

пряжения при применении высокоомного резистора заземлении нейтрали составляет 0,354 с.

Значения кратности и длительности протекания перенапряжений

Вид сети	K_{Π} , о. е.	T_{Π} , с
Сеть с изолированной нейтралью	2,57	0,427
Сеть, заземленная через резистор, рассчитанный по общей методике	2,247	0,364
Сеть, заземленная через низкоомный резистор	2,282	0,366
Сеть, заземленная через высокоомный резистор	2,212	0,354

Таким образом, с помощью компьютерного моделирования в программном комплексе NI Multisim 14.0 проведен ряд экспериментов, в ходе которых получены осциллограммы переходных процессов при замыкании фазы на землю в сети 10 кВ при различных режимах работы ее нейтрали. Наибольшие кратности перенапряжений наблюдались в сети с изолированной нейтралью $K_{\Pi} = 2,57$. Применение резистивного заземления нейтрали позволило снизить кратность перенапряжения до 2,247. Также уменьшилась и длительность протекания перенапряжения с 0,427 с до 0,364 с.

Применение низкоомного и высокоомного резистора также уменьшили величину перенапряжения и составили: при низкоомном резистивном заземлении нейтрали: $K_{\Pi} = 2,282$, при высокоомном: $K_{\Pi} = 2,212$.

Применение резистивного заземления нейтрали при однофазном замыкании на землю уменьшает уровень перенапряжения, тем самым уменьшая вероятность повреждения изоляции кабелей.

Литература

1. Титенков, С. С. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю / С. С. Титенков, А. А. Пугачев // Энергоэксперт. – 2010. – № 2. – С. 18–25.
2. Добродей, А.О. Дуговые и коммутационные перенапряжения в электрических сетях : пособие по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети» днев. формы обучения / А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 110 с.
3. Методические указания по заземлению нейтрали сетей 6–35 кВ через резистор: СТП 09110.20.187-09 Белэнерго, 2009. – 69 с.

УДК 621.317.353.018.3

ПОКАЗАТЕЛИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА SPO-6-36-4K-P

Т. В. Алферова, О. Г. Широков, И. Д. Костюченко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрены показатели несинусоидальности тока и напряжения при работе светодиодного светильника SPO-6-36-4K-P. Дано определение коэффициента гармонических составляющих тока и напряжения.

Ключевые слова: светодиодные источники света, коэффициенты гармонических составляющих тока и напряжения.

CURRENT AND VOLTAGE NON-SINUSOIDALITY INDICATORS DURING OPERATION OF LED LIGHT SOURCES

T. V. Alfyorova, O. G. Shirokov, I. D. Kostuchenko

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The indicators of non-sinusoidality of current and voltage during operation of LED light sources are considered; determination of the coefficient of harmonic components of current and voltage.

Keywords: LED light sources, harmonic coefficient of current and voltage.

При разработке новых проектных решений по строительству и модернизации электроустановок, проектировщики не всегда учитывают показатели нелинейных характеристик драйверов светодиодных светильников, наличие в них гармонических составляющих тока и напряжения, генерации реактивной мощности в сеть, наличие импульсных токов в момент пуска и влияние данных факторов на электромагнитную совместимость. Известны случаи, когда при включении осветительной нагрузки возникали радио и электромагнитные помехи. Как правило, блоки питания светодиодных светильников не удовлетворяли требованиям нормативной технической документации. К сожалению, в настоящее время многие поставщики и начинающие разработчики пренебрегают требованиями к электромагнитной совместимости [1].

Экспериментальная часть выполнялась на базе «Комплекса регистрации параметров электрических сигналов» (КРПЭС). КРПЭС – прибор, построенный на основе персонального компьютера по модульному принципу, и предназначенный для регистрации мгновенных значений напряжений и токов в распределительных устройствах. Схема определения влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии, представлена на рис. 1, где ТТ – измерительный трансформатор тока; ИПТ – измерительный преобразователь тока; ИПН – измерительный преобразователь напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

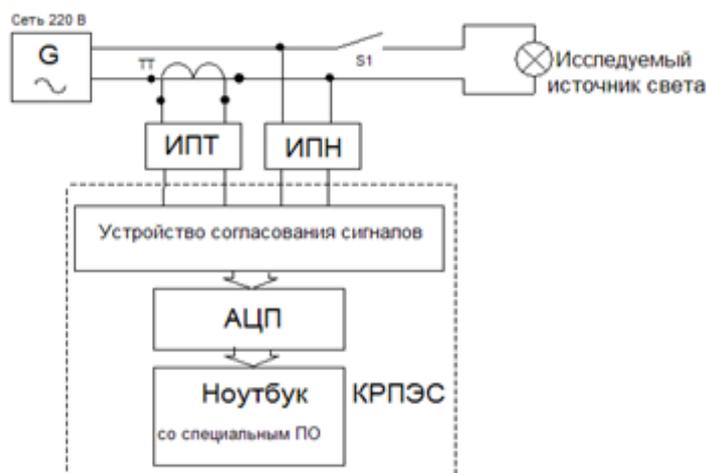


Рис. 1. Схема определения влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии

50 Секция 5. Энергосберегающие технологии и альтернативная энергетика

Рассмотрим уровень несинусоидальности светодиодного светильника SPO-6-36-4К, который предназначен для административных зданий.

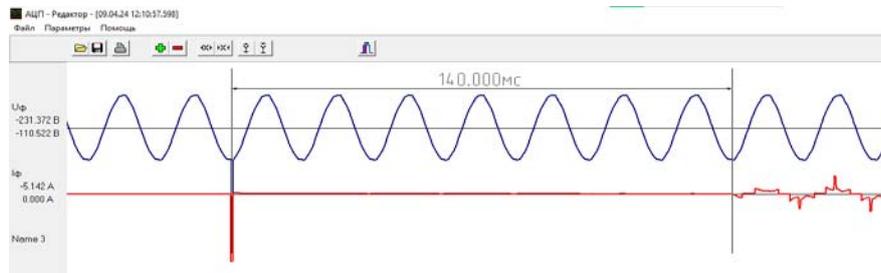


Рис. 2. Осциллограмма тока и напряжения при включении светодиодного светильника SPO-6-36-4К-Р

На рис. 2 при включении на осциллограмме виден импульс тока, а также длительная пауза в 140 мс из-за коммутационных воздействий, происходящих при включении устройства напрямую вилкой в сеть. Поэтому, в случае подключения светильника вилкой, одним из решений является применение сетевых фильтров, в которых есть кнопка-выключатель, позволяющая производить включение в сеть с минимальными коммутационными воздействиями.

На светодиодном светильнике SPO-6-36-4К-Р имеется 4 светодиодных полосы. Таким образом достигается форма с наименьшим искажением синусоидальности питающего тока. Длительность включения приведена на рис. 3. Работа светильника достаточно плавная: без искажений и без пульсаций, заметных глазу.

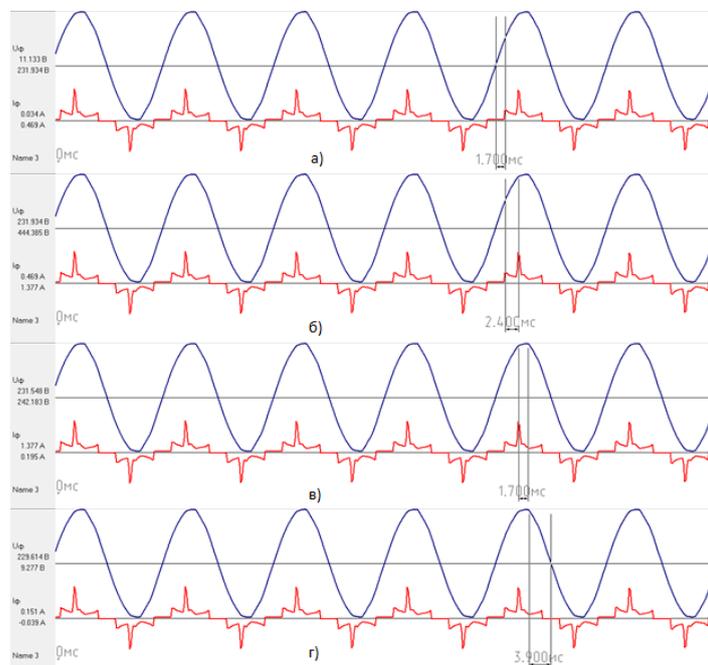


Рис. 3 Осциллограмма тока и напряжения при установившемся режиме работы светильника SPO-6:

а – включение 1-й полосы; б – включение 2-й полосы;
в – включение 3-й полосы; г – включение 4-й полосы

Сравнение измеренных значений коэффициентов гармонических составляющих напряжения и тока представлены в табл. 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Сравнение измеренных значений коэффициентов гармонических составляющих напряжения с нормируемыми

Номер гармоник n	Измеренные значения, %	Нормируемые значения (ГОСТ32144-2013), %
Четные		
2	0,0141	2
4	0,0005	1
6,8,10	< 0,0005	0,5
12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40	< 0,0001	0,2
Нечетные		
3	0,0246	5
5	0,000579	6
7	0,000348	5
9	0,0067	1,5
11	0,002376	3,5
13	0,000471	3
15	0,000081	0,3
17	0,000102	2
19, 23, 25, 29, 31, 35, 37	< 0,00011	1,5
21, 27, 30, 33, 36, 39	< 0,000342	0,2

Таблица 2

Сравнение измеренных значений коэффициентов гармонических составляющих тока с нормируемыми

Порядок гармонической составляющей n	Измеренные значения, %	Нормируемые значения (ГОСТ 30804.3.2-2013), %
2	0,022	2
3	3,3	30λ*
5	2,39	10
7	5,7	7
9	3,4	5
11 < n < 39 (только для нечетных гармонических составляющих)	для $n = 11-3,4$	3
	остальные – < 2,7	3

*Коэффициент мощности цепи.

Суммарные коэффициенты гармонических составляющих тока и напряжения составляют 17,83 и 0,03 % соответственно.

Согласно ГОСТ 32144-2013 все коэффициенты гармонических составляющих напряжения не выходят за границы нормируемых значений. 11-я гармоника тока превышает установленное ГОСТ 30804.3.2-2013 максимально допустимое значение для этой гармонической составляющей. Эксперимент проводился при подключении в сеть одного светильника, поэтому искажения формы кривой напряжения незначительные. При подключении большего числа таких светильников искажения показателей качества электроэнергии будут более существенными, поэтому может возникнуть необходимость применить фильтры гармоник, чтобы улучшить качество электроэнергии.

Литература

1. Анализ влияния светодиодного освещения на показатели качества электрической сети / В. П. Кузьменко, С. В. Солёный, В. Ф. Шишлаков [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2019. – № 2 (99). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-svetodiodnogo-osvescheni-ya-na-pokazateli-kachestva-elektricheskoi-seti> (дата обращения: 20.09.2024).

УДК 629.735-519:621.315.1(476.2)

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИИ ГОМЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

С. Г. Жуковец, А. А. Белаш

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

На примере Гомельских электрических сетей рассмотрим применение беспилотных летательных аппаратов для диагностирования оборудования подстанции.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, подстанция, компьютерный анализ.

THE USE OF UAVS FOR EQUIPMENT DIAGNOSTICS SUBSTATIONS OF GOMEL ELECTRIC NETWORKS

S. G. Zhukovets, A. A. Belash

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Using the example of Gomel electric networks, let's consider the use of UAVs for diagnosing substation equipment.

Keywords: UAVs, substation, computer analysis.

Подстанции служат источником угрозы поражения высоким напряжением. При осмотре и диагностике оборудования риск поражения человека электрическим током возрастает в разы. Благодаря современным технологиям этот риск может быть уменьшен за счет использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

БПЛА могут обеспечить безопасные и эффективные проверки оборудования, а также качественный сбор данных для работников подстанций и предприятий, работающих не только в альтернативной, но и в традиционной энергетике.