

*Елисеева Анастасия Александровна, старший преподаватель
кафедры «Физики, электротехники и электроэнергетики»*

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ

Россия, г. Пятигорск

Палий Владимир Алексеевич, старший преподаватель

кафедры «Физики, электротехники и электроэнергетики»

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ

Россия, г. Пятигорск

Щикунов Николай Николаевич, студент 4 курса

кафедры «Физики, электротехники и электроэнергетики»

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ

Россия, г. Пятигорск

ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП

Аннотация: В статье авторы пытаются выделить основные качества энергосберегающих ламп и увеличения срока службы.

Ключевые слова: КЛЛ, энергосберегающие лампы, старение изоляции.

Annotation: In the article, the authors try to highlight the main qualities of energy-saving lamps and increasing their service life.

Key words: КЛЛ, энергосберегающие лампы, старение изоляции.

Для внедрения в энергосберегающие технологии новые лампы должны обладать как минимум двумя основными качествами: быть надежными и сравнительно недорогими. В последнее время в продаже можно встретить компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) с гарантийным сроком 0,5–1,5 года. Возьмем средний срок в 1 год и попробуем посчитать, какова должна быть предельная стоимость такой лампы, для того чтобы она стала привлекательной

для покупателя. С этой целью сравним два варианта: первый – с применением ламп накаливания, второй – с применением КЛЛ. Для сравнения воспользуемся известной формулой срока окупаемости:

$$T = (K_2 - K_1) / (Z_1 - Z_2),$$

где T – срок окупаемости;

K_1 и Z_1 – капитальные затраты и годовые издержки по 1-му варианту;

K_2 и Z_2 – то же по 2-му варианту.

Годовые издержки выразим через стоимость потребленной электроэнергии:

$$T = (K_2 - K_1) / [(P_1 - P_2) \cdot t \cdot c_3],$$

где P_1 и P_2 – мощность ламп в 1-м и во 2-м вариантах, Вт;

t – годовое число часов работы ламп;

c_3 – стоимость электроэнергии, руб./Вт·ч.

Считая, что при одном и том же световом потоке активная электрическая мощность КЛЛ в 5 раз меньше мощности ламп накаливания, получаем, что одна лампа КЛЛ мощностью 30 Вт заменяет две лампы накаливания мощностью по 75 Вт. Стоимость одной лампы накаливания примем в 10 руб. Тогда $K_1 = 20$ руб. Другие исходные данные: $P_1 = 150$ Вт, $P_2 = 30$ Вт, $t = 1600$ ч, $c_3 = 2 \cdot 10^{-3}$ руб./Вт·ч.

При гарантийном сроке эксплуатации КЛЛ 1 год стоимость её приобретения должна окупаться заметно раньше, в противном случае процесс замены ламп пойдет слишком медленно. Поэтому примем срок окупаемости $T = 0,7$. Из (2) найдем K_2 :

$$K_2 = 0,7(P_1 - P_2)t \cdot c_3 + K_1, \text{ тогда}$$

$$K_2 = 0,7(150 - 30)1600 \cdot 2 \cdot 10^{-3} + 20 = 248,8 = 250 \text{ руб.}$$

Это предельная стоимость КЛЛ мощностью 30 Вт, при которой можно ожидать, что процесс замены пойдет успешно. Для КЛЛ мощностью 15 Вт цифра будет соответственно меньше, т.е. = 125 руб.

Требования к качеству электроэнергии в сетях общего назначения в нашей стране определяет ГОСТ 13109-97.

Согласно ему, влияние нелинейной нагрузки на качество электроэнергии в системах электроснабжения определяется коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения в точках общего присоединения K_{Ui} , а также коэффициентом n -й гармонической составляющей напряжения.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_{Ui} определяется формулой:

$$K_{Ui} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)i}^2}}{U_{ном}} \cdot 100$$

где $U_{(n)i}$ – напряжение n -й гармоники: $U_{(n)i} = I_{(n)i} \cdot X_{(n)i}$;

где $I_{(n)i}$ – ток n -й гармоники,

$X_{(n)i}$ – результирующее сопротивление в точке общего присоединения на частоте n -й гармоники.

Допустимые значения K_{Ui} для сетей напряжением 0,38 кВ составляет 8 %, для сетей 6–10 кВ – 5 %. Значения коэффициента n -й гармонической составляющей напряжения для сетей напряжением 0,38 кВ составляют для 2-й, 3-й, 5-й гармонических соответственно 2 %, 5 % и 6 %. Таким образом, ГОСТ не требует полной компенсации токов высших гармонических. Допустимые величины этих токов должны определяться соответствующим расчетом по приведенным в ГОСТ формулам. Для выполнения расчетов необходимо знать характеристику сети, мощность нелинейной нагрузки и процентное содержание гармонических составляющих в её токе. Отсюда следует, что данные по гармоническому составу тока КЛЛ необходимо исследовать, а также изучать его изменение по мере суммирования нагрузки на разных ступенях системы электроснабжения.

Из теории и практики расчета фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) для снижения уровня токов высших гармонических известно, что при наличии большого количества мелких и разнотипных потребителей с нелинейной нагрузкой гораздо экономичнее применение групповых ФКУ, чем индивидуальных.

Индивидуальные ФКУ значительно удорожают стоимость отдельного электроприемника с нелинейной нагрузкой. В то же время при сложении нелинейных нагрузок относительная величина потребной мощности ФКУ заметно сокращается. Таким образом, необходимость применения сложных ФКУ в каждой КЛЛ весьма сомнительна. Более того для тех потребителей, у которых доля осветительной нагрузки достаточно мала, специальные ФКУ могут не потребоваться.

Существует мнение, что в результате замены ламп высшие гармонические токи, создаваемые КЛЛ, увеличат потери мощности в питающей сети. Предположим, что питающий трансформатор был загружен на 70 % его мощности. При этом нагрузка электроосвещения составляла 80 % от общей нагрузки, т.е.

$$S_{\text{осв}} = 0,7 \cdot 0,8 = 0,56 S_{\text{н.тр.}}$$

Прочая нагрузка составит:

$$S_{\text{пр}} = 0,7 - 0,56 = 0,14 S_{\text{н.тр.}}$$

При замене ламп накаливания на КЛЛ нагрузка электроосвещения уменьшится в 4–5 раз и составит $S_{\text{осв}} = 0,8/4 = 0,2 S_{\text{н.тр.}}$. Допустим, что дополнительные потери мощности в трансформаторе от токов высших гармонических составят 30 % от мощности КЛЛ, что можно учесть увеличением нагрузки КЛЛ $S_{\text{осв}} = 0,2 \cdot 1,3 = 0,26 S_{\text{н.тр.}}$. При этом общая нагрузка на трансформатор составит $S_{\Sigma} = 0,14 + 0,26 = 0,4 S_{\text{н.тр.}}$.

Поскольку нагрузочные потери в трансформаторе пропорциональны коэффициенту его загрузки в квадрате, то общие потери после замены составят $(0,4 / 0,7)^2 = 0,33$, т.е. уменьшатся в 3 раза. Другой вопрос, что при выборе мощности вновь устанавливаемых трансформаторов для питания электроосветительной нагрузки, состоящей преимущественно из КЛЛ, требуется более осторожный подход. Разработчики и изготовители электрооборудования должны учитывать возможность наличия в сетях высших гармонических токов и напряжения, допускаемых ГОСТ 13109-97.

Такие же рассуждения можно провести и для проводов, кабелей и других

элементов сети. Как правило, вновь проектируемые сети имеют довольно большой запас сечения по отношению к длительно допустимому току, что обуславливается необходимостью учета взаиморезервирования между отдельными фидерами, условиями термической стойкости, допустимой потери напряжения.

Говоря о старении изоляции электропроводки в результате воздействия токов высших гармонических, нельзя упускать из виду и их абсолютную величину, которая, как правило, весьма незначительна по отношению к тому току основной частоты, на который провода и кабели рассчитаны. Кроме того, предметный разговор о влиянии токов высокой частоты КЛЛ на старение изоляции электрооборудования можно вести лишь после исследования гармонического состава токов в групповых и распределительных сетях, питающих КЛЛ.

Использованные источники:

1. С.В. Матящук Комментарий к Федеральному закону "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ" / С.В. Матящук. - М.: Юстицинформ, 2011. - 208 с.

2. Арутюнян, А.А. Основы энергосбережения: моногр. / А.А. Арутюнян. - М.: Энергосервис, 2014. - 600 с.

3. Булатов, И.С. Пинч-технология. Энергосбережение в промышленности / И.С. Булатов. - М.: Страта, 2012. - 148 с.