

УДК 621.314

## **ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СОДЕРЖАНИЕ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**А. А. АЛФЕРОВ, Е. А. ЯКИМОВ, О. Г. ШИРОКОВ,  
Т. В. АЛФЕРОВА**

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

### **Введение**

В настоящее время во всем мире стремительно расширяется сфера применения светодиодных технологий освещения. Если еще 5–7 лет назад светодиодное освещение применялось на промышленных предприятиях и в дизайнерской среде исключительно как локальное, то сейчас светодиодные технологии применяются повсеместно. Например, уличные прожекторы со светодиодными излучателями используются в качестве фасадного освещения, когда требуется создать двунаправленный световой поток – освещение вверх и вниз от прожектора. В качестве промышленного, магистрального и уличного освещения также используются светодиодные приборы освещения [1].

Светодиодные прожекторы способны не просто осветить какой-то объект. Гораздо более важно, что они улучшают цветовое восприятие, делают освещаемый объект более четким. Мощный направленный свет может использоваться для освещения цехов, улиц, магистралей, фасадов и т. д. С одной стороны, компании-производители научились делать более мощные светодиоды, что расширило сферу их применения. С другой стороны, светодиод имеет нелинейную вольт-амперную характеристику, что приводит к появлению гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения. Гармонические искажения и связанные с этим проблемы становятся все более преобладающими в распределительных сетях.

Снижение качества электрической энергии может приводить к следующим последствиям [2]:

- перегреву и разрушению нулевых рабочих проводников линий вследствие их перегрузки токами третьей гармоники;
- ускоренному старению изоляции при повышении рабочей температуры токонесущих проводников;
- помехам в сетях телекоммуникаций, возникающим там, где силовые кабели и кабели телекоммуникаций расположены относительно близко. Вследствие протекания в силовых кабелях высокочастотных гармоник тока в кабелях телекоммуникаций могут наводиться помехи. Магнитные поля высших гармоник прямой и обратной последовательности частично компенсируют друг друга, поэтому наибольшее влияние на телекоммуникации оказывают гармоники кратные трем. Чем выше порядок гармоники, тем больше уровень помех, наведенных ими в телекоммуникационных кабелях;
- необоснованному срабатыванию автоматических выключателей вследствие дополнительного нагрева внутренних элементов защитных устройств.

Все эти воздействия негативно влияют на работу электрооборудования. Для уменьшения их вредного влияния необходимо знать источник и природу их возникновения, а также зону их действия.

Гармонические искажения тока, вызываемые нелинейной нагрузкой, можно уменьшить за счет использования активных фильтров гармоник. В настоящее время наиболее распространенными из-за своего качества и цены являются активные фильтры серии SPC.

SPC представляет собой управляемый цифровым процессором однофазный активный силовой фильтр, в котором используется статистическая обработка и метод инъекции тока. SPC состоит из выключателя, предохранителя, схемы защиты от перенапряжений, фильтра синусоиды, конденсатора и процессорной схемы управления. Процессор производит измерения мощности, потребляемой нелинейной нагрузкой в реальном времени, вычисляет параметры гармоник тока нагрузки и затем с помощью IGBT-ключей добавляет в сеть компоненты тока фазы. В результате работы SPC кривые тока в системе электроснабжения имеют чистую синусоидальную форму [3].

Целью работы является исследование степени влияния светодиодных источников света ДПО 03-12-001 «ИКАР-03» на содержание гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий.

### Основная часть

Светильник ДПО 03-12-001 «ИКАР-03» предназначен для внутреннего освещения общественных помещений. Светильник выполнен на основе светодиодных модулей, характеризуется малым энергопотреблением, отсутствием мерцания, а также длительным сроком эксплуатации [3].

Светильник соответствует классу светораспределения П. Его основные технические характеристики:

- номинальная частота 50 Гц, номинальное напряжение питания 230 В;
- максимальная потребляемая мощность – не более 20 Вт;
- ток, потребляемый из сети, – не более 0,2 А;
- коэффициент мощности не менее 0,9.

Светильник сертифицирован на соответствие требованиям электромагнитной совместимости СТБ ЕН 55105, СТБ ИЕС 61547, СТБ МЭК 61000-3-3 и является экологически безопасным, не содержит ртути, не выделяет в окружающую среду токсичных веществ. Светильник не требует специальной утилизации.

Для измерений использовалось устройство контроля параметров качества электрической энергии УК1 (ТУ РБ 100230547.012–2002), представляющее собой высокоточный измерительный прибор, построенный на основе современных цифровых технологий.

**Гармонический анализ кривой тока и напряжения.** На рис. 1 представлена вольт-амперная характеристика исследуемого источника света.

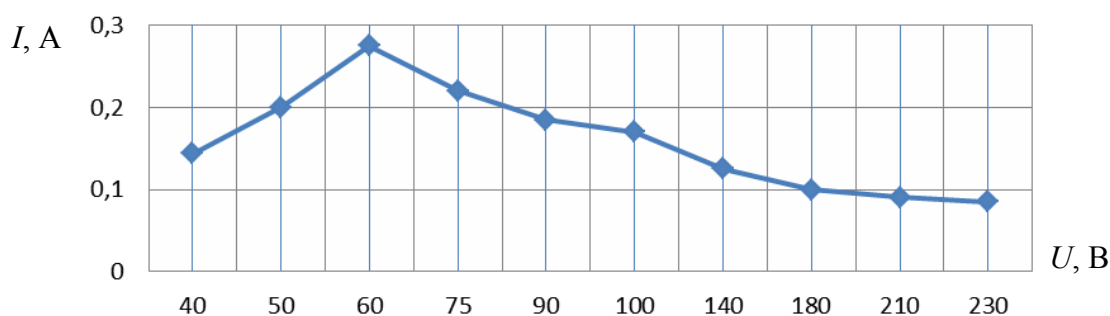


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика светодиодного светильника ДПО 03-12-001 «ИКАР-03»

Анализ рис. 1 показал, что исследуемый источник света имеет нелинейную характеристику и способен работать в достаточно широком диапазоне напряжений. Напряжение зажигания и отключения светильника «ИКАР-03» составляет 40 и 60 В соответственно.

Авторами данной работы также были получены кривые напряжения и тока для различного количества (от одного до двенадцати) одновременно работающих светильников «ИКАР-03». Для одного светильника кривые напряжения и тока приведены на рис. 2, а их спектры представлены на рис. 3 и 4.

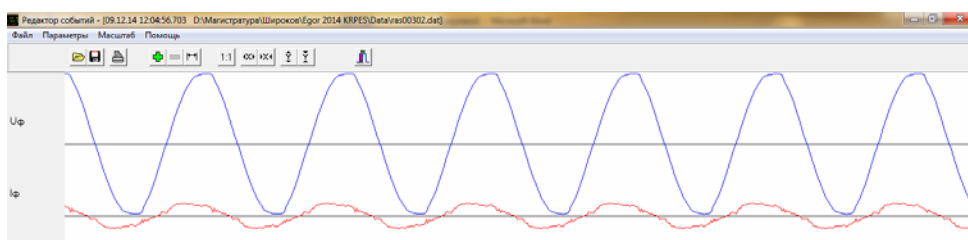


Рис. 2. Кривые напряжения и тока для одного светильника «ИКАР-03»

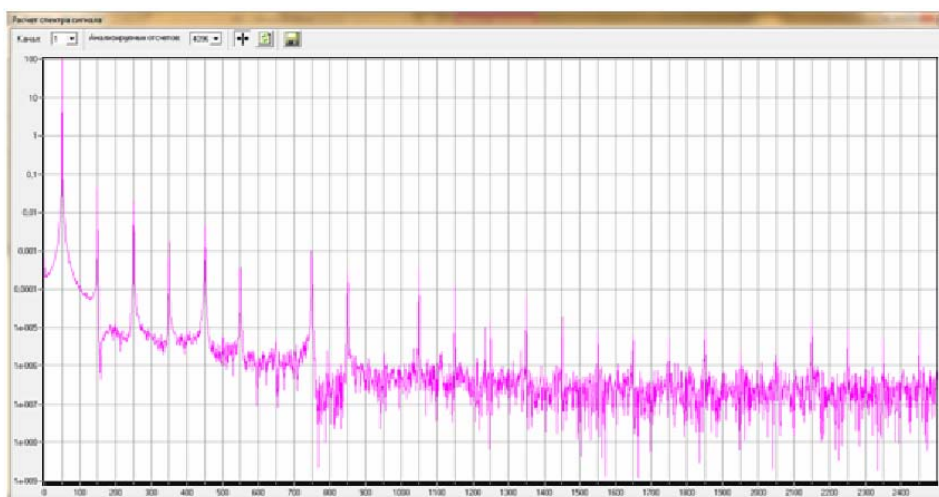


Рис. 3. Спектр кривой напряжения при питании одного светильника «ИКАР-03»

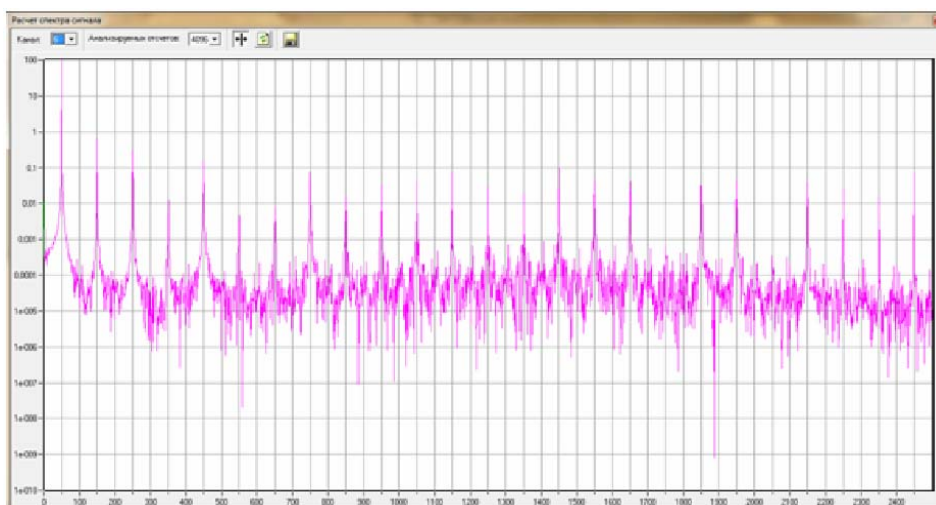


Рис. 4. Спектр кривой тока при питании одного светильника «ИКАР-03»

Из анализа спектра кривых напряжения и тока видно, что в них преобладают нечетные гармоники. Для точного сравнения значения гармоник разложим спектр кривых напряжения и тока в ряд Фурье (см. таблицу) [4].

#### Разложенный спектр напряжения и тока в ряд Фурье

Номер гармоники	Значение гармоники кривой напряжения, В	Значение гармоники кривой тока, А
3	4,51E-04	5,27E-03
5	2,15E-04	2,96E-03
7	1,76E-05	1,19E-04
9	4,52E-05	1,56E-03
11	3,77E-06	4,60E-05
13	2,20E-08	7,80E-05
15	4,12E-06	3,09E-04
17	7,35E-07	2,85E-05
19	1,58E-08	3,46E-05
21	3,10E-06	4,03E-04
23	1,24E-06	7,96E-04
25	1,35E-07	3,00E-04
27	5,84E-07	1,92E-04
29	1,89E-07	9,68E-04
31	7,67E-08	4,14E-04
33	3,27E-08	4,06E-04
35	5,26E-08	4,28E-06
37	7,98E-08	3,05E-04
39	1,37E-08	2,22E-04
41	1,00E-08	2,22E-06
43	2,64E-08	5,28E-05
45	8,70E-09	6,51E-06
47	4,96E-08	1,51E-04
49	7,43E-08	6,85E-04

Графики спектрального состава напряжения и тока для одного светильника приведены на рис. 5 и 6 соответственно.



Рис. 5. График спектрального состава напряжения одного светильника «ИКАР-03»



Рис. 6. График спектрального состава тока одного светильника «ИКАР-03»

Из анализа графиков видно, что значение нечетных гармоник по кривым тока и напряжения с увеличением номера гармоники уменьшается во всем диапазоне частот. На рис. 5 и 6 изображены гистограммы спектрального состава светильника «ИКАР-03», из которых видно, что доминирующими гармониками в этих светильниках являются третья и пятая.

В связи с этим практический интерес представляет наблюдение за поведением тока и напряжения третьей и пятой гармоник при различном количестве светильников «ИКАР-03». Графики изменения третьей и пятой гармоник напряжения от количества светильников приведены на рис. 7 и 8, а для гармоник тока – на рис. 9 и 10.

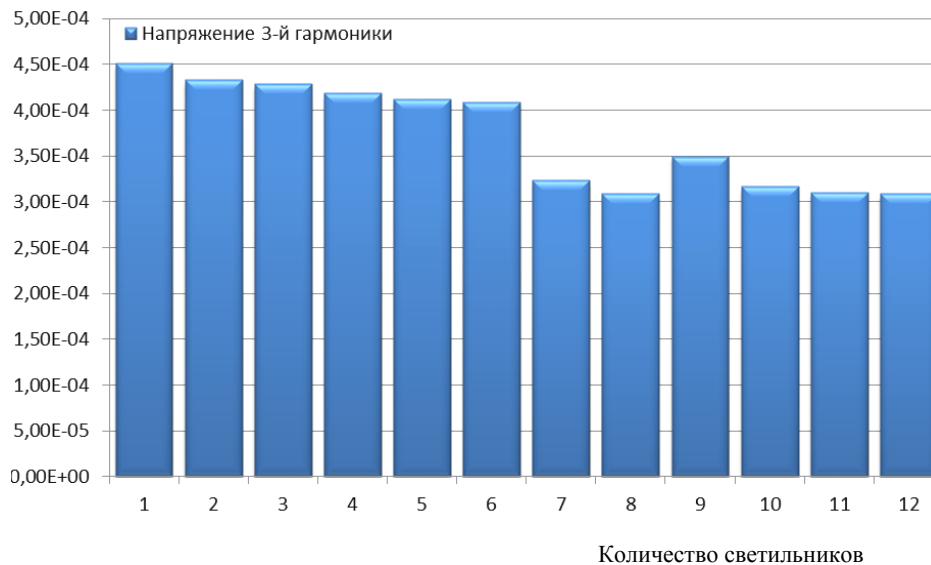


Рис. 7. График третьей гармоники напряжения при различном количестве светильников «ИКАР-03»

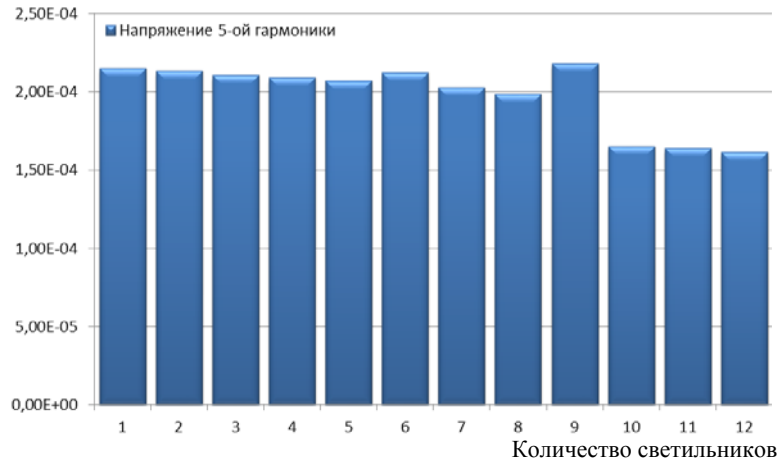


Рис. 8. График пятой гармоники напряжения при различном количестве светильников «ИКАР-03»

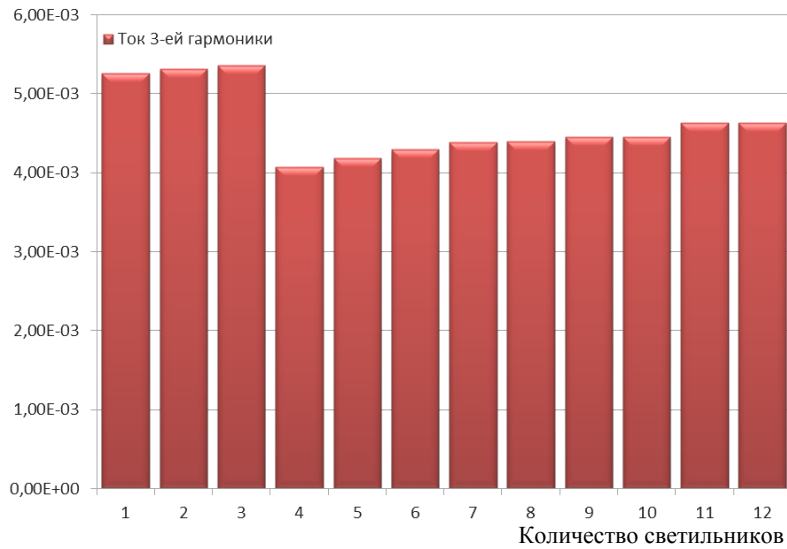


Рис. 9. График третьей гармоники тока при различном количестве светильников «ИКАР-03»

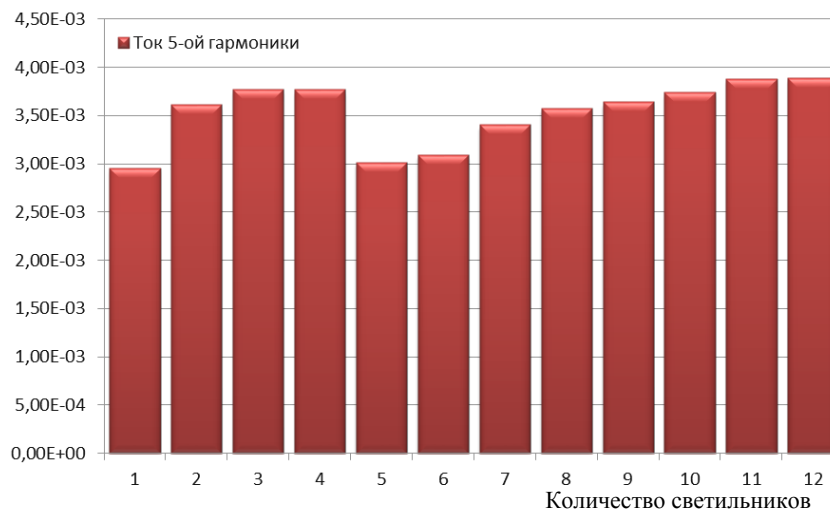


Рис. 10. График пятой гармоники тока при различном количестве светильников «ИКАР-03»

### **Заключение**

Из анализа результатов опытов следует, что при увеличении количества светильников «ИКАР-03» значения напряжения третьей и пятой гармоник уменьшаются, а значения тока третьей и пятой гармоник незначительно, но увеличиваются, что негативно сказывается на качестве электроэнергии, особенно для протяженных осветительных сетей.

### **Литература**

1. Радкевич, В. Н. Электрическое освещение : справочник / В. Н. Радкевич, В. Б. Козловская, В. Н. Сацукевич. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 255 с.
2. Кравцов, А. В. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Показатели качества электроэнергии / А. В. Кравцов. – 2004. – Режим доступа: <http://khomelectro.ru/articles/filtry-garmonik.html>. – Дата доступа: 20.11.2014.
3. Журавкин, А. Ш. Руководство по устройству электроустановок / А. Ш. Журавкин // Технические решения Schneider Electric. – 2013. – № 1. – С. 1–77.
4. Анушкин, С. В. Гармонические колебания в сети / С. В. Анушкин. – 2006. – Режим доступа: <http://sfiz.ru/page.php?id=76>. – Дата доступа: 20.10.2014.

*Получено 29.07.2016 г.*