

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЯ И СТЕПЕНИ УЧАСТИЯ КАЖДОГО СУБЪЕКТА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ МОЩНОСТИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Волошко А. В., Филянин Д. В.

Институт энергосбережения и энергоменеджмента НТУУ "КПИ"

Предложен новый подход к определению источников высших гармоник и метод распределения компенсации за искажение кривой напряжения в распределительной сети.

Постановка проблемы. Наличие нелинейных нагрузок и рост числа систем распределенной генерации электроэнергии приводят к искажению формы кривых напряжения и тока в системах электроснабжения (СЭС), то есть к появлению гармоник тока и напряжения.

Воздействие гармоник чревато нарушением работы энергетического оборудования и вредным воздействием на электроприемники потребителя.

Энергоснабжающие организации обычно снимают с себя ответственность за причины возникновения гармоник, вводя стандарты или рекомендации по ограничению уровней гармонических составляющих в точках общего присоединения потребителей. Эти документы не учитывают состав оборудования СЭС и, соответственно, ущерб, который могут нанести гармоники сетевому оборудованию и оборудованию потребителя.

Убытки, которые несут субъекты процесса распределения электрической энергии от ухудшения ее качества сверх допустимых норм [1, 2], должны оплачиваться виновниками нарушения качества. Для этого необходимо определить источники гармоник, оценить степень участия каждого субъекта распределительной сети в нарушении синусоидальности и распределении мощности высших гармоник, чтобы с помощью системы штрафов и санкций стимулировать потребителя, искажающего параметры качества электроэнергии, устанавливать у себя компенсирующее оборудование, а также справедливо распределять средства, полученные от источников искажения.

Анализ последних исследований и публикаций. На сегодняшний день нет общепринятого метода для обнаружения виновников нарушения синусоидальности напряжения.

Можно выделить две группы подходов к определению источников искажений кривой напряжения в точке общего подключения (ТОП):

1. Группа, основанная на измерениях в ТОП с известным или неизвестным сопротивлением сети и потребителя;

2. Группа, основанная на измерениях, взятых в различных точках системы электроснабжения, с использованием методик оценки состояния системы.

Вторая группа подходов по определению источника гармоник используется для системообразующих сетей и предполагает сложные алгоритмы оптимизации размещения датчиков по всей системе электроснабжения для оценки источников искажений.

В распределительных сетях, в отличие от системообразующих сетей, направление потока мощности

первой гармоники предопределено и вопрос об оптимизации размещения точек контроля не стоит, так как надо контролировать каждого субъекта СЭС (по аналогии с учетом потребления электроэнергии).

Методы определения источника искажения, относящиеся к первой группе:

1. Методы, основанные на определении знака и значения мощности гармоники, генерируемой источником высших гармоник.

2. Метод деформирующей и не деформирующей нагрузки (deforming and non-deforming load), согласно которому измеренный ток является суммой не деформирующего и деформирующего токов.

3. Метод искажающего и не искажающего тока (distorted and non-distorted current), согласно которому нагрузка представляется в виде эквивалентного линейного сопротивления первой гармонике.

В данных методах все измерения проводятся в точке общего подключения. Второй и третий из перечисленных методов определения виновника искажения кривой напряжения в ТОП исходят из предположения линейности сопротивления нагрузки на всех частотах, что не является корректным. Например, наличие фильтров высших гармоник сводит на нет это предположение. Более универсальным представляется метод определения знака и значения мощности гармоники, генерируемой источником гармоник, поскольку там используются только измеренные величины без каких-либо предположений. Его недостатком является отсутствие учета взаимных потоков искажающей мощности, возникающих при наличии нескольких источников искажения в СЭС. Для устранения этого недостатка измерения следует проводить не в ТОП, а на клеммах потребителя [3, 4].

Результатом применения методов определения источников искажений являются различные коэффициенты или индексы, характеризующие вклад источника гармоник в искажение кривой напряжения. Такой подход не дает полной картины распределения мощности высших гармоник в СЭС и не позволяет справедливо распределять компенсационные выплаты между субъектами распределительной сети.

Цель статьи. Ввести определение коэффициента распределения по каждой отдельной гармонике для каждого субъекта распределительной сети.

Основные материалы исследования. Согласно определению баланса мощностей: сумма мощностей, потребляемых приемниками, равна сумме мощностей, отдаваемых источниками. То есть для ТОП справедливо выражение

$$\sum_{i=1}^n P_{ik}^{TOP} = 0, \quad (1)$$

где k – порядок гармоники;

n – общее количество подключений в ТОП, включающая источник питания;

P_{ik}^{TOP} – активная мощность k -й гармоники i -го подключения.

Активная мощность k -й гармоники, потребляемая i -й кабельной линией, определяется, как разница между мощностью, измеренной в начале линии (ТОП) и в конце линии (клеммы потребителя)

$$P_{ik}^{KП} = P_{ik}^{TOP} - P_{ik}, \quad (2)$$

где P_{ik} – активная мощность k -й гармоники i -го потребителя.

Суммарная мощность источников k -й гармоники

$$P_{\Sigma k} = \sum P_{ik}^{ucm}, \quad (3)$$

где P_{ik}^{ucm} – мощность i -го источника k -й гармоники.

P_{ik}^{ucm} определяется из условия

$$P_{ik}^{ucm} = \begin{cases} 0 & \text{если } P_{ik} \geq 0 \\ P_{ik} & \text{если } P_{ik} < 0 \end{cases}, \quad (4)$$

где P_{ik} – активная мощность k -й гармоники i -го потребителя.

Коэффициент распределения i -го потребителя по k -й гармонике определяется, как отношение активной мощности гармоники каждого субъекта СЭС к суммарной активной мощности соответствующей гармоники, генерируемой всеми источниками искажения, с учетом знака

$$K_{ik} = \frac{P_{ik}}{P_{\Sigma k}}. \quad (5)$$

Для кабельных линий

$$K_{ik}^{KП} = \frac{P_{ik}^{KП}}{P_{\Sigma k}}. \quad (6)$$

Исходя из баланса мощностей, можно утверждать, что

$$\sum_{i=1}^n (K_{ik} + K_{ik}^{KП}) = 0. \quad (7)$$

Выводы. Из приведенного материала следует:

- для дифференциации ущерба необходимо определять степень участия каждого субъекта СЭС в

искажении кривой напряжения по каждой гармонике отдельно;

- кабельная линия является потребителем активной мощности гармонических составляющих и для определения ее степени участия в распределении мощности гармоник необходимо производить измерения на ее обоих концах, то есть в ТОП и на клеммах потребителя;

- в качестве критерия оценки участия каждого субъекта СЭС в распределении мощности высших гармоник целесообразно использовать коэффициент распределения по k -й гармонике.

Список использованных источников

1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 18.06.99. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. – 30 с.

2. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 01.01.2013. – М: Стандартинформ, 2012. – 16 с.

3. Волошко А. В. К вопросу определения источника гармоник на примере упрощенной модели системы электроснабжения / А. В. Волошко, Д. В. Филянин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015 – Т.326, №6. – С. 114-121.

4. Волошко А. В. Определение источников гармонических искажения в точке общего подключения на примере упрощенной модели распределительной сети / А. В. Волошко, Д. В. Филянин // Энергетика: экономика, технологии, экология. – 2015 – №1. – С. 35-43.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛ СПОТВОРЕНЬ ТА СТУПЕНЮ УЧАСТІ КОЖНОГО СУБ'ЄКТА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В РОЗПОДІЛЕННІ ПОТУЖНОСТІ ВИЩИХ ГАРМОНІК

Волошко А. В., Філянін Д. В.

Запропоновано новий підхід до визначення джерел вищих гармонік та метод розподілення компенсації за спотворення кривої напруги в розподільчій мережі.

Abstract

DISTORTION SOURCE IDENTIFICATION AND IMPACT OF EACH SUBJECTS OF POWER SUPPLY SYSTEM AT HARMONICS POWER DISTRIBUTION

A.Voloshko, D. Filyanin

A new approach to identify the sources of harmonics and the method of distribution of compensation for the harmonic distortion in the distribution network.