

УДК 621.3.048

*Алферов А.А., аспирант*

*Довгун А.А., магистрант*

*Алферова Т.В., к.т.н., доцент*

*УО «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Оценка влияния источников высших гармоник на несинусоидальность напряжения сети, обусловленного применением тех или иных средств или методов ограничения несинусоидальности напряжения (например, фильтрокомпенсирующих устройств) и выбор параметров этих средств требуют расчета уровней высших гармоник в электрических сетях [1].

Результатами расчета несинусоидальности токов и напряжения являются амплитудные спектры напряжений в узлах и токов в ветвях схемы замещения системы электроснабжения, а также коэффициента несинусоидальности напряжения в узлах схемы замещения и эквивалентные действующие значения токов высших гармоник в ее ветвях.

Расчеты уровней высших гармоник в сетях предприятия, отличающихся сложной конфигурацией и содержащих весьма большое количество элементов, практически возможны только при применении ЭВМ.

Для реализации данного расчета высших гармоник в системе электроснабжения предприятия в среде Delphi была разработана на ЭВМ программа "Sigma", которая позволяет выполнять расчеты несинусоидальности токов и напряжений в системах электроснабжения промышленного предприятия и коэффициента несинусоидальности напряжения, источником тока высших гармоник которых является вентильный преоб-

разователь (6-ти, 12-ти пульсные), а также любой другой источник задающийся амплитудой и углом каждой гармоники.

Для расчета высших гармоник необходимо иметь схему электроснабжения предприятия, сведения о параметрах элементов системы электроснабжения, сведения о режимах работы и параметрах источников высших гармоник.

Расчет производится для канонических гармоник ( $\nu=5; 7; 11; 13; \dots$ ). Если в системе электроснабжения имеются преобразователи только с 6-пульсной схемой выпрямления, то производится расчет для восьми гармоник ( $\nu=5; 7; 11; 13; 17; 19; 21; 25$ ). При наличии только преобразователей с 12-пульсной схемой выпрямления расчет производится для четырех гармоник ( $\nu=11; 13; 23; 25$ ).

Алгоритм расчета программы основывается на методе узловых потенциалов [2] и реализуется в следующем порядке:

1. Составляется схема замещения системы электроснабжения для токов высших гармоник. Схема замещения составляется на одну фазу и имеет нейтраль, к которой присоединяются нулевые точки схем замещения генераторов, обобщенных нагрузок, двигателей, батарей конденсаторов и емкостных проводимостей кабельных и воздушных линий большой протяженности.

Вентильные преобразователи и другие источники гармоник замещают источниками токов высших гармоник бесконечной мощности. Если к одной секции (системе шин) подключено несколько источников высших гармоник, то производится их эквивалентирование.

2. Производится расчет параметров схем замещения элементов систем электроснабжения для каждой гармоники. Количество гармоник, для которых рассчитываются параметры схем замещения, определяется в соответствии с исходными данными о типе источника высших гармоник.

3. Определяется спектральный состав токов источников высших гармонических составляющих.

4. По заданной информации (парам узлов и сопротивлений для каждой ветви схемы замещения сети) формируется матрица проводимостей узлов  $[Y_Y]$  и комплексная столбцовая

матрица эквивалентных узловых токов источников высших гармоник  $[J_{vn}]$ . Диагональный элемент  $Y_{vij}$  равен сумме проводимостей тех ветвей, которые инцидентны узлу схемы. Недиагональный элемент  $Y_{vij}$  равен проводимости ветви, соединяющей узлы  $i$  и  $j$  схемы, взятой с противоположным знаком.

5. Решается система узловых уравнений в матричной форме для  $v$ -х гармоник:

$$Y_{vij} * |\varphi_{vi}| = |I_{vi}| \quad (2)$$

6. Определяется эквивалентное значение напряжения  $v$ -й гармоники в  $i$ -м узле схемы:

$$U_{vi} = \overline{|\varphi_{vi}|^2} \quad (3)$$

7. По результатам расчета эквивалентных значений гармоник напряжения в узлах определяют коэффициенты нелинейности напряжения.

8. Рассчитывается действующее значение токов  $v$ -й гармоники в ветвях схемы замещения:

$$I_{vi} = \frac{\overline{|\varphi_{vi} - \varphi_{vj}|^2}}{Z_{vi}} \quad (4)$$

9. Определяется эквивалентное значение токов высших гармоник в ветвях схемы замещения:

$$I_{\Sigma i} = \overline{\sum_{v=v_1}^n I_{vi}^2} \quad (5)$$

### Литература

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. 2000. – 331с., ил.

2. Гераскин О.Т. Черепанов В.В. Применение вычислительной техники для расчета высших гармоник в электрических сетях. – М.:ВИПКЭнерго 1987. – 53с., ил.

3. Грунтович Н.В., Горюнова Ю.О. Моделирование режимов потребления электрической энергии для задач управления энергетической эффективностью промышленных потребителей. Вестник Белорусско-Российского университета. 2007. № 2. С. 55-62.

4. Токочакова Н.В., Фиков А.С., Колесников П.М. Проектирование и использование номограммы для определения целевого показателя по энергосбережению предприятий трубопроводного транспорта нефти. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2007. № 4 (31). С. 84-92.

5. Грунтович Н.В., Шенец Е.Л. Влияние структуры потребления топливно-энергетических ресурсов предприятия при внедрении мероприятий по энергосбережению. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 2014. № 2. С. 58-66.

УДК 621.316.9

*Безик В.А., к.т.н., доцент*  
*Маркарянц Л.М., д.т.н., профессор*  
*Безик Д.А., к.т.н., доцент*  
*Иванюга М.М., инженер*  
*Ковалев, В.В., инженер*  
*Жиряков А.В., инженер*  
*ФГБОУ ВО Брянский ГАУ*

## **УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В ЛИНИИ, ПИТАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ**

В настоящее время для защиты от поражения персонала широко используют устройства защитного отключения (УЗО), которые эффективно предотвращают несчастные случаи. Однако они не способны защитить, если напряжение в линию подается со стороны нагрузки, а не из вводного