УДК 621.3:001.893

**Моделирование гармонического состава**

**входного тока светодиодных светильников.**

**Цырук С.А., Янченко С.А.**

*Россия, Москва, НИУ «МЭИ»*

Рассмотрены наиболее распространенные топологии бытовых светодиодных ламп, получены Simulink-модели, позволяющие рассчитывать гармонический спектр входного тока светодиодных светильников. Сравнение теоретических результатов с экспериментальными измерениями показывает адекватность полученных моделей.

Popular topologies of LED lamps are considered, Simulink-models are derived, that enable calculation of harmonic current spectrum of LEDs. Comparison of modeling results with the measurements shows good model’s validity.

Использование светодиодов в качестве источников освещения – относительно новая технология, однако единственной причиной, сдерживающей их широкое распространение на рынке, является более высокая цена в сравнении с компактными люминесцентными лампами. Повышенная энергоэффективность, улучшенные световые характеристики и долговечность делают светодиодные лампы логичным выбором для электроосвещения. Вместе с тем использование источников вторичного электропитания для работы светодиодных ламп вызывает нелинейность их вольт-амперной характеристики, и, как следствие, несинусоидальность входного тока. Среди последствий повышенного гармонического состава тока в бытовых распределительных сетях перегрев нейтрального проводника, разрушение конденсаторных батарей за счет резонанса на частотах высших гармоник, износ электрооборудования. Учитывая государственное стимулирование перехода на энергосберегающее освещение, а значит, дальнейший рост доли нелинейных нагрузок, возникает необходимость в исследовании гармонической эмиссии светодиодных светильников.

Обобщенная схема светодиодного светильника (рисунок 1) состоит из фильтра электромагнитных помех (ЭМП), мостового выпрямителя со сглаживающим конденсатором, некой схемы коррекции коэффициента мощности (ККМ), высокочастотного (ВЧ) преобразователя, обеспечивающего стабилизацию тока питания светодиода. С точки зрения генерации высших гармоник интерес представляют мостовой выпрямитель и схема ККМ, в то время как ВЧ преобразователь и светодиод в установившемся режиме можно заменить активным сопротивлением или постоянной нагрузкой.

Ug

ККМ

Мостовой выпрямитель

Фильтр

ЭМП

ВЧ преобразователь

Рисунок 1 - Обобщенная схема светодиодного светильника.

Обзор различных топологий светодиодных ламп, доступных в настоящее время, выявил две основные группы, включающие светильники малой (~3 Вт) и средней (~10 Вт) мощности. Для светодиодных ламп из этих групп экспериментально были получены кривые входного тока при различных уровнях несинусоидальности напряжения питания, которые затем сравнивались с результатами моделирования.

На рисунке 2 показана схема светодиодной лампы мощностью 3.5 Вт, состоящая из мостового выпрямителя со сглаживающим конденсатором Сf, ВЧ преобразователя и нагрузки, которые замещаются активным сопротивлением RL. Особенностью данной схемы является питание через конденсатор Ca, который улучшает гармонический состав кривой входного тока и одновременно ухудшает cosφ [1].

Сравнение результатов Simulink-моделирования и экспериментальных данных приведено на рисунке 3.



Рисунок 2 – Simulink-модель светодиодной лампы мощностью 3.5 Вт.

Рисунок 3 – Сравнение моделирования и экспериментальных результатов

для светодиодной лампы 3.5 Вт при синусоидальном и

несинусоидальном напряжении питания.

На рисунке 4 показана схема светодиодной лампы 9.5 Вт, состоящая из сглаживающей индуктивности L, токоограничивающего сопротивления R1, мостового выпрямителя, схемы ККМ с заполнением впадины тока, включающей конденсаторы Ca, Cf1 и Cf2, а также защитное сопротивление R2; и ВЧ преобразователя с нагрузкой, которые замещаются управляемым источником тока IL. Величина тока IL определяется потребляемой мощностью светодиода (0.9Pном) и напряжением на выходе выпрямителя. Схема ККМ с заполнением впадины тока позволяет значительно снизить несинусоидальность кривой входного тока за счет более продолжительного интервала зарядки конденсаторов Cf1 и Cf2. В то же время в кривой выходного напряжения присутствует значительная колебательная составляющая [2].

Сравнение результатов Simulink-моделирования и экспериментальных данных приведено на рисунке 5.



Рисунок 4 – Simulink-модель светодиодной лампы мощностью 9.5 Вт.

Рисунок 5 – Сравнение моделирования и экспериментальных результатов

для светодиодной лампы 9.5 Вт при синусоидальном и

несинусоидальном напряжении питания.

Полученные адекватные Simulink-модели наиболее распространенных светодиодных светильников позволяют рассчитывать спектры входного тока как отдельных электроприемников в квартире, так и крупных совокупностей в рамках осветительной сети офисного здания.

Литература.

1. Redl, R.; Balogh, L., "Power-factor correction in bridge and voltage-doubler rectifier circuits with inductors and capacitors," Applied Power Electronics Conference and Exposition, 1995. APEC '95. Conference Proceedings 1995., Tenth Annual , vol., no.0, pp.466,472 vol.1, 5-9 Mar 1995.

2. Spangler, J.; Behera, A.K., "Power factor correction techniques used for fluorescent lamp ballasts," Industry Applications Society Annual Meeting, 1991., Conference Record of the 1991 IEEE , vol., no., pp.1836,1841 vol.2, Sept. 28 1991-Oct. 4 1991.

**Цырук Сергей Александрович**, к.т.н., доцент, зав. кафедры «ЭПП» НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, [TsyrukSA@mpei.ru](mailto:TsyrukSA@mpei.ru), 8 495 362 73 86.

**Янченко Сергей Александрович**, к.т.н., вед. инженер кафедры «ЭПП» НИУ «МЭИ», 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14, [Yanchenko\_SA@mail.ru](mailto:Yanchenko_SA@mail.ru), 8 495 362 73 86.