

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. Муromцев

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@gambler; 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 , %:

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

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

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.

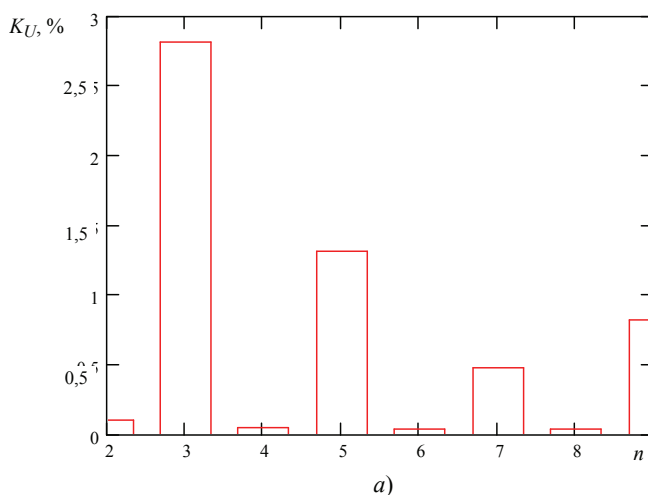


Рис. 1. Спектральное представление гармонических составляющих:
а – напряжения

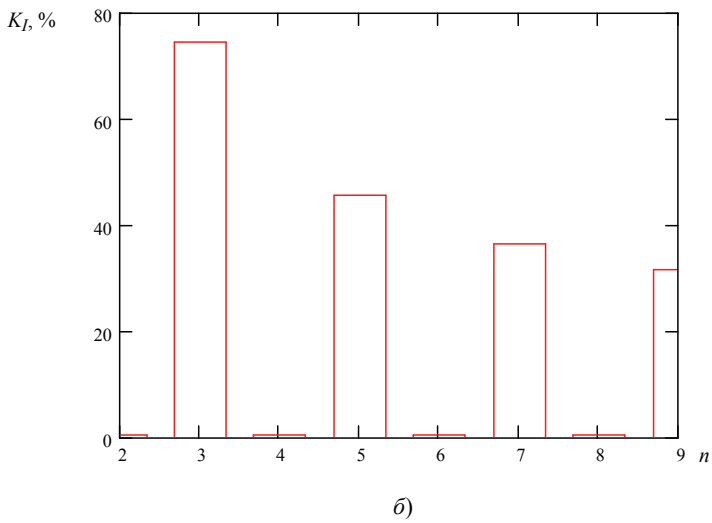


Рис. 1. Продолжение: б – тока

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

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

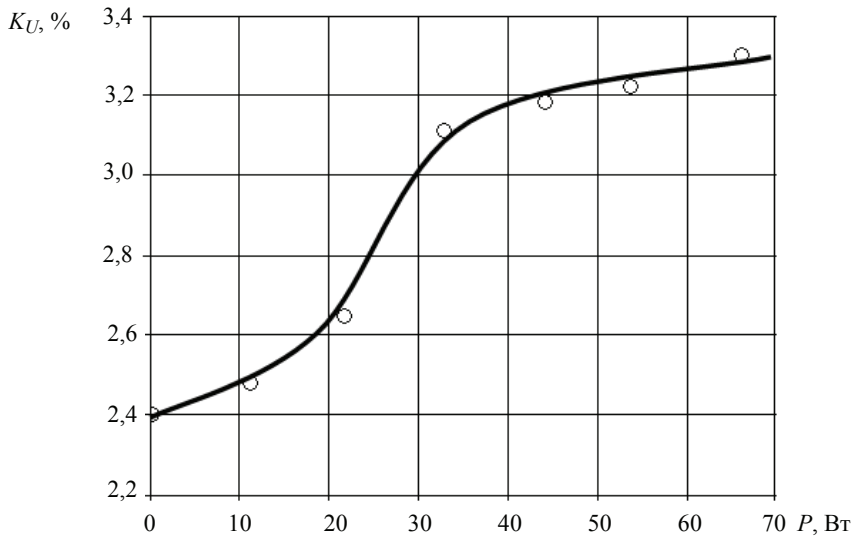


Рис. 2. Зависимость коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения от потребляемой мощности люминесцентных ламп

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

$$I_N = 3\sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}$$

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