

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В. Ф. Калинин, С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин

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

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

Ключевые слова и фразы: гармоники тока и напряжения; городские системы электроснабжения; качество электрической энергии.

Аннотация: Представлены причины увеличения уровня гармоник и коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения в электрических сетях. Описаны исследования, проведенные Испытательной лабораторией качества электрической энергии при Тамбовском государственном техническом университете на одной из подстанций города. Оценено влияние ухудшения качества электрической энергии на энергоэффективность и надежность городских сетей электроснабжения. Освещены вопросы целесообразности поддержания уровня качества электрической энергии, прогнозирования роста высших гармоник тока и напряжения. Описаны физические процессы, вызывающие рост высших гармоник тока.

Происходящие в данный момент преобразования в городских системах электроснабжения требуют серьезного рассмотрения вопросов качества электроэнергии (КЭ), под которым понимается степень соответствия ее параметров установленным значениям ГОСТ Р 54149–2010. Поддержание КЭ в электросетевой структуре – не только экономический вопрос замены физически устаревшего оборудования, установки компенсирующих устройств, фильтров и т.д., но и техническая оценка состояния электросетевого хозяйства по степени влияния на других потребителей тех или иных источников искажения КЭ.

Важными вопросами КЭ на современном этапе являются:

- анализ причин возникновения гармоник напряжения и тока в городских системах электроснабжения;
- количественная оценка высших гармоник тока, генерируемых различными нелинейными нагрузками;

Калинин Вячеслав Федорович – проректор по кадровой и молодежной политике; Кочергин Сергей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика»; Кагдин Алексей Николаевич – аспирант кафедры «Электроэнергетика», e-mail: lexey90@yandex.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

- прогнозирование увеличения значений высших гармоник тока и напряжения в электрических сетях;
- оценка влияния гармоник на потери электроэнергии и экономический ущерб;
- снижение уровней высших гармоник.

Возникновение гармоник связано с использованием электрооборудования со встроенными импульсными источниками питания, представляющими собой нелинейные нагрузки (компьютерная техника, бытовая электроника, энергосберегающие лампы), сопротивление которых изменяется с течением времени [1 – 3]. Ток, потребляемый этими источниками, имеет ярко выраженный импульсный характер, что объясняется схемными особенностями импульсных источников питания, а именно наличием сетевого выпрямителя (диодного моста) и сглаживающего емкостного фильтра. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вентили диодного моста скачкообразно меняют свое сопротивление от бесконечности до определенного малого значения. Подобный характер изменения сопротивления вентиля равносителен включению или отключению им нагрузки. Таким образом, периодическое включение и отключение приводят к появлению коротких импульсов потребляемого тока и искажению формы кривой синусоидального тока.

К последствиям гармоник тока, которые влияют на энергоэффективность работы электрических сетей, можно отнести:

- потери в линиях электропередач;
- дополнительные потери в силовых трансформаторах (вплоть до выхода из строя);
- снижение коэффициента мощности электроустановок.

Проведенные исследования Испытательной лабораторией качества электрической энергии при ТГТУ на одной из подстанций города показали, что в вечернее время с 20:00 – 23:00 резко увеличивается коэффициент искажения синусоидальной кривой напряжения K_U (рис. 1) и достигает 8 % (нормально допустимого значения по ГОСТ). Это вызвано включением домашней бытовой техники (нелинейной нагрузки). Дальнейшее использование бытовой техники без применения мер по снижению гармоник может привести к превышению K_U порога в 10 %.

Согласно [4], предприятия и организации обязаны переходить на новые энергосберегающие технологии. На смену лампам накаливания приходят компактные люминесцентные и светодиодные лампы. Люминес-

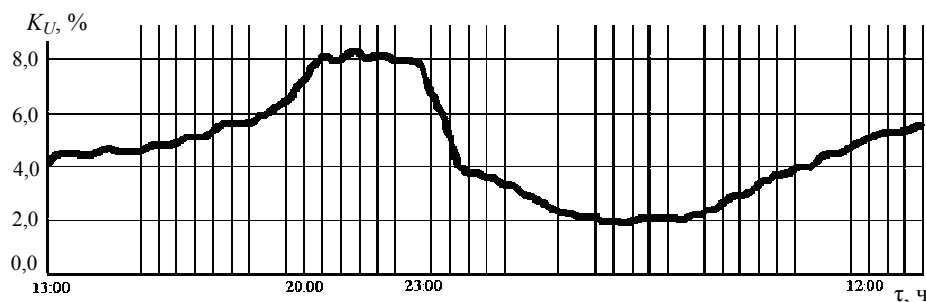


Рис. 1. Изменение коэффициента искажения синусоидальной кривой напряжения

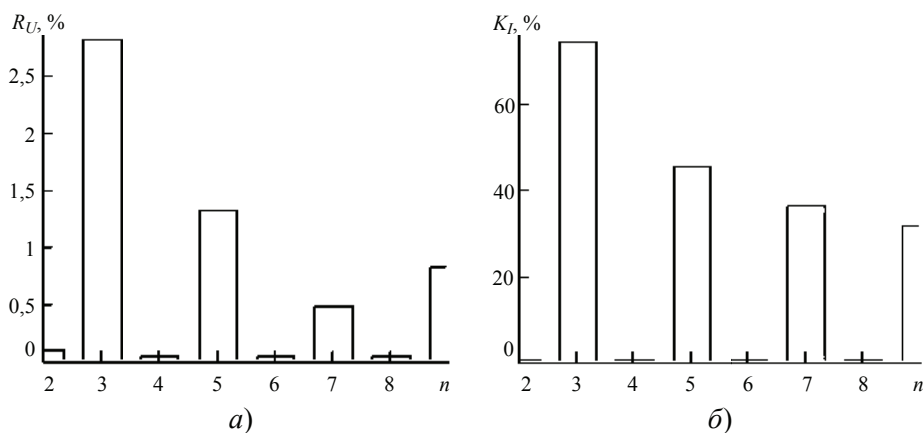


Рис. 2. Спектральное представление гармонических составляющих напряжения (а) и тока (б)

центные лампы производят яркий дневной свет, который не утомляет глаза, создает комфорт и уютную атмосферу, при минимальном тепловыделении [5]. 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 [6]. Проведенные исследования шести люминесцентных ламп доказывают это утверждение (рис. 2, а).

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 (рис. 2, б). Известно, что гармоники, кратные третьей, в трехфазных цепях сдвинуты на 360° друг к другу, совпадают по фазе, образуют нулевую последовательность и суммируются в проводнике нейтрали. В результате, с учетом того, что они составляют большую долю в действующем значении фазных токов, общий ток в нейтрали может превышать фазные токи. Например, при фазных токах равных 37 А, ток нейтрали составляет 55 А при частоте, равной 150 Гц [1]. Увеличение тока в нулевом проводе вызывает дополнительные потери электроэнергии как в проводниках, так и в трансформаторах: потери короткого замыкания трансформатора зависят от величины тока в нулевом проводе [2].

Таким образом, в настоящее время при строительстве объектов необходимо рассматривать вопрос влияния характера нагрузки потребителей на качество электрической энергии.

Список литературы

1. Петухов, В. С. Энергосберегающие лампы как источник гармоник тока / С. В. Петухов // *Новости электротехники*. – 2009. – № 5(59). – С. 64 – 66.
2. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ / О. Григорьев [и др.] // *Новости электротехники*. – 2002–2003. – № 6(18)–1(19). – С. 18–19.
3. Кобелев, А. В. Современные проблемы высших гармоник в городских системах электроснабжения / А. В. Кобелев, А. А. Зыбин // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 187 – 191.
4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федера-

ции : федер. закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/12171109/> (дата обращения: 16.09.2014).

5. Капустин, В. М. Компьютеры и трехфазная электрическая сеть / В. М. Капустин, А. А. Лопухин // СТА: Современные технологии автоматизации. – 1997. – № 2. – С. 104 – 108.

6. Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижения потерь в сетях 0,4 кВ / А. Сердешнов [и др.] // Новости электротехники. – 2005. – № 1(31). – С. 14–15.

References

1. Petukhov V.S. *Novosti elektrotekhniki*, 2009, no. 5(59), pp. 64-66.

2. Grigor'ev O., Petukhov V., Sokolov V., Krasilov I. *Novosti elektrotekhniki*, 2002-2003, no. 6(18)-1(19), pp. 18-19.

3. Kobelev A.V., Zybin A.A. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 187-191.

4. <http://base.garant.ru/12171109/> (accessed 16 September 2014).

5. Kapustin V.M., Lopukhin A.A. STA: Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii, 1997, no. 2, pp. 104-108.

6. Serdesnov A., Protosovitskii I., Leus Yu., Shumra P. *Novosti elektrotekhniki*, 2005, no. 1(31), pp. 14-15.

The Influence of the Nature of the Load on the Quality of Electric Energy

V. F. Kalinin, S. V. Kochergin, A. N. Kagdin

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: electrical network; power systems; quality of electric energy.

Abstract: The paper considers the causes of the increase in the level of harmonics and sine wave distortion factor of the voltage curve in power networks. It describes the studies conducted by the Testing laboratory of the quality of electric energy of Tambov State Technical University at one of the city substations. It estimates the impact of the deterioration of the quality of electricity in the energy efficiency and reliability of the city's power supply networks. The paper discusses the questions: the feasibility of maintaining the level of quality of electricity, forecasting of the growth of higher harmonics of current and voltage, describes the physical processes causing the growth of higher harmonics.

© В. Ф. Калинин, С. В. Кочергин, А. Н. Кагдин, 2014