УДК 621.311.004.12 (075.8)

АНАЛИЗ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, А.В. Бакулин, Н.А. Хребтов, В.В. Павлинов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор Д.Ю. Муромцев

Ключевые слова и фразы: гармоники; качество электрической энергии; компактные люминесцентные лампы; электрические сети.

Аннотация: Приведен анализ влияния работы люминесцентных ламп на возникновение гармоник тока и напряжения.

Обозначения: K_U – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %; $K_{U(n)}$, $K_{I(n)}$ – коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения и тока соответственно, %; $U_{(n)i}$, $I_{(n)i}$ – действующее напряжение и ток n-й гармоники в i-м наблюдении соответственно, В, А; U_{1i}, I_{1i} – действующее напряжение и ток n-й гармоники прямой последовательности основной частоты в i-м наблюдении соответственно, В, А.

Снижение уровня высших гармоник в электрических сетях является важной частью проблемы качества электрической энергии (**КЭ**). За последние годы большое развитие получили технологии, основанные на использовании управляемых выпрямителей, что привело к увеличению гармоник тока в сетях. В электрических сетях напряжением до 1 кВ основными источниками высших гармоник (**ВГ**) являются газоразрядные лампы, сварочные аппараты, вычислительная техника, вентильные преобразователи. Суммарная мощность нелинейных нагрузок может составлять 60–80 % от мощности всей нагрузки. Непрерывный рост установленной мощности нелинейных, несимметричных и резкопеременных нагрузок не

Кобелев Александр Викторович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматизация», директор НОЦ «Региональных проблем энергетики и энергосбережения»; Кочергин Сергей Валерьевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматизация», e-mail: sv.kochergin@rambler; Бакулин Анатолий Викторович – аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматизация»; Хребтов Никита Александрович, Павлинов Владимир Викторович – студенты, ТамбГТУ, г. Тамбов

сопровождается своевременным внедрением решений, направленных на коррекцию КЭ.

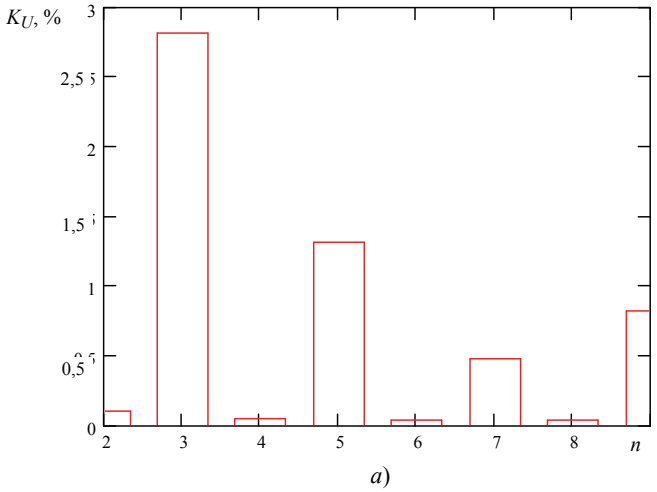
Согласно Федеральному закону № 261-ФЗ от 23.09.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности…», предприятия и организации обязаны переходить на новые энергосберегающие технологии. На смену лампам накаливания приходят компактные люминесцентные (CFL – Compact Fluorescent Lamps) и светодиодные лампы. Люминесцентные лампы производят яркий дневной свет, который не утомляет глаза, создает комфорт и уютную атмосферу, при минимальном тепловыделении. Экономия электроэнергии достигает 80 %, и все это при довольно длительном сроке службы. Однако системы зажигания современных люминесцентных ламп изменили картину формы тока и напряжения в электросетях. Проведенные исследования на шести CFL испытательной лабораторией качества электрической энергии при ТГТУ (ИЛ КЭ) доказывают это утверждение [1].

На рисунке 1 показано распределение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения и тока в зависимости от номера гармоники, n, %:

$$K_{U(n)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_{U(n)i}\right)^2}{N}} \quad \text{и} \quad K_{I(n)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_{I(n)i}\right)^2}{N}};$$

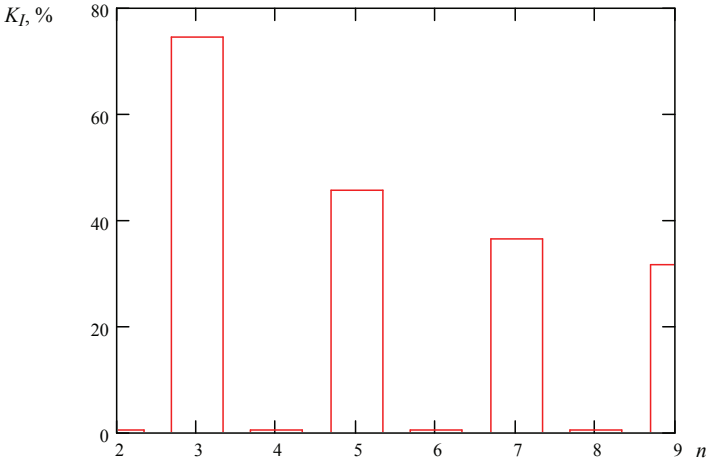
$$K_{U(n)i} = \frac{U_{(n)i}}{U_{1(i)}}100 \quad \text{и} \quad K_{I(n)i} = \frac{I_{(n)i}}{I_{1(i)}}100.$$

Согласно полученным данным в гармонических составляющих напряжения и тока преобладают нечетные гармоники. Особенно искажается кривая тока. Величина третьей гармоники тока достигает 74 % от основной частоты тока. Величина третьей гармоники напряжения не превышает нормально допустимых значений 5 % в сети напряжением 0,38 кВ. Однако тенденция вызывает опасения.



а)

Рис. 1. Спектральное представление гармонических составляющих:
а – напряжения



б)

Рис. 1. Продолжение: *б* – тока

Полученные данные (рис. 2) показывают, что даже незначительное увеличение потребляемой активной мощности газоразрядными лампами вызывает возрастание коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения K_U. С целью прогнозирования увеличения K_U было получено выражение, отражающее характер изменения K_U в функции потребляемой активной мощности P

$$K_U(P) = \frac{5{,}78 \cdot 10^4 + 3{,}42P^{2{,}91}}{2{,}4 \cdot 10^4 + P^{2{,}91}}.$$

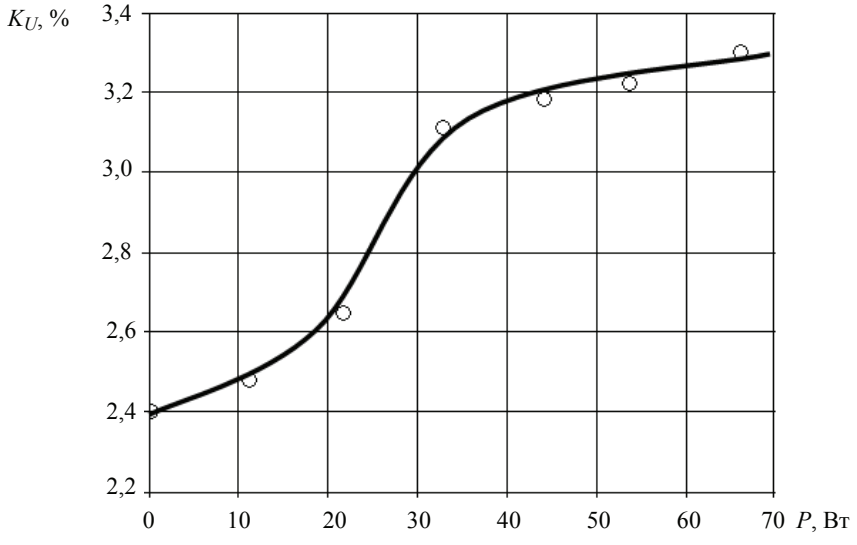


Рис. 2. Зависимость коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения от потребляемой мощности люминесцентных ламп

Опасностью является то, что гармоники, кратные третьей в трехфазных цепях, сдвинуты на 360° друг к другу, совпадают по фазе, образуют нулевую последовательность и суммируются в проводнике нейтрали

$$I_N = 3\sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \ldots}\,.$$

В результате, с учетом того, что они составляют большую долю в действующем значении фазных токов, общий ток в нейтрали может превышать фазные токи.

Таким образом, рост использования люминесцентных ламп в качестве энергосберегающих источников света может привести к серьезным проблемам в надежности электроснабжения. В этой связи энергоснабжающим организациям необходимо предусмотреть меры по снижению уровня гармоник. В научной сфере актуально провести детальные исследования влияния бытовых электроприемников на качество электрической энергии как непосредственно в точке потребления, так и внесение этого искажения в городские системы электроснабжения.

Список литературы

1. Петухов, В. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / В. Петухов // Новости электротехники. – 2009. – № 5. – С. 59.

2. Григорьев, О. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев // Новости электротехники. – 2002. – № 6. – С. 18–19.

3. Кобелев, А.В. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения / А.В. Кобелев, А.А. Зыбин // Вест. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 187–191.

The Analysis of High Voltage and Current Harmonics when Using Compact Fluorescent Lamps

A.V. Kobelev, S.V. Kochergin, A.V. Bakulin, N.A. Khrebtov, V.V. Pavlinov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: compact fluorescent lamps; electric network; harmonics; power quality.

Abstract: The paper presents the analysis of the impact of fluorescent lamps on the occurrence of harmonic currents and voltages.

© А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, А.В. Бакулин, Н.А. Хребтов, В.В. Павлинов, 2011