

Ворожеев Владислав Николаевич

магистрант

Ефимов Анатолий Викторович

студент

Васильева Татьяна Николаевна

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный

радиотехнический университет

г. Рязань, Рязанская область

ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НА ПОТЕРИ МОЩНОСТИ

***Аннотация:** в работе приведено математическое моделирование гармонических составляющих тока и напряжения светодиодной лампы. Определены значения активной, реактивной и полной мощности, коэффициент мощности.*

***Ключевые слова:** светодиодная лампа, высшие гармоники, норма величин гармоник.*

Целью исследования являлось определение влияния на электрическую цепь высших гармоник, а также определение значения активной, реактивной и полной мощности, количество мощности, расходуемой на гармоники выше второго порядка, и коэффициента мощности.

Материал и методика исследования. Для исследования создали электрическую цепь напряжением 220 В, частотой 50 Гц, состоящую из трансформатора ТА-181 220/127–50 (TV1), ЛАТРа TDGC2–0,5kVA voltage regulator (TV2), трех светодиодных ламп, соединенных параллельно с номинальным значением активной мощности – 10Вт (рис. 1).

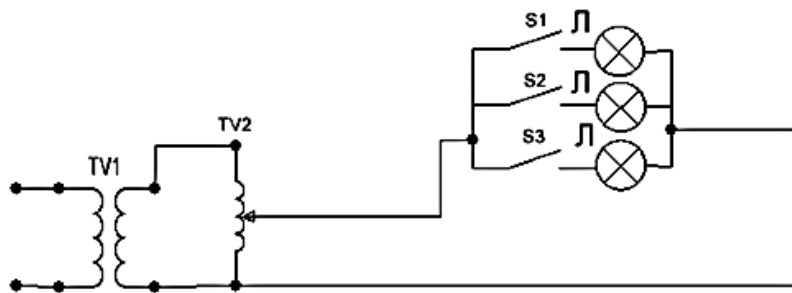


Рис. 1. Экспериментальная схема

Прибором «Энерготестер ПКЭ-А» измеряли напряжения, токи и мощности: их действующее значение, амплитуды первой гармоники и амплитуды высших гармоник (до 13 включительно), активную, реактивную и полную мощность, её коэффициент. В цепь включали различное количество ламп.

Для расчета и построения графика изменения мгновенной мощности во времени в системе компьютерной алгебры *Mathcad* использовали тригонометрический ряд Фурье [2]:

$$f(\omega t) = A_0 + A_{1m} \sin(\omega t + \psi_1) + A_{2m} \sin(2\omega t + \psi_2) + \dots = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_{km} \sin(k\omega t + \psi_k).$$

Результаты исследования. После подключения в цепь одной светодиодной лампы действующее значение тока составило $I_d = 0,0895\text{A}$, действующее значение напряжения $U_d = 218,3\text{В}$, а значение активной мощности $P = 9,9\text{Вт}$, реактивной мощности $Q = -4,5\text{ВАр}$, полной мощности $S = 19,5\text{ВА}$, коэффициент мощности $k=0,5$ (табл. 1).

Активная мощность светодиодной лампы, указанная производителем, равна 10Вт. По результатам измерения, значение активной мощности её составило 9,9Вт. Следовательно, светодиодная лампа удовлетворяет условиям ГОСТа (мощность, потребляемая лампой, не должна отличаться от номинального значения мощности более чем на 15%), [1]. Гармонические составляющие тока светодиодной лампы оказывают значительное влияние на его волновую характеристику (третья гармоника имеет значение, величиной 82% от первой, все последующие так же достаточно большие (табл. 1).

Гармонические составляющие тока и напряжения в электрической сети
с одной светодиодной лампой

| № гармоники | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| I_d , А | 0,0518 | 0,0005 | 0,0418 | 0,0317 | 0,0256 | 0,0227 | 0,023 | 0,017 |
| % | 100 | 1,12 | 82 | 61 | 47,1 | 43,15 | 39,4 | 31,5 |
| U_d , В | 217,7 | 0,26 | 8,8 | 1,21 | 2,29 | 1,92 | 0,66 | 1,79 |
| % | 100 | 0,087 | 4,55 | 1,12 | 0,95 | 0,85 | 0,35 | 0,81 |

Волновая характеристика тока светодиодной лампы имеет не синусоидальную, скачкообразную форму (рис. 2).

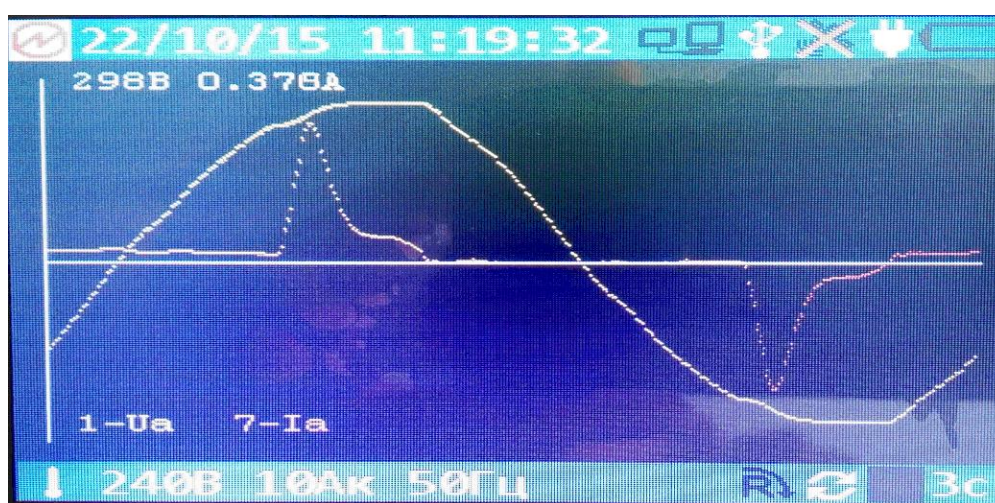


Рис. 2. Графики тока и напряжения в электрической сети
с 1 светодиодной лампой

Волновая характеристика напряжения светодиодной лампы имеет форму близкой к синусоидальной и в процессе её работы практически не изменяется. Гармонические составляющие незначительны (третья гармоника имеет значение 4,55% от первой гармоники, все последующие так же крайне малы (табл. 1).

При частоте электрической сети 50 Гц, период колебаний равен 0,02 с. Волновая характеристика активной мощности имеет скачкообразную форму (рис. 3). Потребление мощности не равномерно, четко выражены скачки её значения. Их 14 со значениями от 7,6 Вт до 10,1 Вт. Каждый скачек появляется с периодичностью в 1,5 мс.

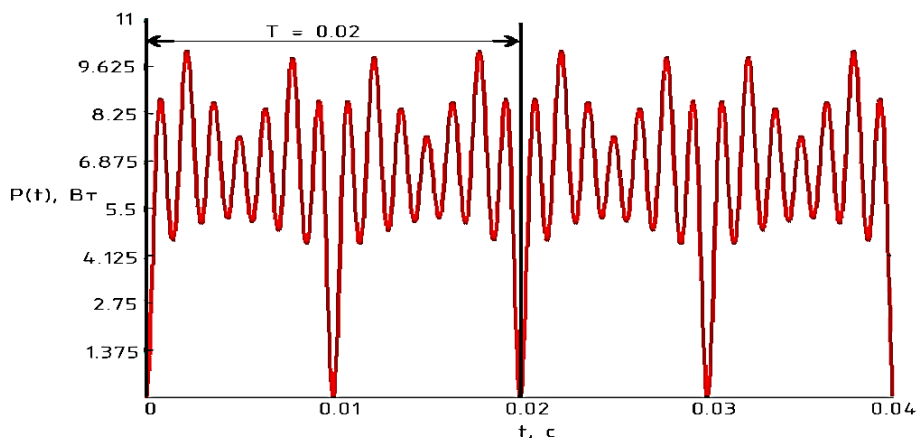


Рис. 3. График активной мощности

При подключении в электрическую цепь трех светодиодных ламп действующее значение тока составило $I_d = 0,225$ А, действующее значение напряжения $U_d = 213$ В, активная мощность $P = 31,2$ Вт, а реактивная мощность $Q = -10$ ВАр, полная мощность $S = 47,8$ ВА, коэффициент мощности $k = 0,65$.

Таблица 2

Гармонические составляющие тока и напряжения в электрической сети
с тремя светодиодными лампами

| № гармоники | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 |
|-------------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| I_d , А | 0,162 | 0,0017 | 0,124 | 0,072 | 0,034 | 0,03 | 0,027 | 0,017 |
| % | 100 | 1,03 | 77,8 | 41,9 | 21,3 | 18,3 | 16,8 | 10,3 |
| U_d , В | 213 | 0,3 | 12,6 | 3,49 | 2,89 | 1,49 | 1,16 | 1,74 |
| % | 100 | 0,137 | 5,77 | 1,74 | 1,3 | 0,77 | 0,53 | 0,8 |

Волновая характеристика тока при включении параллельно трех светодиодных ламп имеет не синусоидальную форму, а площадь, ограниченная графиком тока с одной светодиодной лампой меньше, чем с тремя (рис. 3). Гармонические составляющие тока сильно влияют на сигнал (третья гармоника имеет значение, величиной 77,8% (табл. 2) от первой, пятая – 41,9%, а все последующие так же достаточно большие).

Волновая характеристика напряжения светодиодной лампы имеет форму близкой к синусоидальной и в процессе её работы практически не изменяется. Гармонические составляющие незначительны, но несколько больше, чем в схеме

с одной светодиодной лампой (третья гармоника имеет значение 5,77% от первой гармоники (рис. 4).



Рис. 4. Графики тока и напряжения в цепи с тремя светодиодными лампами

Частота сети не менялась, и период колебаний составлял 0,02 с. Волновая характеристика активной мощности имеет скачкообразную форму (рис. 5). Потребление мощности не равномерно, четко выражены скачки её значения. В данном случае их 10 со значениями от 21,7 Вт до 31,5 Вт. Каждый скачек мощности появляется с периодичностью в 2 мс.

Следует заметить, что при параллельном подключении трех диодных ламп коэффициент мощности увеличивается (с 0,5 до 0,65).

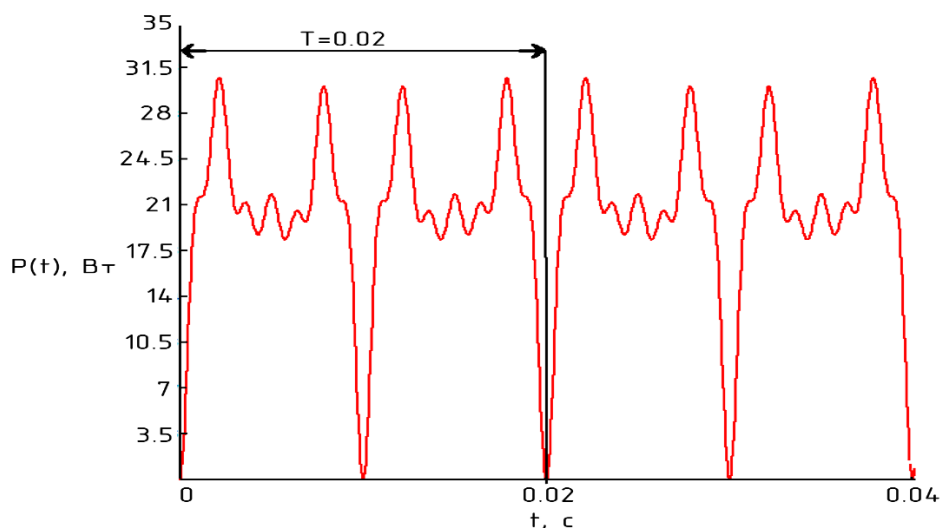


Рис. 5. График активной мощности

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. При включении светодиодной лампы, в сети появляются высшие гармоники, что влечет за собой потери мощности.

2. При параллельном подключении трех светодиодных ламп коэффициент мощности увеличивается (с 0,5 до 0,65).

Список литературы

1. Биографический список:

2. ГОСТ Р 54815–2011 Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В.

3. Зевеке Г.В. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – С. 200–203.