

371-metodika-rascheta-vybrossov-parnikovyykh-gazov. Ссылка активна на 18.10.2020.

3. Кундас С.П., Позняк С.С., Шенец Л.В. Возобновляемые источники энергии // Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. С. 390.

4. Лукутин Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. С. 187.

УДК 621.317.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

¹Альзаккар Ахмад Мухаммед-Насер, ²Местников Николай Петрович,
³Алхадж Фoad Хассан

¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

²ФГБОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
г. Якутск, Россия

³ФГБОУ ВО «Институт физико-технических проблем Севера СО РАН», г. Якутск
ahmadalzakkar86@gmail.com, sakhasase@bk.ru

В статье рассмотрены проблемы об ухудшении показателей качества электроэнергии в питательных сетях (по ГОСТ 3214420-13), вносимые электроустановками с цифровыми блоками питания (ЦБП), в частности от системных блоков компьютеров и светодиодных ламп различных типов и технических характеристик. Для решения данной задачи была разработана методика по изучению спектрального состава токов и напряжений с использованием высокоточных приборов, как РМ175, Metrel 2592 и Metrel 2892, фиксирующие более 80-ти параметров качества электроэнергии. Основное направление экспериментов было направлено на такие показатели качества электроэнергии: коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения; гармонические составляющие напряжения; гармонические составляющие тока и напряжения до 50-й включительно.

Ключевые слова: показатель качества электроэнергии, цифровой блок питания, светодиодная лампа, высшие гармоники.

STUDY OF INCREASING THE QUALITY OF ELECTRIC POWER BY USING NON-CONVENTIONAL POWER SUPPLIES

Alzakkar Ahmad Mohammed-Nasser, Mestnikov Nikolai Petrovich, Alhaj Foad Hassan

In article the problems about deterioration in indicators of quality electric power network's (in accordance with GOST 3214420-13) brought by electro installations with the digital power supply, in particular from power supply computer's and LED lamp's of various

types and technical characteristics are considered. The method studying of spectral structure current and voltage with devices PM175, Metrel 2592 and Metrel 2892 fixing more than 80 parameters quality of the electric power has been developed for the solution of this task. The main direction experiments has been directed to such indicators power quality: Distortion factor of the non sinusoidal voltage and current; Total harmonic current (THDi) and voltage (THDu) distortion and unbalance factor of return voltage (current) sequence up to the 50th inclusive.

Keywords: Power quality, digital power supply, LED lamp, harmonics.

На рис.1 приведена [2] классическая структурная схема импульсного источника питания с мостовым выпрямителем и входной емкостью

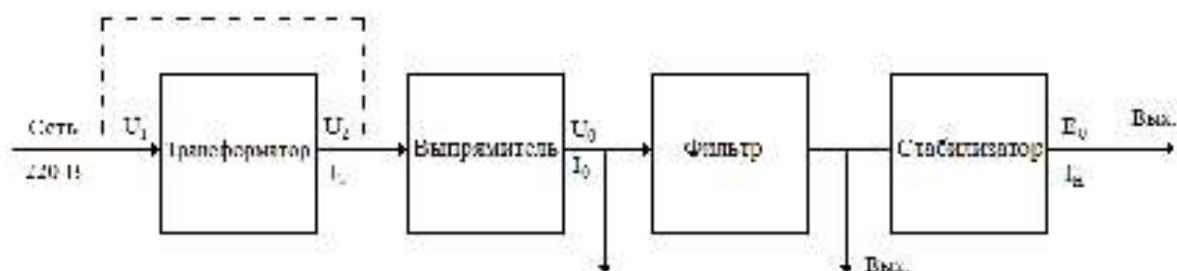


Рис. 1. Структурная схема импульсного источника питания

На рис. 2 представлена [3] осциллограмма тока потребления светодиодных ламп с разными драйверами промышленного производства.

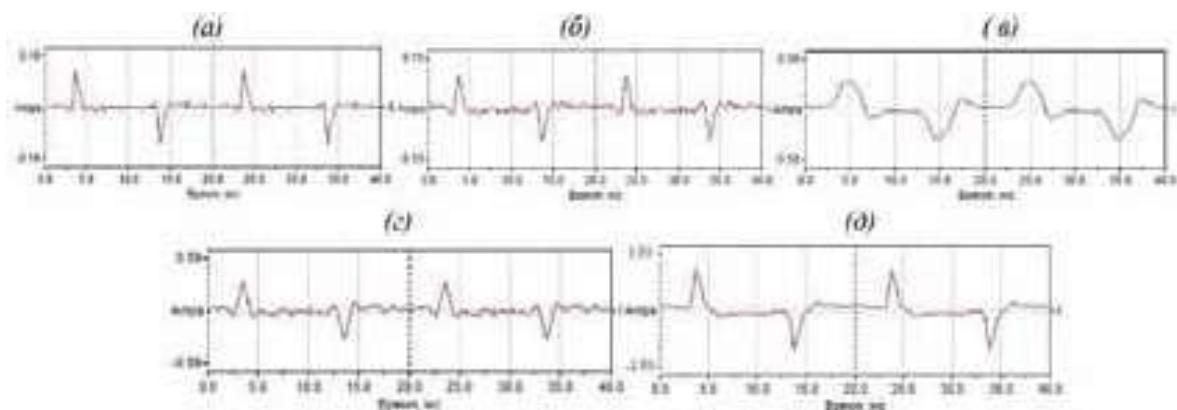


Рис. 2. Осциллограмма тока потребления светодиодных ламп:
а- ЭРА 8 Вт; б-Philips 7 Вт; в- iEK 10 Вт; г- Osram 8 Вт; д- Всех ламп

Как видно из осциллограммы ток потребления представляет периодическую несинусоидальную функцию.

Пусть задан периодический сигнал с периодом T . Выберем в качестве базисных систему ортогональных тригонометрических функций (1); $\cos(\alpha t); \sin(\alpha t); \cos(2\alpha t); \sin(2\alpha t); \dots \cos(n\alpha t); \sin(n\alpha t)$

Интервал ортогональности совпадает с периодом функции и равен

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (1)$$

При этом ряд Фурье в тригонометрической форме запишется следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} f(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega_1 t) + b_n \sin(n\omega_1 t)) \\ f(t) &= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(n\omega_1 t + \psi_n) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}, \psi_n = \arctg\left(\frac{a_n}{b_n}\right), \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} a_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos(n\omega_1 t) dt \\ b_n &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(n\omega_1 t) dt \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Функция $f(t)$ представлена в виде суммы гармонических колебаний с разными частотами.

Наименьшая частота $\omega_1 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)$ – это частота первой гармоники.

Говорят, что осуществлено спектральное разложение этого сигнала. Отдельные гармонические компоненты сигнала образуют его спектр. Совокупность величин $A_n = A(n\omega_1)$ и $\psi_n = \psi(n\omega_1)$ называются соответственно амплитудным и фазовым частотными спектрами периодической функции $f(t)$.

Причем ГОСТ 3214420-13 суммарное гармоническое искажение.

$$\left. \begin{aligned} \text{THD}_i &= \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \cdot 100\% \\ \text{THD}_u &= \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2}}{U_1} \cdot 100\% \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где k – порядковый номер гармоники; U_k, I_k – действующее значение k -й гармоники.

Другой характеристикой несинусоидальности формы кривой служит коэффициент n-й гармонической составляющей

$$\text{THD}_{n,U} = \frac{U_n}{U_1} \cdot 100\% \quad (6)$$

Таким образом, для оценки коэффициентов, определяющих несинусоидальность периодических кривых, необходимо знать спектральный состав несинусоидальных токов и напряжений. Кроме того, проблемы оценки качества электроэнергии в распределительных сетях, выявления гармонического состава и разработки методов компенсации гармоник напряжения являются актуальными.

Таблица 1

Сравнительный значения гармонических составляющих напряжений

Типы приборов	Гармонический состав напряжения (в % к фазному току)						
	3	5	7	9	11	13	THD _U (%)
Osram 4 Вт	1,7	0,7	0,2	0,8	0,2	0	2,1
Osram 6 Вт	1,8	0,7	0,4	0,9	0	0,2	2,3
Osram 8 Вт	0,5	0,8	0,5	0	0	0,3	1,2
Osram 10 Вт	1,6	0,3	0,5	0,8	0	0,5	2
Phillips 4 Вт	1,5	0,8	0,2	0,3	0	0,1	1,21
Phillips 5 Вт	1,4	0,9	0	0	0	0	0,95
Phillips 7 Вт	2	0,5	0,3	0	0	0	1,2

Таблица 2

Результаты измерения тока в нулевом и фазном проводе

Типы приборов	Значения измерения тока в нулевом и фазном проводе		
	В нулевом проводе	В фазном проводе	Соотношение I ₀ /I _Ф
Osram 4 Вт	0,004	0,011	0,40
Osram 6 Вт	0,009	0,023	0,38
Osram 8 Вт	0,007	0,041	0,18
Phillips 4 Вт	0,002	0,027	0,06
Phillips 5 Вт	0,002	0,032	0,07
Phillips 7 Вт	0,003	0,039	0,07

Рекомендовано, что в электрических сетях имеющие [4] светодиодных ламп различных типов и техническими характеристиками необходимо о соответствующем выборе фильтра по поддержанию качества электроэнергии и надежности систем электроснабжения [5].

Показано, что коэффициент искажения синусоидальности кривой тока превышает допустимый стандарт ГОСТ 3214420-13, даже с полностью симметричными нагрузками. Это явление приводит к значительному увеличению активных потерь по сравнению с использованием идеального синусоидального режима. Кроме того, обнаружено появление четных гармонических составляющих от светодиодных ламп различной мощности и фирм, приводит к существенному росту тока в нулевом проводе.

Литература

1. ГОСТ 3214420-13 «нормы качественной электрической энергии в системах общего назначения».
2. Ванг Ю., Хуанг Я., Вонг В. и др. Светодиодный драйвер на основе конвертера класс-Е. IEEE // Известия по промышленности, Май–Июнь 2016. Том. 52, №. 3, С. 2618–2626.
3. Власов А.Б., Ремезовский В.М., Мухалев В.А. Контроль качества электрической энергии на подстанциях морского порта. Вестник АГТУ, Серия: Морская техника и технология, Февраль 2017. № 1. С. 108–115.
4. Дубинин В.В., Попов А.Н. Контроль показателей качества электроэнергии в промышленных электрических сетях // Ползуновский Вестник, 2013. № 4-2. С. 66–71.
5. Кук В., Коббен Д-Ф.Г., Клинг В.Г. и др. Анализ факторов разнесения, применяемых к ограничениям гармонической эмиссии для энергосберегающих ламп, 14-я Международная конференция по гармонизации и качеству энергии, 2010. С. 1–6.

УДК 628.9.041.4

ПРИМЕНЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Баширов Азамат Анзоревич, Казмирук Лев Олегович,
Сандаков Виталий Дмитриевич
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
Bu-bu-bu-bu@mail.ru, lev.kazmiruki@mail.ru, Vitalysandakov@gmail.com

Для полноценного развития растениям необходим свет. Он может быть разной интенсивности, разной длины волны. Благодаря вычислению и применению наилучших