621.3.054

**ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ВДОЛЬ ЛИНИИ 110 кВ**

**Кожинова Е.А., Компанеец Б.С.**

*РФ, г. Барнаул, АлтГТУ им. И. И. Ползунова*

*В данной статье рассмотрено функционирование электрической сети 110 кВ, а именно как изменяется напряжение вдоль линии, а также способы его увеличения или снижения. Выполнен расчет влияния компенсирующих устройств на уровень напряжения в конце и его изменения вдоль линии, с учетом различных режимов работы.*

***Ключевые слова****: потери напряжения, падение напряжения, регулирование напряжения, компенсирующие устройства.*

В Алтайском крае протяженность воздушных линий напряжением 110 кВ более 7 тысяч километров, это около 10% от общей протяженности линий электропередач во всем крае. Для уменьшения потерь электроэнергии используют линии высокого напряжения. Важно обратить внимание на то, что помимо потерь электроэнергии, происходит падение напряжение.

В нормальной ситуации величина напряжения у потребителя находится в допустимых пределах, но возникают случаи, когда напряжение начинает отклоняться свыше допустимых параметров. Такие случаи можно разделить на два типа:

a) Снижение напряжения на конце линии. Данная ситуация возникает при больших нагрузках и малом напряжении линии в начале линии. В этом случае, из-за потери напряжения, напряжение на конце линии может оказаться ниже допустимого значения. Для его стабилизации применяют устройства компенсации или изменение коэффициента трансформации. Но данный способ имеет свои ограничения, а именно небольшой диапазон повышения напряжения. В данном случае могут помочь продольной компенсации.

b) Повышение напряжения на конце линии. Данная ситуация возникает при высоких напряжениях в начале линии и отсутствии нагрузки (режим ХХ). Такое происходит из-за избыточной реактивной мощности которую она сама линия начинает генерировать, падения напряжения из-за нагрузки нет, то напряжение на конце линии начинает повышаться. Решение этой проблемы возможно за счет применения компенсирующих устройств, таких как реакторы, синхронные компенсаторы.

Рассмотрим данные ситуации на примере линии 110 кВ. На рисунке 1 изображено изменение напряжения вдоль линии 110 кВ, протяженностью 100 км, без компенсирующих устройств.

а) б)

Рисунок 1 – Изменение напряжения вдоль линии 110 кВ: а) при нагрузке, б) в режиме ХХ

Для наглядности изменения напряжения вдоль линии, линия была разбита на 20 участков длиной по 5 км. Это позволяет наблюдать как именно ведет себя напряжение в линии на всей ее протяженности.

Напряжение в конце линии изменяется независимо от режима работы. При нагрузке напряжение вдоль линии уменьшается, так как часть напряжения тратиться на сопротивление проводов.В режиме холостого хода напряжение на конце линии увеличивается за счет емкостного эффекта. Производителям электроэнергии приходиться как-то решать проблему изменения напряжения, так как потребителям нужно поставлять качественную электроэнергию, соответствующую требованиям. Если не решать данную ситуацию, то она приведет к убыткам как потребителей, так и производителей, вторых в большей степени. Одним из способов решения является установка компенсирующих устройств, которые нормализируют значение напряжения в конце линии.Под компенсирующими устройствами понимаются электроустановки, предназначенные для компенсации реактивных параметров сети и реактивной мощности, потребляемой нагрузками и элементами электрической системы.

Компенсирующие устройства в зависимости от назначения делятся на две группы: поперечной компенсации и продольной компенсации.

Поперечная компенсация реактивной мощности, заключается в параллельном подключении компенсирующих устройств. При её использовании достигается уменьшение значения суммарного тока, за счет реактивной составляющей, при этом коэффициент мощности увеличивается.

Повышение коэффициента мощности нагрузки с помощью источников реактивной мощности позволяет увеличить пропускную способность линий, повысить активную нагрузку трансформаторов без увеличения их полной мощности. Так же происходит снижение потерь активной мощности и повышение уровня напряжения в сети.

При продольной компенсации реактивной мощности конденсаторы включают последовательно с нагрузкой. Продольная компенсация обеспечивает снижение падения напряжения, а также автоматическое регулирование напряжения в зависимости от тока нагрузки.

Основные типы компенсирующих устройств:

* Батареи статических конденсаторов;
* Фильтрокомпенсирующие устройства;
* Синхронные компенсаторы;
* Синхронные двигатели.

Используя компенсирующие устройства поперечной компенсации, мы можем получить нормальное напряжение как в начале, так и в конце линии. При этом напряжение по длине линии будет меняться согласно графикам на рисунке 2.

а) б)

Рисунок 2 – Изменение напряжения вдоль линии 110 кВ при поперечной компенсации: а) режим ХХ, б) при нагрузке

На рисунке 3 приведены графики изменения напряжения вдоль линии с использованием устройств продольной компенсации. Для наглядности изменения напряжения устройство было установлено в начале линии на втором участке.

а) б)

Рисунок 2 – Изменение напряжения вдоль линии 110 кВ при поперечной компенсации: а) режим ХХ, б) при нагрузке

При использовании компенсирующих устройств поперечной и продольной компенсации напряжение в конце линии близко к номинальному, находиться в допустимых пределах отклонения. Обратим внимание на то, что в центральных точках линии напряжение может отличаться от номинального на несколько процентов. При увеличении протяженности линии и/или увеличении нагрузки это отклонение может достигать величин, превышающих допустимые значения. При продольной компенсации происходит большой скачек напряжения в месте установки устройства. Для устранения данной проблемынеобходимо применение других способов регулировки напряжения, так как применение компенсирующих устройств решает только одну проблему, изменения напряжения в конце линии. Вдоль линии напряжение все также меняется. Это изменение ограничивает протяженность линий, заставляет устанавливать промежуточные подстанции, чтобы в конечном итоге потребитель получил электроэнергию, соответствующую всем требованиям.

Список литературы

1. Шульга, К. С. Сравнение основных типов компенсирующих устройств / Молодой ученый. – 2016. – №12. – С. 449-453. – URL: <https://moluch.ru/archive/116/31791/>. – Текст : электронный.

2. Костенко, М. П. Электрические машины : учеб. пособие для электроэнерг. и электротех. специальностей вузов, часть 1 / М. П. Костенко, Л. М. Пиотровский . – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Ленинград : Энергия, 1972. – 554 с. – Текст : непосредственный.

3. Вунивере.ру. Учебные материалы для студентов : сайт . – URL: <https://vunivere.ru/work9730>. – Текст : электронный

4. Школа для электрика : сайт. – URL: <http://electricalschool.info/main/elsnabg> . – Текст :электронный.

5. Щеглов, Г. А. Компенсация реактивной мощности и ее польза . – Ханты-Мансийск : [сборник тезисов VII региональной молодёжной конференции им. В. И. Шпильмана "Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири"](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38572514), 2019. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38573138> (дата обращения 26.05.2020). – Текст :элекронный.

**Кожинова Елизавета Андреевна,** студент АлтГТУ им И. И. Ползунова, e-mail: [lea.ef@mail.ru](mailto:lea.ef@mail.ru), телефон 89627944399

**Компанеец Борис Сергеевич,** кандидат технических наук,доцент кафедры ЭПБ,АлтГТУ им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, e-mail: [kompbs@mail.ru](mailto:kompbs@mail.ru), телефон 89132533850

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Voltage change along the line 110 kV**

**Kozhinova E.A., Kompaneets B.S.**

*Russia, the city of Barnaul, Altai State Technical University named after I. I. Polzunov*

*This article discusses the functioning of a 100 kV electrical network, namely, how the voltage along the line changes, as well as ways to increase or decrease it.The calculation of the effect of compensating devices on the voltage level at the end and its changes along the line, taking into account various operating modes, has been performed.*

***Key words:*** *voltage loss, voltage drop, voltage regulation, compensating devices.*

Bibliografy

1. Shulga, KS Comparison of the main types of compensating devices / Young scientist. - 2016. - No. 12. - S. 449-453. - URL: https://moluch.ru/archive/116/31791/. - Text: electronic.

2. Kostenko, M.P. Electric machines: textbook. manual for electric power. and electrical. specialties of universities, part 1 / M. P. Kostenko, L. M. Piotrovsky. - Ed. 3rd, rev. and add. - Leningrad: Energy, 1972 .-- 554 p. - Text: direct.

3. Wunivere.ru. Study materials for students: website. - URL: https://vunivere.ru/work9730. - Text: electronic

1. School for an electrician: website. - URL: http://electricalschool.info/main/elsnabg. - Text: electronic.

5. Shcheglov, GA Compensation of reactive power and its benefits. - Khanty-Mansiysk: collection of theses of the VII regional youth conference named after V. I. Shpilman "Problems of rational nature management and the history of geological prospecting in Western Siberia", 2019. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38573138>. - Text: electronic.

**Kozhinova Elizaveta Andreevna**, student of Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, e-mail: lea.ef@mail.ru, phone 89627944399

**Kompaneets Boris Sergeevich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of EPB, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, e-mail: [kompbs@mail.ru](mailto:kompbs@mail.ru), phone 89132533850