

автотрансформаторов на силовые трансформаторы меньшей мощности, а также переводом ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» на напряжение 110 кВ.

#### Л и т е р а т у р а

1. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года. – 2020. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/law/kontseptsii-programmy-i-kompleksnye-plany/>. – Дата доступа: 10.01.2022.
2. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций : учеб. для техникумов / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1980. – 600 с.
3. Электротехническое оборудование. – Режим доступа: <https://www.aes.by>. – Дата доступа: 15.04.2022.
4. Евминов, Л. И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб. пособие к практ. занятиям для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение по отраслям» / Л. И. Евминов, А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – Дата доступа: 16.04.2022.
5. Правила устройства электроустановок / 6-е изд., перераб. и доп. // М-во энергетики Рос. Федерации, 2000. – Режим доступа: <https://gosthelp.ru/text/-PUEPravilaustrojstvaelekt3.html>. – Дата доступа: 10.04.2022.

### **СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ФОРМУ КРИВОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ**

**А. С. Мазурова**

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

Научные руководители: канд. техн. наук, доц. О. Г. Широков,  
канд. техн. наук, доц. Т. В. Алфёрова

Пятая часть производимой в мире электрической энергии расходуется на освещение улиц населенных пунктов, промышленных предприятий, предприятий торговли и т. д. Такие большие затраты электроэнергии связаны в основном с применением устаревших источников света. Однако прогресс в создании новых высокоэффективных источников света дает возможность кардинального решения проблемы расхода электроэнергии на освещение.

В настоящее время стала популярной тема светодиодных светильников. Именно это направление в освещении считается наиболее перспективным [1].

Светодиодные лампы или, как их еще обозначают, LED-лампы – это современный этап в развитии осветительной техники. Еще несколько лет назад они были редкостью, а в настоящее время приобрести их можно в любом объекте торговли, продающем светотехнику [2].

Целью данной работы является определение степени влияния светодиодной осветительной нагрузки на форму кривой потребляемого электрического тока и напряжения.

В работе использовались светодиодные лампы таких фирм, как Feron, Smartbuy, ETR и Philips.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого разработан «Комплекс регистрации параметров электрических сигналов» (КРПЭС). КРПЭС представляет собой виртуальный измерительный прибор, построенный на основе персонального компьютера по модульному принципу, и предназначен для регистрации мгновенных значений напряжений и токов в распределительных устройствах в нормальных и аварийных режимах работы электрических сетей. На основе КРПЭС составлена схе-

ма определения влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии, представленная на рис. 1, где ТТ – измерительный трансформатор тока; ИПТ – измерительный преобразователь тока; ИПН – измерительный преобразователь напряжения; АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

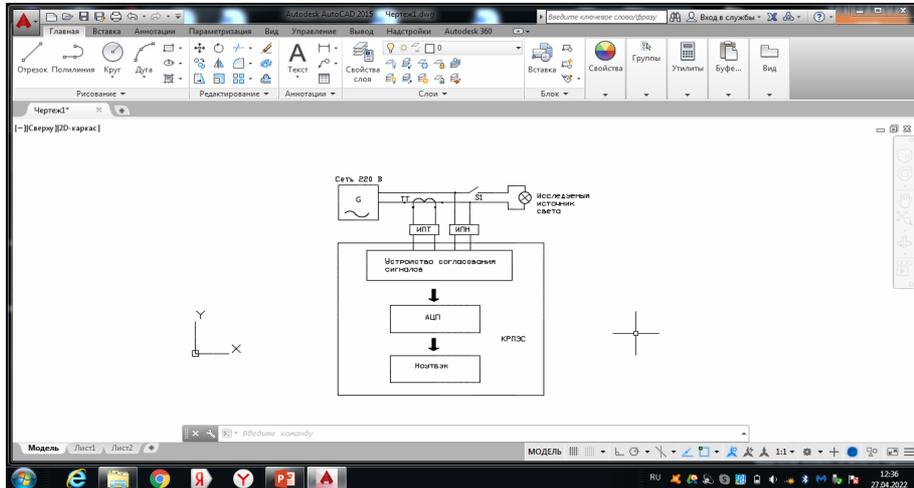


Рис. 1. Схема определения влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии

Поскольку единичная мощность компьютерной нагрузки, влияние которой на качество электроэнергии исследуется, мала, то целесообразно для этой оценки применить КРПЭС и оценить влияние осветительной нагрузки только на показатели не-синусоидальности напряжения и тока. С помощью схемы, приведенной на рис. 1, были получены осциллограммы напряжения и тока при работе осветительной нагрузки (рис. 2).

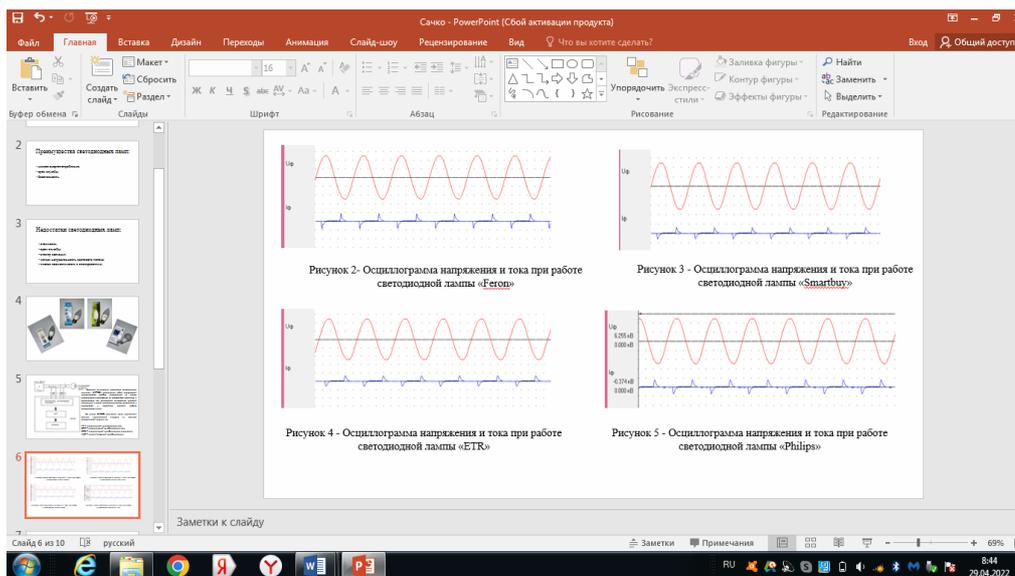


Рис. 2. Осциллограммы напряжения и тока при работе осветительных ламп ETC и Philips

В соответствии с [2] суммарный коэффициент гармонических составляющих (total harmonic distortion, thd)  $THD_Y$ : отношение среднеквадратичного значения суммы всех гармонических составляющих  $Y_{H,h}$  до порядка  $h_{\max}$  среднеквадратичному значению основной составляющей  $Y_{H,1}$ :

$$THD_Y = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} \left( \frac{Y_{H,h}}{Y_{H,1}} \right)^2}.$$

При необходимости  $Y$  символ заменяют символом  $I$  для тока и символом  $U$  для напряжения,  $h_{\max}$  принимают равным 40, если иное значение не установлено в международных стандартах, устанавливающих нормы эмиссии гармоник.

В соответствии с [2] суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения  $K_U$  рассчитывается по формуле

$$K_U = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{40}} \left( \frac{U_{H,h}}{U_{H,1}} \right)^2}.$$

В соответствии с [5] суммарный коэффициент гармонических составляющих тока  $THD_I$  рассчитывается по формуле

$$THD_I = \sqrt{\sum_{h=2}^{h_{40}} \left( \frac{I_{H,h}}{I_{H,1}} \right)^2}.$$

Световое оборудование с разрядными лампами, имеющее активную потребляемую мощность, не превышающую 25 Вт, должно соответствовать одному из приведенных ниже требований [2]:

– значения гармонических составляющих тока на 1 Вт мощности ТС не должны превышать норм гармонических составляющих тока, установленных в [2, табл. 3], или значение гармонической составляющей тока третьего порядка, выраженное в процентах от составляющей тока на основной частоте, не должно превышать 86 %, соответствующее значение гармонической составляющей пятого порядка не должно превышать 61 %. Кроме того, форма кривой потребляемого тока должна быть такой, чтобы ток достигал 5 % пикового значения прежде фазового угла, равного  $60^\circ$ , достигал пикового значения прежде фазового угла  $65^\circ$  и не падал ниже 5 % прежде фазового угла  $90^\circ$  (за  $0^\circ$  принято значение фазового угла, соответствующего прохождению напряжения основной частоты через нуль). Пороговое значение тока, равное 5 % наивысшего абсолютного значения в измерительном окне, и значения фазовых сдвигов получают в течение периода, включающего это абсолютное пиковое значение [2, рис. 2].

Если световое оборудование с разрядными лампами имеет встроенное устройство регулирования силы света, измерения проводят только в условиях полной нагрузки.

На рис. 3 представлены коэффициенты  $n$ -х гармонических составляющих напряжения, %, в точке питания определения влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии и спектр высших гармоник тока в точке питания опре-

деления влияния осветительной нагрузки на качество электрической энергии соответственно для светодиодной лампы Feron.

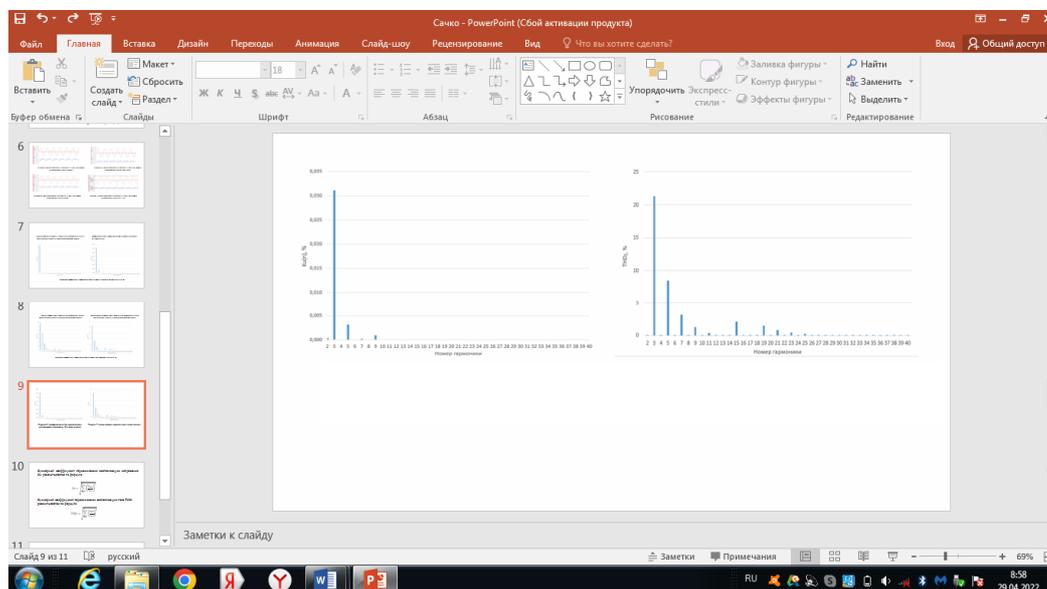


Рис. 3. Коэффициенты  $n$ -х гармонических составляющих напряжения, %, и спектр высших гармоник тока в точке питания

Выполнено экспериментальное исследование гармоник тока и напряжения для светодиодных ламп. Анализ полученных осциллограмм напряжений и токов показал следующее:

- Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения  $K_U$  у всех ламп незначительный: лампа Feron –  $K_U = 0,031$  %; лампа Smartbuy –  $K_U = 0,042$  %; лампа ETR –  $K_U = 0,044$  %; лампа Philips –  $K_U = 0,031$  %. Полученные данные не превышают максимальных значений, нормированных в ГОСТ 32144–2013.

Суммарный коэффициент гармонических составляющих тока  $THD_I$  у всех ламп составляет: лампа Feron –  $THD_I = 68,91$  %; лампа Smartbuy –  $THD_I = 70,64$  %; лампа ETR –  $THD_I = 74,11$  %; лампа Philips –  $THD_I = 68,23$  %. ГОСТ 32144–2013 не нормирует суммарный коэффициент гармонических составляющих тока  $THD_I$  в процентном отношении.

### Литература

1. Евминов, Л. И. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света / Л. И. Евминов, В. С. Кизева // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 1.
2. Светодиодные лампы. Их преимущества и сфера использования. – Режим доступа: <https://www.maxcom.by/article/2018/05/28/svetodiодные-lampy-ih-preimushchestva-i-sfera-ispol-zovaniya>. – Дата доступа: 15.03.2022.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ30804.3.2–2013 (IEC 61000-3-2 : 2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний. (IEC 61000-3-2 : 2009, MOD.) – М. : Стандартинформ, 2014.