. Ставка дисконтирования. Для расчета ставки дисконтирования в основном применяют кумулятивный и укрупненный методы. Укрупненный метод подразумевает определение ставки дисконтирования как средневзвешенной стоимости капитала (WACC), которая учитывает стоимость собственного (акционерного) капитала и стоимость заемных средств. Этот метод не могут использовать предприятия, которые не являются открытыми акционерными обществами, и предприятия, у которых нет достаточной статистики для расчета чувствительности показателей доходности ценных бумаг компании к изменению рыночного (систематического) риска. Кумулятивный метод является более распространенным. В соответствии с этим методом ставка дисконтирования складывается из минимальной реальной ставки дисконтирования (как правило, за эту ставку принимают долгосрочные государственные долговые обязательства), темпа инфляции и премии за риск. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов рекомендуют учитывать три типа риска при использовании кумулятивного метода: страновой риск; риск ненадежности участников проекта; риск неполучения предусмотренных проектом доходов. Страновой риск можно узнать из различных рейтингов, составляемых рейтинговыми агентствами и консалтинговыми фирмами. Размер премии за риск, характеризующий ненадежность участников проекта, согласно Методическим рекомендациям не должен быть выше 5%. Поправку на риск неполучения предусмотренных проектом доходов рекомендуется устанавливать в зависимости от цели проекта [4]. Риски, учитываемые при оценке инвестиционных проектов в энергетике: риски, связанные с реформированием энергетике и неустоявшейся нормативно-правовой базой; риски, связанные с неопределенностью цен на рынке электроэнергии; риски, связанные с неопределенностью цен на топливо; риски недостоверности прогнозируемой чистой прибыли или денежного потока; риски, связанные с получением разрешения на строительство и эксплуатацию; риски, связанные с управлением проектами, и т.д. При этом, учитывая сроки реализации проекта в энергетике, неточность в принимаемой ставке дисконтирования даже в 1% может привести к занижению чистого дисконтированного дохода проекта – оценке прибыльности проекта на протяжении всего расчетного периода, а также к увеличению дисконтированного срока окупаемости инвестиций. Низкая прибыльность проекта в таком случае не будет устраивать потенциального инвестора, а значительный срок окупаемости сделает проект непривлекательным для банков – потенциальных кредиторов.

Указанные особенности инвестиционных проектов энергетике взаимосвязаны. Так, значительная продолжительность проектов в энергетике негативным образом сказывается на их инвестиционной привлекательности в связи с затруднениями в прогнозировании денежных потоков. Сложность прогнозирования возникает вследствие изменений макроэкономической ситуации в стране и неопределенности информации, и, в свою очередь, увеличивает плату за риск неточности прогнозирования. Также, продолжительность проектов в энергетике увеличивает значимость ошибки в определении ставки дисконтирования. А величина ставки дисконтирования уже определяет и прибыльность проекта, и его срок окупаемости.

Рассмотренные особенности инвестиционных проектов требуют самого внимательного отношения аналитиков в ходе расчета инвестиционного проекта в сфере энергетике, обоснования его интегральных показателей.

Литература

1. Шишкин А.Н. Текущее состояние, проблемы и перспективы развития электроэнергетики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tek2011.minenergo.gov.ru/ru/materials/reports.html>
2. Волков Э. П. Развитие электроэнергетики России на период до 2020 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tek2011.minenergo.gov.ru/ru/materials/reports.html>
3. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года / Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.e-apbe.ru/scheme/>
4. Ставка дисконтирования / Бизнес-проект 24 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bproekt24.ru/Articles/Read/72>

Бельчикова Екатерина Святославовна, Новосибирский ГТУ, студент 4 курса факультета энергетика, 630077, г. Новосибирск, ул. Станиславского 35, кв. 98; электронный адрес: katushka_170208@mail.ru; контактный телефон: 89529000817.

338.45:621.311:005

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ КОНТРАКТЫ: ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ.

Погосян А.М.

Россия, Новосибирск, НГТУ

Одним из механизмов решения проблемы энергосбережения может быть энергосервисный договор. В статье описана сущность и состав такого контракта, проведено сравнение уровня разработанности данного механизма в России и на Западе, перечислены преимущества и недостатки заключения энергосервисных договоров, предложены меры по улучшению ситуации в России, так как на данном этапе перспективы массового заключения энергосервисных договоров туманны.

Energy performance-contract is one of the mechanism of the decision energy saving problem. The essence and structure of such contract is described in article, comparison of level of a readiness of this mechanism in Russia and in the West is carried out, advantages and disadvantages of signing performance-contracting are described, measures for situation improvement in Russia are offered, as at this stage the prospects of the mass conclusion of performance-contracting are vague.

Проблема повышения энергоэффективности одна из самых актуальных на сегодняшний день. Расходы по оплате использования ресурсов составляют около 85% от всех платежей по обслуживанию зданий и производств. Причем износ материальных активов в ряде случаев достигает по оценкам специалистов 60%. Такая картина довольно четко отражает необходимое направление движения – модернизация с уклоном в ресурсосбережение.

Однако, стоимость модернизации велика, а в ряде случаев колоссальна. В данном аспекте необходим вариант, которые позволит решить проблему модернизации без привлечения собственных средств предприятий. Таким решением проблемы может стать энергосервисный контракт.

Но возникает вопрос, действительно ли эти договора могут применяться в России?

Прежде всего, необходимо разобраться с сущностью данного договора. Энергетический перформанс-контракт – это наиболее эффективный в стоимостном

выражении подход к энергохозяйствованию, который делает возможным для энергопотребителя внедрение энергосберегающих технологий. В рамках данного вида отношений потребитель энергии предварительно не расходует свой капитал. Основную часть риска берет на себя энергосервисная компания, которая реализует данный проект. Все затраты на проект затем возмещаются платежами, которые производятся из полученной экономии энергоресурсов.

Согласно Федеральному закону №261-ФЗ, предметом энергосервисного договора (контракта) является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком.

Энергосервисный договор (контракт) должен содержать:

1) условие о величине экономии энергетических ресурсов, которая должна быть обеспечена исполнителем в результате исполнения энергосервисного договора (контракта);

2) условие о сроке действия энергосервисного договора (контракта), который должен быть не менее чем срок, необходимый для достижения установленной энергосервисным договором (контрактом) величины экономии энергетических ресурсов;

3) иные обязательные условия энергосервисных договоров (контрактов), установленные законодательством Российской Федерации.

Что касается энергосервиса на Западе, то обычно энерго-сервисная компания предлагает потребителю энергии - заказчику целый комплекс сервиса, связанного со сбережением энергии: проектный, инженерный, технический, управленческий и финансовый. Смыслом этого сервиса является снижение затрат на энергию заказчика при сохранении эффективного использования энергии. За границей все это входит в рамки энергетического перформанс-контракта и использует различные льготы и другие финансовые стимулы, которые поощряют производителей в рамках добровольного ограничения потребления энергии.

В Германии, Австрии, Швейцарии, Чехии, Польше, Южной Корее, Таиланде и др. странах реализация проектов, заключенных на основе энергосервисного договора, позволяет снизить потребление энергии от 16% до 67%. Средний срок окупаемости таких проектов составляет 4 года. Продолжительность контрактов, как правило, составляют от 10 до 14 лет. Гарантируемый энергосберегающий эффект – от 16% до 24%.

Для сравнения: контракты в России заключаются на 5 лет. Средний срок окупаемости таких проектов – 2 года, процентная ставка по предоставляемым финансовыми организациями (международными) средствам составляет 15% годовых. Гарантируемый энергосберегающий эффект – в среднем 20%.

Проанализировав различные материалы на сайтах про энергосервисные договора, можно сделать следующие выводы, которые сведены в таблицу:

Ситуация в России плачевна. В итоге, после почти двух лет обсуждения данного вопроса, энергосервисный контракт в классическом понимании, как это принято на Западе, в России не идет и, наверно, не пойдет за исключением ряда узких отраслей и направлений. Это связано с тем, что основой любого энергосервисного контракта в западной трактовке является базовый уровень энергопотребления, то есть сопоставимые условия. У нас вывести базовый уровень энергопотребления и от него посчитать фактическую экономию практически нереально.

Таблица 1. Преимущества и недостатки энергосервисного договора.

Преимущества	Недостатки
<p>Энергоаудит: проводится так называемый «инвестиционный энергоаудит» и большинство рисков по достижению заявленных результатов несет энерго-сервисная компания</p>	<p>Промышленные предприятия: недоверие к перформанс-контракту ввиду непонимания механизмов работы; риски выбора некомпетентной энергосервисной компании; отсутствие финансовых и страховых продуктов, разработанных специально под сам энергосервисный контракт; отсутствие регулирующих и контролирующих органов за исполнением предписаний закона</p>
<p>Финансирование проектов: позволяет практически полностью отказаться от использования собственных средств предприятий, делая возможным реализацию долгосрочных инвестиционных проектов с высокой эффективностью</p>	<p>Объекты бюджетной и социальной сфер: отсутствие интереса к реализации мероприятий по снижению потребления энергетических ресурсов. отсутствие нормативно-методической базы. Нет четко прописанных положений для реализации энергосервисных контрактов</p>
<p>Реализация проектов: выполняется силами энерго-сервисной компании стоимостная эффективность: в отличие от традиционного подхода модернизации энергетики в данном случае существует заинтересованность самой энергосервисной компании в максимальном увеличении сбережений посредством долгосрочного контракта, в условиях ограниченных инвестиций; отсутствие риска для заказчика: энергосервисная компания гарантирует финансовые сбережения и берет на себя все риски по проекту; нет финансовых вложений со стороны заказчика: проект финансируется третьей стороной (как правило, кредитными организациями), в то же время вознаграждение обеспечивается «гарантированными сбережениями»</p>	<p>Объекты сферы ЖКХ: Ограничения, справедливые для унитарных муниципальных предприятий (согласно ст. 49, 113, 295 ГК РФ и Федеральному закону «О государственных и муниципальных унитарных предприятиях»): ограничение распоряжением имуществом; ограничение совершения сделок; ограничение привлечения заемных средств.</p>

Исходя из существующих проблем, можно говорить о том, что необходимо предложить меры по их решению:

- работая по энергосервисному контракту, который предполагает работу на принципах раздела, при ставке кредита больше 14%, энергосервисный контракт практически умирает. Зона окупаемости мероприятий сужается до 1-2 лет, выпадет огромное количество технических мероприятий, срок окупаемости которых выходит за этот срок. Поэтому надо поднимать вопрос, что для бюджетной сферы и для ряда муниципальных предприятий необходимо вводить понимание – термин «субсидирование процентной ставки по энергосервисным контрактам». Это одно из предложений в рамках работы 261-го закона «Об энергосбережении...».

- переход на расчетный метод экономии. Определяется потенциал энергоресурсосбережения, определяются мероприятия, мероприятия реализуются. Затем один или два-три раза дискретно фиксируется полученный результат, на основании которого определяется график платежей. Это очень четко еще завязано на требованиях любого банка. До тех пор пока нет документа, четко определяющего

обязанности заказчика оплачивать вам определенные суммы денег за выполненные процедуры и полученный результат, банк разговаривать с вами не будет.

- комплексное софинансирование. Необходимо разработать комплексный контракт, как форму, по которому софинансируются как мероприятия энергоресурсосбережения, так и общие работы, связанные с санацией зданий и сооружений. В первую очередь это касается бюджетной сферы и муниципалов.

Хотя энергетический сервис можно считать идеальным бизнесом. Он однороден, т. е. имеет дело с ваттами и джоулями. Он географически распределен: компания, оказывающая энергосервисные услуги, не привязана к своему региону. И главное – он мало подвержен кризису, поскольку проблема снижения расходов актуальна не только в период экономического роста, но и во время спадов деловой активности. Существует одна общая проблема - отсутствие реализованного энергосервисного договора по причине недостаточной законодательной базы, а также отсутствия базы сравнения по РФ. На данном этапе развития законодательства и механизмов стимулирования заключения таких договоров, энергосервис в России – это миф, нежели реальность.

Литература

1. Энергосервисный договор. – Изд. 1-е, доп. – М.: Журнал Энергосбережение, 2011.
2. Сайт группы изданий "ТехНАДЗОР" [Электронный ресурс]. – 2012. Режим доступа: <http://www.uralgosnadzor.ru/index.php/articles/24-energo/111-riski-energoservisnykh-kontraktov>. – Загл. с экрана.
3. Karta-smi.ru : карта СМИ [Электронный ресурс]. – Спб.: 2012 - . – Режим доступа: <http://www.karta-smi.ru>, свободный.
4. Portal-energo.ru: портал-энерго [Электронный ресурс]. – Спб.: 2009 - . – Режим доступа : <http://portal-energo.ru/articles/details/id/378>, свободный. – Загл. с экрана.

Чернов Сергей Сергеевич, к.э.н. доцент, НовосибирскийГТУ, зам. декана факультета энергетики, зав.кафедры СУиЭЭ, chss@mail.ru, 89139157901.

Погосян Асмик Манвеловна, НовосибирскийГТУ, факультет энергетики, магистр 1 года обучения, asmip@yandex.ru, 89529270588.

УДК 6265-83

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ КОНВЕЙЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Иванов Д. С.

Россия, г. Липецк, ЛипецкийГТУ

В статье кратко описывается математическая модель конвейера и преобразователя частоты с ШИМ-модуляцией выходного напряжения. Приводится ряд задач, которые решаемых с помощью данной модели. Описаны результаты моделирования работы электропривода с конвейером на разных скоростях. Снятые зависимости демонстрируют снижение потребления мощности при уменьшении скорости с неизменным грузопотоком.

This article briefly describes mathematical model of pipeline and electric drive with pulse-wave modulation of output voltage. There is listed specific range of tasks that can be solved using this model. There is also described results of experiments based on simulation of

operation of pipeline driven on different speed. Gathered dependences demonstrate decreasing consumption of electrical energy by reduction of speed when quantity of cargo isn't varying.

Главной задачей электропривода является передача нагрузочному механизму энергии с оптимальными параметрами, которыми является угловая скорость и вращающий момент. Во вторую очередь решаются проблемы энергоэффективности электропривода. В некоторых случаях обе перечисленные задачи являются взаимосвязанными и требуют комплексного подхода к их решению. К этим случаям относятся регулируемые электроприводы в которых угловая скорость может варьироваться, не влияя на технологический процесс, и тем самым изменять количество потребляемой электроэнергии. Большинство приводов конвейеров эксплуатируемых на производстве являются нерегулируемыми по соображениям простоты и низкой стоимости оборудования. Однако многие из них относятся к вышеупомянутой группе механизмов, скорость движения которых в некотором диапазоне не влияет решение транспортной задачи, выполняемой конвейерами.

В данной статье предлагается краткое описание реализации математической модели частотно-регулируемого привода на основе широтно-импульсной модуляции выходного напряжения и подробной математической модели подъемного ленточного конвейера с однодвигательным электроприводом в верхней и натяжной станцией в нижней части.

Математическая модель реализована в общем виде, т. е. может быть применена к конвейеру любой производительности путем введения ряда характеризующих параметров.

Применение такой математической модели позволяет решить следующие задачи:

1. Теоретическое подтверждение тезиса об энергетической эффективности снижения скорости привода недогруженных по массе конвейеров.
2. Исследование динамических процессов в приводе, обусловленных особенностями протяженных конвейеров, как особого типа нагрузки.
3. Сравнительный анализ динамических и энергетических показателей электропривода, с конвейером в качестве нагрузки, при пуске по различным типам кривых скорости и ускорения.
4. Исследование методов управления скоростью электропривода конвейера в зависимости от циклов нагрузки и вовлеченности в систему управления трактом.
5. Определение требуемого натяжения ленты в зависимости от типа электропривода, конфигурации конвейера и способа пуска.

Для разработки модели использовался математический программный пакет Matlab 7.11 и симулятор динамических систем Simulink 7.6. Структура модели электромеханической системы конвейера имеет блочное строение. Такой подход позволяет периодически запускать модель одного или группы элементов и своевременно выявлять ошибки, а так же анализировать степень влияния реализуемых сегментов модели на сходство имитируемых процессов с опытными данными.

Реальный конвейер представляет собой набор последовательно соединенных сосредоточенных масс роликов, барабанов, валов, роторов двигателей и участков ленты, представляющих собой объекты с распределенными параметрами (РП объекты). РП объекты сложны в математическом описании, а компьютерное моделирование реализуется разделением объекта на конечное число сосредоточенных масс, соединенных идеальными упруговязкими элементами. С увеличением числа масс повышается точность модели, однако снижается скорость расчетов. При моделировании РП-объектов общепринятыми являются следующие допущения:

- а) силы и моменты, действующие в системе, приложены к сосредоточенным массам, которые не деформируются;

- б) упругие звенья невесомы и характеризуются постоянной жесткостью;
- в) волновым характером распространения деформации внутри сосредоточенной массы можно пренебречь.

Реальным прототипом модели является конвейер для загрузки извести в обжиговые печи с нерегулируемым электроприводом на базе асинхронного двигателя.

Проверочный расчет конвейера показывает, что для передачи груза с производительностью $Q = 11$ кг/с достаточно конвейера с шириной ленты в 2 раза меньше используемой.

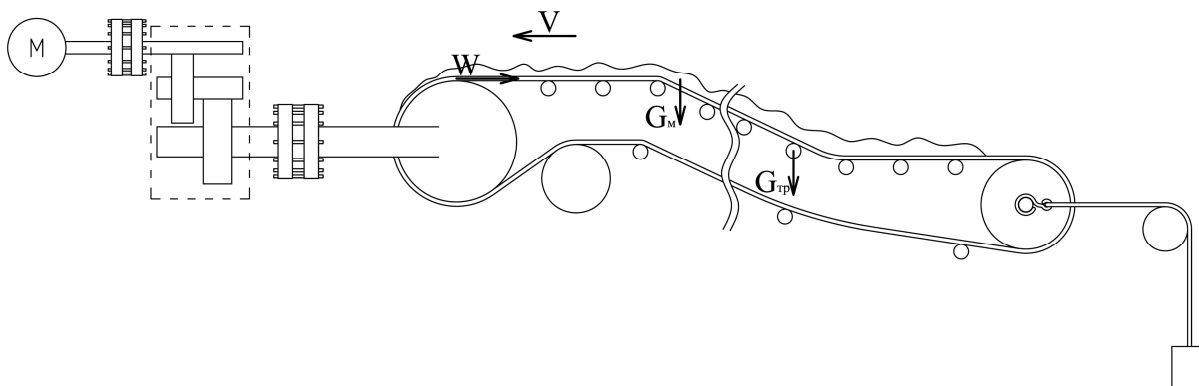


Рис. 1 Схема конвейера

На основе математической модели конвейера с частотно-регулируемым приводом можно построить зависимости потребляемой мощности от скорости V и грузопотока Q , а так же сравнить их с вариантом нерегулируемого привода. Снятие необходимых значений производится в установившихся режимах.

На основании полученных данных можно заключить, что зависимости момента от скорости и массы груза на конвейере в первом приближении имеют линейный характер. Общий вид математической модели в Matlab Simulink представлен на рис. 2.

Анализ полученных данных показывает:

1) при постоянном грузопотоке Q для экономии электроэнергии необходимо снижать скорость двигателя. С точки зрения электропривода это объясняется тем, что при снижении частоты напряжения на двигателе необходимый момент привода можно обеспечить при более низком напряжении без увеличения тока.

2) применение регулируемого привода позволит сэкономить от 10% мощности в номинальном режиме и до 40% в малонагруженном, а так же повысить коэффициент мощности и потери в системе электроснабжения.

В качестве подтверждения полученных данных было проведено опытное исследование. В тракте загрузки "Закрытого склада угля и кокса", относящегося к комплексу современной доменной печи, применен конвейер с двухдвигательным приводом с плавным пуском на основе преобразователей частоты Altivar 71. Средствами технологического контроллера Quantum 671 и пакета визуализации Vijeo Citect 7.11 были сняты зависимости мощностей потребляемых преобразователями частоты из сети от скорости движения ленты при разных грузопотоках.

При снижении скорости до заметно снижается шум от двигателей и редукторов, а при частоте напряжения 40 Гц потребляемая мощность падает на 7%. Дальнейшее уменьшение при полном грузопотоке может привести к задеванию грузом коробов течек между конвейерами, что является недопустимым режимом работы.

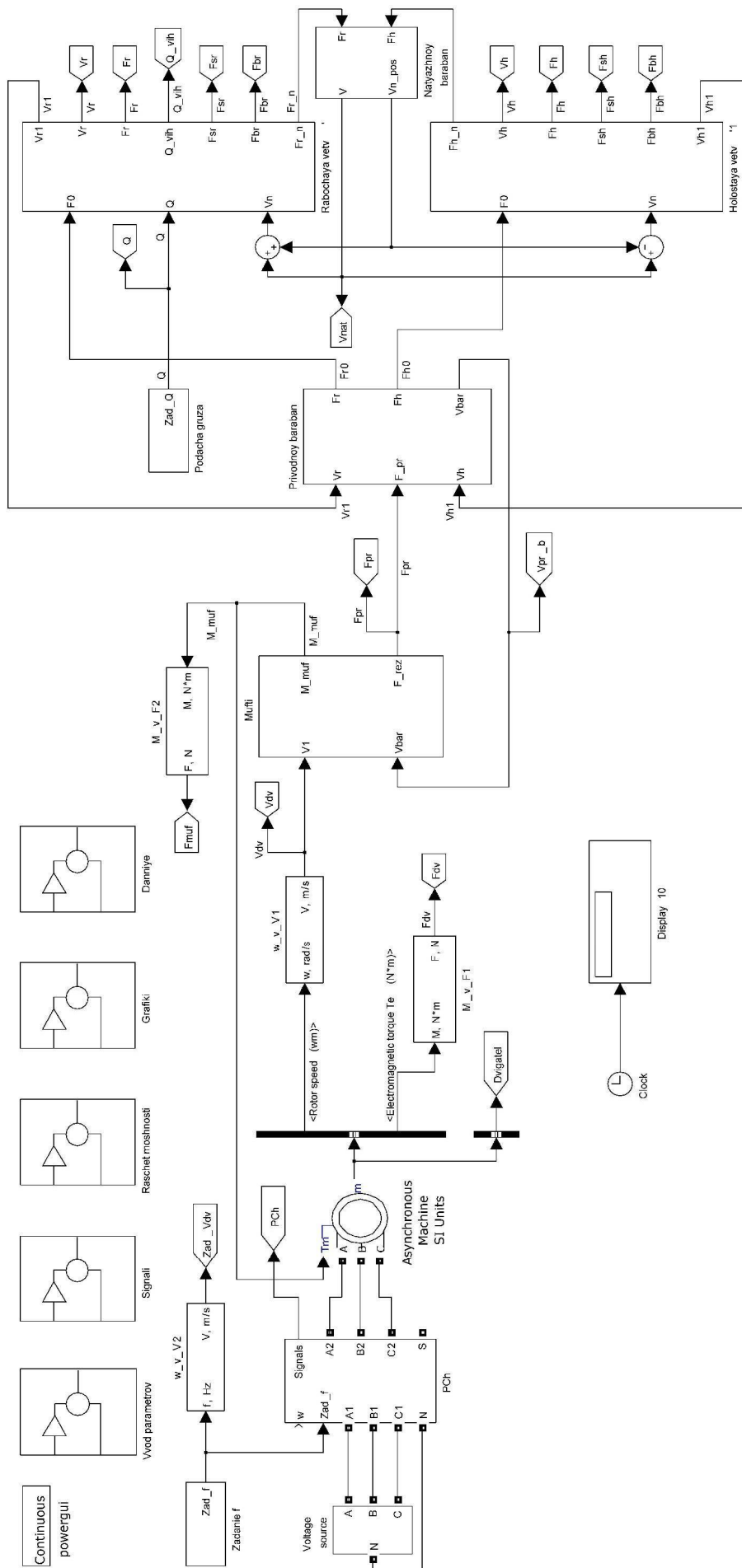


Рис. 2 Математическая модель электропривода конвейера

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) эффект от снижения скорости привода в первом приближении пропорционален глубине возможного регулирования, которая определяется изначальным процентом максимальной загрузки конвейера, т. е. чем меньше грузопоток по отношению к максимальному, тем выше целесообразность применения регулирования скорости;

2) при работе в холостую, когда полная остановка невозможна по причине взаимных блокировок со смежными механизмами снижение скорости значительно экономит электроэнергию.

Помимо прямого эффекта в виде экономии электроэнергии замена привода на регулируемый позволяет снизить динамические нагрузки в редукторах, подшипниках, ленте и исключить 5-7 кратные номинальным броски тока в электросетях, а так же снизить уставки на питающих подстанциях, что упрощает обеспечение селективности защиты и снижает вероятность выхода из строя элементов энергосистемы, а в проектных решениях снижает стоимость КРУ.

Литература

1. Вайнсон А. А. Подъемно-транспортные машины: Учеб. Для вузов [Текст]/ А. А. Вайнсон – М.: Машиностроение, 1989.- 536 с.: ил.
2. Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями: Производственное изд. [Текст].- 2-е изд., перераб. и доп.- СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1992.- 288 с.: ил.
3. Зеленский О. В., Петров А. С. Справочник по проектированию ленточных конвейеров. Справочник специалиста [Текст].- М.: Недра, 1986.- 223 с.: ил.
4. Рассудов, Л. Н. Электроприводы с распределенными параметрами механических элементов: Производственное изд. [Текст]/ Л. Н. Рассудов, В. Н. Мядзель.- Ленинград: Энергоатомиздат, 1987.- 144 с.: ил.
5. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты.- Екатеринбург: УРО РАН, 2000.- 654 с.: ил.

Иванов Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры электропривода г. Липецк ул. Красная, д. 65 инд. 398020 ivanov_d_s@mail.ru, тел. (4742) 40 07 85

УДК 621.31

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ

Казанов М.С.

Россия, г. Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

Доклад содержит анализ теоретических основ и методик нормирования потребления электрической энергии. Рассмотрены возможности применения нормирования при проведении энергетических обследований для оценки энергоэффективности предприятий.

The report contains the analysis of theory basis and methods of rationing of electric energy usage. The possibilities for application of rationing in energy investigation are reviewed.

Принятый 11 ноября 2009 года Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» устанавливает проведение

энергетического обследования в добровольной порядке за исключением случаев, если в соответствии с Законом оно должно проводиться в обязательном порядке.

По результатам энергетического обследования проводившее его лицо составляет энергетический паспорт и передает его лицу, заказавшему проведение энергетического обследования [3]. Важную статью паспорта составляет часть о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении. «Информация, полученная при обработке, систематизации и анализе данных энергетических паспортов, составленных по результатам обязательных и добровольных энергетических обследований, используется в целях получения объективных данных об уровне использования органами и организациями энергетических ресурсов, о потенциале их энергосбережения и повышения энергетической эффективности, о лицах, достигших наилучших результатов при проведении энергетических обследований, об органах и организациях, имеющих наилучшие показатели в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, об иных получаемых в результате энергетического обследования показателях» (п.5 ст.17 №261-ФЗ).

Таким образом, перед организацией-энергоаудитором поставлены задачи, одной из которых является контроль эффективности использования электроэнергии на предприятиях-объектах обследования в целом, в конкретном технологическом процессе, а также на единице оборудования. Для решения этих задач находит применение нормирование расходов электроэнергии.

Норма электропотребления – усредненная расчетная величина, обычно директивно устанавливаемая для прогноза и анализа электропотребления, а также для стимулирования энергосбережения [1]. В зависимости от цели расчета нормы разделяют по степени агрегации (индивидуальные, групповые), по периоду действия (годовые, квартальные, месячные), по составу расхода (технологические, общепроизводственные). От вида норм зависят способы их расчета и пути использования, поэтому важно четкое его определение. Для разных задач применяются нормы разной степени агрегации и периода действия. Для конкретного предприятия, имеющего свои технологические особенности, структуру производства, в том числе в зависимости от типа и параметров выпускаемой продукции, должна существовать соответствующая структура учета электроэнергии. Удельная норма расхода электроэнергии на единицу продукции должна быть обоснована [1].

Для различных типов технологических процессов характерна более или менее значительная пропорциональная зависимость расхода электроэнергии от объема производимой продукции. Так, например, не зависят от объема производства затраты электроэнергии на освещение, отопление и вентиляцию цехов. Следует также отметить, что все механизмы и агрегаты меняют свое электропотребление в зависимости от температуры окружающей среды, от времени года [2]. Таким образом, очевидно, что весь объем электроэнергии, потребляемый любым производственным цехом, участком, производящим какую-либо продукцию, делится на две составляющие: потребление электроэнергии, пропорциональное объему производимой продукции (переменная составляющая); постоянная составляющая потребления электроэнергии, не зависящая от объема производимой за определенный временной интервал продукции [2]. От соотношения этих двух составляющих зависит, причем доля постоянной будет уменьшаться с увеличением объемов производства.

Помимо объема выпускаемой продукции на электропотребление влияют другие, как производственные, так и не производственные. Такое влияние при анализе статистических данных об удельном расходе энергии проявляется в нарушении нормального (гауссового) распределения, которое может иметь место только в случае одинаковых условий протекания процесса. Для получения обоснованных норм необходимо проверить соответствие удельных расходов нормальному распределению,

и только в случае получения положительных результатов можно определять единую норму [1].

С целью получения достоверных результатов, качественного и эффективного выполнения работ, при проведении обследования и последующего нормирования важно получить необходимое и достаточное количество информации об энергоснабжении и оборудовании организации-заказчика. Имея достаточное количество статистических данных по потреблению электроэнергии, выпуску продукции (индивидуально для технологической линии или для производства в целом), а также по значениям наиболее влияющих факторов, можно, применяя математические методы, найти и составить обоснованную зависимость, которая, впоследствии, может быть применена для получения нормы расхода рассматриваемого ресурса. Сопоставление данных также позволяет оценить долю постоянной составляющей в суммарном потреблении электроэнергии, получить информацию об ее изменении и, впоследствии, оценить эффективность мер, направленных на её снижение.

Для нормирования с целью анализа энергоэффективности предприятия используются расчётно-аналитический и статистический способы.

Первый предполагает определение норм расхода для конкретного производства и технологических агрегатов расчётным путем – по паспортным данным технологического оборудования с учетом степени его загрузки, режимов работы и других факторов. При этом эмпирический выбор и случайный характер различных коэффициентов (загрузки, включения и т.д.) могут приводить к значительным погрешностям в расчетах. Для общепроизводственных норм следует учесть также мощность и режимы работы вспомогательного оборудования (вентиляции, водопровода, канализации, электроосвещения, ремонтных нужд и т.д.). Данный метод, помимо малой точности, также является чрезвычайно трудоемким, что обуславливается необходимостью поэлементного расчета большого множества составляющих электропотребления.

Второй метод основан на статистической обработке данных по общим и удельным расходам за ряд временных отрезков и выявлении факторов, влияющих на их изменение [1]. При этом необходимо получить информацию о показаниях приборов учета и данные по выпуску продукции. В процессе проведения энергетического обследования стандартно собираются вышеуказанные исходные данные в виде информации о потреблении электроэнергии за последние 5 лет и ежемесячно за расчетный год, а также аналогично – данные по выпуску основных видов продукции. Зачастую объема данных может быть недостаточно, что составляет проблему при нормировании. При этом данные об удельном расходе могут существенно отличаться.

После проведения сравнения норм электропотребления (определенных по расчётно-аналитическому или статистическому методам) с вычисленным удельным электропотреблением для агрегата, технологической линии или производства в целом, делается вывод об эффективности использования электрической энергии на предприятии или по объектам.

Нормирование с целью анализа энергоэффективности предприятия применимо только для рассматриваемого объекта. Расчетные нормы не могут быть распространены на отрасль в целом или на другое предприятие [1]. Это обусловлено индивидуальностью каждого предприятия и технологического процесса, уровнем производства и стабильностью загрузки оборудования, особенностями техноценоза, организационными, социальными факторами, характеристиками потребляемых материальных и энергетических ресурсов (топлива, сырья), а также другими особенностями. Нельзя сказать, что производство, выходящее за среднеотраслевые нормы, работает неэффективно. Для получения оценки энергоэффективности предприятия или организации по данным нормирования часто необходим индивидуальный экспертный подход. Это обязывает организацию, производящую энергетическое обследование и применяющую нормирование, тщательно подходить к

изучению специфики объекта, проводить исследование производства с целью получения точных результатов. Также, при всей важности получения необходимого количества исходных данных, их, чаще всего, бывает недостаточно для эффективной и точной оценки. Это обусловлено многими причинами, в том числе организацией производства, работы энергетической службы предприятия, контроля и учета потребления электрической энергии и другими факторами (как техническими, так и организационными). В итоге, это осложняет проведение нормирования, уменьшает точность и скорость выполнения работ, вызывает необходимость постановки вопроса о применении метода в конкретном случае.

Литература

1. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / под общ. редакцией профессоров МЭИ(ТУ) С.И. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А.Цырука. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 745[7]с.:ил.
2. Копцев Л.А. Нормирование и прогнозирование потребления электроэнергии в зависимости от объемов производства. – Промышленная энергетика, 1996, № 3, с. 5-7.
3. Федеральный Закон №261-ФЗ «об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009.

Казанов Максим Сергеевич, г.Серпухов, ул. Подольская, д. 101, кв. 43, email: KazanovMS@yandex.ru, тел.: 8 (903) 518-24-24

УДК 621.311.16 (313)

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В 2012 ГОДУ

Наумов Е.И.

Россия, г. Новосибирск, Новосибирский ГТУ

Программа развития энергосбережения и повышения энергоэффективности реализовывается, не смотря на трудности, которые возникают перед ней. Для реализации этой программы ежегодно выделяется большое количество средств, что ведет к изменению большого количества документов по энергосбережению. Ход и результат внедрения можно проследить уже сейчас, и он не совсем оптимистичный.

The program of development of energy saving and increase of power efficiency is realized, despite difficulties which arise before it. For implementation of this program a large number of means that conducts to change of a large number of documents on energy saving is annually allocated. The course and result of introduction can be tracked already now, and it not the absolutely optimistically.

Как известно, энергосбережение и проблема энергоэффективности неуклонно входит состав проблем, затрагивающих как государство в целом, так и жизнь отдельных его граждан. Каждый из жителей на себе смог почувствовать стремительное развитие некоторых аспектов внедрения этой системы. В результате реализации Федерального закона № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» произошло массовое оснащение страны приборами учета. Так, до 1 января 2011 г. все юридические лица, государственные учреждения должны быть оснащены приборами учета энергетических ресурсов и не позднее, чем через месяц после их установки рассчитываться за потребленный ресурс на основании данных

приборов учета. До 1 января 2012 г. все собственники жилых домов и квартир в многоквартирных домах должны иметь приборы учета как для дома в целом, так и для каждой квартиры (кроме тепловой энергии) с правом установки приборов учета на условиях рассрочки платежа на 5 лет. А для ресурсоснабжающих организаций было введено требование об организации деятельности по установке и эксплуатации приборов учета поставляемого ими ресурса для обслуживаемых ими потребителей. Если потребитель в срок не установил прибор учета, ресурсоснабжающая организация в течение года обязана установить такой прибор учета, а потребитель оплатить связанные с этим расходы равными долями в течение 5 лет.

Кроме этого вводится требование для производителей и импортеров маркировать продукцию по классам энергоэффективности: с 2011 – бытовые энергопотребляющие устройства; с 2012 – компьютерную и оргтехнику; с 2013 г. – иные товары, по решению Правительства РФ [1].

Каждое бюджетное учреждение, с 2010 года, обязано обеспечить снижение объема потребленных им ресурсов (воды, энергоносителей, электрической энергии) в течение пяти лет не менее чем на 15 % от объема потребления в 2009 году с ежегодным снижением объема потребления не менее чем на 3 %.

Закон об энергосбережении и энергоэффективности обязывает перечисленные лица провести энергоаудит и оформить энергетический паспорт организации для определения базового объема потребления ресурсов в 2009 году.

Класс энергетической эффективности продукции определяет производитель. Класс энергетической эффективности здания определяет центр энергоэффективности по результатам проведения энергетического обследования здания. Закон обязал застройщиков размещать на фасаде сдаваемого в эксплуатацию многоквартирного дома класс энергетической эффективности здания. Владельцы помещений в многоквартирном доме обязаны обеспечивать надлежащее состояние указателя класса энергетической эффективности здания и при изменении класса энергетической эффективности многоквартирного дома обеспечивать замену этого указателя. Требования к указателю класса энергетической эффективности здания устанавливает уполномоченный орган исполнительной власти.

В срок до 31 декабря 2012 года организации, утвержденные законом об энергосбережении и энергоэффективности, должны провести энергетическое обследование административных зданий и определить класс энергетической эффективности [2].

Но существует ряд отклонений и корректировок закона. Так в вопросе о требовании маркировки продукции по классам энергоэффективности было принято и изменено в законе, что компьютерная и оргтехника, подлежащая обязательной маркировке с 2012 года, не будет маркироваться по классам энергоэффективности.

Но не все субъекты направлены на ускоренное внедрение и реализацию данного закона. Причин такого отношения может быть несколько, начиная от действительно объективных – нехватка средств на реализацию (помощь таким субъектам со стороны государства в виде субсидий и финансирования части мероприятий по энергосбережению). А также просто нежелание внедрять, поскольку нет понимания цели и эффективности этого процесса, в таких субъектах тоже ведется работа, но уже другого плана.

Именно поэтому мы можем выделить часть округов, где наиболее хорошо и качественно реализуется Федеральный закон № 261. Ниже представлена диаграмма, характеризующая индекс активности реализации закона № 261 «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности...» в разрезе федеральных округов РФ (Рис. 1).

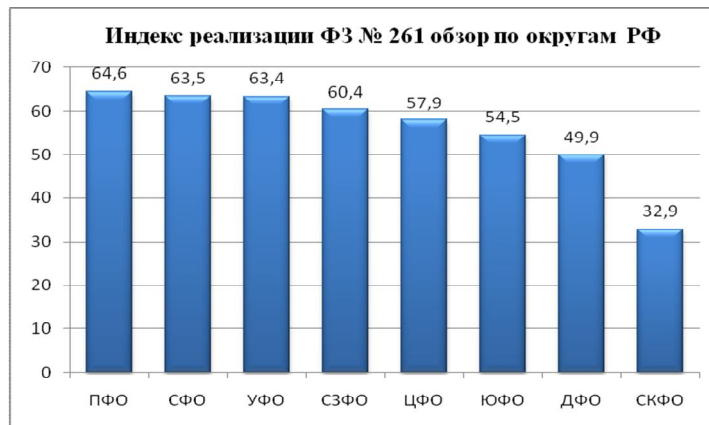


Рис. 1 – Индекс реализации ФЗ № 261¹

Также мы можем проследить за ходом исполнения закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» [4]:

1. Завершается принятие подзаконных актов к Федеральному закону № 261. Было принято 37 нормативных правовых актов федерального уровня.

2. Разработка региональных программ в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. В 85 % субъектах Российской Федерации они уже разработаны.

3. Регистрация СРО. Число зарегистрированных СРО, объединяющих более 200 организаций, имеющих право на проведение энергообследований – 65 .

4. Интенсивное развитие конкурентного рынка приборов учета энергоресурсов, энергосберегающего оборудования и материалов.

Кроме этого, для контроля за исполнением данного Закона, а также ходом внедрения некоторых его направлений, правительством РФ при содействии Министерства энергетики РФ, было решено с 2013 года ввести в действие национальную версию стандарта энергетического менеджмента ISO 50001.

Данный проект является национальной версией международного стандарта ISO 50001 Energy Management systems – Requirements with guidance for use, который был утвержден Международной Организацией по Стандартизации (ISO) 15 июня 2011 года.

Внедрение в России стандарта энергетического менеджмента призвано улучшать энергорезультативность деятельности компаний, обеспечить доступность информации и необходимых ресурсов для достижения целей и задач по энергоэффективности, поддерживать закупки энергоэффективных продуктов и услуг, а также поддерживать национальные и корпоративные проекты по повышению энергорезультативности. Приведение в соответствие управленческих стратегий российских компаний стандарту ISO 50001 будет способствовать интеграции вопросов обеспечения энергоэффективности в общую концепцию менеджмента организации и повысит прозрачность управления деятельностью компаний.

До середины марта 2012 года планируется сформировать окончательную редакцию проекта стандарта ГОСТ Р 50001, а в апреле вынести проект на утверждение. Введение в действие стандарта ГОСТ Р 50001 планируется с 1 января 2013 года [3].

Развитие программы энергосбережения требует большого количества вложений как государственных, так и частных. В последнее время наблюдается определенный спад в реализации данного направления.

В 2010 году проект разработанной Минэнерго госпрограммы энергосбережения и повышения энергоэффективности до 2020 г. был передан на согласование в Министерство Финансов. Финансирование программы федеральным бюджетом в Минфине сокращено в 3 раза; так как из стимулов, предусмотренных законом «Об

¹Реализация ФЗ по внедрению приборов учета, созданию нормативно-правовых документов, созданию программ по энергосбережению.

энергосбережении» для энергоэффективных компаний, предусмотрен только один – государственное гарантирование кредитов на реализацию энергосберегающих проектов.

Первоначальная стоимость 10-летней программы без учета развития возобновляемой энергетики оценивалась Минэнерго в 10,5 трлн руб., из них 840 млрд руб. до 2020 г. предполагалось профинансировать из федерального бюджета, 950 млрд руб. – из бюджетов субъектов РФ. Последние договоренности с Минфином предполагают сокращение федерального финансирования мероприятий по энергоэффективности в 3 раза – до менее 300 млрд руб. При этом общая стоимость программы не изменится. Предполагается, что сокращение инвестиций компенсирует рынок.

Одновременно с этим государственные стимулы, которые предполагает закон (применение повышающих коэффициентов к норме амортизации, инвестиционный налоговый кредит, возмещение процентов по кредитам на реализацию проектов в области энергосбережения) Минфин предоставить не готов. Государство может дать только госгарантии по кредитам на реализацию энергосберегающих проектов. Еще один инструмент госстимулирования, на который готово государство, – заключение целевых соглашений повышения энергоэффективности между компаниями и правительством. В рамках этих соглашений могут устанавливаться целевые показатели энергосбережения и повышения энергоэффективности и фискальные стимулы, в том числе относящиеся к налогообложению. Федеральных субсидий регионам и муниципалитетам также не предвидится [5].

Но с каждым годом объем финансирования изменяется в сторону его сокращения. Так за 2011 год, на реализацию программ энергосбережения, включенных в программы энергосбережения субъектов РФ, из федерального бюджета было выделено около 5,1 млрд руб. Предполагается, что размер финансирования региональных программ повышения энергоэффективности в 2012 г. составит 5,721 млрд руб. В целом до 2020 г. на софинансирование программ субъектов РФ планируется направить 70 млрд руб.

В 2011 г. средства были направлены на организацию и проведение энергоаудитов объектов, находящихся в госсобственности, установку приборов учета, внедрение энергосберегающих технологий и оборудования, создание собственных систем учета энергоресурсов, обучение и переподготовку специалистов в области энергосбережения и энергоэффективности и др. [6].

Россия является акционером и членом Международной финансовой корпорации IFC. Существует ряд программ IFC по энерго- и ресурсоэффективности в России. Некоторые из них представлены ниже (Рис. 2).



Рис. 2 – Программы IFC [7].

Последняя из представленных программа – «Энергоэффективность в жилищном секторе», реализуемая с 2010 года, также претерпевает некоторые трудности в финансировании, но все они имеют механизмы решения (Рис. 3).



Рис. 3 – Барьеры на пути реализации программ энергосбережения и методы их преодоления

Возникающие кредитные риски при финансировании энергосбережения, а также реконструкции в жилищном секторе, возможно сократить, путем изменения жилищного законодательства в вопросе изменения юридического статуса заемщика [7]. В настоящее время существует ряд проблем:

1. ТСЖ или УК – некоммерческий посредник, без залогов и активов и стабильных потоков платежей.
2. ТСЖ может быть легко расформировано, члены ТСЖ имеют право свободного выхода по устному заявлению.
3. Нет долгосрочных контрактов с УК (УК может переизбираться ежегодно).
4. Проблемы взыскания задолженности жильцов перед ЭСКО.

Для решения этих применяется усиление платежной дисциплины собственников, а также оказывается техническая помощь по разработке программ реконструкции жилищного фонда. Также будут создаваться целевые финансовые механизмы (например, прямое кредитование крупных УК с оборотом от 1 млрд. руб. и суммой проектов от 300 млн. руб., создание региональных фондов для реконструкции жилья, механизмов софинансирования, гарантий и распределения рисков) [8].

С целью поощрения и тиражирования лучших примеров в области энергосбережения Правительство Москвы объявило о начале конкурсного отбора на соискание звания Лауреатов Премии в области энергосбережения «Берегите энергию!»

Участниками конкурсного отбора стали организации, осуществляющие в деятельность в области производства энергоэффективной продукции, разработки энергосберегающих технологий, проводящие различные мероприятия, направленные на развитие и поддержку энергосбережения. Эту премию поддержало Министерство энергетики РФ, охарактеризовавшее ее как аспект стимулирования и поощрения достижений в области эффективного использования топливно-энергетических ресурсов.

Проведение Премии позволит выявить лидеров среди производителей и разработчиков энергосберегающей продукции и технологий; повысить уровень информированности населения о способах экономии энергии, видах и преимуществах энергоэффективных товаров, способствуя тем самым формированию культуры энергопотребления в стране [9].

Все это небольшие шаги по закреплению полученного результата, который требует его дальнейшего развития. Необходимо использовать накопленный опыт и практику для внедрения все большего количества механизмов по стимулированию и развитию энергосбережения и повышению энергоэффективности. В настоящее время состояние развития системы энергосбережения, не отвечает тем требованиям, которые были запланированы в стратегии, а также в самом Федеральном Законе «Об энергосбережении». Принятый закон также требует изменений, так как в нем не отражаются многие особенности развития энергосбережения, присущие только нашей стране. Система, созданная для развития и внедрения энергосбережения, зачастую не

учитывается, поскольку многие субъекты РФ не направляют свои средства на финансирование проектов по повышению энергоэффективности. Ежегодно в субъектах принимается, отменяется, корректируется большое количество нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность по энергосбережению, все это указывает на бессистемность, несогласованность и, возможно, на нежелание внедрения программ энергосбережения. Во многих областях, все же создаются органы, отвечающие за реализацию энергосбережения, но и они не отвечают тем требованиям и обязанностям, которые они должны выполнять. Поддержка исполнения и внедрения программ по повышению энергоэффективности носит больше формальный характер, часть таких органов просто консультирует о механизмах и способах внедрения энергосбережения, но не призывает и не заставляет реализовывать программы.

Тем не менее, запущенная программа по энергосбережению и повышению энергоэффективности реализуется, не смотря на трудности, которые встают перед ней. Для реализации этой программы ежегодно выделяется огромное количество средств, которое необходимо для развития энергосбережения. Именно поэтому, возможно, ежегодно изменяется большое количество документов по энергосбережению. Как бы ни было, ход и результат внедрения, пусть и небольшой уже сейчас можно проследить, и как мы видим он не совсем оптимистичный.

Литература

1. ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2. Сибирская Энергосберегающая компания «Реализация федерального закона № 261-ФЗ». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://sec-nsk.com/yslugi/zakon>
3. Энергоэффективная Россия «Стандарт энергетического менеджмента ISO 50001». [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.energy2020.ru/energy_activities/government/news2464.php
4. Иванов Т. В. «Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на до 2020 года»: механизмы реализации и финансирования», 2011 г.
5. Интернет-ресурс компании ООО «АЭнерджи». [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://aenergy.ru/2453>
6. AEnergy.ru – альтернативная энергетика. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://aenergy.ru/3983>
7. Миняев И.Е. «Финансирование проектов повышения энергоэффективности в России», 2011 г.
8. Темерецкий П.В. «ЕБРР: Программы финансирования и технического содействия в области энергоэффективности», 2011 г.
9. Журнал альтернативная энергетика. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://aenergy.ru/3983>

Наумов Евгений Иванович, бакалавр экономики, 630111, г. Новосибирск а/я 85
Чернов С.С., Eugene_17@list.ru, 8-923-238-30-56

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ КАК ОТРАЖЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Лемешко Н.О., Слугина С.В.
Россия, г. Новосибирск, НГТУ

Проблема энергосбережения является важной для отечественной экономики. С 2009 г. предпринимаются значительные усилия по интенсификации программ энергосбережения, тем не менее ситуация в этой сфере оставляет желать лучшего. Авторами исследована динамика энергоемкости российской экономики, проведено исследование факторов, влияющих на энергоемкость, выполнена оценка энергоемкости регионов России.

The problem of energy efficiency is urgent for domestic economy. Since 2009 significant efforts in intensification of energy saving programs have been releasing, nevertheless, a situation in this sphere leaves much to be desired. In this article was analyzed the dynamic of energy intensity of Russian economy, was made energy intensity influencing factors analysis, was made energy intensity assessment of Russian regions by the authors.

Посредством политических мер руководство страны способно определять как, в каких условиях и по какой цене будут произведены и израсходованы топливно-энергетические ресурсы. В то же время важными задачами являются повышения энергетической эффективности экономики, сокращения выбросов загрязняющих веществ, поддержание уровня запасов углеводородов, соответствующего задачам экономического развития, обеспечение энергетической безопасности национальной экономики за счет оптимизации потребления электрической и тепловой энергии, повышение конкурентоспособности продукции, производимой на отечественных предприятиях. Эти задачи решаются в рамках программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности, разрабатываемых и реализуемых многими государствами. Обеспечение контроля над ресурсами требует определения стимулов и постановки конкретных задач. Обобщенно данные задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1. Обобщенные данные

Энергетическая безопасность	Сокращение импорта энергии
	Сокращение внутреннего спроса для увеличения экспорта
	Повышение надежности энергоснабжения
	Контроль роста спроса на энергию
Экономическое развитие и конкурентоспособность	Снижение энергоемкости экономики
	Повышение конкурентоспособности отечественной продукции
	Снижение себестоимости производства
	Повышение доступности цены для потребителей энергии
	Обеспечение устойчивого энергоснабжения децентрализованных районов за счет развития альтернативных источников энергии
Изменение климата	Вклад в глобальные действия по смягчению воздействия и адаптации
	Выполнение международных обязательств
Экологические требования	Сокращение выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду

По каждому из направлений разрабатываются соответствующие программы.

Наблюдается общая тенденция к повышению энергопотребления. По данным группы стран, входящих в Международное энергетическое агентство, потребление энергии увеличилось на 22% с 1973 года [1]. В таких условиях проблема энергосбережения становится особо актуальной. Тем более, что потенциал энергосбережения чрезвычайно велик. Так, только за один год группой из 11 стран-участников МЭА получены значительные экономико-экологические результаты:

- 63 Эдж (1 500 млн т н.э.) сэкономленной энергии (достаточно для удовлетворения всех энергетических потребностей России, Индии и Канады - за год);
- 1,1 триллиона долларов США экономии на расходах за энергоносители;
- 5 Гт сокращенных выбросов углекислого газа (эквивалентно глобальным выбросам промышленного сектора в 2006 году).

Для Российской Федерации вопрос энергосбережения особенно острый, энергоемкость снижается крайне низкими темпами, что вызывает целый ряд технико-экономических проблем. Удержание высоких темпов роста российской экономики при высокой энергоемкости приводит к активации затрудняющей экономический рост роли топливно-энергетического комплекса за счет отвлечения значительных капитальных вложений из других секторов экономики.

Энергосбережение и энергоэффективность. Для того, чтобы говорить о тематике энергосбережения необходимо определиться с терминологией. Энергосбережение представляет собой комплекс мер по реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при существующем полезном эффекте их использования и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии [2]. В то же время, указанный комплекс мер, по сути, сводится к оптимизации: реализации данных мер с целью получения максимального полезного эффекта при заданных ограничениях. В данном ключе с практической точки зрения в дальнейшем будем использовать термин “энергоэффективность” – отношение полезного эффекта (результата), в том числе объема произведенной продукции, полученного от использования энергетического ресурса (ресурсов), к затратам соответствующего ресурса (ресурсов), обусловившим получение данного эффекта (результата).

Россия входит в тройку крупнейших производителей энергии в мире. При этом такие крупнейшие мировые производители энергии, как Китай, США и Индия также дополнительно импортируют энергию. Значительная часть произведенной энергии России уходит на экспорт, тем не менее страна не полностью использует потенциал роста энергоэффективности.

Энергоемкость. Одним из главных показателей оценки энергоэффективности стран является энергоемкость ВВП – это отношение суммарного энергопотребления к величине ВВП. Энергоемкость российской экономики существенно превышает в расчете по паритету покупательной способности аналогичный показатель для США, Японии и развитых стран Европейского Союза.

На энергоемкость оказывают влияние различные факторы, которые можно разделить на 2 основные группы:

1. структурные факторы;
2. технологические факторы.

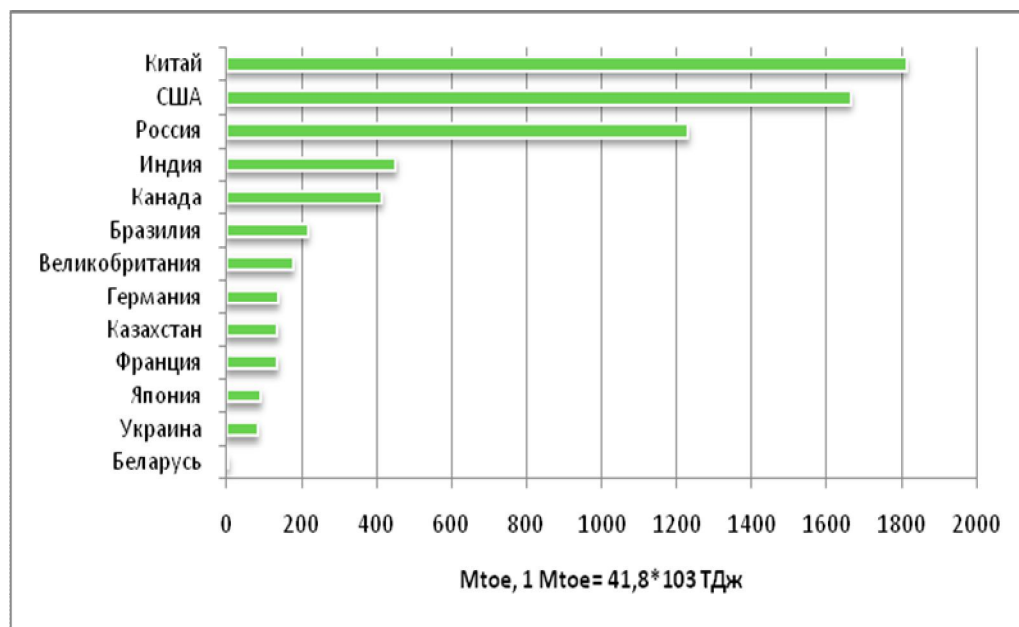


Рис.1 Производство первичных топливно-энергетических ресурсов по некоторым странам в 2007 г. [3]

Обособленным фактором являются климатические условия, оказывающие также важное воздействие на энергоёмкость той или иной страны и региона.

Первая группа отражает долю секторов экономики в общем потреблении ресурсов, что позволяет определить отстающие отрасли. Мерой снижения энергоёмкости здесь является интенсификация реализации программ повышения энергоэффективности в наиболее энергоёмких отраслях (в России это цветная металлургия, ТЭК, ЖКХ).

Технологический фактор характеризуется темпами модернизации, мерой износа основных средств и степенью внедрения энергоэффективных технологий в производстве. Значение показателя энергоёмкости Российской Федерации превосходит общемировое значение (рис. 2).

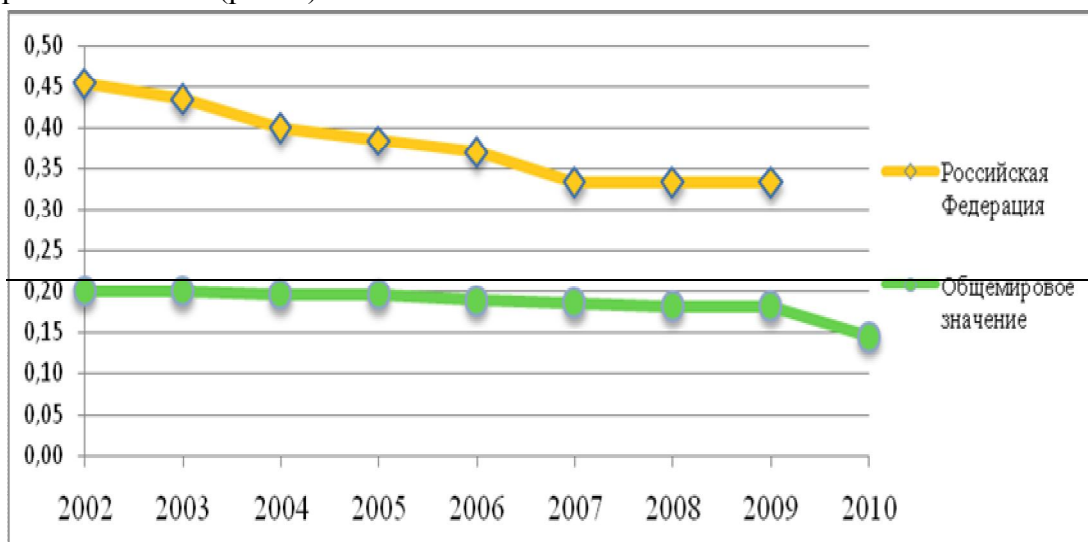


Рис.2 Энергоёмкость за 2002 – 2010 гг., кг топливного эквивалента/USD

Показатель энергоёмкость в целях локальной характеристики, а также более детального изучения проблемы повышения энергетической эффективности может использоваться в региональном разрезе на основе показателей энергопотребления по субъектам РФ и валового регионального продукта.

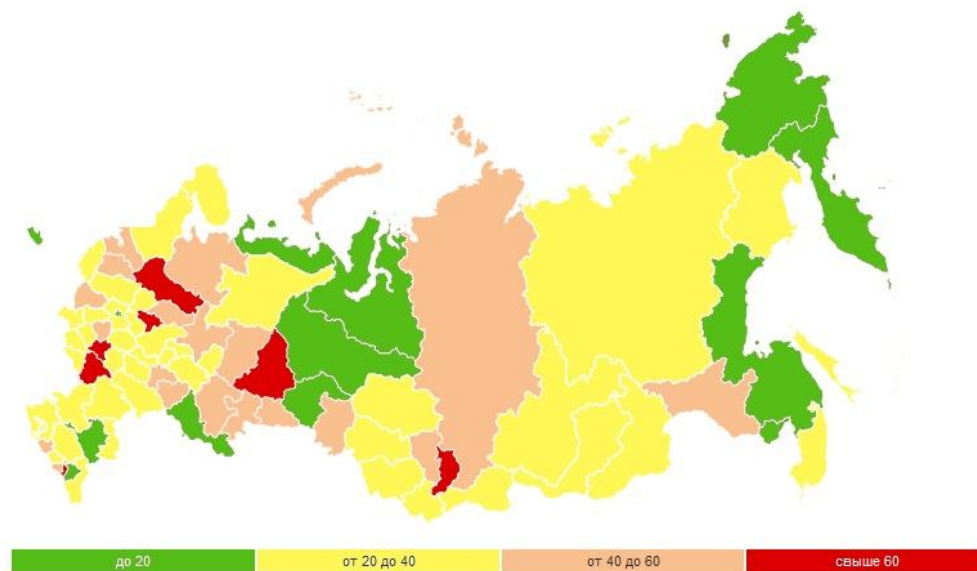


Рис.3 Энергоемкость за 2011 год, кг у.т./тыс.руб.

В состав РФ входят 83 субъекта Федерации. На рисунке 3 представлена карта энергоемкости по регионам по данным государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

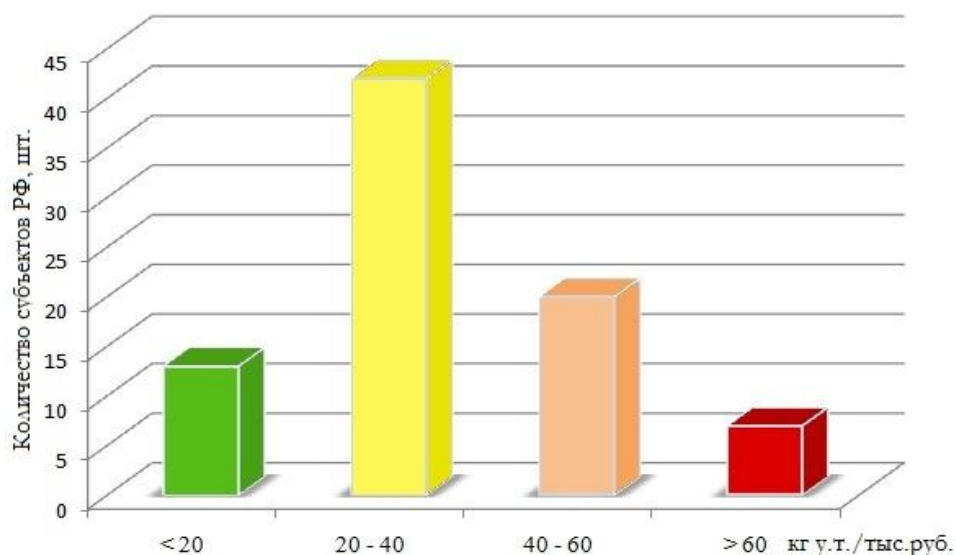


Рис.4 Количественное распределение субъектов РФ по группам энергоемкости ВРП на 2011 г.

По данным рис. 4, большинство субъектов РФ попадает во вторую группу, где показатель энергоемкости ВРП варьируется от 20 до 40 кг у.т./тыс. руб., среднее значение по стране. Однако, 7 субъектов: Вологодская, Воронежская, Ивановская, Липецкая и Свердловская области, а так же республики Ингушетия и Хакасия, попали в четвертую группу, где значение показателя превышает 60кг у.т./тыс. руб. Высокая энергоемкость ВРП в этих регионах связана, в основном, с большим удельным весом продукции энергоемких отраслей промышленности: черной и цветной металлургии, топливной промышленности. Например, основной отраслью специализации Вологодской области является чёрная металлургия – 62,7%, а на втором – электроэнергетика – 7,9%.

Большинство регионов с преобладанием низкой доли энергоемких отраслей находятся в первых двух группах. В этих регионах широко развиты сфера услуг,

лесная, деревоперерабатывающая, целлюлозно-бумажная, алмазная промышленности, сельское хозяйство и прочее.

Повышенная энергоемкость экономики России обусловлена преимущественно отраслевой структурой производства и значительно более низким техническим уровнем парка энергопотребляющего оборудования в стране. От результатов повышения эффективности использования энергоресурсов зависит место России в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан. Россия не только располагает всеми необходимыми природными ресурсами и интеллектуальным потенциалом для успешного решения своих энергетических проблем, но и объективно является ресурсной базой для европейских и азиатских государств, экспортируя нефть, нефтепродукты и природный газ в объемах, стратегически значимых для стран-импортеров. Однако избыточность топливно-энергетических ресурсов в нашей стране совершенно не должна предусматривать нецелесообразное использование этих ресурсов, так как только энергоэффективное хозяйствование при открытой рыночной экономике является важнейшим фактором конкурентоспособности российских товаров и услуг. В этой связи чрезвычайно важно исследование опыта ведущих регионов России и зарубежных стран в сфере повышения энергетической эффективности.

Литература

1. International Energy Agency. Towards a more energy efficient future. Applying indicators to enhance energy policy, - 2011.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года
3. International Energy Agency. Key World Energy Statistics, - 2009.
4. Стратегия повышения энергоэффективности в муниципальных образованиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/> , свободный. – Загл. с экрана.
5. Шаблова Е.Г. Законодательство РФ в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности: характеристика, проблемы, тенденции развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.maxet.net/> , свободный. – Загл. с экрана.
6. Энергосбережение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energyeffect.net/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisee.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

Лемешко Никита Олегович; НГТУ, студент 3 курса факультета энергетики; почтовый адрес: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, Новосибирский государственный технический университет, кафедра Систем управления и экономики энергетики; e-mail:электронный адрес: n.lem@mail.ru; т.: 89529066110.

Слугина Светлана Викторовна; НГТУ, студентка 3 курса факультета энергетики; почтовый адрес: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, Новосибирский государственный технический университет, кафедра Систем управления и экономики энергетики; e-mail: sluginasveta@yandex.ru; т.: 89529157382.

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ НАЛИЧИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АЛТАЙСКОМУ РЕГИОНУ

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П.
Россия, г. Барнаул, АлтГТУ

Рассмотрена методика оценки вероятности наличия энергоресурса в течение года для альтернативных видов энергии применительно к Алтайскому региону.

The method of assessing the probability of having energy resource throughout the year for alternative energy with respect to the Altai region.

При разработке системы нечеткой логики для определения рейтинга альтернативных источников энергии важное значение имеет вероятность наличия энергоресурса в течение года, которая является одним из влияющих факторов при создании системы нечеткой логики, определяющей рейтинг источников энергии.

Чтобы рассчитать вероятность $Q_{\text{вб}}$ наличия энергоресурса в течение года для энергии ветра в конкретном районе Алтайского региона нами предложено приравнять максимальную среднегодовую скорость ветра $V_{\text{с}}$ по районам Алтайского края из [1] (для Каменского района она равна) к 100 процентам вероятности, взять среднегодовую скорость ветра $V_{\text{х}}$ для конкретного (интересующего нас) района Алтайского края (например, для Тальменского района из [1] она равна 3,1 м/с), и составить пропорции, где неизвестной величиной является вероятность наличия в процентах энергоресурса ветра в течение года в интересующем (например, в Тальменском) районе:

$$Q_{\text{вб}} = \frac{100 \cdot V_{\text{х}}}{V_{\text{с}}}, \% . \quad (1)$$

Вычисления по формуле (1), например, для Тальменского района, дают значение

Аналогично рассчитывается вероятность $Q_{\text{кс}}$ наличия энергоресурса в течение года для солнечной энергии, только за 100 процентов берется, соответственно, максимальное количество $S_{\text{дтм}}$ солнечных дней в Алтайском крае (для Косихинского района оно равно $S_{\text{дтм}} = 331 \text{ день}$), а количество солнечных дней в году в интересующем нас районе Алтайского края (таблица 1, [1], в которой солнечная инсоляция из Ккал/см^2 преобразована нами в $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^2$) принимается за $S_{\text{дх}}$, (например, в Тальменском районе $S_{\text{дх}} = 302 \text{ дня}$). То есть $Q_{\text{кс}}$ находится по соотношению:

$$Q_{\text{кс}} = \frac{100 \cdot S_{\text{дх}}}{S_{\text{дтм}}}, \% . \quad (2)$$

Вычисления по формуле (2), например, для Тальменского района, дают значение

Вероятность $Q_{\text{хб}}$ наличия энергоресурса в течение года для биоэнергии может быть найдена исходя из того, что за последние 10 лет падеж живности и естественная убыль, в том числе плановый забой, не превысил (например, для конкретного фермерского хозяйства), следовательно, вероятность наличия энергоресурса в течение года для биоэнергии может быть найдена по соотношению:

$$Q_{\text{хб}} = 100 - \Pi_{\text{т}}, \% . \quad (3)$$

Вычисления по формуле (3), например, для конкретного фермерского хозяйства, дают значение

Вероятность наличия энергоресурса в течении года для энергии малых рек может быть вычислена как коэффициент общего речного стока по [2] для Природного

района Северо-Восточный, где расположен Тальменский район, равный 0,55, или в процентах .

Таблица 1 – Количество солнечных дней в году и солнечная инсоляция в районах Алтайского края

№ района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Название района	Тальменский	Крутихинский	Баевский	Бурлинский	Каменский	Немецкий национальный	Панкрушихинский	Славгородский	Суетский	Тюменцевский	Хабарский	Залесовский
Кол-во солнечных дней в году	302	330	290	297	280	324	212	316	238	252	214	256
Солнечная инсоляция, кВт·ч/м ²	22,6	22,9	20,5	23	20,5	23,1	10,7	22,4	10,9	11,4	10,3	9,7
Кол-во солнечных дней в году	218	331	328	318	282	237	229	213	241	312	312	326
Солнечная инсоляция, кВт·ч/м ²	13,1	20,8	21,6	22,2	10,8	23,1	21,9	21,3	22,3	22,4	21,7	22,5
Примечание - солнечная инсоляция - количество попадающего на освещаемую поверхность потенциально полезного солнечного излучения.												

Разработанная методика оценки вероятности наличия энергоресурса в течение года для альтернативных видов энергии применительно к Алтайскому региону позволит обоснованно определять рейтинг альтернативных источников по результатам изменения: величины энергетического ресурса (количества энергии), вероятности наличия энергоресурса в течение года, экономического потенциала вида энергии, возможности автономного потребителя энергии в плане размещения оборудования для получения энергии и воздействия на окружающую среду и на человека.

Литература

1) Куликова Л.В. Научный отчет по гранту: «Катунской ГЭС - разумную альтернативу». - М., Новосибирск, 2004 – с. 150.

2) Куликова Л.В. Основы использования возобновляемых источников энергии. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., [2008]. – Режим доступа: http://ecoclub.nsu.ru/altenergy/common/common2_1_1.shtm. - Загл. с экрана.

Воробьева Светлана Николаевна, аспирант, кафедра «Электрификация производства и быта», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. служ. (385-2) 36-71-29.

Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, кафедра «Электрификация производства и быта», профессор АлтГТУ им. И.И. Ползунова, т. (385-2) 36-71-29, т. 8-961-999-93-04, e-mail: vnprol51p@ya.ru.

ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЙ КОНТРАКТ. ТРЕБУЕТСЯ ИНВЕСТОР...

Зайцева Ю.С., Перминов А.Ю., Фоменко Н.С.

Россия, г. Новосибирск, НГТУ

Энергосервисные контракты в России находятся на стадии становления. Данная статья посвящена исследованию важнейших проблем, с которыми сталкиваются компании, осуществляющие реализацию полного комплекса работ по внедрению энергосберегающих технологий на предприятиях.

In Russia energy performance contracts are in the making. This article is devoted to the research of the most important problems, which companies are faced with. These companies realize the full complex of the works in adoption of the energy saving technologies in the enterprises.

Энергетический сервис во многих аспектах можно считать идеальным бизнесом. Он имеет дело с однородной продукцией, компания, оказывающая энергосервисные услуги, не привязана к своему региону, бизнес мало подвержен кризису, поскольку проблема снижения расходов актуальна не только в период экономического роста, но в большей степени, во время спадов деловой активности и др.

В России энергосервисный бизнес начал зарождаться после принятия ФЗ-№261, и сегодня только начал формироваться бизнес-инструментарий, много лет применяемый в других странах.

Следует отметить, что любой энергосервисной компании необходимо обладать двумя важнейшими бизнес-компетенциями.

С одной стороны, энергосервисная компания - это генподрядчик по обеспечению энергоэффективности, который выполняет весь комплекс работ, начиная от измерения энергосберегающего эффекта до распределения экономии, и должен в полной мере обладать проектными и инженерно-строительными компетенциями, включая аутсорсинговые контракты.

С другой стороны, энергосервисная компания – это инвестиционная компания, которая должна уметь привлекать «длинные» деньги (иметь финансовые компетенции) и эффективно управлять рисками. Следует отметить, что привлечение долгосрочных финансовых ресурсов в России в условиях значительной негативной волатильности факторов макроокружения любой компании имеет значительные сложности даже для устойчивых высокорентабельных бизнесов, а для зарождающегося рынка становится ключевой проблемой.

По опыту зарубежных компаний, реализация проектов энергосбережения и снижение рисков деятельности энергосервисных компаний предполагает активное участие частного капитала в финансировании проектов. К числу возможных финансовых механизмов привлечения инвестиций в энергосервис относятся прямые инвестиции и проектное финансирование (рис.1).

Под прямыми инвестициями понимают вложения в уставный капитал предприятия в размере более 10% от уставного капитала с целью не только получения дохода, но и установления непосредственного контроля и управления этим предприятием. Основной целью стратегического инвестора является повышение эффективности собственного бизнеса и получение доступа к новым ресурсам и технологиям.

Основными инструментами при инвестировании в форме предоставления заемных средств являются кредиты и лизинговые схемы. При данной форме

финансирования основной целью инвестора является получение процентного дохода на вложенный капитал при заданном уровне риска. Поэтому данную группу инвесторов интересует дальнейшее развитие предприятия с точки зрения его возможности исполнить обязательства по выплате процентов и возврату основной суммы долга.

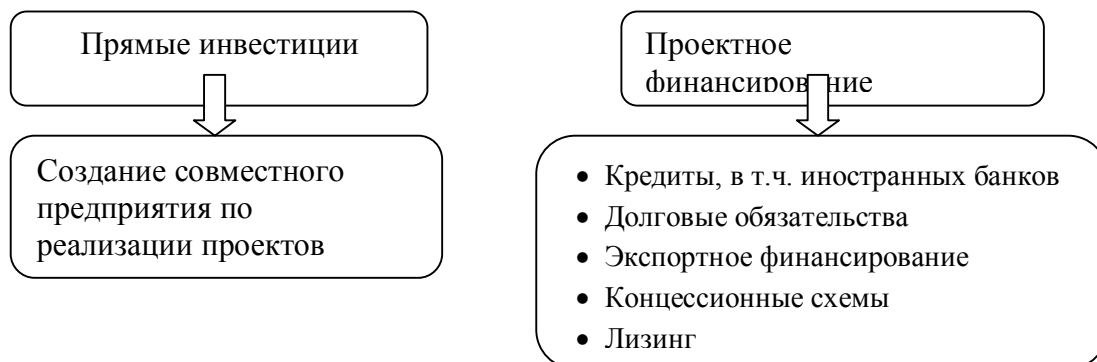


Рис.1. Формы участия инвесторов в энергосервисном бизнесе

В настоящее время российские банки не готовы инвестировать в энергосбережение, однако у компаний существует возможность привлечения кредитов иностранных банков и применения наработанного на Западе опыта обеспечения энергосбережения. Но данный вид кредита доступен, как правило, особым категориям заемщиков. В частности, он может быть предоставлен банком, участвующим в финансовом обеспечении приоритетной международной инвестиционной программы. Получение кредита от коммерческой структуры осуществляется обычно под предоставление правительственных гарантий. Правительство через аффилированные организации (министерства, специальные фонды) выступает гарантом предприятия и выплачивает сумму кредита коммерческой структуре в случае невозврата.

Другим видом кредитования является экспортное финансирование (или связанные кредиты). Оно используется предприятиями - инициаторами инвестиционных проектов с целью привлечения заинтересованных в экспорте своей продукции иностранных производителей соответствующего технологического оборудования. Такие инвестиционные проекты могут реализовываться в рамках межгосударственных кредитных линий, которые позволяют преодолеть несоответствия между правовыми и экономическими нормами стран Запада и России.

По данной схеме российское предприятие подбирает поставщика требуемого технологического оборудования в стране, определенной в соответствии с требованиями кредитной линии, и подписывает с ним рамочное соглашение. Требования к российской стороне включают предоставление бизнес-плана, составленного в соответствии с международными стандартами, финансовой гарантии региональной администрации, письма Правительства РФ. В схеме участвуют также западный банк, финансирующий своего производителя технологического оборудования; уполномоченная страховая компания, страхующая кредит; российский уполномоченный банк, через который осуществляется рефинансирование проекта.

Сложности применения описанного метода финансирования связаны со сравнительно высокой процентной ставкой кредита, значительными издержками при страховании и обслуживании рефинансирования уполномоченным банком, в результате чего общая процентная ставка может превышать 25%.

Перспективным механизмом привлечения инвестиций в управление государственной собственностью является использование концессионной системы в рамках развития компенсационных соглашений, схем проектного финансирования и др. Эффективное применение концессионной системы, обеспечивающей оптимальное распределение доходов и рисков между участниками инвестирования, может существенно увеличить приток инвестиций в энергосбережение.

По нашему мнению, в настоящий момент в России единственной рабочей схемой финансирования энергосервисных контрактов является лизинг. Однако и его применение ограничивается рядом строгих требований к лизингополучателю: стоимость приобретаемого оборудования не должна превышать 100 % валюты баланса предприятия-лизингополучателя на последнюю отчетную дату; лизинговые платежи по договору лизинга в год не должны превышать 15 % от выручки предприятия-лизингополучателя за последний год деятельности; авансовый платеж до 30% (в зависимости от стоимости предмета лизинга, срока сделки, условий поставки оборудования).

В качестве дополнительного обеспечения при отсутствии вышеназванного условия должно выступать поручительство основных акционеров предприятия-лизингополучателя или третьего лица.

При финансировании проектов повышения энергетической эффективности компании сталкиваются со следующими основными проблемами: сложность разработки и согласования методики измерения и расчета энергосберегающего эффекта, сложность отделения эффекта энергосберегающего мероприятия от внешних факторов; трудности доступа к источникам финансирования энергосервисного договора с минимальной кредитной процентной ставкой; отсутствие возможностей по привлечению долгосрочных займов, в т.ч. по причинам низкой капитализации энергосервисных компаний в РФ; отсутствие финансовых и страховых продуктов, разработанных специально под энергосервисный контракт; объединение технических рисков с экономическими и финансовыми, что усложняет условия привлечения кредитных ресурсов, осторожность в принятии банками кредитных решений, обусловленная высокими финансовыми рисками, которые возникают в связи с неразвитостью российского законодательства в сфере энергоэффективности.

Подводя итог, можно сказать, что существует множество инструментов привлечения инвестиционных источников в энергосервисный бизнес, однако их применение в настоящих условиях трудно реализуемо.

Для активизации финансирования программ повышения энергетической эффективности необходимо сформировать механизмы, обеспечивающие привлечение частных инвестиций в энергосбережение, и предоставить льготы в виде системы четких преференций для компаний, реализующих подобные программы.

Литература

1. Насонова А. Е. Экономия на продажу. Перспективы энергосервиса в России / А. Е. Насонова // Энергосбережение. - 2011. - № 1. - С. 26-29.
2. Койнов И., Чуриков А. Механизмы финансирования мероприятий по повышению энергетической эффективности в России: энергосервисные контракты// Экологические системы. - 2011. - № 8
3. Романова С. Инвестиционная привлекательность предприятий отрасли... методологические аспекты // Ремедиум- 2010. - № 4.

Зайцева Юлия Сергеевна, магистр, НГТУ, кафедра СУиЭЭ, zaiceva_julia@mail.ru, тел. 89134663050;

Перминов Александр Юрьевич, к.э.н., доцент, НГТУ, кафедра СУиЭЭ, perminov@ngs.ru, тел. 89139123013;

Фоменко Наталья Сергеевна, к.э.н., НГТУ, кафедра СУиЭЭ, fomenkons@ngs.ru, тел. 89139030444.

СЕКЦИЯ № 7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Руководители:

Иноземцев Александр Николаевич, д.т.н., проф., зав. каф. «Автоматизированные станочные системы» ТулГУ, г. Тула

Пилипенко Ольга Васильевна, д.т.н., проф., проректор ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» по ФиЭ, зав. каф. «Автопласт» ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК». г. Орел

УДК 681.335 (07)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Глинкин Е.И.

Россия, г. Тамбов, ТамбовГТУ

Предложена систематизация информационных процессов по вектору диалектического развития процесса преобразования в интегральных базисах микроэлектроники с дифференциаций по формам представления функции в пространственно-временном континууме для создания технологии проектирования новых технических решений по закономерностям информации.

Ordering of information processes on a vector of dialectic development of process of transformation in integrated bases of microelectronics from differentiations in forms of representation of function in an existential continuum for creation of technology of design of new technical solutions on regularities of information is offered.

Анализ развития технических решений [1–6] показывает их совершенствование за счет прогресса научно-технической революции (НТР) от механизации и автоматизации через электрификацию к информатизации [1, с.5 – 7]. Это расширяет мировоззрение творчества в сферах науки и техники, искусства и культуры [6, с.17-21]. Оценить уровень творчества и эффективность инновации можно по шкале времени появления инновационных решений в рамках патентного поиска, а также при информационном анализе степени функциональной интеграции, определяемой компонентами НТР и сферами мировоззрения [6, с.74 – 94]. Очевидно, и временные и функциональные шкалы субъективны и эфемерны из-за произвольности выбора систем координат и мер оценки неопределенных признаков компонентов НТР и сфер мировоззрения с ненормируемой метрикой из различных областей творчества.

Эффективность прогресса творчества и инноваций в настоящий момент диктует информатизация НТР, как неделимая совокупность информатики и микроэлектроники, уровень которых регламентируют информация и процессы преобразования, интегральные базисы и формы представления функций – несогласованные между собой меры порядка и интеграции закономерностей, степени дифференциации образов и точности мер отсчета.

Информационные процессы до настоящего времени рассматривают как неупорядоченное множество независимых друг от друга функций, что не позволяет их использовать мерой оценки эффективности базисов микроэлектроники (дифференциальных форм и интегральных компонент) и сфер мировоззрения (науки и

техники, искусства и культуры) для оценки творческого потенциала и выбора рациональных методов проектирования. Из анализа литературы [1-6] можно выделить систематизацию информационных процессов по обмену энергией и преобразованию сигнала, дифференциации процесса телесвязи и интеграции процесса регулирования.

Информационная концепция

Информационная концепция [4 – 6] основана на диалектическом развитии информационных процессов микроэлектроники от простейшей функции обмена энергией в ПП, преобразования сигнала ИС и управления структурой СИС аппаратных средств через программирование связей БИС и вычисление параметров ПК при становлении программного и математического обеспечения до измерения характеристик МИС при организации метрологических средств в адресном континууме: пространство-время-функция.

Систематизация информационных процессов по вектору развития от простого к сложному позволяет нормировать по мере потенциала творчества уровень инновации по базисам микроэлектроники, достигнувшей вершин созидания за счет информатизации науки и техники, искусства и культуры. Это цифровая аудио-, фото- и видеотехника, мобильная связь и коммуникационные компьютерные сети, дистанционное управление предприятиями и образованием в учебных заведениях.

Логично процесс преобразования систематизировать по вектору интеграции базисов микроэлектроники для организации информационной технологии проектирования на основе информационной концепции [4, 5], структура которой представлена в табл. 1. Структура концепции упорядочена в двухкоординатную матрицу, строки которой снизу-вверх отражают диалектическое развитие функции F по уровню интеграции от простого обмена (строка 1) к синтезу эквивалентов (строка 9) информационного процесса (табл.1, столбец 2) в базисах (столбец 1) микроэлектроники от ПП (строка 1) до ИР (строка 9). Столбцы таблицы дифференцируют слева - направо формы представления процесса F в адресном континууме: пространство R – время T – функция Ф неделимого комплекса схемо- и мнемотехники, математики и физики для организации ассоциативной структуры аппаратных средств и гибкой архитектуры программного обеспечения, универсального математического обеспечения и эффективных метрологических средств, согласованных между собой.

Меры творчества

За меры творчества целесообразно принять базисы диалектического развития процесса преобразования информации при интеграции обмена энергией ПП в синтез эквивалентов интеллектуальными роботами [4, с.9 – 15].

Обмен энергией – превращение одного вида энергии в другой, исходная стадия информационного процесса (табл. 1, ПП) рожденной функции для адаптации с внешней средой. В микроэлектронике – это появление полупроводниковых приборов (ПП), изменяющих электропроводимость кристалла на несколько порядков под воздействием электромагнитного поля и светового потока, температуры и давления. Обмен энергией ПП развивается от неполярного включения варисторов через полярное соединение вентилях к усилению транзисторов. По аналогии с обменом энергией ПП товарообмен развивается от бартера через куплю-продажу к торговле с прибылью.

Преобразование – дифференцированный по сигналу (табл. 1, ИС) обмен энергией. Различают по форме представления сигнала дискретное (цифровое), импульсное (временное) и аналоговое (амплитудное) преобразование сигнала в базисе интегральных схем (ИС). Соответственно ИС делят на аналоговые (АП), импульсные (ИП) и дискретные (ДП) преобразователи. Оценивают качество преобразования сигнала по линейному, нелинейному и квазилинейному закону. Аналогично кондуктометрию классифицируют в зависимости от используемого участка вольтамперной характеристики (ВАХ) на линейные, нелинейные и квазилинейные способы. Неуправляемое преобразование становится аппаратно управляемым.

1. Информационная концепция

азис В	Функция F	Качество R	Количество T	Критерий Ф
Р	<i>СИНТЕЗ</i> эквивалентов	Пр программиро вание	АР адаптация	КР самообучение
С	<i>ПЕРЕДАЧА</i> образов	Радио звук	Телевидение изображение	Лазеры голограмма
ПС	<i>НАКОПЛЕНИЕ</i> данных	ИВС сбор	ИВК хранение	ИИС обработка
ИС	<i>ИЗМЕРЕНИЕ</i> характеристик	Контроллер качество	МИП количество	МАП критерий
К	<i>ВЫЧИСЛЕНИЕ</i> параметров	Микро-ЭВМ слово	МК символ	МиниЭВМ схема
ИС	<i>ПРОГРАММИ-РОВАНИЕ</i> связей	ИВВ передача	ИП хранение	М обработка
ИС	<i>УПРАВЛЕНИЕ</i> структурой	ПрП пространство	ВП время	ФП функция
С	<i>ПРЕОБРАЗОВАНИЕ</i> сигнала	АП амплитуда	ИП импульс	ДП код
П	<i>ОБМЕН</i> энергией	Резисторы генерация	Диоды вентильный эффект	Транзисторы усиление

Управление – аппаратно управляемое преобразование (табл. 1, СИС) структуры средних интегральных схем (СИС). Управление организуют в координатах: пространство-время-функция. Управление дифференцирует СИС на пространственные (ПрП), временные (ВП) и функциональные (ФП) преобразователи, это соответственно дешифраторы и знакогенераторы, мультиплексоры и линии задержки, цифровые компараторы и запоминающие устройства. Известны механические лифты и транспортеры для перемещения в пространстве, наземный и воздушный транспорт сокращает время доставки груза, токарные и текстильные станки изготавливают оснастку и материю.

Программирование – программное управление (табл. 1, БИС) связями больших интегральных схем (БИС) за счет хранения функции для копирования и извлечения информации. Тождественность образов программ обусловлена последовательной, произвольной и ассоциативной адресацией. БИС по передаче, хранению и обработке информации делят на интерфейсы ввода-вывода (ИВВ) и памяти (ИП), микропроцессоры (М). Программно управляемое преобразование, линейное без дрейфа по образцам, определено соответствующими закономерностями: избыточностью, симметрией и виртуальностью. Поэтому программируемые методы аналитического контроля разделяют на способы избыточности усиления, нормировки координат и виртуальных характеристик.

Вычисление параметров – это программирование по алгоритмам (табл. 1, ПК) персональных компьютеров (ПК) математическими операторами счисления и исчисления. ПК классифицируют по форме параметров: слово, символ, схема, - на микро-ЭВМ, микрокалькуляторы (МК) и миниЭВМ. Вычислительные методы регулирования упорядочивают по исчислениям на способы дифференциальных, интегральных и линейных характеристик.

Измерение характеристик – результат процесса вычисления по мерам (табл. 1, МИС) в микропроцессорных измерительных средствах (МИС). По оценке эффективности характеристик МИС дифференцируют на контроллеры качества, микропроцессорные измерительные приборы (МИП) для количественных оценок и микропроцессорные аналитические приборы (МАП) при анализе качества в количественной оценке. Повышают метрологическую эффективность МИС от коррекции через калибровку к идентификации. По аналогии с микроэлектроникой методы метрологии регламентируют на способы градуировки характеристик

(коррекции), эквивалентности по образцам (калибровки) и ассоциации нормируемых мер (идентификации).

Накопление данных – сбор измерений для их хранения и обработки (табл. 1, МПС) микропроцессорными системами (МПС). По массиву накопления данных среди МПС различают измерительно-вычислительные системы (ИВС) для сбора и комплексы (ИВК) для хранения, информационно-измерительные системы (ИИС) для обработки информации. ИВС нижнего уровня группируют в ИВК, на базе которых собирают ИИС верхнего ранга. Аналогично создают библиотечный коллектор и компьютерные системы: предприятие – город – регион.

Передача образов – перемещение на расстояние массивов для мобильной связи (табл. 1, МС) микропроцессорных сетей (МС). Организуют мобильные сети средствами радио, телевидения и лазерной связи для передачи звука, изображения и голограммы на наземном, водном и воздушном транспорте, а также для беспроводной и космической связи между регионами и государствами. Аналогично формируют электронный библиотечный коллектор и глобальные компьютерные сети: регион – страна – государства – планеты.

Синтез эквивалентов – тиражирование мобильных образов по тождественным признакам образцов (табл. 1, ИР) интеллектуальных роботов (ИР). По уровню интеллекта: программируемый, адаптивный и обучаемый, – ИР систематизируют на программируемые (ПР), адаптивные (АР) и кибернетические (КР) роботы. ПР нашли применение на предприятиях с замкнутым циклом, АР используют для геологической разведки, в оборонительных целях и научном эксперименте, а КР разрабатывают для высоких технологий среднего и тяжелого машиностроения, в образовании и медицине, подземном и подводном транспорте, в авиации и космосе.

Следовательно, информационная концепция систематизирует множество различных информационных процессов по вектору диалектического развития процесса преобразования интегральных базисов микроэлектроники для организации мер отсчета уровня творчества технических решений.

Выводы

Прогресс творчества и инноваций диктует информатизация НТР, как неделимая совокупность информатики и микроэлектроники, уровень которых регламентируют информация и процессы преобразования, интегральные базисы и формы представления функций – меры порядка и интеграции закономерностей, степени дифференциации образов и точности мер отсчета.

Вектор интеграции базисов направлен от обмена энергией ПП, преобразования сигнала ИС и управления структурой СИС аппаратных средств через программирование связей БИС и вычисление параметров ПК программного и математического обеспечения к измерению характеристик МИС с высокой метрологической эффективностью. Мобильность повышают от накопления данных МПС и передачи образов МС к синтезу эквивалентов ИР.

Меры отсчета творчества дифференцируют по весу формы представления функций в пространственно-временных координатах информационной технологии проектирования инноваций по закономерностям информации.

Информационная технология позволяет сложную проблему творчества свести к целенаправленной последовательности решения стандартных задач в адресном пространстве двумерной матрицы информационной концепции с мерами отсчета творчества по вектору развития процесса преобразования интегральных базисов микроэлектроники с дифференциацией функции в пространственно-временном континууме.

Литература

1. Справочник по средствам автоматизации /Под ред. В.Э. Низэ и И.В. Антика. – М.: Энергоатомиздат, 1983. - 504 с.

2. Советский энциклопедический словарь/Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. Энциклопедия, 1986. – 1600 с.
3. Шилейко А.В., Шилейко Т.Н. Беседы об информатике. – М.: Мол. Гвардия, 1989. – 287 с.
4. Герасимов Б.И., Глинкин Е.И. Микропроцессорные аналитические приборы. – М.: Машиностроение, 1989. – 248с.
5. Глинкин Е.И. Схемотехника АЦП. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 160 с.
6. Глинкин Е.И., Техника творчества. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 168 с.

Глинкин Евгений Иванович, док. техн. наук, профессор, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет, профессор кафедры «Биомедицинская техника», 392000, г. Тамбов, Советская, 106, glinkinei@rambler.ru , тел.(8-4752) раб. 63-56-20, дом. 51-23-45.

УДК 681.335 (07)

СПОСОБ И СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВОЙНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

**Глинкин М.Е.,
Глинкин Е.И.**
Россия, г. Тамбов, ТамбовГТУ

Предложена оптимальное управление динамическим объектом с минимизируемым функционалом по затратам энергии когнитивного графического образа эквивалентов нормированных функций в адресном пространстве программируемой логической матрицы.

Optimum control of dynamic object with minimized is offered to functionals on expenses of energy by a cognitive graphic image of equivalents with normalize functions in address space of a programmed logic matrix.

Изобретение относится к области оптимального управления динамическими объектами и может быть использовано в системах энергосберегающего управления динамическими объектами, электроприводами на основе двигателей постоянного и переменного тока, химико-технологическими процессами. Технической задачей способа и системы является повышение энергетической эффективности оборудования с минимумом затрат энергии, микросхемотехники, а также снижение затрат на программное обеспечение системы оптимального управления объектами двойного интегрирования, возможность автоматического принятия решений и реализация адаптивных управляющих воздействий по результатам анализа графического образа когнитивной матрицы состояний объекта с минимумом затрат энергии.

Сущность предлагаемого способа оптимального управления двойного интегрирования заключается в организации синтезирующих сигналов L_1 и L_2 , позволяющих в масштабе реального времени определять как оптимальные по быстродействию, так и оптимальное управление с минимумом затрат энергии по заданным образам эквивалентов, сформированных в виде графического образа (фиг. 1) когнитивной матрицы. Для повышения энергетической эффективности оборудования с минимумом затрат энергии формируют образ когнитивной матрицы тождественно адресному пространству ПЗУ, по синтезируемым сигналам которого выбирают сигналы управления состояниями динамического объекта. Данные сигналы

регламентированы соответствующим адресам точек когнитивных образов эквивалентов матрицы, где L_1 - множество управляющих воздействий, L_2 - меры оценки затрат на управление. Это позволяет исключить процедуру анализа оптимального управления в реальном масштабе времени, тем самым значительно упростить и ускорить работу энергетической системы и следовательно понизить требования к техническим и программным средствам, реализующим управление. Синтез управляющих воздействий (фиг.2) осуществляется по результатам полного анализа проведенного априори и представленного в виде когнитивного образа множества состояний оптимального управления $\{\Phi\}=\{L_1*L_2\}$, сформированного в адресном пространстве кодовой матрицы L_1*L_2 ПЗУ устройства управления, по массиву исходных данных реквизитов задачи оптимального управления. Если координаты точки $L=(L_1, L_2)$ не принадлежат ни одной из областей когнитивного графического образа областей оптимального управления в пространстве синтезирующих переменных (фиг. 1 – 3), то управление объектом осуществляется традиционно. Следовательно, управление ограничено, в каждый момент времени, концы траектории изменения фазовых координат закреплены и временной интервал фиксирован.

На фиг. 4 представлена структурная схема системы, включающая в себя аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 1, объект управления 2, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) 3, знакогенератор оптимального управления 4, анализатор когнитивного образа эквивалентов 5, задатчик параметров 6, генератор временной зависимости 7, формирователь синтезирующих сигналов 8, вычислитель адреса 9.

Вход объекта управления 2 соединен с выходом ЦАП 3, а выход с входом АЦП 1. Вход генератора временной зависимости 7, соединён с выходом продолжительности временного интервала задатчика параметров 6, а выход генератора временной зависимости 7 соединён с каналом синхронизации формирователя синхронизирующих сигналов 8. Выходы АЦП 1 соединены с первой информационной входной шиной задатчика параметров 6, подключённого по второй информационной входной шине со входами ЦАП 3 и соответствующими выходами знакогенератора 4, информационные входы которого связаны с одноимёнными разрядами входов и выходов генератора временной зависимости 7, а адресные входы - объединены поразрядно с выходами анализатора 5. Первые и вторые информационные входы анализатора 5 объединены с соответствующими выходами вычислителя адреса 9, подключённого по шине фазовых координат с задатчиком параметров 6, соединённого по информационным каналам с соответствующими входами формирователя синтезирующих сигналов 8, выходные каналы которого подключены поразрядно с входными шинами синтезирующих сигналов вычислителя адреса 9.

Способ реализуется системой оптимального управления двойного интегрирования следующим образом. Для выполнения процедур анализа и синтеза задается массив реквизитов с помощью задатчика параметров 6, реализуемого на регистре или оперативном запоминающем устройстве. Задатчик 6 параметров определяет параметры и передает их в формирователь 8 синтезирующих сигналов. Формирователь 8 синхронизирующих сигналов 8 организован по аналогии с программируемым таймером генератора 7 временной зависимости с преобразованием кода $(a_2, b, u_n, u_v, t_0, t_k)$ в измеряемый адрес когнитивного образа эквивалентов $\{L_1, L_2\}$ или в синхронизирующие сигналы для нормируемых преобразований в вычислителе адреса 9. Вычислитель адреса 9 (фиг. 4) для сложных операторов выполняется на основе контроллера, а для простых алгебраических преобразований - на базе программируемого дешифратора по аналогии с формирователем 8 синхронизирующих сигналов. Вычислитель адреса 9 генерирует сканирующие импульсы развёртки когнитивного образа эквивалентов для вывода его при необходимости на экран монитора, а также регистрацию и сравнение адресов с измеряемыми координатами оптимального управления для выбора заданного генератора из знакогенератора 4.

С вычислителя адреса 9 сканирующие импульсы развёртки когнитивного образа эквивалентов $\{L_1, L_2\}$ подаются на анализатор 5. Анализатор 5 выполнен на постоянном запоминающем устройстве, адресное пространство которого содержит когнитивный образ (фиг. 1) эквивалентов оптимального управления. Анализатор 5 осуществляет сравнение измеряемого адреса реального времени, формируемого вычислителем 9 адреса для последующего выбора, адресуемого из знакогенератора 4 нормируемого генератора оптимального управления. Анализ работы ПЗУ приведен на примере фрагмента сравнения анализатора 5 в III квадранте $(-L_1, -L_2)$ когнитивного образа (фиг. 1) в виде таблицы состояний

Знакогенератор 4 (фиг. 4) выполнен на программируемой логической матрице, включающей по числу эквивалентов (фиг. 1) анализатора 5 количество i программируемых генераторов оптимального управления, систематизированных в адресном пространстве. На адресные входы $\{a_i\}_m^m$ знакогенератора 4 с информационных выходов анализатора 5 поступает код i соответствующий когнитивному образу I-VII эквивалента (фиг.1). Выходной сигнал из таблицы состояний знакогенератора 4 преобразуется ЦАП 3 в управляющее воздействие u_i (фиг. 2) на объект управления 2 (фиг. 4). Информационные входы $\{a_n\}_n^n$ программируемой логической матрицы знакогенератора 4 служат для синхронизации i -го нормируемого генератора импульсной последовательностью $t = (t_0, t_k)$ генератора 7 временной зависимости.

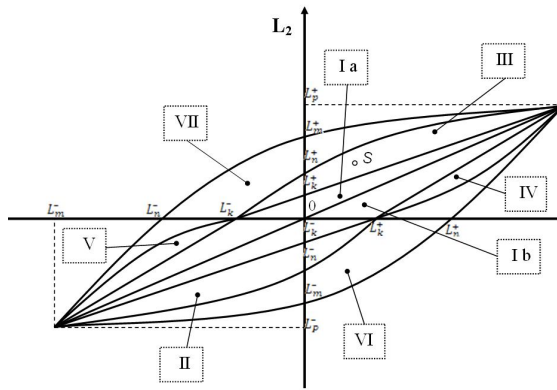
Генератором 7 временной зависимости (фиг. 4) функционально служит программируемый таймер импульсной последовательности, организованный конструктивно на программируемом дешифраторе, выходы которого поразрядно соединены с его информационными входами и являются входами и выходами программируемого таймера 7. Импульсная последовательность программируемого таймера 7 организована программным переключением дешифратора тактовыми импульсами F_0 , воздействующими на его младший разряд a_0 .

Правила работы программируемого таймера (фиг. 4) организованы следующим образом. Команда «стоп» выполняется по нулевому уровню импульса синхронизации частоты F_0 при равенстве адресов $A_{i+1}=A_i$ входной A_{i+1} и выходной A_i последовательности. Инициация команды «переход» A_{i+1} осуществляется при изменении адреса A_i на нормированный сдвиг Δ_i , неравный нулю $A_{i+1}=A_i + \Delta_i$. При появлении высокого уровня 0/1 потенциала импульса генерируется фронт импульса частоты F_0 , то есть переключение на адрес перехода A_{i+1} синхронизации или команды «возврат» при изменении адреса A_0 на исходный $A_k=A_0$. Таким образом, цикл таймирования является алгебраической последовательностью кодов переключения, составляющих программу цикла. Период цикла изменяют заданием априори начального A_k , например $k=1,5$ и конечного A_0 адресов программы, а также сдвига Δ_i переадресации. Таблицы состояния поясняют физику работы таймера (фиг. 10, а) генератора 7 на примере шести операций в виде таблицы кодов $t_k(N)$ для задания времени t_k от кода N и программы переключения в двоичном коде.

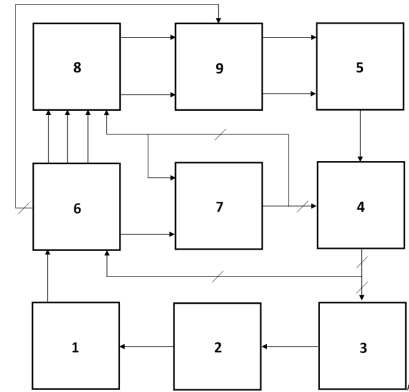
Архитектура блоков 4-9 отличается только программным обеспечением, а аппаратные средства их тождественны и аналогичны способы преобразования сигналов. Это позволяет их организовывать на едином ПЗУ с различными программами в едином адресном пространстве.

С выхода объекта управления 2, информация о его состоянии, посредством АЦП 1 передается на задатчик параметров 6. Всё это минимизирует микросхемотехнику, сокращает интеллектуальные, материальные и технологические затраты. Способ и система оптимального управления двойного интегрирования позволяет значительно упростить требования к системам оптимального энергосберегающего управления динамическими объектами, в частности электроприводами на основе двигателей постоянного и переменного тока, химико-технологическими процессами, за счет того, что сложная процедура анализа

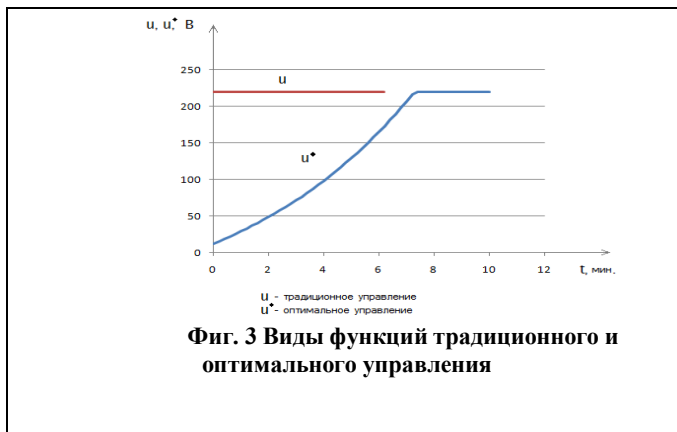
оптимального управления производится априори, а образы эквивалентов управления формируют в виде графического образа когнитивной матрицы, тождественно адресному пространству ПЗУ, по синтезируемым сигналам которого выбирают сигналы управления состояниями динамического объекта. В результате чего не требуется его определение в процессе управления. Всё это минимизирует микросхемотехнику, сокращает интеллектуальные, материальные и технологические затраты. Реализация предлагаемого способа осуществлена с использованием системы оптимального управления двойного интегрирования, с применением экспертной системы энергосберегающего управления и автоматизированного рабочего места разработчика систем энергосберегающего управления.



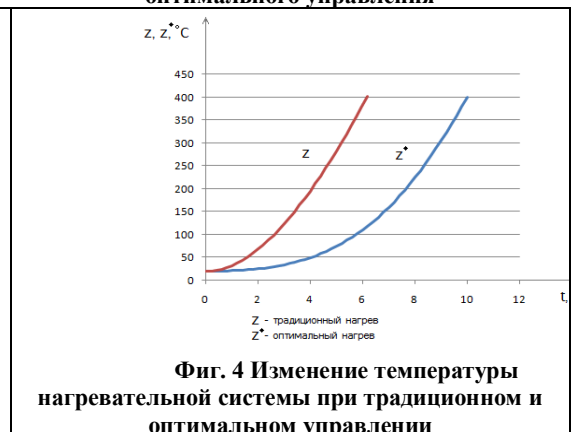
Фиг.1 Графический образ когнитивной матрицы



Фиг. 2 Структурная схема системы оптимального управления



Фиг. 3 Виды функций традиционного и оптимального управления



Фиг. 4 Изменение температуры нагревательной системы при традиционном и оптимальном управлении

Литература

1. Патент (РФ) по заявке №2010122129/08 Способ и система оптимального управления объектами двойного интегрирования/Е.И. Глинкин, М.Е. Глинкин и др., G05B 13/00, пол. решение от 18.07.11.
2. Теория автоматического управления/ Под ред. Ю.М. Соломенцева. -М.: Высшая школа, 2000.- С. 202-204.
3. Аджиев М.Э. Энергосберегающие технологии. - М.: Энергоатомиздат, 1990. 64 с.
4. Глинкин М.Е., Глинкин Е.И. Устройство оперативного динамического анализа состояния объекта энергосбережения//IX конференция МИК-2011. – Орел, 2011, С. 14-17.

Глинкин Михаил Евгеньевич, канд. техн. наук, ассистент, Тамбовский государственный технический университет, ассистент кафедры «Биомедицинская техника», 392000, г. Тамбов, Советская, 106, glinkinei@rambler.ru , тел.(8-4752) раб. 63-56-20, дом. 72-79-72.

Глинкин Евгений Иванович, док. техн. наук, профессор, Заслуженный изобретатель Российской Федерации, Тамбовский государственный технический университет, профессор кафедры «Биомедицинская техника», 392000, г. Тамбов, Советская, 106, glinkinei@rambler.ru ,тел.(8-4752) раб. 63-56-20, дом. 51-23-45.

УДК 621.316.923.3

СИСТЕМА БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Костроминов А. М., Варис К. В., Шишков Н. А.
Россия, г. Санкт-Петербург, ФГОУ ВПО ПГУПС

Рассмотрена используемая в настоящее время на железнодорожном транспорте система контроля срабатывания плавких предохранителей и обоснована задача ее совершенствования. Предложен метод бесконтактного контроля плавких предохранителей, основанный на измерении сопротивления контура, содержащего плавкие вставки. Описана структура и принцип работы системы контроля срабатывания плавкого предохранителя, построенные на методе бесконтактного контроля.

The article deals with control system of wear fuses, used on railways, and justified by objective improvement. The author presented method of non-contact monitoring of fuses. This method is based on measurement of circuit resistance, which contains a fusible links. The author presented the structure and principle of operation of the control system of wear fuse. This system is based on the method of non-contact monitoring.

В состав любой системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) входит плавкий предохранитель (ПП). Его функция – защита оборудования СЖАТ от повреждений и пожаров при возникновении токовых перегрузок и коротких замыканий (КЗ) в цепях питания. За счет используемого в ПП физического принципа защиты – расплавление проволочной плавкой вставки (ПВ) – предохранитель гарантирует отключение поврежденного участка цепи при КЗ или токовых перегрузок. Также такие его параметры, как разрывная способность и быстрдействие, остаются непревзойденными другими устройствами токовой защиты (например, автоматическими выключателями с тепловыми и электромагнитными расцепителями). Если учесть, что в настоящее время в СЖАТ эксплуатируется около 1,35 млн. предохранителей, то еще одним существенным преимуществом является их низкая стоимость. Исходя из выше сказанного, становится понятным, что альтернативы ПП для СЖАТ пока не видятся.

В наиболее ответственных цепях напрямую связанных с безопасностью движения применяются ПП с контролем перегорания. Контроль перегорания является важным атрибутом предохранителя, позволяющим в кратчайшие сроки найти и заменить сработавший предохранитель. Любая потеря времени на поиск неисправности в ответственных цепях недопустима, так как может вызвать сбой графика движения поездов.

На рис. 1 представлен схематический вид системы контроля состояния плавких предохранителей. В корпусе ПП размещены два держателя плавкой вставки. Между ними закреплена ПВ, за середину которой зацеплен крючок бойка. Боек находится во взведенном состоянии над сигнальными лепестками за счет натяжения пружины. Сигнальные лепестки размещаются в цоколе и являются коммутирующим элементом

контрольной цепи. В контрольную цепь подключаются сигнальная лампа и звонок. В нормальном режиме, когда предохранитель исправен: сигнальные лепестки разомкнуты, лампа не горит и звонок не звенит. При протекании тока КЗ через предохранитель, его плавкая вставка расплавляется и освобождает крючок бойка. Боек под действием пружины опускается и замыкает сигнальные лепестки. По контрольной цепи начинает протекать ток, загорается сигнальная лампа и звенит звонок.

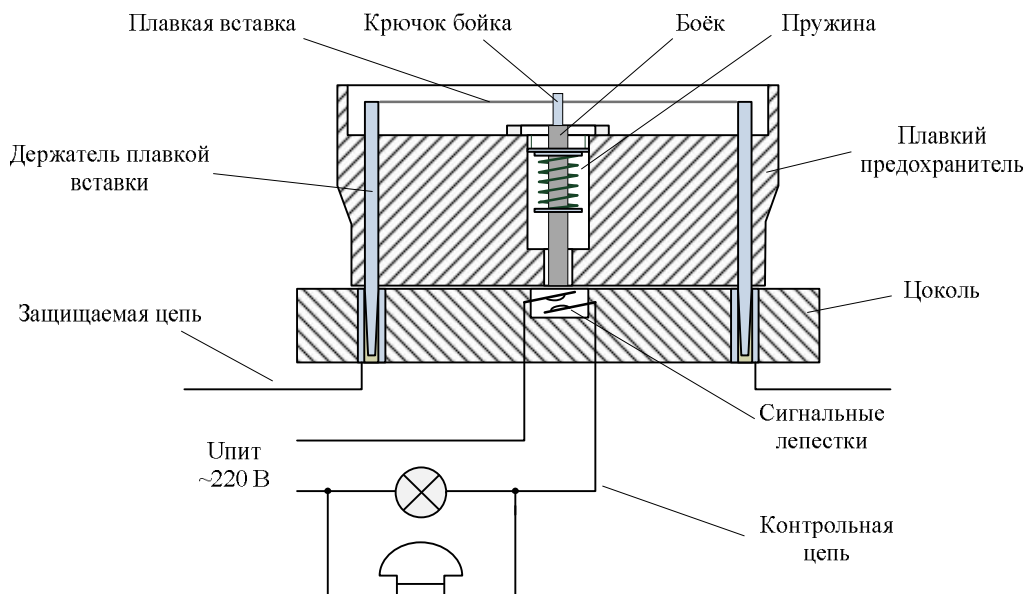


Рис. 1. Схематический вид системы контроля состояния предохранителей

Несмотря на всю простоту в существующем в настоящее время методе контроля состояния ПП имеется большое число недостатков, иногда даже приводящих к сбою графика движения поездов [1]. Основная часть недостатков ПП относится к системе механического контроля состояния. Следовательно, задача совершенствования данной системы в СЖАТ является актуальной. Перспективным направлением модернизации является переход от контактно-механического способа контроля к бесконтактному.

Идея метода бесконтактного контроля заключается в измерении сопротивления колебательного контура, содержащего плавкие вставки. Данный способ контроля предлагается реализовать следующим образом [2, 3]. В предохранителе устанавливаются две параллельно соединенные плавкие вставки, имеющие одинаковое сечение однородной проволоки, в суммарном эквиваленте соответствующее номинальному току ПП. Последовательно с одной из ПВ устанавливается фильтр нижних частот (ФНЧ), выполненный в виде ферритового кольца. Параллельно ФНЧ устанавливается блок контроля. Блок контроля содержит два высокочастотных трансформатора, конденсатор и блок индикации. Высокочастотные трансформаторы также выполнены в виде ферритовых колец. Последовательное соединение двух ПВ, первичных обмоток высокочастотных трансформаторов и конденсатора образуют колебательный контур.

В цоколе предохранителя установлен микроконтроллер, который имеет встроенный генератор импульсов, приемник и обрабатывающее устройство. Связь колебательного контура и микроконтроллера осуществляется через специальный разъем. Ко вторичной обмотке первого высокочастотных трансформатора подключается генератор импульсов, второго – приемник. Номинал конденсатора позволяет настроить колебательный контур в резонанс на частоту генератора. Обрабатывающее устройство управляет работой генератора, получает и обрабатывает информацию от приемника и включает светодиодные индикаторы состояния

предохранителя: зеленый – работоспособное состояние, красный – сработавшее состояние. Микроконтроллер получает питание от стабилизатора напряжения.

Принципиальная электрическая схема системы бесконтактного контроля плавкого предохранителя представлена на рис. 2.

Работа системы бесконтактного контроля состояния предохранителя осуществляется следующим образом [3].

В нормальном режиме, когда предохранитель исправен, обе ПВ целы и посылаемый генератором сигнал через первый высокочастотный трансформатор создает ток в колебательном контуре. В этом случае на вторичной обмотке второго высокочастотного трансформатора присутствует сигнал с большой амплитудой, который поступает на приемник. Приемник, получив сигнал о исправности контура, передает соответствующий сигнал обрабатывающему устройству, которое в свою очередь включает зеленый индикатор.

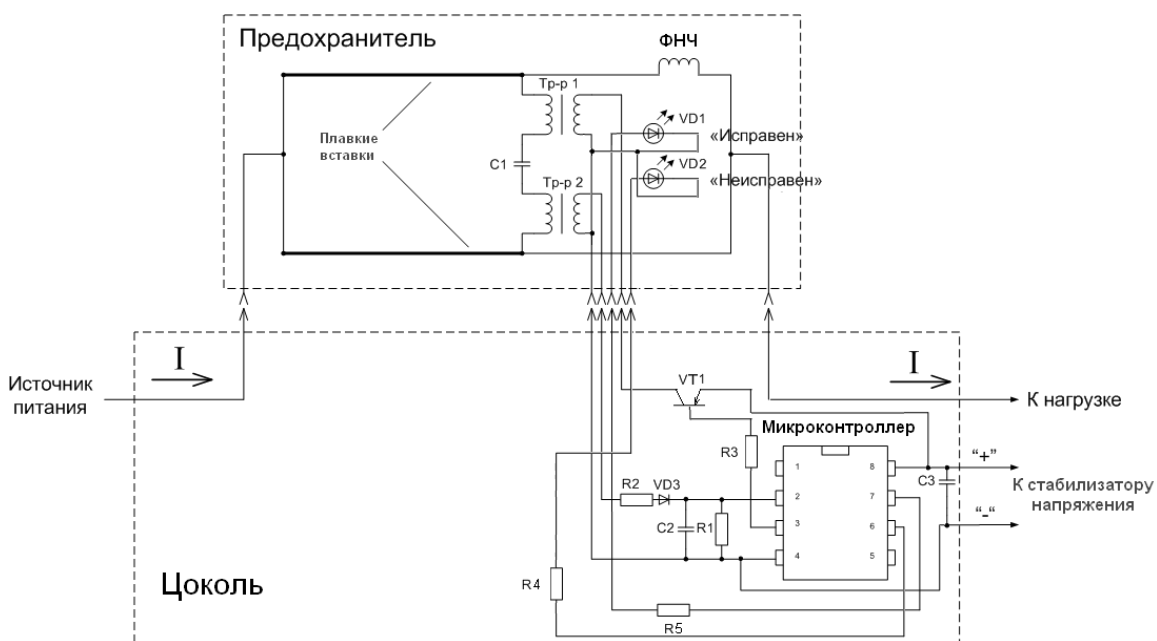


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема системы бесконтактного контроля плавкого предохранителя

При перегорании любой из плавких вставок происходит расстройка колебательного контура, а ФНЧ не позволяют образованию низкоомной параллельной цепи. В этом случае на вторичной обмотке второго высокочастотного трансформатора присутствует сигнал с малой амплитудой, который отслеживается приемником. Далее приемник передает сигнал обрабатывающему устройству на включение красного индикатора.

Представленный метод позволяет исключить механическое воздействие контролируемых элементов на ПВ, тем самым, увеличивая надежность работы ПП, благодаря чему снизятся эксплуатационные расходы, так как данный метод позволяет создать малообслуживаемую систему контроля состояния предохранителей. Кроме того, становится возможным по удобной индикации определить точно сработавший ПП, что сократит время на его поиск и замену.

Литература

1. Варис К. В., Лукичев М. М., Неплохов И. А. Метод бесконтактного контроля плавких предохранителей СЖАТ / Варис К. В., Лукичев М. М., Неплохов И. А. // 67-я научно-техническая конференция СПбНТОРЭС им. А. С. Попова / СПб., 2012.

2. Костроминов А. М., Костроминов А. А., Варис К. В. Анализ надежности срабатывания плавких предохранителей / Костроминов А. М., Костроминов А. А., Варис К. В. // Известия ПГУПС. – 2012. - №1. – С. 71 – 77.

3. Пат. 105072 Российская Федерация, МПК Н 01 Н 85/00. Предохранитель с контролем срабатывания / Костроминов А. М., Костроминов А. А., Насонов Г. Ф., Шишков Н. А., Варис К. В., Гаврилов В. В. ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ПГУПС. – № 2011100859/09; заявл. 12.01.2011; опубл. 27.05.2011, Бюл. № 15.

Костроминов Александр Михайлович, д.т.н., профессор ФГОУ ВПО ПГУПС, заместитель заведующего кафедрой «Электрическая связь» по научной работе. E-mail: triak@mail.wplus.net тел.: +7 (921) 305-50-83, дом. тел.: 8 (812) 304-57-17.

Варис Кирилл Владимирович, аспирант ФГОУ ВПО ПГУПС, e-mail: varispgups@rambler.ru, моб. тел. +7 (964)-369-45-21

Шишков Никита Андреевич, студент ФГОУ ВПО ПГУПС, моб. тел.: +7 (950)-012-64-92, дом. Тел.: 8 (812) 341-25-13

УДК 621.316.925

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ

Лапшин А.А., Лапшина Ю.Е., Бодрухина С.С.
РФ, г. Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

Современные тенденции развития релейной защиты и автоматики приводят к повсеместному распространению микропроцессорных терминалов релейной защиты. В связи с этим, необходимо создание учебно-методической и лабораторной базы в университетах. В МЭИ на кафедре Электроснабжения Промышленных Предприятий находится центр обучения Schneider Electric. В рамках этого центра для студентов специальности «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» производится создание лаборатории микропроцессорных релейных защит и автоматики.

Modern trends in the development of relay protection and automatization lead to widespread proliferation of microprocessor relay protection terminals. In this regard, it is necessary the creation of teaching methods and laboratories in universities. There is a training center of Schneider Electric at the Department of Industrial Power Supply Enterprise in the MPEI. As part of this center is a laboratory of microprocessor relay protection and automation.

Энергия занимает очень важное место в жизни человека, все что мы делаем, так или иначе, связано с ее затратой или генерацией. Из всех известных сегодня видов энергии электрическая занимает особое положение. Ее исключительные качества, такие как возможность трансформации и легкое преобразование в другие виды энергии (тепловую, механическую) обуславливают сегодняшнее широкое развитие электроэнергетических систем (ЭЭС). Производство, доставка и распространение электрической энергии осуществляется благодаря множеству служб: производства энергии, оперативным службам, диспетчерским службам распределительных сетей, ремонтникам электрического оборудования и другим. Необходимо отметить, что передача и распределение электрической энергии обладает рядом особенностей, не характерных для других отраслей промышленности. Так, аварии в энергосистеме наносят ощутимые убытки предприятию, населению и правительству.

Именно поэтому в электроэнергетике особое место отводится обеспечению защиты от аварийных и аномальных режимов. На сегодняшний день разработано огромное количество принципиальных схем защиты линий, оборудования и участков сетей от возникновения ненормальных режимов, самым опасным из которых, без преувеличения, можно назвать короткое замыкание.

На сегодняшний день мы переживаем настоящую техническую революцию, связанную с приходом нового поколения устройств РЗА, в том числе на микроэлектронной и микропроцессорной базе. Поскольку будущее релейной защиты неизбежно связано с микропроцессорными системами (во всяком случае, для сложных защит), прогноз путей развития этого вида техники представляет безусловный интерес. В Московском Энергетическом Институте на кафедре Электроснабжения Промышленных Предприятий (ЭПП) находится Центр обучения Schneider Electric, в рамках которого сейчас происходит создание лаборатории микропроцессорных релейных защит и автоматики на базе цифровых терминалов Sepam.

Компания Schneider Electric является первопроходцем в области создания цифровых релейных защит, так, в 1982 году было выпущено первое многофункциональное устройство Sepam, а к 2008 году более 400 тыс. терминалов было установлено более чем в 90 странах по всему миру. За 30 лет исследований, разработок и внедрений первоначальные устройства претерпели множество изменений, и сейчас компания предлагает свою последнюю разработку, выпускаемую с 2000 года, Sepam 1000+. Полный спектр защит французской фирмы представлен двумя сериями: Sepam 1000+ и Sepam 2000. Применяемые в разработке этих серий технические решения позволили создать фактически универсальные микропроцессорные устройства релейной защиты (МУРЗ) с широким спектром применения в сетях 6-35 кВ.

Гамма устройств защиты Sepam 1000+ адаптирована ко всем видам применения и предназначена для защиты распределительных сетей среднего напряжения общего пользования и промышленного назначения. Она включает в себя 4 серии устройств, отвечающих самым разнообразным требованиям, от самых простых до наиболее сложных:

- Sepam 10 – МУРЗ для самых простых применений;
- Sepam 20 – МУРЗ для обычных применений;
- Sepam 40 – МУРЗ для распределительных сетей;
- Sepam 80 – МУРЗ для сложных персонализированных применений.

Sepam 10 представляет собой устройство в едином корпусе без каких-либо дополнительных принадлежностей, на внешней стороне которого располагаются клавиши управления и графический дисплей. Установка, подключение и параметрирование выполняются непосредственно на самом устройстве, без использования ПК. Sepam 10 предназначены для контроля фазного тока и/или тока замыкания на землю.

Sepam серии 20 представляет собой терминал для использования в простых защитах одного присоединения, основанных на измерении токов *или* напряжений.

Sepam 1000+ серии 40 имеют большой набор защит по сравнению с 20 серией и применяются там, где одновременно необходимы токовые защиты и защиты по напряжению.

Sepam 1000+ серии 80 предназначен для защиты объектов наибольшей сложности, любого электроэнергетического оборудования в сетях 6-35 кВ и трансформаторов 110 (220) кВ, имеет наиболее полный комплекс защит, в том числе и дифференциальные.

Лабораторные стенды на кафедре ЭПП МЭИ представлены демонстрационными комплектами Sepam 40 (S41) и Sepam 80 (T81), подключенными к персональным компьютерам с установленным специализированным программным обеспечением SFT2841 и SFT2826. Демонстрационные комплекты представляют собой собранные в едином корпусе блоки Sepam и дополнительные принадлежности для

демонстрации. Программные продукты SFT2841 и SFT2826 предназначены для параметрирования, ввода уставок и различных настроек, а также для снятия осциллограмм аварийных процессов. Также, в качестве лабораторного стенда используется терминал Seram 20, смонтированный в отдельном шкафу с выходными реле и контакторами. Для данного терминала в качестве эмулятора нагрузки используется устройство для проверки релейных защит «Нептун».

На базе микропроцессорных терминалов Seram выполнены следующие лабораторные работы:

1) Изучение принципов выполнения максимальной токовой защиты (МТЗ) на микропроцессорном терминале релейной защиты Seram 1000+ серии 20;

2) Изучение принципов выполнения автоматического повторного включения линий и запись осциллограмм аварийных режимов на микропроцессорном терминале релейной защиты Seram 1000+ серии 40;

3) Изучение принципов выполнения защиты минимального напряжения на микропроцессорном терминале релейной защиты Seram 1000+ серии 80;

4) Изучение принципов выполнения дифференциальной защиты от замыканий на землю на микропроцессорном терминале релейной защиты Seram 1000+ серии 80.

Работы с блоками Seram показали достаточно наглядную возможность создания учебных комплексов для студентов, которые являются необходимыми для получения современного образования, позволяющего идти «в ногу со временем», и для подготовки конкурентоспособных специалистов в области электроэнергетики.

Литература:

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 639 с.

2. Соловьев А.Л. Методические указания по выбору характеристик и уставок защиты электрооборудования с использованием микропроцессорных терминалов серии Seram производства фирмы Шнейдер Электрик. – Часть 1. – С.П.: Издание ПЭИпк, 2005. – 48 с.

3. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2008. – 252 с.

4. Каталоги производителей: <http://www.schneider-electric.ru>.

Лапшин Андрей Александрович, магистрант, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 142500, Московская область, г. Павловский Посад, ул. Южная д. 40 кв. 29, тел. 8(916)255-67-74, mr-lapsh@yandex.ru

Лапшина Юлия Евгеньевна, студент, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 142500, Московская область, г. Павловский Посад, ул. Кузьмина д. 32 кв. 50, тел. 8(916)255-62-44, SkobeevaUE@yandex.ru

Бодрухина Светлана Степановна, к.т.н., доцент кафедры ЭПП ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.14, кафедра ЭПП, тел.: 3627386, bodrukhinass@mpei.ru

УДК 621.317.39:536.53

ТРЕХМЕРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕРМОПАРА

Маркова Н. Н.

Россия, г. Орел, Госуниверситет - УНПК

Предложена конструкция трехмерной дифференциальной термопары для повышения точности контроля параметров температурного поля в термокамерах и печах.

Is proposed the design of three-dimensional thermocouple to increase the accuracy of the control of parameters of the temperature field in thermal chambers and furnaces.

В ряде технологических процессов одним из контролируемых и регулируемых параметров является не только температура, но и конфигурация температурного поля в печах и термокамерах. Например, в аэрокосмической промышленности при термической обработке алюминиевых, магниевых или титановых сплавов предъявляются весьма высокие требования к равномерности температурного поля в печи. В электронной промышленности, при выращивании полупроводниковых кристаллов, напротив, требуется создавать и поддерживать в рабочем объеме термокамеры заданный градиент температурного поля. Требования, предъявляемые к точности контроля и регулирования температурного поля при этом могут достигать единиц и даже долей градусов.

Самым простым и наиболее распространенным способом контроля распределения температурного поля в объеме термокамеры является размещение в критических точках датчиков температуры и контроль с их помощью температуры в этих точках. Наиболее распространенным типом первичных преобразователей температуры при температурах выше 150–200 °С являются термопары. Однако современные типовые термопары из неблагородных металлов [1] в ряде случаев не обеспечивают необходимую точность контроля температуры и, как следствие, параметров температурного поля. Это объясняется относительно большими погрешностями измерения температур, оговоренными в стандарте. Достаточно дорогие термопары из благородных металлов, имеющих меньшие погрешности, также уже не всегда могут обеспечить требуемую точность. Индивидуальная градуировка термопар — процесс достаточно сложный и трудоемкий, кроме того в процессе эксплуатации термопар их характеристики изменяются, и градуировку приходится периодически повторять, поэтому этот метод повышения точности экономически и технически не целесообразен.

Относительно большие погрешности измерения температуры, оговоренные в стандартах, объясняются неоднородностью термоэлектрических характеристик проволоки термопар, вследствие неоднородности их химической и физической структуры.

Более высокую точность контроля параметров температурного поля обеспечивает схема, при которой измеряется температура в одной (опорной) точке рабочего пространства, а для остальных критических точек измеряется разность температуры относительно опорной точки. Такой метод хорошо реализуется с помощью дифференциальных термопар [2] [3]. Замена двух (из четырех) проволок термопар одной общей шиной позволяет уменьшить влияние термоэлектрических неоднородностей этих двух проволок термопар, по меньшей мере, в $N = T/\Delta T$ раз, где ΔT — измеряемая разность температур, а T — температура одной из точек температурного поля, относительно которой измеряется разность температур.

Конструкции дифференциальных термопар, предложенных в [2] и [3], позволяет с повышенной точностью измерять температуру в любой точке рабочего пространства печи или термокамеры, через которые проходит общий провод дифференциальной термопары и в которых имеется соответствующий вывод термочувствительной проволоки наружу камеры, а также разность температур между двумя соответствующими точками. Однако для крайних точек общего провода *линейной дифференциальной термопары* возможно уменьшение точности контроля разности температур из-за протяженности термочувствительной проволоки, существенного перепада температур вдоль проволоки и термоэлектрических неоднородностей, существующих в термочувствительной проволоки. В то же время в [5] и [6] показано, что параллельное соединение термочувствительных проволок позволяет существенно уменьшить влияние термоэлектрических неоднородностей проволок, особенно учитывая наличие в распределении отклонений

термоэлектрической чувствительности от номинального значения по длине проволоки не только стохастической (случайной) составляющей, но и существенной детерминированной (закономерно изменяющейся) составляющей, которая компенсируется параллельным соединением термочувствительных проволок значительно лучше, чем стохастическая составляющая.

С учетом вышеизложенного, для контроля параметров температурного поля с высокой точностью можно предложить *трехмерную дифференциальную термопару*, пример конструкции которой приведен на рисунке 1. В рабочем пространстве термокамеры, ограниченном внутренними стенками 5, из термочувствительной проволоки 2 (например, хромелевой) создается трехмерная сеть-шина. Узлы 1 этой сети размещаются в точках, в которых необходимо контролировать параметры температурного поля. К каждому узлу приваривают внешние выводы 3 из другой термочувствительной проволоки (например, алюмелевой). К одному из узлов, в котором будет контролироваться температура опорной точки, приваривают внешний вывод 4 из того же материала, что и материал основной сети (в нашем случае из хромеля). Узлы 1 могут быть соединены проводниками 2 со всеми другими узлами или только с некоторыми из них, но при этом следует помнить, что чем больше параллельных проводников будут соединять узлы сети, тем лучше будет происходить компенсация термоэлектрических неоднородностей термочувствительных проволок, а, следовательно, и более высокой будет точность контроля параметров температурного поля.

Принципиальная электрическая схема трехмерной дифференциальной термопары представлена на рисунке 2. Для наглядности на части схемы, находящейся в рабочем объеме камеры, термочувствительные провода трехмерной дифференциальной термопары, изготовленные из разных материалов, показаны линиями различной толщины. Прибор PV1, подключенный к разноименным электродам термопар, с помощью переключателя S1 позволяет определить температуру в точках рабочего объема термокамеры, в которых размещены узлы сети-шины. Прибор PV2, подключенный с помощью переключателей S2 и S3 к любым двум одноименным электродам, позволяет определить разность температур между точками присоединения этих электродов к сети-шине (узлами сети).

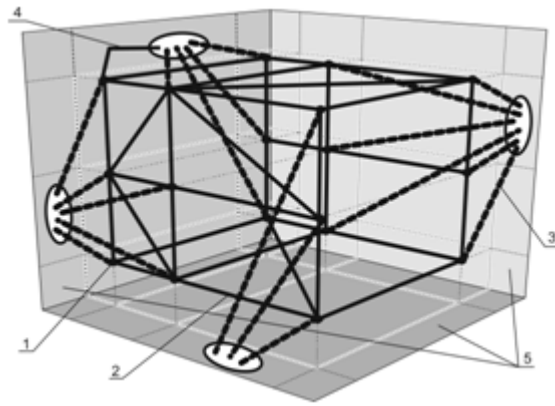


Рис. 1. Пример конструкции трехмерной дифференциальной термопары

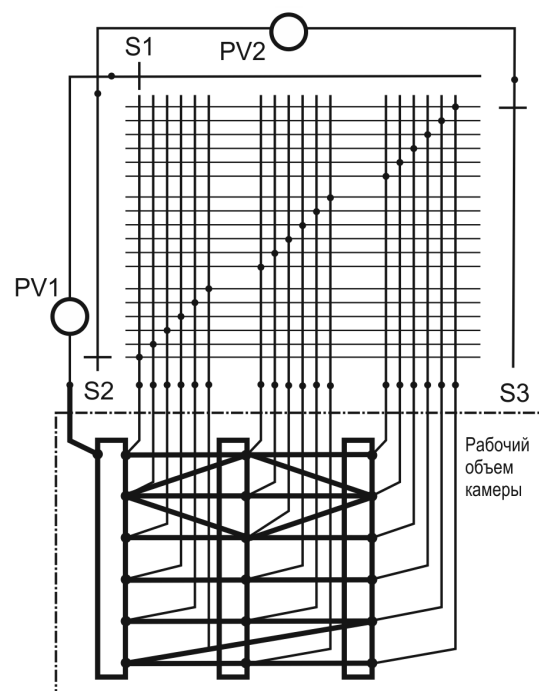


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема трехмерной дифференциальной термопары

Для сохранения химической (а, следовательно, и термоэлектрической) однородности шины, как и в [4] можно приваривать «внешние» термоэлектроды не непосредственно к узлам сети-шины, а к небольшим (2-3 мм) отводам от нее, изготовленным из материала сети-шины. Кроме того, при значительных перепадах температуры между узлами сети-шины, для компенсации термоэлектрических неоднородностей в термочувствительной проволоке, для построения сети-шины можно использовать не одинарную проволоку, а многопроволочные термоэлектроды, как рекомендуется в [5]. Особенно это касается внешних термоэлектродов.

Литература

1. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики [Текст]. – Взамен ГОСТ Р 50431-92, МИ 2559-99 ; введ. 2002-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 2001.

2. Маркова Н. Н. Применение термодифференциального метода измерения разности температур с целью повышения точности контроля неравномерности распределения температурного поля в печах и термокамерах [Текст]. // «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением» – Тула: Тульский государственный университет, 2004. – С. 203-204.

3. Маркова Н. Н. О методах повышения точности контроля неравномерности распределения температурного поля в печах и термокамерах [Текст]. // Журнал «Литейщик России», Москва, №2, 2004. – С 29-30.

4. Патент на полезную модель 30977, Российская Федерация. МПК 7 G 01 K 7/02. Термопара [Текст]. / Маркова Н. Н.; заявитель и патентообладатель Орловский государственный технический университет. – 2003100314/20; заявл. 04.01.2003; опубл. 10.07.2003, бюл. № 19. – 3 с.: ил.

5. Маркова Н. Н. Термоэлектрический метод контроля неравномерности температурного поля в печах и термокамерах. [Текст] : Дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 : защищена 29.03.05 : утв. 08.07.05 / Маркова Наталья Николаевна. – Орел, 2005. – 211 с. – Библиогр.: с. 146–153.

6. Маркова Н. Н. К вопросу о распределении термоэлектрических неоднородностей по длине термочувствительной проволоки и изготовлении многопроволочных термоэлектродов. [Текст]. // «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением» – Тула: Тульский государственный университет, 2005. – С. 269-275.

Маркова Наталья Николаевна, к. т. н., доцент, доцент каф. «Автопласт» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», Россия, Орел, дом. тел. (4862) 41-65-23, моб. тел. (953) 810 09 76, e-mail NatNikMarkova@inbox.ru.

УДК 620.9:658.011.56

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ АСУ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Георгиевский А. Е.

Россия, г. Орёл, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Показана идеологическая основа распределенной среды АСУ предприятий энергетики, сформированы требования к ней. Даны краткие характеристики технологий передачи данных в различных средах. Рассмотрены преимущества распределенной среды АСУ перед централизованными системами управления. Сформулированы требования к среде АСУ ЭП. Дано определение производительности среды как важнейшего

параметра, задаваемого при проектировании, и необходимые условия для ее достижения.

The ideological basis of the distributed environment of the automated control systems of the enterprises of power is shown, requirements to it are generated. Brief characteristics of technologies of data transmission in various environments are given. Advantages of the distributed environment of the automated control systems before the centralized control systems are considered. Requirements by Wednesday of automated control systems the enterprises of power are formulated. It is defined as productivity of environment as the major parameter set at designing, and necessary conditions for its achievement.

Как показывают исследования специалистов в области автоматизированных систем управления предприятиями энергетики (АСУ ЭП), среда АСУ на основе протокола *TCP/IP* играет ключевую роль в автоматизации производственных процессов. Ее идеологическая основа состоит в децентрализации процесса управления с распределением функций управления по среде. Каждый компонент среды имеет свое предназначение и выполняет конкретную задачу, причем связь между ними осуществляется с использованием определенного протокола. Поскольку некоторые среды АСУ ЭП отличаются высокой степенью самонастройки и адаптации, не требуется больших материально-временных затрат для конфигурации, инсталляции и сопровождения сети.

Среда АСУ ЭП характеризуется распределенностью в пространстве, следовательно, формирование, пересылка, хранение и преобразование информации производятся в ее субъектах, удаленных друг от друга в пространстве. Обмен данными между интеллектуальными компонентами, обеспечивающими их обработку, организуется по шинам и сетям. Взаимодействие компьютеров – непереносимое условие построения среды АСУ. В основе протоколов среды АСУ лежит семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (*BOC, OSI/ISO*). Используются такие технологии передачи, как *RS 485* и оптоволокно (*ВОЛС*).

Стандарт *RS 485 (H2)* весьма распространен в средах, где требуется высокая скорость передачи и невысокая стоимость установки. Среда передачи электрического сигнала – экранированная витая пара медных проводов. Оптоволоконные проводники имеют хорошую перспективу в связи с известными преимуществами, присущими *ВОЛС* по сравнению с кабельными. Они применяются там, где требования к электромагнитному излучению очень высоки или требуется передача данных на большие расстояния на высокой скорости. В среде АСУ применяются как пластиковое, так и стеклянное оптоволокно. В то же время, применение *ВОЛС* должно быть оправдано с точки зрения критерия стоимость/эффективность. Если применяется оптоволокно, то оно должно быть максимально загружено для реализации своих преимуществ по пропускной способности.

По отношению к централизованным системам управления распределенная среда АСУ ЭП имеет следующие преимущества [1]:

1. Наибольшая степень удовлетворения потребностей системы управления предприятием. Более мощная информационная поддержка органов управления, предоставление большого количества доступной информации о состоянии процесса управления и самой системы.

2. Повышенная надежность и помехоустойчивость. При выходе из строя одной или нескольких частей большинство элементов останутся связанными и будут продолжать функционировать. Кроме того, возможно замещение функций одних устройств другими. В отличие от распределенной среды, централизованная система выходит из строя полностью при поражении центра.

3. Гибкость среды, способность к интеграции, включению в себя новых компонентов, исключению участников обмена, прекративших свои функции, без

нарушения режима работы распределенной среды АСУ. Раньше строились системы управления для узких целей, что ограничивало возможности использования оборудования и не позволяло объединить несколько систем автоматизации в одну. Наблюдалось дублирование функций и неэффективное использование материальных ресурсов. Для внедрения новой техники необходимо было полностью заменить старую, несовместимую с ней, т. е. эволюционный путь развития был невозможен. С появлением распределенной среды АСУ ЭП на базе стандартизированных протоколов обмена стала возможной совместимость устройств различных фирм-производителей друг с другом.

4. Малые размеры системы и легкость разработки. При проектировании централизованной системы разработчику надо вводить сложные комплексные алгоритмы. Децентрализованной среде достаточно простых алгоритмов и вариантов конфигурации системы, а решение задач возлагается на периферию. Снижается нагрузка на помещения контроля и управления по количеству устанавливаемого в них оборудования.

5. Большая производительность среды АСУ. Возможность передачи большого количества информации в единицу времени. В отличие от централизованной системы, децентрализованная предполагает параллельную обработку информации на местах, а верхние уровни среды получают только готовые данные о качественных состояниях процесса.

6. Большая эффективность диагностики и системы контроля среды. Малые затраты аппаратно-программных, материально-временных и людских ресурсов для контроля состояния среды, обнаружения, локализации и устранения отдельных сбоев. Легкость установки, отладки и сопровождения сети.

7. Меньшая стоимость. Требуется всего одна линия связи, возможно использование уже существующей. Количество оборудования в сети значительно уменьшается. Больше возможностей по совместимости отдельных устройств и по выбору поставщиков этих изделий – у заказчика больше свободы выбора по качеству и цене.

К распределенной среде АСУ ЭП предъявляются следующие требования:

1. Среда должна обеспечивать выполнение своих функций в реальном масштабе времени. Замеры параметров и выдача сигналов управления должны выполняться своевременно, без задержек. Пользователю также должна быть обеспечена оперативность предоставления информации в полном объеме и без искажений.

2. Реализация среды АСУ должна ориентироваться на выполнение строго определенных задач, следовательно, необходимо применить технические средства, соответствующие стандарту области приложения.

3. Среда АСУ должна быть гибкой и легко модернизируемой, поэтому в ней должно быть предусмотрено децентрализованное управление с широким "делегированием" полномочий периферийным управляющим центрам. Среда должна быть открыта для включения в нее новых элементов при соответствии их стандартам правилам обмена данными. Существенные параметры и свойства среды не должны ухудшаться при выходе из строя или легальном отключении по оперативной необходимости отдельных элементов.

Для разработчиков среды АСУ ЭП важнейшей задачей является повышение ее производительности. Производительность среды – это ее способность безыскаженно передавать заданный объем данных в единицу времени. Параметр "производительность" оценивают двумя способами [2]. Первый – по количеству произведенной работы в соответствии и предназначением в единицу времени (секунда, минута, час), т. е. по объему полезной информации, представленной в форме двоичных элементарных электрических посылок (в "цифре"), [бит/с]. Второй – по среднему времени задержки стандартного сообщения в среде, [с]. За стандарт принимается байт

или килобайт двоичной информации. Чем меньше задержка в среде, тем она производительнее.

Производительность среды АСУ ЭП в целом достигается применением современных быстродействующих оконечных устройств, построенных на микропроцессорных комплектах, рациональной и достаточно разветвленной архитектурой в виде последовательных и параллельных шин на основе кабелей и оптоволокну, применением единого программного обеспечения участников обмена со стандартными или оптимально адаптированными протоколами передачи данных, сегментированной схемой адресации пакетов и максимально дружественными абонентскими и канальными интерфейсами. Однако необходимо решать вопросы помехозащищенности и электромагнитной совместимости с окружающими радиоэлектронными устройствами.

Различные технические средства среды АСУ ЭП находят сегодня все большее применение. Это обусловлено не только неоспоримыми преимуществами распределенного управления и возможностью широкого выбора совместимого оборудования на рынке, но и желанием фирм-производителей обеспечить себе монополию на этом рынке, создавая свой универсальный протокол связи.

В то же время, недостаточная информационная поддержка и отсутствие средств отладки и диагностики сдерживают внедрение на предприятиях энергетической промышленности систем подобного рода.

Литература

1. Белковский С.В. Концепция полевых шин в распределенных системах управления. // В кн.: Информационные управляющие системы // Межвузовский сборник научных трудов. - Пермь, ПГТУ, НИИУМС, 1999.

2. Артемов Н.И., Низамутдинов О.Б., Гордеев М.В. и др. Принципы построения промышленных микроконтроллерных сетей в стандартах *Profibus* и *P-NET*. – Пермь: ПГТУ, НИИУМС, 1996.

Георгиевский Александр Евгеньевич, к.т.н., ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность», e-mail: gae6@yandex.ru, тел.: +7(4862)41-23-71

УДК_621.327

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛЮМИНИСЦЕНТНЫХ ЛАМП С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Егоров М. С.

Россия, г. Москва, ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ»

В докладе рассмотрена целесообразность применения регулирования светового потока с целью энергосбережения. На примере кафедры электроснабжения промышленных предприятий показан эффект от применения функций идентификации присутствия людей и обнаружения естественного света. Также рассмотрены условия, влияющие на срок службы ламп при установке устройств регулирования светового потока.

The expediency of application of light flux regulation for the purpose of energy saving is reviewed in the report. The effect of appliance of presence and daylight indentification function for the department of Electric Supply of Industrial Enterprises is shown. The factors

affecting an operation life of lamps while applying light flux regulation devices is also reviewed.

Освещение является неотъемлемой частью современного общества. Растущие требования к качеству освещения приводят к росту потребления постоянно дорожающей электроэнергии, что сказывается на увеличении эксплуатационных расходов на освещение.

Так как вопрос энергоэффективности сегодня стоит особенно остро, очень важно реализовывать мероприятия по энергосбережению в том числе и в системах освещения (что особенно актуально за организаций, где в основном электроэнергия идет на освещение).

На данный момент, пожалуй, самыми распространенными источниками света являются дугоразрядные лампы. Для помещений с высотой потолков ниже 6 метров – это, как правило, люминесцентные лампы. Нередко в рамках программы по энергосбережению их стремятся заменить светодиодными источниками света. Однако, последние являются на данный момент довольно дорогостоящими, что ограничивает их использование. Также на практике зачастую светодиоды показывают более плохие эксплуатационные характеристики.

Поэтому одним из способов снижения энергопотребления является регулирование светового потока.

Основными причинами использования регулирования и управления освещенностью является поиск решения задачи достижения желаемой интенсивности света в зависимости от интенсивности дневного света, адаптации к потребностям пользователей и снижение эксплуатационных расходов. Результатом этого будет повышение качества освещения и комфорта работы, уменьшение необходимой мощности ламп и снижение эксплуатационных расходов.

На примере кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» Московского энергетического института был проведен расчет по экономии электроэнергии при использовании регулирования.

При расчете учитывалось снижение потребления электроэнергии при замене пускорегулирующих устройств на электронные, а также уменьшение его на 15% при использовании функции идентификации присутствия и на 20% - при добавочной функции обнаружения естественного света. Цифры взяты среднестатистические по данным компании «NORTHCLIFFE».

Таблица 1 – Экономия электроэнергии при регулировании

	этаж	этаж	одвал	бщее	о
1					5
Потребляемая мощность до модернизации, кВт	,89	,501	,769	8,160	1
Потребляемая мощность после модернизации, кВт	,983	,071	,262	,316	6
Общая стоимость модернизации, тыс руб	45,377	84,287	5,597	55,261	3
Экономия мощности, кВт	,907	,43	,507	1,844	1
Экономия электроэнергии, кВт ч/год	2267,5	3575	53,5	6596,000	2

При использовании регулирования светового потока следует учитывать то, что люминесцентные лампы очень чувствительны к изменению напряжения, при этом снижается их срок службы. Поэтому регулировать световой поток при использовании электромагнитных пускорегулирующих устройств нельзя. Опыт показывает, что лампы

при этом перегорают за срок вдвое меньший, чем до установки устройств, регулирующих световой поток.

Для этих целей требуется установка специальных электронных ПРА. Однако, и тут есть свои «подводные камни».

Сейчас на рынке много ЭПРА, продаваемых по привлекательной низкой стоимости. Но важно при этом помнить, что низкая цена соответствует низкому качеству продукции, что в будущем скажется на работе устройства и его эксплуатационных характеристиках, в том числе на сроке службы как самого ПРА, так и ламп. В этом случае мы можем не только не сэкономить, но даже потерять с финансовой точки зрения.

К тому же следует покупать ЭПРА с так называемым теплым (мягким) стартом. Заключается он в предварительном прогреве электродов, что также способствует мягкому пуску лампы.

Таким образом, в составе электронного блока лампы должно находиться несколько устройств:

- выпрямитель;
- высокочастотный генератор;
- защита от высокочастотного излучения;
- фильтры питающей сети;
- корректор коэффициента мощности;
- защита от частого включения;
- устройство «мгновенный старт»;
- устройство прогрева электродов.
-

Литература

1. Краснопольский А. Е. «Пускорегулирующие аппараты для газоразрядных ламп», Москва, Энергоатомиздат, 1988 г

Егоров Максим Сергеевич, магистрант ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ» кафедры ЭПП
Почтовый адрес: Московская обл., г. Озеры, ул. Ленина, д. 21, кв. 18,
e-mail: flrst41@mail.ru, телефон: +7(926) 3687459

УДК 518.5.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕКУРСИВНОГО МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМА ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ

Пеньков В.Б, Саталкина Л.В.
Россия, Липецк, Липецкий ГТУ

Теоретически обоснован рекурсивный матричный алгоритм ортогонализации. Алгоритм реализован в среде "Mathematica". Разработана методика планирования потребного объема вычислений под ограниченные ресурсы компьютера. Методика апробирована на задачах теории упругости для трехмерного тела.

Recursive matrix algorithm of orthogonalization is theoretical founded. The algorithm is realized in the environment of the "Mathematica". The method was developed for planning required volume of calculations under the limited resources of the computer. Methodology is approved on the problems of the elasticity theory for three-dimensional body.

Среди энергетических методов с современных позиций заявил себя метод граничных состояний (МГС), опирающийся на понятия пространств внутренних и граничных состояний среды, их гильбертов изоморфизм, представление результирующего состояния рядом Фурье по элементам ортонормированного базиса [1]. Его особенности: ориентация на компьютерные алгебры; высокая точность и аналитическая форма промежуточных и финишных результатов счета; облегченность тестирования на каждом этапе решения; удобство интерпретации результатов счета; самодостаточность при оценке адекватности (отпадает необходимость сравнения с результатами, полученных иными методами); решение основных задач сводится к рутинному вычислению коэффициентов Фурье.

Основная трудность метода связана с ортогонализацией исходного базиса состояний. Возникает необходимость в разработке алгоритма, который обладает качествами: надежность результатов ортогонализации; возможность пополнения ортонормированного базиса посредством наращивания его отрезка; возможность «заказывать» величину приращения базиса, исходя из доступного ограниченного времени счета.

Теоретическое обоснование рекурсивно-матричного алгоритма ортогонализации

В основе разработки означенного алгоритма лежит известная теорема Гильберта - Шмидта [2]. На ее основе авторами разработан рекурсивно-матричный машинно-ориентированный алгоритм ортогонализации, в котором процесс Шмидта переписан в форме, использующей лишь перекрестные скалярные произведения элементов исходного базиса, которые сведены в матрицу Грама:

$$G = \|g_{ij}\|_{N \times N} = (\varphi_i, \varphi_j).$$

Алгоритм вычисления левого матричного множителя H , переводящего исходный базис Φ в ортонормированный Ψ по правилу $\Psi = H\Phi$, состоит в следующей последовательности шагов:

а) заготавливаются нулевые матрица H и ее вспомогательный «предшественник» H' размерностью $N \times N$;

б) на первом шаге ортогонализации кладется $H'_{11} = 1, H_{11} = 1/\sqrt{G_{11}}$;

в) выполняется перебор шагов ортогонализации $k = 2 \dots N$. На каждом шаге проводятся вычисления в соответствии с г). По завершении перебора процесс формирования левого ортогонализирующего множителя для исходного базиса построен;

г) для диагонального элемента полагается $H'_{kk} = 1$. Поддиагональные элементы матрицы-«предшественника» вычисляются по правилу

$$H'_{kn} = - \sum_{j=0}^{k-1} \sum_{m=0}^{k-1} H_{jm} G_{km} H_{jn}, \quad n = 0 \dots k-1.$$

Вывод заключен в преобразованиях, в которых учтено, что $h_{jm} = 0$ при $m > j$:

$$b_k = \varphi_k - \sum_j (\varphi_k, \sum_{m=1}^j h_{jm} \varphi_m) \cdot \sum_{l=1}^j h_{jl} \varphi_l = \varphi_k - \sum_{l=1}^{k-1} (\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{m=1}^{k-1} h_{jm} h_{jl} g_{km}) \cdot \varphi_l.$$

Вычисляется квадрат нормы k -го ортогонального элемента

$$b = \sum_{j=0}^k \sum_{m=0}^k H'_{kj} G_{jm} H'_{km}.$$

Это выражение получено из рассмотрения скалярного произведения:

$$(b_k, b_k) = (\sum_{j=1}^k h'_{kj} \varphi_j, \sum_{r=1}^k \sum_{j=1}^k h'_{kr} \varphi_r) = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^k h'_{kj} h'_{kr} g_{jr} = \|b_k\|^2.$$

Вся строка k ортогонализирующего множителя H нормируется:

$$H_{kn} = H'_{kn} / \sqrt{b}.$$

Проверку адекватности результата можно провести двумя способами. Во-первых, должно выполняться тождество $HGH^T \equiv E$ (норма матрицы $HGH^T - E$, вычисленная любым способом, служит основанием для суждения о погрешности численной реализации метода). Во-вторых, выборочные тесты вида $(\psi_i, \psi_j) = \delta_{ij}$, где δ_{ij} - символ Кронекера, также являются основой для положительного заключения об адекватности. Описание алгоритма можно найти в публикации [3].

Оценка эффективности ресурсосбережения

В результате численных экспериментов по построению матрицы Грама в среде Mathematica 5 на IBM PC-совместимом компьютере с процессором INTEL Pentium4 (2400 MHz 512k 533 MHz) были получены следующие статистические данные, приведенные в табл.1, где p – максимальный порядок многочленов, n – количество удерживаемых элементов базиса, t – время расчета матрицы Грама (в секундах).

Таблица 1 Статистика счета матрицы Грама

p	1	2	3	4	8
n	6	21	42	69	237
t, c	1	29	221	1005	39414

Уже при восьмом порядке аппроксимации требуется около 11 часов непрерывного времени счета для построения матрицы Грама на достаточно мощном компьютере.

Построены зависимости времени вычисления матрицы Грама от порядка многочленов p , при помощи которых описывается внутренне состояние среды. Функция регрессии $T_3 = 968,223p - 827,23p^2 + 165,237p^3$ соответствует многочлену третьего, $T_4 = -159,36p + 250,294p^2 - 121,858p^3 + 21,255p^4$ – четвертого порядка. Сопоставление при малых n убеждает в том, что удачной аппроксимацией является T_4 .

Посредством выполнения линейной регрессии статистических данных на базах многочленов $\{n, n^2, n^3\}$ и $\{n, n^2, n^3, n^4\}$ были построены зависимости времени вычисления матрицы Грама от длины удерживаемого отрезка базиса. Результаты регрессии в этих случаях практически не отличаются (F_3, F_4 - законы регрессий, построенных на многочленах третьего и четвертого порядков соответственно), поэтому используем многочлен третьего порядка: $F_3 = -0.472n + 0.018n^2 + 0.0029n^3$. Построена зависимость $N(t)$ длины базиса от времени вычисления матрицы грамма (рис.1):

$$N(t) = -0,047\sqrt{t} + 7,704\sqrt[3]{t} - 1,125\sqrt[4]{t}.$$

Функции N и F строились как взаимно-обратные. Если длина удерживаемого базисного отрезка находится в «рабочем» диапазоне от 100 до 400, то погрешность составляет около 0.5%. Таким образом, можно считать $N(F(n)) \approx n$.

Обработка статистических материалов позволяет дать ответы на ряд вопросов практического содержания:

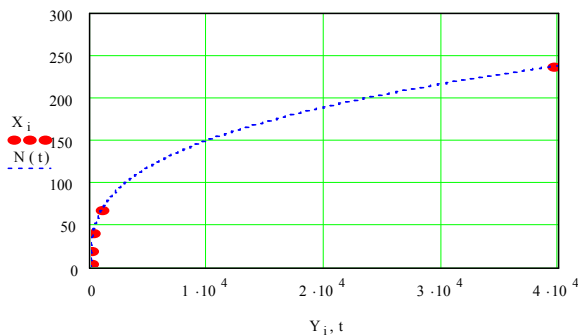


Рис.1. Зависимость длины базиса от времени построения матрицы Грамма

3. Зависимость $N(t)$ длины базиса от времени построения матрицы Грамма позволяет оценить длину n отрезка базиса, которую можно нарастить за фиксированное (ограниченное) время T , откуда следует: $F(b+n) = F(b) + T \cdot 3600$. Цепочка преобразований позволяет дать оценку $n = (b+n) - b \approx N(F(b+n)) - b = N(F(b) + T \cdot 3600) - b$.

Вышеприведенные зависимости определяют методику оценки длины приращения отрезка ортонормированного базиса «под ограниченные компьютерные ресурсы».

Литература

1. Пеньков, В. Б. Метод граничных состояний для решения задач линейной механики. [Текст] / В. Б. Пеньков, В. В. Пеньков // Дальневосточный математический журнал. — 2001. — Т.2, №2. — С.115-137.
2. Колмогоров А.Н., Фомин С.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – 7-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 572 с.
3. Пеньков, В.Б. Эффективные алгоритмы метода граничных состояний [Текст] / В. Б. Пеньков, Л.В. Саталкина // Научно-методический семинар преподавателей теоретической механики вузов России: тезисы докладов (5-9 октября 2009 г.) / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. – С. 29-31.

Пеньков Виктор Борисович, д.ф.-м.н., профессор. Липецкий ГТУ, профессор. vbpenkov@mail.ru, 8-920-240-36-19.

Саталкина Любовь Владимировна, к.ф.-м.н. Липецкий ГТУ, доцент. satalkina_lyubov@mail.ru 8-904-219-02-08.

УДК 62-551.3

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРА SMART

Фролов С.В., Дубровин В.В., Коробов А.А.
Россия, г. Тамбов, ТамбовГТУ

Рассматривается система позиционного регулирования микроклимата чистых помещений. Система построена на базе ПЛК SMART I/O с использованием программного пакета ISaGRAF_3.32.

Let's consider a system of positional regulation microclimate in the net room. The system is based on PLC SMART I/O with using ISaGRAF_3.32 software.

Автоматизация процессов производства во многом определяет его эффективность и рентабельность. Дальнейшее развитие отраслей промышленности требует создания автоматизированного оборудования. Решение этой задачи возможно на основе широкого применения микропроцессорной и микроконтроллерной техники, электронных вычислительных машин, благодаря чему оборудование совместимо с новейшим программным и техническим обеспечением и имеет возможность дальнейшей модернизации.

Распространённость систем двухпозиционного регулирования связана с простотой их реализации, невысокой стоимостью, надёжностью в эксплуатации и лёгкостью в управлении [1].

Двухпозиционно-статическое регулирование применяется в системах, где объект управления обладает значительным запаздыванием, и, как следствие, амплитуда колебаний регулируемой величины становится недопустимо большой [2]. Сущность двухпозиционно-статического регулирования заключается во введении в систему корректирующего устройства в виде звена экспоненциальной обратной связи, что позволяет снизить амплитуду колебаний и повысить качество регулирования (рис. 1):

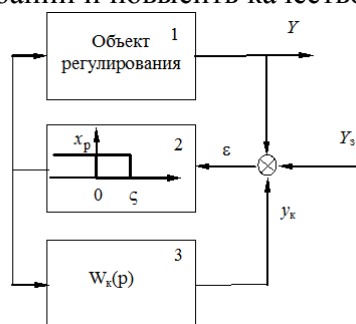


Рис.1 Схема двухпозиционно-статического регулирования с обратной связью

Объект регулирования (1) описывается уравнением: $C \frac{dt}{dt} = Q_{np}(t) - Q_{om}(t)$, где Q_{np} – приток тепла, Дж/сек; Q_{om} – отток тепла, Дж/сек; τ - время, сек; t – температура, °С; m – масса объекта, кг; C – тепловая емкость среды в объекте, Дж/°С ($C=cm$, где c и m – удельная теплоемкость и масса объекта).

Работа релейного элемента (2) описывается выражением:

$$x_p = \begin{cases} x_p^1, & \text{при } \varepsilon \leq 0 \text{ или } (0 \leq \varepsilon \leq \zeta \text{ и } \frac{d\varepsilon}{dt} > 0) \\ x_p^0, & \text{при } \varepsilon \geq \zeta \text{ или } (0 \leq \varepsilon \leq \zeta \text{ и } \frac{d\varepsilon}{dt} < 0) \end{cases}$$

где x_p^0 , x_p^1 – значение выходного сигнала

x_p релейного элемента, соответственно, при включенном и выключенном его состоянии; ζ – зона возврата.

Корректирующее устройство 3 определяется следующей функцией:

$$W_k(p) = \frac{K_k}{T_{kp} + 1}, \text{ где } K_k, T_{kp} \text{ – коэффициент усиления и постоянная времени}$$

корректирующего устройства [3].

Двухпозиционный статический закон регулирования обладает существенными преимуществами перед обычным двухпозиционным регулирование и легко реализуется на современных микроконтроллерах [4].

В состав системы регулирования входят:

- блок контроллера;
- блок объекта управления;
- компьютер.

Блок контроллера работает на базе ПЛК SMART-I/O (платы SM-ADC1 6-аналоговых входов, SM-DOUT1 8-дискретных выходов, интерфейс RS-232). В качестве программного обеспечения для создания и отладки программных модулей, а также

загрузки их в контроллер используется инструментальная среда разработки ISAGraf_3.32. Управляющие воздействия, сформированные блоком контроллера, передаются на объект управления.

В состав блока контроллера входят металлический каркас, выполненный из нержавеющей стали, с установленными на нем DIN-рейками, микроконтроллер SMART-I/O, блоки питания, выключатель (рис.2а).

Работа блока контроллера заключается в выработке управляющих воздействий и передаче их на блок объекта управления.

Блок объекта управления состоит из металлического каркаса, с установленной на нем DIN-рейкой, объекта управления, шести реле типа Phoenix Contact, датчика температуры типа ТСПУ-205, блока питания вентиляторов.

Объект управления (рис.2б) представляет собой металлический короб, выполненный из нержавеющей стали. Внутри короба в его нижней части установлены три нагревателя (электролампы по 100 Вт). По сторонам объекта установлено три вентилятора. В верхней части короба находится термометр сопротивления.

Работа блока объекта управления состоит в определении и передаче температуры объекта на блок контроллера, а также изменении режима работы объекта посредством включения/выключения нагревателей для поддержания температуры объекта в заданном режиме.

Схема системы регулирования представлена на рис. 2в:

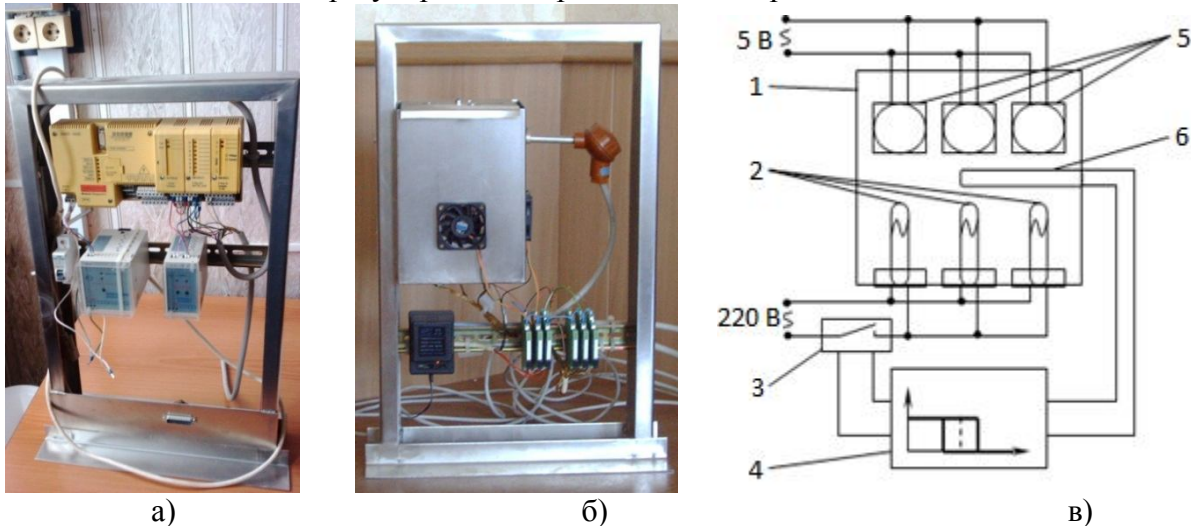


Рис.2 а – блок контроллера, б – блок объекта управления, в – схема регулирования

Вентиляторы 5 постоянно включены, что обеспечивает перемешивание потоков воздуха в объекте 1. Измерение температуры производится с помощью термометра сопротивления 6. Результат измерения поступает на аналоговый вход контроллера 4. Контроллер включает или выключает реле 3 в соответствии с загруженной в него программой, при этом происходит включение или выключение электроламп 2.

Комплекс позволяет реализовать классические схемы двухпозиционного регулирования. Программу управления объектом можно разработать в среде IsaGRAF 3.32.

На рис.3 приведен результат исследований – процесс регулирования с корректирующим устройством. На верхнем графике ось абсцисс совмещена с линией заданного значения температуры. На нижнем графике показано изменение притока $Q_{пр}$ во времени при постоянном оттоке тепла $Q_{от}$:

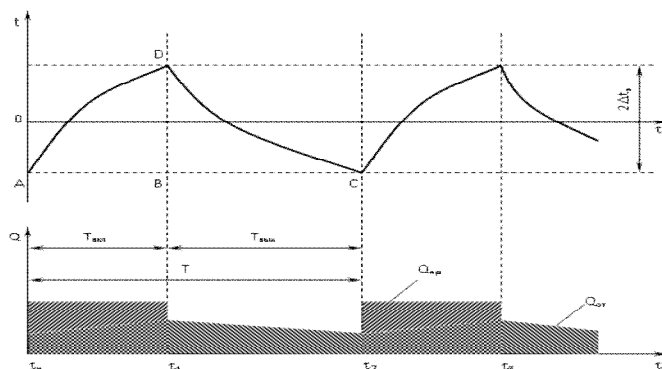


Рис.3 График двухпозиционного регулирования, где $2\Delta t_z$ – зона нечувствительности, τ – время, t – температура

Автоматический комплекс позиционного регулирования может использоваться для поддержания температуры и других параметров в чистых помещениях, например в операционных и реанимационных отделениях. Также позиционные регуляторы применяются для регулирования температуры электрических печей сопротивления и других установок с электрообогревом. Особо перспективным выглядит использование комплекса в детских инкубаторах для новорождённых.

Литература

1. Фролов С.В., Елизаров И.А., Лагутин А.В. Компьютерное моделирование в среде PSI/C. Тамбов.: ТГТУ, 1997. –20с.
2. Фролов С.В., Елизаров И.А. Лагутин. Технологическое программирование микроконтроллеров. – Тамбов.:ТГТУ, 1996. –57 с.
3. Матвейкин В.Г, Фролов С.В., Елизаров И.Е. Автоматизация технологических процессов отрасли. – Тамбов.:ТГТУ, 1995. –44 с.
4. Ключев А.С. Двухпозиционные автоматические регуляторы и их настройка. М.: Энергия, 1967. 103 с.

Сергей Владимирович Фролов, д.т.н., профессор, ТамбовГТУ, каф. Биомедицинская техника

Дубровин Виктор Васильевич – к.т.н., доцент, ТамбовГТУ, каф. Биомедицинская техника

Коробов Артём Андреевич – бакалавр. ТамбовГТУ, каф. Биомедицинская техника, Телефон: 89606659971, e-mail: korobov91@gmail.com

УДК 518.5.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕКУРСИВНОГО МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМА ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ

Пеньков В.Б, Саталкина Л.В.
Россия, Липецк, ЛипецкийГТУ

Теоретически обоснован рекурсивный матричный алгоритм ортогонализации. Алгоритм реализован в среде "Mathematica". Разработана методика планирования потребного объема вычислений под ограниченные ресурсы компьютера. Методика апробирована на задачах теории упругости для трехмерного тела.

Recursive matrix algorithm of orthogonalization is theoretical founded. The algorithm is realized in the environment of the "Mathematica". The method was developed for planning

required volume of calculations under the limited resources of the computer. Methodology is approved on the problems of the elasticity theory for three-dimensional body.

Среди энергетических методов с современных позиций заявил себя метод граничных состояний (МГС), опирающийся на понятия пространств внутренних и граничных состояний среды, их гильбертов изоморфизм, представление результирующего состояния рядом Фурье по элементам ортонормированного базиса [1]. Его особенности: ориентация на компьютерные алгебры; высокая точность и аналитическая форма промежуточных и финишных результатов счета; облегченность тестирования на каждом этапе решения; удобство интерпретации результатов счета; самодостаточность при оценке адекватности (отпадает необходимость сравнения с результатами, полученных иными методами); решение основных задач сводится к рутинному вычислению коэффициентов Фурье.

Основная трудность метода связана с ортогонализацией исходного базиса состояний. Возникает необходимость в разработке алгоритма, который обладает качествами: надежность результатов ортогонализации; возможность пополнения ортонормированного базиса посредством наращивания его отрезка; возможность «заказывать» величину приращения базиса, исходя из доступного ограниченного времени счета.

Теоретическое обоснование рекурсивно-матричного алгоритма ортогонализации

В основе разработки означенного алгоритма лежит известная теорема Гильберта - Шмидта [2]. На ее основе авторами разработан рекурсивно-матричный машинно-ориентированный алгоритм ортогонализации, в котором процесс Шмидта переписан в форме, использующей лишь перекрестные скалярные произведения элементов исходного базиса, которые сведены в матрицу Грама:

$$G = \|g_{ij}\|_{N \times N} = (\varphi_i, \varphi_j).$$

Алгоритм вычисления левого матричного множителя H , переводящего исходный базис Φ в ортонормированный Ψ по правилу $\Psi = H\Phi$, состоит в следующей последовательности шагов:

а) заготавливаются нулевые матрица H и ее вспомогательный «предшественник» H' размерностью $N \times N$;

б) на первом шаге ортогонализации кладется $H'_{11} = 1, H_{11} = 1/\sqrt{G_{11}}$;

в) выполняется перебор шагов ортогонализации $k = 2 \dots N$. На каждом шаге проводятся вычисления в соответствии с г). По завершении перебора процесс формирования левого ортогонализирующего множителя для исходного базиса построен;

г) для диагонального элемента полагается $H'_{kk} = 1$. Поддиагональные элементы матрицы-«предшественника» вычисляются по правилу

$$H'_{kn} = - \sum_{j=0}^{k-1} \sum_{m=0}^{k-1} H_{jm} G_{km} H_{jn}, \quad n = 0 \dots k-1.$$

Вывод заключен в преобразованиях, в которых учтено, что $h_{jm} = 0$ при $m > j$:

$$b_k = \varphi_k - \sum_j (\varphi_k, \sum_{m=1}^j h_{jm} \varphi_m) \cdot \sum_{l=1}^j h_{jl} \varphi_l = \varphi_k - \sum_{l=1}^{k-1} (\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{m=1}^{k-1} h_{jm} h_{jl} g_{km}) \cdot \varphi_l.$$

Вычисляется квадрат нормы k -го ортогонального элемента

$$b = \sum_{j=0}^k \sum_{m=0}^k H'_{kj} G_{jm} H'_{km}.$$

Это выражение получено из рассмотрения скалярного произведения:

$$(b_k, b_k) = \left(\sum_{j=1}^k h'_{kj} \varphi_j, \sum_{r=1}^k \sum_{j=1}^k h'_{kr} \varphi_r \right) = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^k h'_{kj} h'_{kr} g_{jr} = \|b_k\|^2.$$

Вся строка k ортогонализирующего множителя H нормируется:
 $H_{kn} = H'_{kn} / \sqrt{b}$.

Проверку адекватности результата можно провести двумя способами. Во-первых, должно выполняться тождество $HGH^T \equiv E$ (норма матрицы $HGH^T - E$, вычисленная любым способом, служит основанием для суждения о погрешности численной реализации метода). Во-вторых, выборочные тесты вида $(\psi_i, \psi_j) = \delta_{ij}$, где δ_{ij} - символ Кронекера, также являются основой для положительного заключения об адекватности. Описание алгоритма можно найти в публикации [3].

Оценка эффективности ресурсосбережения

В результате численных экспериментов по построению матрицы Грама в среде Mathematica 5 на IBM PC-совместимом компьютере с процессором INTEL Pentium4 (2400 MHz 512k 533 MHz) были получены следующие статистические данные, приведенные в табл.1, где p – максимальный порядок многочленов, n – количество удерживаемых элементов базиса, t – время расчета матрицы Грама (в секундах).

Таблица 1. Статистика счета матрицы Грама

p	1	2	3	4	8
n	6	21	42	69	237
t, c	1	29	221	1005	39414

Уже при восьмом порядке аппроксимации требуется около 11 часов непрерывного времени счета для построения матрицы Грама на достаточно мощном компьютере.

Построены зависимости времени вычисления матрицы Грама от порядка многочленов p , при помощи которых описывается внутренне состояние среды. Функция регрессии $T_3 = 968,223p - 827,23p^2 + 165,237p^3$ соответствует многочлену третьего, $T_4 = -159,36p + 250,294p^2 - 121,858p^3 + 21,255p^4$ – четвертого порядка. Сопоставление при малых n убеждает в том, что удачной аппроксимацией является T_4 .

Посредством выполнения линейной регрессии статистических данных на базах многочленов $\{n, n^2, n^3\}$ и $\{n, n^2, n^3, n^4\}$ были построены зависимости времени вычисления матрицы Грама от длины удерживаемого отрезка базиса. Результаты регрессии в этих случаях практически не отличаются (F_3, F_4 - законы регрессий, построенных на многочленах третьего и четвертого порядков соответственно), поэтому используем многочлен третьего порядка: $F_3 = -0.472n + 0.018n^2 + 0.0029n^3$. Построена зависимость $N(t)$ длины базиса от времени вычисления матрицы грамма (рис.1):

$$N(t) = -0,047\sqrt{t} + 7,704\sqrt[3]{t} - 1,125\sqrt[4]{t}.$$

Функции N и F строились как взаимно-обратные. Если длина удерживаемого базисного отрезка находится в «рабочем» диапазоне от 100 до 400, то погрешность составляет около 0.5%. Таким образом, можно считать $N(F(n)) \approx n$.

Обработка статистических материалов позволяет дать ответы на ряд вопросов практического содержания:

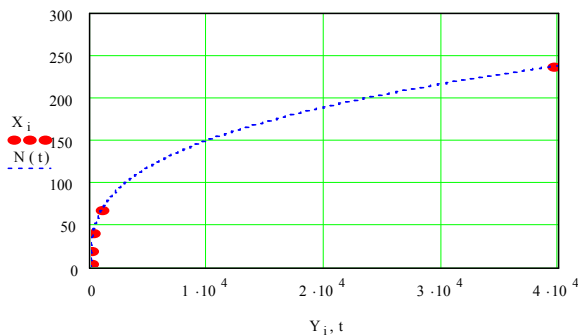


Рис.1. Зависимость длины базиса от времени построения матрицы Грамма

6. Зависимость $N(t)$ длины базиса от времени построения матрицы Грамма позволяет оценить длину n отрезка базиса, которую можно нарастить за фиксированное (ограниченное) время T , откуда следует: $F(b+n) = F(b) + T \cdot 3600$. Цепочка преобразований позволяет дать оценку $n = (b+n) - b \approx N(F(b+n)) - b = N(F(b) + T \cdot 3600) - b$.

Вышеприведенные зависимости определяют методику оценки длины приращения отрезка ортонормированного базиса «под ограниченные компьютерные ресурсы».

Литература

4. Пеньков, В. Б. Метод граничных состояний для решения задач линейной механики. [Текст] / В. Б. Пеньков, В. В. Пеньков // Дальневосточный математический журнал. — 2001. — Т.2, №2. — С.115-137.

5. Колмогоров А.Н., Фомин С.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. – 7-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 572 с.

6. Пеньков, В.Б. Эффективные алгоритмы метода граничных состояний [Текст] / В. Б. Пеньков, Л.В. Саталкина // Научно-методический семинар преподавателей теоретической механики вузов России: тезисы докладов (5-9 октября 2009 г.) / Юж.-Рос. гос. техн. Ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. – С. 29-31.

Пеньков Виктор Борисович, д.ф.-м.н., профессор. Липецкий ГТУ, профессор. vbpenkov@mail.ru, тел. 8-920-240-36-19.

Саталкина Любовь Владимировна, к.ф.м.н. Липецкий ГТУ, доцент, satalkina_lyubov@mail.ru, тел. 8-904-219-02-08.

УДК 519.1+621.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ПОМЕЩЕНИИ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Погодаев А.К., Блюмин С.Л., Сараев П.В., Правильникова В.В.
Россия, Липецк, ЛГТУ

Рассматривается энергосберегающая система управления вентиляцией в помещении плавательного бассейна с помощью программируемого логического контроллера ОВЕН 63М. Для достижения энерго- и ресурсосбережения с помощью математического моделирования определяется оптимальный расход приточного воздуха бассейна для регулирования частоты вращения электропривода приточных и вытяжных вентиляторов.

Automation control system of HVAC swimming pool system with programme logical controller OVEN 63M is considered. Optimal fresh air amount could be found by mathematical modeling and determine energysave frequency.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект № 11-07-97504-р_центр_а

Помещение плавательного бассейна отличается от обычных административных помещений по видам вредных выделений и требованиям к внутреннему микроклимату. Переменный в течение суток режим работы бассейна определяет неравномерную нагрузку на систему вентиляции и кондиционирования воздуха (СВКВ), которые являются достаточно энергоемкими системами инженерного оборудования зданий. Поэтому создание автоматизированной системы управления СВКВ является весьма актуальным и эффективным средством энерго- и ресурсосбережения.

Электроприводами потребляется более 60% производимой в мире электроэнергии [1], поэтому вопросы энергосбережения имеют чрезвычайно большое значение. Для России это тем более важно, поскольку стоимость электроэнергии возрастает, и при неэкономных системах электроприводов возрастают не только расходы энергоресурсов, но и материальные расходы. К основным методам сбережения электроэнергии в автоматизированных электроприводах комплексов приточной и вытяжной вентиляции относят применение модулей регулируемых электроприводов вентиляторов, имеющих максимальные коэффициенты полезного действия и мощности. Основным средством управления электроприводом является программируемый контроллер, который является и составной частью автоматизированных систем управления, и средством получения достоверной информации о процессах воздухообмена.

Целью исследования является разработка эффективного (энергосберегающего) алгоритма автоматического управления системой вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении плавательного бассейна, в основе которого лежат математические модели процессов воздухообмена.

СВКВ плавательного бассейна осуществляет постоянный обмен воздуха в помещении для удаления избытков теплоты, влаги, углекислого газа и других вредных веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в рабочей зоне. При этом количество наружного воздуха, обрабатываемого и вводимого системой кондиционирования в помещение, оказывает большое влияние на расход энергоресурсов. В целях экономии энергии необходимо стремиться к уменьшению количества обрабатываемого наружного воздуха, при этом не допуская снижения его объема, требуемого по санитарным нормам подачи на одного человека.

В данном исследовании для определения оптимального количества приточного воздуха в помещении бассейна используются математические модели процессов воздухообмена, подробно описанные в [2]. Они подробно характеризуют тепловой, влажностный и газовый баланс в помещении. В моделях учитываются факторы, влияющие на изменение состояния воздушной среды помещения: температура приточного и удаляемого воздуха, влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне бассейна, влагосодержание удаляемого воздуха, температура воды в ванне бассейна, концентрация диоксида углерода в удаляемом воздухе и др.

Алгоритм управления СВКВ реализуется с применением программируемого контроллера ОВЕН 63М, выпуск которого осуществляется в России. На основе значений параметров воздушной среды, поступающих на входы контроллера, рассчитывается оптимальный расход приточного воздуха, в зависимости от него осуществляется плавное регулирование частоты вращения электроприводов приточных и вытяжных вентиляторов с помощью частотных преобразователей.

Программная реализация алгоритма [3] выполнена в среде CoDeSys 2.3.9.9. [4], разработана система визуализации в виде панели оператора, предназначенная для

отображения управляемого процесса, ввода и вывода данных, отображения аварийных ситуаций. Панель оператора представляет собой сенсорный дисплей. Главное окно программы представлено на рисунке.



Главное окно программы «Автоматизация системы вентиляции и кондиционирования в плавательном бассейне»

Автоматическая система управления СВКВ с применением программируемого логического контроллера в помещении плавательного бассейна будет поэтапно внедрена в учебно-спортивном комплексе технического университета в целях энергосбережения. Основные функции данной системы:

регулирование температуры и влажности воздуха, поступающего в систему воздуховодов приточной вентиляции;

поддержание параметров воздуха в пределах санитарных норм [5, 6];

перевод систем приточной и вытяжной вентиляции в энергосберегающие режимы работы в часы пониженных нагрузок, а именно: автоматическое закрытие задвижек на воздуховодах и соответствующее снижение мощности вентиляторных установок приточной и вытяжной вентиляции, а также отработка заданных алгоритмов включения и выключения местных вентиляционно-кондиционирующих установок;

перевод системы в аварийные режимы функционирования в определенных ситуациях: выключений агрегатов общеобменной приточной и вытяжной вентиляции и запуск аварийной вентиляции для удаления дыма при пожаре (осуществляется при срабатывании пожарной сигнализации);

индикация технологических параметров отдельных узлов СВКВ на пульте диспетчерского управления с возможностью настройки этих параметров.

Полученные результаты анализа эффективности внедрения программируемого логического контроллера с реализованными в нем математическими моделями для помещения бассейна ЛГТУ являются подтверждением того, что использование методов математического моделирования для управления процессами воздухообмена является эффективным средством достижения сбережения энергетических и денежных ресурсов.

Литература

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.
2. Погодаев А.К. Моделирование расчетов в информационно-аналитической системе энергосберегающих вентиляции и кондиционирования воздуха / А.К. Погодаев, С.Л. Блюмин, П.В. Сараев, В.В. Правильникова // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век : Сборник материалов IX Междунар. научно-практ. интернет-конференции, 2011, г. Орел.
3. Свидетельство о государственной регистрации во всероссийском фонде алгоритмов и программ.
4. John Karl-Heinz, M. Tiegelkamp. IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems. Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Tools. – Berlin: Springer-Verlag Heidelberg, 2001. – 201 p.
5. Строительные нормы и правила Российской Федерации «Отопление, вентиляция и кондиционирование» / СНиП 2.04.05.03.
6. СанПиН 2.1.2.1188-03 Проектирование, строительство и эксплуатация жилых зданий, предприятий коммунально-бытового обслуживания, учреждений образования, культуры, отдыха, спорта плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества. URL: <http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow.asp?DocumID=488> . – 15.06.2012

Погодаев Анатолий Кирьянович, д. т. н., проф., ЛипецкийГТУ, ректор, зав. кафедрой прикладной математики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, pak@stu.lipetsk.ru , (4742)328000

Блюмин Семен Львович, д. ф.-м. н., проф., ЛипецкийГТУ, профессор каф. прикладной математики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, slb@stu.lipetsk.ru , (4742)307934

Сараев Павел Викторович, к. т. н., доцент кафедры прикладной математики, ЛипецкийГТУ, декан факультета автоматизации и информатики, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, psaraev@yandex.ru , (4742)328002

Правильникова Валерия Владимировна, аспирант, ЛипецкийГТУ, факультет автоматизации и информатики, кафедра прикладной математики, 1 год обучения. 398600, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, pravilnik@mail.ru , (4742)458884

СИСТЕМА «КИАС-ПРЕДПРИЯТИЕ»

Дюков А.И., Паращенко В.Я.

Россия, Московская область, г. Истра, ОАО «НИИЭМ»

Комплексная информационно-аналитическая система (КИАС) внедренная в ОАО «НИИЭМ» – одном из предприятий Роскосмоса - современный комплекс технологически и организационно сопряженных территориально распределенных информационных ресурсов, ориентированных на обеспечение стабильной работы комплекса технических средств высокотехнологичных предприятий.

Complex information and analytical system (KIAS) introduced in JSC NIEM – one of Russian Federal Space Agency enterprises - a modern complex technologically and organizationally interfaced territorially distributed information resources focused on ensuring of stable work of a complex of means of the hi-tech enterprises.

Снижение доли энергопотребления в стоимости наукоемкой продукции с использованием технологий энергосбережения являются в настоящее время весьма актуальной задачей для высокотехнологичных предприятий.

Наличие высокотехнологичного оборудования на предприятии накладывает на инженерные службы ответственность не только за его эффективное использование, но и поддержание инфраструктуры предприятия в работоспособном состоянии при минимальной затрате ресурсов.

Однако при принятии о внедрении энергосберегающих технологий многие руководители не обладают информацией о состоянии инфраструктуры предприятия, о затратах на ее содержании.

Зачастую особенно при переходе предприятия от одного собственника к другому полностью или теряется информация о его инфраструктуре.

Для обоснованного принятия решения о внедрении энергосберегающих технологий необходимо провести ряд мероприятий, а именно:

- паспортизацию инфраструктуры и оборудования предприятия;
- оценка состояния инфраструктуры и оборудования предприятия;
- планирование.

Для реализации этих мероприятий необходимо иметь инструментарий, который бы позволил не только их реализовать, но и дать возможность отслеживать жизненный цикл комплекса технических средств предприятия.

Комплексная информационно-аналитическая система (КИАС) - разработанная авторами и внедренная в ОАО «НИИЭМ» – одном из предприятий Роскосмоса - современный комплекс технологически и организационно сопряженных территориально распределенных информационных ресурсов, ориентированных на обеспечение стабильной работы комплекса технических средств высокотехнологичных предприятий.

Реализация единой технической политики на предприятии, в том числе по вопросам функционирования и развития комплекса технических средств, их содержанию и ремонту объектов, входящих в его состав, значительно облегчается при использовании технологически и организационно сопряженных территориально распределенных информационных ресурсов.

Специализированное программное обеспечение - комплексная информационно-аналитическая система является как раз тем программным продуктом, который позволяет осуществлять координацию, анализ деятельности эксплуатационных подразделений организации и работы подрядчиков, оперативный контроль технического состояния и эксплуатации комплекса технических средств предприятия.

Экономический эффект от использования системы на предприятии складывается из нескольких составляющих: это и значительное сокращение трудозатрат на подготовку исходных данных для принятия управленческих решений, и преодоление сложностей с получением оперативных и достоверных сведений о состоянии инфраструктуры предприятия, что позволяет оптимизировать заказ оборудования и комплектующих; и оперативность передачи информации, снижающая влияние человеческого фактора, что ведет к уменьшению времени простоев оборудования и отключений потребителей.

Паспортизация	Диспетчеризация	Обслуживание	Анализ
Планирование (ППР)	Регистрация заявок, выполненных работ	Хроника изменений в инфраструктуре	Состояния инфраструктуры, работы служб, стратегическое планирование

Алгоритм работы системы прост и понятен:

Объектами автоматизации в системе КИАС являются как процессы управления комплексом технических средств предприятия в целом (технологические, организационные, управленческие), так и деятельность отдельных инженерных систем, входящих в его состав:

- системы водоснабжения,
- водоотведения,
- теплоснабжения,
- энергоснабжения,
- связи,
- видеонаблюдения,
- управления доступом и охранной сигнализацией,
- кондиционирования,
- пожарной сигнализации.

Система КИАС обеспечивает информационную, технологическую, техническую, организационную интеграцию информационных ресурсов (ИР), консолидируя полученные из различных ИР данные в соответствии с объектной (информационной) моделью интеграции.

Система разделена на функциональные группы модулей, каждая из которых обеспечивает решение следующих задач:

1. Паспортизация объектов: технических средств, сетей, зданий и сооружений.
2. Регистрация событий (неисправностей, плановых и аварийных работ) по месту и времени.
3. Регистрация выполненных работ и принятых мер по зарегистрированным событиям.
4. Разработка годовых и месячных графиков ППР.
5. Анализ работы комплекса технических средств, сервисных служб и сторонних организаций (подрядчиков), обслуживающих инфраструктуру предприятия.

Система работает в архитектуре клиент - сервер включает в себя:

- сервер работы с графическими данными,
- сервер баз данных,
- «толстого» клиента.

Для решения задач ввода, редактирования, отображения и анализа информации в условиях соблюдения регламента доступа (обеспечение защиты от несанкционированного доступа и копирования) в состав системы входят программные модули:

- визуализации графической информации,
- ввода и редактирования графической информации,
- кодирования графической информации на основе объектов или событий,
- получения информации по объектам и событиям, связанные с графической основой.

Графическая основа - это планы территорий предприятия, обособленных территорий, технологические схемы, однолинейные электрические схемы.

Отличительная особенность КИАС - возможность получения полной информации (паспортных данных, учетной информации, текущих характеристик, сведений о проведении ППР, нормативах ремонта и событиях) по каждому объекту учета непосредственно с плана территории или технологической схемы.

КИАС предусматривает:

- расширение области использования системы в филиалах предприятия;
- расширение состава объектов и типов оборудования, обслуживаемых системой;
- включение в состав объектов и оборудования типов, имеющих особый режим обслуживания (например, метрологической поверки);

- использование картографической подосновы для таких объектов, как внутриведомственные сети (водоснабжение, канализация, энергоснабжение теплоснабжение и т. п.);

- решение задач локализации неисправностей на сетях (например, выдача диспетчеру рекомендаций по отключениям при авариях на сетях водоснабжения);

- организация мобильных рабочих мест для обеспечения доступа к информации при проведении работ на удаленных территориях;

- обмен данными с системами, используемыми на объекте (по согласованию с разработчиками внешних систем).

Абсолютная гибкость при первоначальной настройке и жесткая регламентация действий пользователей в системе, четкая система регистрации событий и действий работников предприятия по реагированию на эти события позволяют устранить основной недостаток многих информационных систем - потери актуальности информации. Так, например, в системе предусмотрен режим «Исправление ошибок ввода данных», в котором история изменений не ведется, и режим «Реконструкция», в котором накапливается история изменений (реконструкций, замен оборудования и т. п.), что позволяет не только обеспечить актуальность данных по объекту, но и анализировать историю этих изменений.

КИАС проста в эксплуатации, что позволяет организовать эффективно работающие автоматизированные рабочие места (АРМы) для всех заинтересованных специалистов.

Паращенко Валерий Яковлевич, ОАО «НИИЭМ», начальник сектора, pvj@niiem.ru, т.: +79190023265

Дюков Александр Игоревич, аспирант, ОАО «НИИЭМ», инженер, brite_niiem@mail.ru, т.: +79168434011

УДК 330.1 (470)

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н.

Россия, г. Липецк, ЛГТУ

В статье предложены возможности повышения производительности труда в организациях, эффективности грузодвижения в городах на основе коллективного природоцентрического эколого-экономического мышления и новой информационной модели управления транспортными потоками.

In the article possibilities of increase of the labour productivity are offered in organizations, to efficiency of грузодвижения in cities on the basis of the collective ecological economic thinking and new informative case frame by transport streams.

Проблема повышения производительности труда, прежде всего, связана не с новыми технологиями и оборудованием, а с неэффективным управлением, менталитетом и нерациональным коллективным (организационным) мышлением. Пока коллективное природоцентрическое эколого-экономическое сознание и мышление остаются нерациональными, производительность и эффективность будут иметь низкие уровни. Перед руководителями организаций и бизнесменами стоит задача преобразовать уже существующее нерациональное эколого-экономическое сознание, создав новое искусственное коллективное мышление. Чтобы решить эту проблему надо придать сознанию новые полезные для организации свойства.

Защита окружающей среды в условиях возрастающего синергетического эффекта техногенного воздействия автомобильного транспорта требует создания новых рычагов для восстановления экологического равновесия. Развивая транспортную отрасль, необходимо соблюдать баланс между экономическими интересами общества, с одной стороны, и степенью воздействия на окружающую среду с другой.

Современное состояние экономики и экологической ситуации требует эколого-экономического анализа взаимоотношений деятельности людей и окружающей среды, введения в практику и экономическую теорию концептуальных положений и обобщений, выражающих причинно-следственные связи между социально-экономическими и природными экологическими системами. Для ускорения решения отмеченных задач целесообразно одновременно осуществлять формирование «эколого-экономического сознания» и «эколого-экономического мышления».

Содержание процессов грузовых перевозок должны рассматриваться не только с точки зрения автотранспортного процесса, но и человека, и условий его жизнедеятельности. Поэтому предметом такого исследования, в первую очередь, должны стать природохозяйственная деятельность людей и ее естественная основа - природные ресурсы, природная среда. Их использование все более превращается в фактор определяемый уровень эффективности грузовых перевозок в регионе.

Поэтому одновременно, параллельно с новым коллективным мышлением для обеспечения эффективного и экологически улучшенного грузодвижения в городах необходимо формировать природоцентрическое эколого-экономическое сознание и мышление. В результате внедрения в организациях рациональной модели поведения, мышления появится креативная стратегия и тактика поведения и новые взаимоотношения в коллективе.

Транспортные возможности России, наряду с природными ресурсами и географическим положением, человеческим потенциалом, совокупность физических и духовных сил ее жителей, – конкурентное преимущество нашей страны. Повышение их привлекательности – задача государственная, поскольку экспорт транспортных услуг становится важной составляющей валового национального продукта. Решить эти вопросы можно при ускоренном создании единого информационного пространства (ЕИП) на базе современных ИТ-инфраструктур.

Очевидно, что для управления грузодвижением в городах необходим искусственный интеллект. Но чтобы быть по-настоящему эффективными, технологии и решения должны быть едиными для всей территории огромной страны. Одним из путей достижения эффективного и экологически улучшенного грузодвижения в городах является создание гибких (универсальных) транспортно-распределительных систем (ТРС), включающих в себя корпоративную систему управления (КСУ), позволяющую произвести выбор конкретного типа управления, оптимизировать ее реализацию по ряду критериев эколого-экономической эффективности ТРС.

Предлагается создать искусственный эколого-экономический интеллект организации в многомерном едином информационном пространстве, которое содержит подробные данные о грузопотоках, величине выбросов вредных веществ в атмосферу, основных средствах, финансовых показателях деятельности автопредприятий. ЕИП должно обеспечить информационное рациональное взаимодействие транспортных средств при перевозках, мониторинг состояния безопасности на транспорте и применение новых логистических технологий на основе системы электронного документооборота.

Новая информационная модель управления, должна иметь прозрачные каналы управления и обратной связи, а также единые для всех участников соглашений правила при выполнении и информационном описании бизнес-процессов. Это достигается созданием единой информационной среды, где бы согласованно функционировали управляющие подсистемы всех заинтересованных субъектов.

Система управления призвана обрабатывать и обобщать нормативно-справочную информацию, касающуюся городов, стран, складов, подвижного состава, грузов. Кроме того, в системе должна быть отображена информация о грузообороте, данные об основных средствах предприятия отрасли (перечень основных средств, их стоимость, износ), тарифы и сборы. Система управления грузодвижением должна содержать всю финансовую отчетность предприятий транспорта. Информация поступает непосредственно от предприятий отрасли и оперативно обновляется.

Кроме отображения статистической информации, система позволит осуществлять ее оценку, анализ, сравнение оперативных и отчетных данных, получать информацию в любом разрезе в режиме реального времени.

Синергетический эффект интегрированного планирования и управления грузодвижением предполагает получение следующих конкурентных преимуществ: прямых экономических, связанных со снижением затрат на природопользование и логистику; маркетинговых, обусловленных расширением ассортимента выпускаемой продукции; стратегических, позволяющих создать самодостаточные вертикально интегрированные холдинговые экономические структуры; инновационных, состоящих в использовании в экспертных системах технического опыта и научно-исследовательских разработок, возможности интеграции науки и производства.



Рис. 1. Концептуальная схема информационной модели управления транспортными потоками с учетом экологического фактора

Концептуальная схема информационной модели управления транспортными потоками с учетом экологического фактора представлена на рис. 1. Предполагается наличие многомерного единого информационного пространства, отражающего весь цикл грузодвижения при нормативном загрязнении окружающей среды.

ЕИП представляет собой совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие организаций и граждан, а также удовлетворение их информационных потребностей. Существенная роль в формировании ЕИП отводится созданию общенациональной телекоммуникационной сети страны, которая позволит объединить различные сети, системы и комплексы средств связи, обеспечив потребителям доступ к соответствующим территориально-распределенным информационным ресурсам, обмен информацией в режимах передачи данных и электронной почты.

Оснащение предприятий информационными системами для поддержки автотранспортного процесса выйдет на качественно иной уровень, если они объединятся в ЕИП. С помощью интеллектуальной транспортной системы возможно производить синхронное планирование и оптимизацию грузодвижения на территории пространства с учетом изменения объемов заказов на грузоперевозки в режиме реального времени.

Полученные научные результаты рекомендуются руководству организаций и предпринимателям использовать в практической деятельности,

Литература

1. Корчагин В.А. Инновационная экоэкономика: Монография-Липецк/ЛГТУ, 2010.-200с.

Корчагин Виктор Алексеевич, Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление автотранспортом» ЛипецкогоГТУ, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30.тел. 8-4742-328207.

Ризаева Юлия Николаевна, к.э.н., доцент кафедры «Управление автотранспортом» ЛипецкогоГТУ 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30.т. 8-4742-328207.
e-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

УДК 330.1 (470)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н.
Россия, г. Липецк, ЛГТУ

Рассмотрена возможность разрешения дорожной ситуации в городах на основе применения современных методов организации движения транспортных средств и пешеходов, путем разработки и внедрения интеллектуальных систем управления транспортными потоками города.

Possibility of permission of travelling situation is considered in cities on the basis of application of modern methods of organization of motion of transport vehicles and pedestrians, by development and introduction of intellectual control system by transport streams of city.

Часто возникающие транспортные пробки и задержки людей и грузов на автомагистралях с большим количеством погибших и травмированных людей, рост потребления энергетических ресурсов и негативное влияние на окружающую среду в мировой практике принято квалифицировать как стратегические проблемы национального уровня.

Решение проблем доставки грузов и пассажиров в России связаны как с недостатком мощностей транспортной инфраструктуры, так и низким уровнем организации дорожного движения. Анализ современного состояния автотранспортных систем позволяет сделать вывод: причины этих проблем связаны не только с объективным недостатком мощностей транспортной инфраструктуры, но и - в большей степени - с низким уровнем организации движения и управления транспортными потоками. Рост количества транспортных средств не позволяют полностью преодолеть разницу между пропускной способностью дорог и уровнем спроса на автомобильные перевозки, так как ввод в действие нового участка магистрали становится причиной резкого роста осуществляемых по ней перевозок (явление отложенного спроса).

В настоящее время для многих узловых объектов транспортной системы нашей страны весьма характерно несогласованное и недостаточно координируемое взаимодействие в работе автомобильного транспорта. Это, прежде всего, обусловлено негармоничным развитием взаимосвязанных инфраструктурных звеньев транспорта, стыкующихся в узлах, отсутствием у них единой информационной и нормативно-правовой базы, общих органов управления. В результате в транспортных узлах и на подходах к ним образуются сбои, заторы в продвижении транспортных потоков, масштабные простои подвижного состава, увеличиваются сроки доставки грузов, как во внутренних, так и в международных сообщениях.

Изменить ситуацию в транспортной сфере в лучшую сторону можно только в том случае, если, пытаясь решить стратегические проблемы, использовать технологии XXI века. Быстро и эффективно дорожную ситуацию в городах возможно решить только на основе применения современных методов организации движения транспортных средств и пешеходов, путем разработки и внедрения интеллектуальных систем управления (ИСУ) транспортными потоками города. Без применения компьютерных средств решить эту проблему практически невозможно.

Оно должно осуществляться системно и с опорой на четко сформулированную государственную политику. Роль прямой государственной поддержки на современном этапе развития ИСУ является определяющей. Международный опыт организации работ по развитию ИСУ подтверждает необходимость в межведомственном, междисциплинарном и мультисекторном сотрудничестве между правительственными органами всех уровней, научно-исследовательскими институтами и частным сектором.

Следовательно, назрела необходимость создания ИСУ транспортными потоками в городах с населением более 500 тыс. человек.

Ключевая цель ее создания состоит в повышении эффективности работы транспортных узлов, проявляющемся в улучшении использования транспортных средств, уменьшении себестоимости грузопереработки, в выявлении узких звеньев, лимитирующих продвижение и обработку транспортных потоков, а также разработку рекомендаций по возможному увеличению потенциала этих звеньев, предотвращению рискованных ситуаций; в эффективном взаимодействии (синхронизации) транспорта и других участников цепей поставок; оптимизации логистических транспортных цепей по доставке товаров от производителя до потребителя и их звеньев.

Важнейшей целевой функцией ИСУ, безусловно, является обеспечение такого уровня качества управления транспортными потоками, который не допускал бы убытков всех участников продвижения этих потоков в транспортных узлах.

Острота транспортных проблем, недостаток знаний о передовых информационных технологиях на транспорте вынуждают руководителей регионов искать рациональные выходы в создании автономных информационных систем вне увязки с общенациональными интересами в области ИТС, поскольку эти интересы даже не сформулированы.

Координация взаимосвязанных процессов, осуществляемая при работе ИСУ транспортными потоками в городе, должна базироваться на создании единого информационного пространства и общей интегрированной системы логистического

управления транспортными потоками. Необходимо, чтобы такая система имела интерфейсы, связывающие ИСУ в режиме реального времени со всеми пользователями.

В оперативную модель текущего состояния объекта управления нужно включить информацию о: движении подвижного состава (ПС) в регионе и ограничениях на въезд на территорию региона в связи с обстановкой; ходе погрузочно-разгрузочных работ со всех терминалов; сроках готовности отправляемых партий; готовности терминалов к приему грузов; движении автомобилей на дальних и ближних подходах и плановых сроках подачи ПС под грузовые операции; потребности в автомобильных перевозках и возможностях соответствующих транспортных систем.

Структура ИСУ должна включать элементы, отвечающие за: управление диспетчеризацией с диспетчерским центром, службой контроля за продвижением грузопотоков, подвижных транспортных единиц и состоянием инфраструктуры, отделом связи и системного администрирования; управление логистического моделирования, включая отделы разработки и реализации динамических оптимизационных моделей, логистический центр и информационного обеспечения; организационное управление, состоящее из отделов экспедирования, цифрового документооборота и взаимодействия со смежными информационными системами; административное управление, включающее традиционные подразделения, такие, как планово-экономический отдел, бухгалтерия и хозяйственный отдел.

В разделе 1.6. «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.» четко обозначена остро назревшая необходимость лучшей координации и регулирования транспортных потоков, а также формирования в крупных узлах отечественной транспортной инфраструктуры мультимодальных логистических центров, опирающихся в своей работе на единую нормативно-правовую базу и современные информационные технологии.

В современном мире продвижение ИСУ уже не является проблемой только отдельно взятой страны. Будущее национальных экономик опирается на глобальные схемы транспортировки и интеграцию транспортных услуг в мировой рынок с помощью механизмов Всемирной торговой организации.

В концептуальной схеме построения ИСУ необходимо предусмотреть организацию системной формы взаимодействия всех видов транспорта в целях эффективного использования транспортного ресурса. В концепции ИСУ, как базовом документе, нужно видение пользовательских услуг, иметь эффективную идеологию построения системы. Она определяет миссию и систему целей, структуру и этапы развития, механизмы разработки и внедрения ИСУ, адекватные механизмы привлечения частного бизнеса, ожидаемые результаты.

В Российской Федерации разработка и реализация общенациональной программы ИТС становится одной из необходимых мер для эффективного решения социальных и антикризисных проблем. Данная программа должна стать инновационным инструментом реализации «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.», стимулом развития нового сектора высокотехнологичной промышленности и конкурентоспособного бизнеса.

Программе формирования ИТС в России необходимо придать федеральный, межведомственный статус. Необходимо рассмотреть вопрос о создании при правительстве полномочных межведомственных органов и структур, ответственных за координацию деятельности, связанной с разработкой и реализацией национальной политики, архитектуры и программы развития ИТС.

При разработке концепции следует учитывать возможности и этапы развития отечественной глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, которая, являясь основой координатно-временного обеспечения Российской Федерации, уже сейчас используется в различных областях социально-экономической сферы.

С помощью ИСУ возможно сформировать единое промышленно-логистическое пространство региона, страны и эффективную систему региональной

логистики, при разработке и функционировании интегрированной промышленно-логистической инфраструктуры.

Для обеспечения системного и эффективного подхода к созданию ИСУ необходимо выполнение комплекса научных исследований, включающих в себя установление экономической целесообразности оптимальных структурных и технологических параметров создаваемого управляющего органа.

Разработка комплексной методологии взаимосвязанного решения многокритериальных задач ИСУ на основе использования возможностей базы знаний и автоматизированной системы принятия оптимальных управленческих решений, позволит качественно обрабатывать и реализовывать рациональные управляющие функции.

Литература

2. Корчагин В.А. Инновационная экоекономика: Монография. - Липецк / ЛГТУ, 2010. - 200с.

3. Корчагин В.А. Модель поиска эффективного функционирования автотранспортной социоприродоэкономической системы//Мир транспорта и технологических машин. - 2011. - № 2. - С. 25-31.

Корчагин Виктор Алексеевич, Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление автотранспортом» ЛипецкогоГТУ. 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30.тел. 8-4742-328207.

Ризаева Юлия Николаевна, к.э.н., доцент кафедры «Управление автотранспортом» ЛипецкогоГТУ. 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30.т. 8-4742-328207.
e-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

УДК 621.315.592

РЫНОК СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Степанова Е.Ю.

Россия, г. Орел, ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Рассмотрено состояние солнечной энергетики в энергобалансе развитых стран и России и перспективы ее развития.

The state of solar energy in the energy balance of developed countries and Russia and its prospects.

Обладая значительным запасом ископаемого топлива, Россия до недавнего времени не прилагала особых усилий для активного и целенаправленного энергосбережения и перехода на альтернативные источники энергии. По сравнению с другими странами она значительно отстает от них в этом направлении.

За год человечество перерабатывает объем нефти, который образовывался в течение 2 млн. лет, а за последнее столетие – больше, чем за всю цивилизацию. Экологические проблемы, рост цен на энергоносители, истощение запасов ископаемых органических видов топлива заставляют правительства многих стран об использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Энергия Солнца является одной из важнейших альтернатив углеводородным источникам, запасы которых уменьшаются с каждым годом: угля и урана хватит на 150-250, а нефти и газа – на 20-40 лет.

Количества солнечной энергии, попадающей на Землю за один час, более чем достаточно для обеспечения всех энергетических потребностей Земли за полный год [1]. Ученые утверждают, что объем солнечной энергии в год составляет приблизительно 100 трлн. т.у.т. (углеводороды всей Земли могут дать около 6 трлн. т.у.т.). Солнце заместило бы углеводородный запас за три недели. Только 1 % солнечного топлива (условного) в год, а это триллион тонн, может решить все энергетические проблемы нашей цивилизации на сотни тысяч лет.

На сегодняшний день мировой рынок альтернативной, в частности, солнечной энергетики развивается бурными темпами: на протяжении последних пяти лет он растет на 39% [2]. Такие показатели, а возможно и большие будут сохраняться, по мнению многих экспертов, не менее полутора десятков лет. Это происходит не только потому, что солнечная энергетика является одним из наиболее перспективных направлений развития возобновляемых источников энергии, но и благодаря активной государственной поддержке во многих странах. Так в Германии успешно реализована программа «1000 солнечных крыш» (1990 год), а затем и в ЕС «100 000 солнечных крыш», по итогам которых более 600 тысяч домов были оборудованы солнечными системами электро- и теплоснабжения [3], в США – «Миллион солнечных крыш». В испанской Севилье более 6000 домов питаются электричеством от громадной сорокаэтажной гелиоэлектростанции, в которой фокусируется свет из более чем 600 зеркал, площадь каждого из которых составляет 120 квадратных метров. В Португалии построили «солнечную ферму» из 52 000 солнечных батарей, общей мощностью 11 МВт, которой хватает на освещение 8000 домов. Швеция уже к 2020 году планирует полный отказ от углеводородного топлива.

В «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» отмечается, что в настоящее время Россия не представлена на мировом рынке энергетики, основанной на ВИЭ, но она не останется в стороне от развития этого перспективного направления. Буду создаваться условия для расширения производства электрической и тепловой энергии на основе ВИЭ. В разделе 7 «Инновационная и научно-техническая политика в энергетике» по направлению «Возобновляемые источники энергии и местные виды топлива» в качестве одного из приоритетных направлений научно-технического прогресса в энергетическом секторе выделены следующие:

- развитие технологий использования ВИЭ, а также многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергообеспечения потребителей в районах, не подключенных к сетям централизованного энергообеспечения;

- освоение эффективных технологий сетевого электро- и теплоснабжения на базе ВИЭ;

- отработка технологий комбинированного использования ВИЭ, а также технологий компенсации неравномерности выдачи мощности генерирующими объектами на основе энергии ветра и приливов;

- разработка и освоение технологий применения современных материалов при производстве оборудования и компонентов для генерирующих объектов на базе ВИЭ с целью снижения стоимости их строительства и повышения эффективности функционирования;

- расширение производства и использования новых видов топлива, получаемых из различных видов биомассы.

В целом в «Энергетической стратегии...» развитию ВИЭ, в том числе и солнечной, уделяется совсем мало внимания. По закону №261-ФЗ к 2020 году доля использования альтернативных источников в общем энергобалансе страны должна составлять не менее 4,5 %.

В таблице 1 показаны целевые показатели использования альтернативных источников энергии в ряде стран [4].

Таблица 1 – Доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе стран (без учета ГЭС)

Страны	Доля возобновляемых источников энергии, %	
	2010 год	Прогноз на 2020 год
Швеция	26	40
Германия	16,6	35
Канада	16	25
США	11,1	20
Япония	5,6	20
Китай	2,3	16
Украина	1,1	18
Россия	0,8	4,5

Хотя, как видно из таблицы, этот показатель весьма скромный, но российские эксперты считают, что и его будет трудно достичь.

Основными причинами, на наш взгляд, мешающими развитию и использованию альтернативных источников энергии являются:

- сырьевая направленность экономики страны;
- наличие в стране очень сильного нефтегазового лобби;
- отсутствие понимания необходимости перехода к ВИЭ.
- слабая нормативно-правовая база развития ВИЭ;
- отсутствием надежных прогнозов социально-экономического и энергетическо-го развития страны на длительную перспективу;
- слабая информированность населения и власти о преимуществах ВИЭ;
- недостаточное финансирование НИОКР в области ВИЭ.

Однако в России уже появился крупный потребитель солнечного фотоэлектричества – ГК «Олимпстрой». Для нее очень важны альтернативные источники энергии и теплоснабжения олимпийских объектов в качестве резервных. В сентябре 2010 года в Белгородской области была введена в эксплуатацию первая в России 100-киловаттная солнечная электростанция [5] (для сравнения наиболее мощные солнечные электростанции (<http://www.pvresources.com>): 214 МВт – Индия (Charanka Park); 200 МВт – США (Yuma County), 100 МВт – Украина (Перово); 80 МВт – Канада (Sarnia). . В Москве начали устанавливать светодиодные светофоры, электропитание которых осуществляется от солнечных батарей. Светодиоды обладают низким энергопотреблением, а импульсная индикация позволяет лучше идентифицировать с большого расстояния пешеходный переход и обеспечить безопасный режим движения.

Оценивая перспективность рынка солнечной энергетики, большой вклад в развитие солнечной энергетики в России вносит ОАО «Роснано». По кластеру «Солнечная энергетика и энергосбережение» [6] компания софинансирует проекты:

- Создание в России производства режущей проволоки на основе технологии плазменной модификации поверхности. Российская компания «Тервинго», рожденная в середине 2006 года для создания в России современных конкурентоспособных производств мирового уровня, реализует в ОЭЗ «Липецк» проект строительства завода по выпуску специальной высокопрочной проволоки, мощностью 10 000 тонн проволоки в год для суспензионной резки кремниевых и сапфировых кристаллов, основной сферой которых является солнечная энергетика, которая как раз и потребляет 90% всей выпускаемой в мире режущей проволоки. Уникальная российская технология плазменной модификации позволяет сформировать на поверхности проволоки нанослой толщиной 50–100 мкм, размер зерна в котором у поверхности составляет 50–100 нм. Микротвердость этого слоя в 5 раз больше, чем у обычной стали, вследствие чего ее обрывность в 2,5 раза меньше, чем у лучших мировых аналогов. Ежегодный объем продаж при выходе предприятия на проектную мощность составит 5 млрд.

рублей. Сначала основные поставки будут за рубеж, а затем планируется постепенная переориентация на внутренний рынок. Роснано софинансирует 2 млрд. руб. из 5,2 млрд. руб. общих инвестиций в проект.

- Создание производства солнечных модулей на базе технологии «тонких пленок» Oerlikon в г. Новочебоксарск (ООО «Хевел»). В рамках проекта создается предприятие полного цикла по выпуску солнечных модулей мощностью 1 000 000 солнечных модулей в год, что соответствует 130 МВт/год. В производстве будет использована в качестве базовой технология тонкопленочных фотоэлементов на основе микроморфного кремния, разработанная мировым лидером рынка солнечной энергетики — компанией Oerlikon Solar (Швейцария). Основными рынками сбыта продукции являются страны Германия, Греция, Испания и Италия. На российский рынок солнечные модули будут поступать по планам лишь в долгосрочной перспективе. Вклад Роснано - 13 525 млн. руб. из 20 128 млн. руб.

- Организация серийного производства солнечных электрических установок нового поколения с использованием нанотехнологий (ООО «Солнечный Поток», г. Санкт-Петербург) с общей установленной мощностью 75 МВт в год. Себестоимость фотоэнергоустановок составит около \$ 1,5 за Ватт установленной мощности при их объеме выпуска около 100 МВт/в год. При этих условиях обеспечивается паритет «солнечной» и сетевой электроэнергии, обусловленный уменьшением удельных материальных и энергетических затрат на производство фотоэнергоустановок за счет увеличения КПД и кратности концентрирования солнечного излучения.

- Создание первого в России крупномасштабного производства поликристаллического кремния и моносилана (ООО «Усолье-Сибирский Силикон»). На основе поликристаллического кремния производится более 80% всех солнечных элементов в мире. Основные мощности по производству поликристаллического кремния расположены в США, Японии, Германии, Италии и Китае. Моносилан также широко используется в микроэлектронике и получает все большее применение в фотовольтаике для изготовления тонкопленочных солнечных модулей. Новое производство создает сырьевую базу для дальнейшего развития российской микроэлектроники, а также станет существенным шагом на пути формирования новой отрасли российской промышленности — солнечной энергетики. Инвестиции Роснано – 7500 млн. руб., общий объем инвестиций – 20400 млн. руб.

По самым оптимистичным прогнозам, к 2020 году гелиоэнергетика будет приносить 5-25% производства энергии во всем мире. По оценкам специалистов [7] к 2100 году солнечная энергетика станет доминирующим источником энергии на планете, а аналитики Международного энергетического агентства прогнозируют, что уже к 2050 году она будет обеспечивать 20-25% мировых потребностей в энергетике. ЕС планирует уже к 2020 году довести долю возобновляемых источников энергии в европейском энергобалансе до 20%, а например, штат Калифорния – до 33%.

Россия громадная страна, где есть много труднодоступных и малонаселенных мест, в которые невозможно по экономическим причинам провести линии электропередач и обеспечить бесперебойную доставку дизельного топлива. Альтернативные источники энергии здесь могут быть незаменимыми. Актуально это и для чрезвычайных ситуаций, для служб МЧС.

Понимание того, что потенциал нефтегазовой экономики постепенно иссякает, на уровне государственной политики все же начинает формироваться. Вместе с тем, конкретные шаги и механизмы реализации ее по-прежнему отсутствуют. Запланированные индикаторы для солнечной энергетики в стране так малы, что вряд ли станут стимулом и ориентиром развития, что может привести к неизбежному и безнадежному отставанию в этой области.

Для развития ВИЭ необходима как активная государственная поддержка отрасли, должна быть разработана комплексная государственная политика, направленная на развитие использования ВИЭ, а также конкретные механизмы ее

реализации на практике. Кроме того, важно осознание самим обществом необходимости к переходу к «зеленой», чистой энергетике. Вложения в солнечную энергетiku – это вложения в конкурентоспособное будущее страны, в ее экспортные возможности, в развитие новых технологий, в новые рабочие места, в экологию, в здоровье будущих поколений.

Литература

1. <http://www.solarenergy-facts.org>.
2. Инвестиции в будущее // Нанотехнологии Экология Производство. - № 1 (14). – 2012. - С. 50-51.
3. http://www.ensav.ru/rubriki/cat_2/pub_196.
4. Вовк Д.Н. Системы электропитания на основе солнечной радиации в условиях Москвы // Энергосбережение. № 1. – 2012. С. 66-68.
5. http://www.vashdom.ru/articles/rusveter_4.htm.
6. <http://www.rusnano.com/Section.aspx/Show/25811#sun>.
7. http://www.ng.ru/energy/2011-10-11/9_sun_energy.html

Степанова Елена Юрьевна, ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», г. Орел, к.э.н.,
доцент кафедры «Государственное управление и финансы», тел. (4862) 475071,
E-mail: e15@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ № 1. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Цырук С.А., Янченко С.А. АНАЛИЗ ПОМЕХООБРАЗОВАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА.....	8
Николаев Ю.Е., Дубинин А.Б., Осипов В.Н., Мракин А.Н. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	10
Кудрин Б.И., Губанов М.М. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРМАНСКОГО ОПЫТА В ПОСТРОЕНИИ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫХ СИСТЕМ.....	13
Горшенин В.П., Шумарин В.Ф. К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ИЗОЛЯЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	16
Музалевская Г.Н., Музалевский А.А., Соболев М. В. ВЫБОР СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	20
Бадалов А.Б., Джафаров Т.Д., Калбиев Р.К., Бархалов Р.Р. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОАВТОБУСОВ.....	24
Музалевская Г.Н., Музалевский А.А., Фролова О.Н. МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ НЕРАЦИОНАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ПОТРЕБЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОССИИ.....	27
Блюмин С.Л., Погодаев А.К., Сараев П.В. АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ: НОРМАЛЬНЫЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПСЕВДООБРАЩЕНИЯ.....	29
Евсеенко П.Н. МИРОВОЙ ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	31
Чернов С.С., Евсеенко П.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В РОССИИ.....	35
Кувалдин А.Б., Лепешкин А.Р. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАГРЕВА ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ.....	41
Воробьева С.Н., Воробьев Н.П. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ УСРЕДНЕННЫХ ДАННЫХ.....	44
Воробьева С.Н., Воробьев Н.П. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ.....	47

Воробьева С.Н., Воробьев Н.П. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ОПТИМАЛЬНОМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЮ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ.....	51
Отрощенко А.А. ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	56
Лепешкин А.Р., Качанов А.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕРТОЛЕТАХ.....	59

СЕКЦИЯ №2. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ РАЗВИТИЯ

Вихров М.Е. МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ПРИ КОСВЕННОМ ПРИКОСНОВЕНИИ ПРИ ПИТАНИИ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.....	63
Пупин В.М., Закутнов В. А. ЗЕЛЕНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И СОЗДАНИЕ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.....	66
Зайцев А.И., Крысанов В.Н. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИЛОВЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	70
Шпиганович А.Н., Шпиганович А.А., Шурыгин Ю.А., Медведев С.Е. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ РАССТОЯНИЯ.....	73
Шигаев И.А., Кучин П.Г. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ И НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ.....	76
Бодрухина С.С., Давыдкина Ю.А. ВЛИЯНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ СЕТЕЙ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	79
Мещеряков В.Н., Абросимов А.С. ВЕКТОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ТОКА.....	82
Грозных В.А., Шигаев И.А. ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	84
Рыжкова Е.Н. АВАРИЙНОСТЬ В ГОРОДСКИХ КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ: АНАЛИЗ И ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ.....	87
Шпиганович А.Н., Костина И.И. ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	90
Балабин А.А., Печкарёв И.В. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ТРАНЗИТНЫМИ ПОДСТАНЦИЯМИ, ВЫПОЛНЕННЫМИ ПО УПРОЩЕННЫМ СХЕМАМ.....	93

Мещеряков В.Н., Цветков П.Е. ЭНЭРГООПТИМАЛЬНАЯ ПО МИНИМУ ТОКА СТАТОРА СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ.....	95
Устинова Е. П. ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	98
Панасюк В.Н., Парахин Ю.Н., Сухарь Г.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗЕРВНОГО И АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	101
Дерендяева Л.В. УЧЕТ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИ РАСЧЕТЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ.....	105
Бакшаева Н.С., Винокуров А.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ХАРАКТЕРНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ.....	107
Панасюк В.Н., Парахин Ю. Н., Сухарь Г.А. К ВОПРОСУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА.....	110
Басманов В.Г., Порошин Д.А. О ПРИЧИНАХ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	112
Лепешкин А.Р., Качанов А.Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КАБЕЛЕЙ И ЭНЕРГОМАГИСТРАЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	114
Суворова И.А. ПОВЫШЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В РАЙОННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ – КАК СПОСОБ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	117
СЕКЦИЯ №3. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И УСТАНОВКИ	
Птицына Е.В., Птицын Д.В., Кувалдин А.Б. К ВОПРОСУ О ПОКАЗАТЕЛЯХ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПИТАНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТОКОМ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	120
Елизаров В.А., Елизаров К.А. АНАЛИЗ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОКОВ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ДУГОЙ	123
Митяков Ф.Е., Журжи Д.П. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ВАКУУМНЫХ ПЕЧАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ С ЭКРАННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ	126
Рубцов В.П., Митяков Ф.Е. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЯМИ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ С ОГРАНИЧЕНИЕМ ТОКА	129

Бахвалов Ю.А., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В., Грекова А.Н. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ	132
Шпиганович А.Н., Ищенко А.Е. АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПЕЧНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ПОМОЩИ КРУГОВЫХ ДИАГРАММ	135
Родионов И.В., Калганова С.Г. ИНДУКЦИОННОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ОСТЕОФИКСАТОРОВ	140
Митяков Ф.Е., Потеряев К.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭПС ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА КОЛИЧЕСТВА НАГРЕВАТЕЛЕЙ ИЗ ХРОМИТА ЛАНТАНА	143
Качанов А.Н., Голда А.В., Карнаухова Л.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМЕ «ПРИМЫКАЮЩИЙ ИНДУКТОР – ПЛОСКИЙ НАГРЕВАЕМЫЙ ОБЪЕКТ» В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ELCUT	146
Кувалдин А.Б., Некрасова Н.С. ПРОГРАММА GRADIENT ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО ГРАДИЕНТНОГО НАГРЕВА	148
Васильев С. А. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ С ХОЛОДНЫМ ТИГЛЕМ	150
Бикеев, Р.А. Бланк А.В., Еремеев А.Н., Промзелев В.А. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «НЕМАГНИТНОЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ИЗДЕЛИЕ – ИНДУКТОР С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ»	153
Зацепин Е.П., Куратто П.В. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ	155
Пичугин И. Л. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА В ЭНЕРГОАУДИТЕ	158
 СЕКЦИЯ № 4. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ	
Кляйнрок И. Ю. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ НА НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ	161
Заброда О.С., Василенко Ю.В. СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПЛОСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ЗА СЧЕТ СООБЩЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТУ	164
Степанов Ю.С., Барсуков Г.В., Алюшин Е.Г. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СТРУЕЙ С НАЛОЖЕНИЕМ НАПРАВЛЕННОГО ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВДОЛЬ ЛИНИИ РЕЗА.....	166

Загрядцкий В.И., Кобяков Е.Т., Свидченко С.Ю., Харитонова Л.Г. ГЕРМЕТИЧНЫЙ ЭЛЕКТРОНАСОС ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ АГРЕССИВНЫХ ЖИДКОСТЕЙ	168
Пеньков В.Б., Иванычев Д. А. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ.....	170
Степанов Ю.С., Белкин Е.А., Поярков В.Н. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ И РАЗРАБОТКА ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	173

СЕКЦИЯ № 5. ЭНЕРГО - И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Никольский О.К., Тайсаева В.Т. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЦ	179
Титов Е.В., Мигалев И.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, СОЗДАВАЕМОГО КОМПАКТНЫМИ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ ЛАМПАМИ	181
Воробьев Н.П., Титов Е.В., Мигалев И.Е. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ	183
Титов Е.В. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ АПК	188
Мигалёв И. Е. ФОРМИРОВАНИЕ КАРТИНЫ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ИСТОЧНИКАМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ	191
Компанеев Б.С. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ	195
Никольский О.К., Сошников А.А., Еремина Т.В. ВАРИАНТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТКАХ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ	198
Воробьева С.Н., Воробьев Н.П. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЙТИНГА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	201
Воробьев Н.П., Кандрин Ю.В., Цымбалист О.В. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ И АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТРОЛИРУЕМОЙ СРЕДЫ.....	204
Воробьева С.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМЕЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ, ПО ПРИВЕДЕННЫМ ЗАТРАТАМ И ПО СРОКУ ОКУПАЕМОСТИ ПРОЕКТОВ	207

СЕКЦИЯ № 6. УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Глинкин Е.И., Чичев С.И. БИЗНЕС-ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИКА	211
Ефремов И.А., Таран А.С., Филиппова Т.А. НОРМАТИВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	214
Щербаков А.В., Старцев Е.В. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ФИЛИАЛЕ ОАО «МРСК ЦЕНТРА» - «ОРЕЛЭНЕРГО»	218
Заугольников В.Ф. ОБ УЧЕТЕ ДОГОВОРНЫХ ВЕЛИЧИН ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	220
Бухмиров В.В., Костерин А.Ю., Созинова Т.Е. ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ЭНЕРГОАУДИТОРОВ И ЭНЕРГОМЕНЕДЖЕРОВ В ИВАНОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	223
Комаристый А.С., Комаристая Л.С., Молоканов Е.Е. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	226
Комаристый А.С., Комаристая Л.С., Молоканов Е.Е. К ВОПРОСУ О СОСТАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ НА ПРОВЕДЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	228
Бельчикова Е.С. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ	231
Погосян А.М. ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЕ КОНТРАКТЫ: ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ	235
Иванов Д. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ КОНВЕЙЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	238
Казанов М.С. ПРИМЕНЕНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ	242
Наумов Е.И. ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В 2012 ГОДУ	245
Лемешко Н.О., Слугина С.В. ЭНЕРГОЕМКОСТЬ КАК ОТРАЖЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ	251
Воробьева С.Н., Воробьев Н.П. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ НАЛИЧИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АЛТАЙСКОМУ РЕГИОНУ	256
Зайцева Ю.С., Перминов А.Ю., Фоменко Н.С. ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЙ КОНТРАКТ. ТРЕБУЕТСЯ ИНВЕСТОР.....	258

СЕКЦИЯ № 7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Глинкин Е.И. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ	261
Глинкин М.Е., Глинкин Е.И. СПОСОБ И СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВОЙНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ	265
Костроминов А. М., Варис К. В., Шишков Н. А. СИСТЕМА БЕСКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЯ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ	269
Лапшин А.А., Лапшина Ю.Е., Бодрухина С.С. СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ	272
Маркова Н. Н. ТРЕХМЕРНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕРМОПАРА.....	274
Георгиевский А. Е. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЫ АСУ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ	277
Егоров М. С. РЕГУЛИРОВАНИЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛЮМИНИСЦЕНТНЫХ ЛАМП С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	280
Пеньков В.Б, Саталкина Л.В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕКУРСИВНОГО МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМА ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ	282
Фролов С.В., Дубровин В.В., Коробов А.А. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРА SMART	285
Пеньков В.Б, Саталкина Л.В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ РЕКУРСИВНОГО МАТРИЧНОГО АЛГОРИТМА ОРТОГОНАЛИЗАЦИИ	288
Погодаев А.К., Блюмин С.Л., Сараев П.В., Правильникова В.В. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ПОМЕЩЕНИИ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА	291
Дюков А.И, Паращенко В.Я. СИСТЕМА «КИАС-ПРЕДПРИЯТИЕ»	294
Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ	297
Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ	300
Степанова Е.Ю. РЫНОК СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	303

Для заметок

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ XXI ВЕК

**МАТЕРИАЛЫ ДЕСЯТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ИНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦИИ**

01 марта – 30 июня 2012

Материалы конференции подготовлены ГУ «Орловский региональный центр
энерго-сбережения и кафедрой «Электрооборудование и энергосбережение»
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

Компьютерная верстка и оригинал-макет А.В. Голда

Материалы конференции печатаются в авторской редакции

Госуниверситет – УНПК

Лицензия ИД № 00670 от 5.01.2000 г.

Подписано в печать _____ Формат 60x84 1/8

Печать офсетная. Усл. п. л. ____ . Тираж 500 экз.

Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе Госуниверситет – УНПК
302030 г. Орел, ул. Московская, 65