

*Стрижиченко Александр Васильевич,*

*кандидат технических наук*

*Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»*

*Россия, г. Волжский*

*Пахомова Анна Андреевна,*

*Магистрант*

*Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском*

*Россия, г. Волжский*

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ СВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК НА  
КОЭФФИЦИЕНТ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ НА  
ШИНАХ РУСН 0,4 кВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЕПЛОВОЙ  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

*Аннотация:* Представлен расчет высших гармонических составляющих напряжения на шинах РУ 0,4 кВ собственных нужд тепловой электростанции, обусловленных работой электроприёмников с нелинейной вольт-амперной характеристикой.

*Ключевые слова:* несинусоидальность напряжений, высшие гармонические составляющие токов и напряжений.

*Annotation:* The calculation of the higher harmonic voltage components on the busbars of 0.4 kV switchgear for the auxiliary needs of a thermal power plant, due to the operation of power receivers with a non-linear current-voltage characteristic, is presented.

*Key words:* non-sinusoidality of voltages, higher harmonic components of currents and voltages

В настоящее время на энергетических и промышленных предприятиях эксплуатируются электроприёмники, являющиеся источниками искажений синусоидальности токов и напряжений. Так, причиной возникновения несинусоидальности являются электроприёмники с нелинейной вольт-амперной характеристикой, например, сварочные установки, преобразователи, незагруженные трансформаторы, потребляющие несинусоидальный ток. Несинусоидальность напряжения неблагоприятно влияет на режим работы и срок службы электрооборудования, что проявляется в виде дополнительных потерь мощности и ускоренного износа.

Высшие гармонические составляющие напряжения нормируются [1]. Для оценки качества электроэнергии по несинусоидальности учитывают весь ряд гармоник от 2-й до 40-й. Из-за различных свойств элементов сети по отношению к гармоникам и причин, обуславливающих их генерацию, различают нечетные (5, 7, 11, ...), четные (2, 4, 8, 10, ...) и кратные трем (3, 6, 9, ...) гармоники. Гармонический состав кривой напряжения характеризуют коэффициентом  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $K_{U(n)}$ , % [1]:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $U_{(n)}$  — амплитуда  $n$ -й гармоники, В;

$U_{(1)}$  — амплитуда 1-й гармоники, В.

В целом несинусоидальность напряжения характеризуется коэффициентом искажения синусоидальной формы кривой напряжения  $K_U$  [1]:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100\% \quad (2)$$

ГОСТ 32144–2013 устанавливает нормы как по  $K_U$ , так и по  $K_{U(n)}$  в зависимости от номинального напряжения сети и порядка гармоник (см. табл. 1).

Таблица 1 – Нормированные значения коэффициента искажения синусоидальной формы кривой напряжения  $K_U$

| Нормально допустимое значение<br>при $U_{ном}$ , кВ |        |     |           | Предельно допустимое значение<br>при $U_{ном}$ , кВ |        |     |           |
|---|--------|-----|-----------|---|--------|-----|-----------|
| 0,38  | 6 – 20 | 35  | 110 – 330 | 0,38  | 6 – 20 | 35  | 110 – 330 |
| 8,0   | 5,0    | 4,0 | 2,0       | 12,0  | 8,0    | 6,0 | 3,0       |

Рассмотрим влияние работы искажающих установок на высшие гармонические составляющие напряжения на шинах РУСН тепловой электрической станции. Для группы сварочных установок (рис. 1) переменного тока определяем коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения и коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения на шинах РУСН 0,4 кВ.

Исходные данные:

$S_{кз,0,4} = 2$  МВА - фактическая мощность КЗ для рассматриваемого напряжения.

Параметры сварочной установки:  $S_{ном,т} = 30$  кВА;  $U_{ном} = 0,4$  кВ; ПВ=60%;  $\beta_{св} = 0,5$ ; общее число работающих установок  $N = 6$ .

$S_{ном,т}$  — номинальная мощность трансформатора,  $\beta_{св}$  — коэффициент загрузки; ПВ — продолжительность включения.

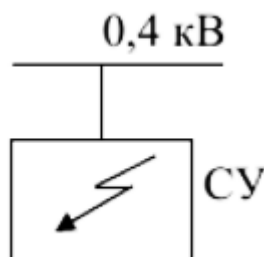


Рисунок 1 – Сварочная установка, запитанная от РУСН 0,4 кВ

Согласно [2] в практических расчетах для сварочных установок переменного тока учитываются 3 и 5 гармоники.

Токи высших гармоник для группы сварочных установок рассчитываем по формулам [3], где  $n$  – номер гармоники:

$$I_n = \frac{S_{\text{НОМ}} \beta_{\text{СВ}} \sqrt{\text{ПВ}}}{n^2 U_{\text{НОМ}}} \quad (3)$$

$$I_3 = \frac{30 \cdot 0,5 \sqrt{0,6}}{3^2 \cdot 0,4} = 3,23 \text{ А}; \quad I_5 = \frac{30 \cdot 0,5 \sqrt{0,6}}{5^2 \cdot 0,4} = 1,16 \text{ А}$$

Для группы установок электросварки независимо от режима работы суммарные отдельные токи гармоник определяются согласно [3]

$$I_{n,r} = \sqrt{\sum_i^N I_{ni}^2} \quad (4)$$

$$I_{3,r} = \sqrt{6 \cdot 3,23^2} = 7,91 \text{ А}; \quad I_{5,r} = \sqrt{6 \cdot 1,16^2} = 2,84 \text{ А}$$

Напряжение высших гармоник и коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей рассчитываем:

$$U_n = \frac{\sqrt{3} I_n U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{КЗ},0,4}}, [\text{кВ}] \quad (5)$$

$$U_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot 7,91 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 0,4^2}{2} = 3,29 \cdot 10^{-3} \text{ кВ}$$

$$U_5 = \frac{\sqrt{3} \cdot 2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 0,4^2}{2} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ кВ}$$

$$k_{U(n)} = \frac{U_n}{U_{\text{НОМ}}} 100, \% \quad (6)$$

$$k_{U(3)} = \frac{3,29 \cdot 10^{-3}}{0,4} 100 \% = 0,82 \%; \quad k_{U(5)} = \frac{1,97 \cdot 10^{-3}}{0,4} 100 \% = 0,5 \%$$

Коэффициент искажения синусоидальности напряжения на шинах РУСН 0,4 кВ [4]

$$k_U = \frac{\sqrt{\sum_3^5 U_n^2}}{U_{\text{НОМ}}} 100 \% \quad (7)$$

$$k_U = \frac{\sqrt{0,82^2 + 0,5^2}}{0,4} 100 \% = 2,4 \%;$$

Согласно [1], допустимый коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения для напряжения 0,4 кВ составляет 8%. Так как расчетный коэффициент не превышает допустимый, установка фильтрующих устройств на шины РУСН 0,4 кВ не требуется.

### Список литературы:

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Качество энергии в электрических сетях / Куско А., Томпсон М.: пер. с англ. Рабодзян А.Н. – М.: Додэка-XXI, 2008. – 336 с.; ил.

3. Копытин И.И. Методика расчета показателей качества электрической энергии: методические указания/ И.И. Копытин - Курган: РИЦ КГУ, 2011. - 34 с.

4. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.