

Виноградов А. А., канд. техн. наук, проф.,  
Зябкина О. Н., магистр

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

olga.kur4ina@yandex.ru

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество. Показатели качества электрической энергии определяются совокупностью ее характеристик, при которых электроприемники могут нормально работать и выполнять возложенные на них функции. Сегодня из-за низкой энергетической эффективности источников света и световых приборов затраты электроэнергии на освещение России в 1,5 раза выше, чем в странах ЕС.

Наиболее важные показатели качества электрической энергии (ПКЭ) характеризуют установившиеся режимы работы потребителей электрической энергии (ЭЭ) и дают количественную оценку процесса потребления ЭЭ.

**Ключевые слова:** показатели качества электрической энергии, состав гармонических составляющих тока и напряжения, форма кривой тока (осциллограммы), коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения.

Оценив ПКЭ исследуемых источников освещения (ИО), мы можем судить об эффективности их применения в быту или на производстве [1].

В работе приводятся результаты исследования ПКЭ новых светодиодных светильников SSO 220/5-02N фирмы «Протон», G630 фирмы «Технология будущего» с помощью прибора Энергоманиитор 3.3T1 – прибор для измерений электроэнергетических величин и показателей качества электроэнергии (ПКЭ) [2, 3].

В результате были определены: состав гармонических составляющих тока и напряжения; осциллограмма формы кривой тока; коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения; коэффициентом  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения.

По светодиодному светильнику SSO 220/5-02N были получены следующие результаты:

1. При напряжении питания  $U = 220,02$  В, токе  $I = 0,03973$  А, активная мощность составила  $P = 4,885$  Вт. Реактивная мощность светильника носит емкостной характер и составляет 7,268 Вар ( $tg\varphi = -1,46$ ), полная мощность  $S = 8,76$  В\*А,  $cos\varphi = 0,62$ .

Состав гармоник по напряжению и току, при частоте сети  $f = 49,98$  Гц представлен на рис. 1.

Как видно из рис. 1, присутствуют гармонические составляющие только нечетного порядка, при этом преобладают гармоники с 3-ой по 25-ю ( $K_{U(n)} > 0,1$  в соответствии с ГОСТом), остальные имеют незначительную величину.

Присутствуют гармонические составляющие только нечетного порядка, при этом в гармониках по току преобладают все гармоники, что наглядно показывает рис. 2.

2. Осциллограмма формы кривой напряжения принята как идеальный синусоидальный

сигнал, а форма кривой тока представлена на рис. 3.

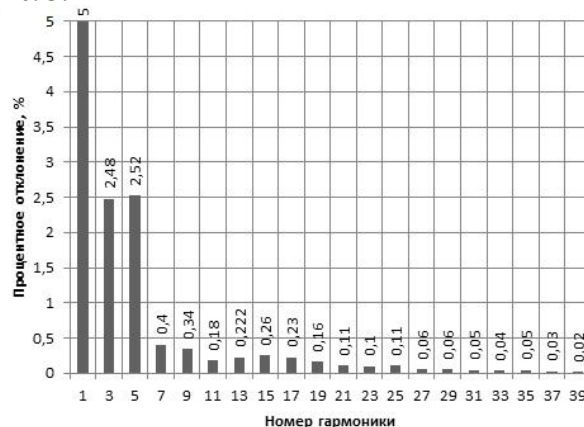


Рис. 1. Состав гармонических составляющих напряжения

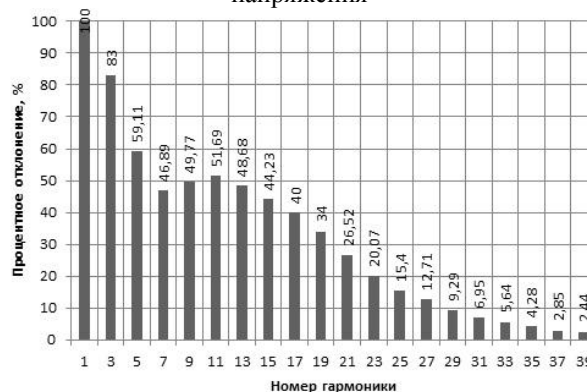


Рис. 2. Состав гармонических составляющих тока

3. В работе расчеты выполнены в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010 по качеству электрической энергии:

- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения на нагрузке;
- коэффициенты  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения на нагрузке.

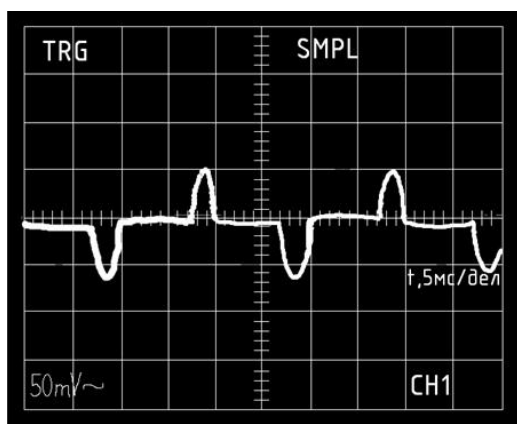


Рис. 3. Форма кривой тока

Предельно допустимое значение коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле:

$$K_{U(n)пред} = 1,5K_{U(n)норм},$$

где  $K_{U(n)норм}$  - нормально допустимое значение коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, определяемое по табл. 2, ГОСТа Р 54149-2010.

Все значения коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, указанные на рис. 1, не превышают предельно допустимых значений коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010.

Значения коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения и предельно допустимых значений коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей представлены в табл. 1.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_u=3,62\%$  не превышает значения установленные ГОСТом Р 54149-2010.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока значительно превышает установленную ГОСТом норму 8% и равен  $K_i=162,9\%$ , что не соответствует ГОСТ Р 54149-2010.

Использование светодиодного светильника SSO 220/5-02N в сетях освещения будет сильно влиять на качество напряжения у потребителей вследствие значительного искажения формы кривой тока, т.к. значению коэффициента составляет  $K_i=162,9\%$ .

В результате исследование светодиодного светильника G630 были получены следующие показатели:

1. При напряжении питания  $U = 220,24$  В, токе  $I = 0,13688$  А, активная мощность составила  $P = 14,52$  Вт, реактивная мощность носит емкостной характер и составляет  $26,274$  Вар ( $tg\varphi = -1,76$ ) полная мощность  $S = 30,019$  В\*А,  $cos\varphi=0,5$ .

2. Состав гармоник по напряжению и току, при частоте сети  $f = 49,98$  Гц представлен на рис. 4 и 5.

Как видно из рис. 4, присутствуют гармонические составляющие только нечетного порядка, при этом преобладают 3, 5, 7, 9, 13, 15,

19, 21 (т.е.  $K_{U(n)} > 0,1$  в соответствии с ГОСТом) остальные гармоники имеют незначительную величину.

Таблица 1.

Номер гармоники, $n$	Результаты измеренного коэффициента $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, %	Предельно допустимое значение коэффициента $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, в соответствии с ГОСТом Р 54149-2010, %
3	2,48	$K_{U(3)пред} = 7,5$
5	2,52	9
7	0,4	7,5
9	0,34	2,25
11	0,18	5,25
13	0,222	4,5
15	0,26	0,45
17	0,23	3
19	0,16	2,25
21	0,11	0,3
23	0,1	2,25
25	0,11	2,25
27	0,06	2,1
29	0,06	1,98
31	0,05	1,86
33	0,04	7,78
35	0,05	1,7
37	0,03	1,62
39	0,02	1,55

Таблица 2

Номер гармоники, $n$	Результаты измеренного коэффициента $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, %	Предельно допустимое значение коэффициента $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, в соответствии с ГОСТом Р 54149-2010, %
3	2,3	$K_{U(3)пред} = 7,5$
5	2,83	9
7	2,53	7,5
9	0,32	2,25
11	0,02	5,25
13	0,22	4,5
15	0,29	0,45
17	0,07	3
19	0,13	2,25
21	0,12	0,3
23	0,09	2,25
25	0,07	2,25
27	0,03	2,1
29	0,07	1,98
31	0,02	1,86
33	0,01	1,78
35	0,08	1,7
37	0	1,62
39	0	1,55

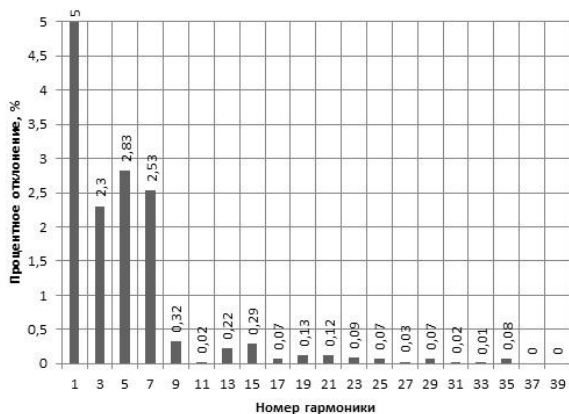


Рис. 4. Состав гармонических составляющих напряжения

Как видно из рис. 5, присутствуют гармонические составляющие только нечетного порядка, при этом в гармониках по току преобладают гармоники с 3-й по 19-ю.

1. Осциллограмма формы кривой входного напряжения принята как идеальный синусоидальный сигнал, а форма кривой тока представлена на рис. 6.

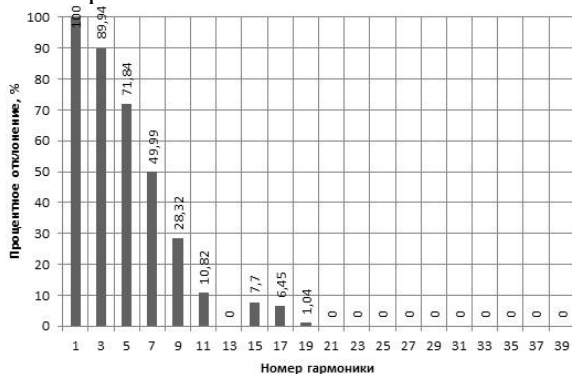


Рис. 5. Состав гармонических составляющих тока

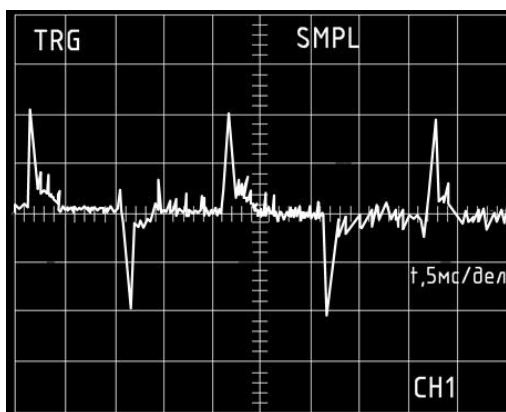


Рис. 6. Форма кривой тока

4. В соответствии с ГОСТ Р 54149-2010 аналогично были рассчитаны:

- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения.

Все значения коэффициента  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, указанные на рис. 4, не превышают значения предельно допустимых значений в соответствии с

ГОСТ Р 54149-2010.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_u = 3,74\%$  не превышает установленный ГОСТом Р 54149-2010.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой тока значительно превышает установленную ГОСТом норму  $8\%$  и равен  $K_i = 129,5\%$ .

Использование светильника G 630 в сетях освещения будет сильно влиять на качество напряжения у потребителей вследствие значительного искажения формы кривой тока. Судя по значению коэффициента  $K_i = 129,5\%$ .

Энергосберегающие светильники действительно имеет яркость свечения, аналогичную яркости свечения лампы накаливания существенно большей электрической мощности. Однако поскольку энергосберегающие лампы могут генерировать гармоники тока, имеется риск многих негативных последствий для сетей  $0,4\text{ кВ}$  [4, 5].

Таким образом, просто механическая замена ламп накаливания на энергосберегающие без учета их влияния на параметры тока и напряжения в сети и расчета дополнительных затрат на борьбу с генерацией высших гармоник будет некорректна.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сапрыка А.В. Современные технологии в осветительных системах мегаполиса: монография / А.В. Сапрыка - М.: Харьков: ХНУРЭ, 2010. - 260с. – ISBN 978-966-659-164-0
2. Берг Г.Дж. Представление системы питания нагрузки. / Берг Г.Дж // Proc. Inst. Elect. 1973, - С. 344-348.
3. Духанин С.А. Исследование индукционных ламп / С.А. Духанин, Виноградов А.А., Духанина У.Н. // Фундаментальные и прикладные исследования в промышленности и экономике: сб. статей Тринадцатой межд. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. университета, 2012. - 212с.
4. Виноградов А.А. Расчет регулирующих эффектов по напряжению современных источников освещения / А.А. Виноградов О.Н., Курчина // Фундаментальные и прикладные исследования в промышленности и экономике: сб. статей Тринадцатой межд. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. университета, 2012.- 212с.
5. Виноградов А.А. Способы уточнения математического описания при исследовании погрешностей расчета установившихся и оптимальных режимов электрических систем / А.А.Виноградов, А.С. Новиков // Вопросы применения математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем: Сб. науч. трудов, Иркутск, 1974 г.– Иркутск: Изд-во ИПИ, 1974 - С. 70-80.