

УДК 621.3

Источники нарушения качества электроэнергии

Иселёнок Е.Б.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ПЕТРУША Ю.С.

Под совместимостью объектов различных видов деятельности или процессов понимают комфортное существование каждого из них при отсутствии недопустимого влияния на другие объекты. В системах электроснабжения электрооборудование, приборы, аппараты и другие устройства находятся в общей для них электромагнитной среде, причем любое электромагнитное устройство является источником электромагнитных помех, и в то же время на него воздействуют помехи, создаваемые другими источниками.

В общем случае электромагнитная помеха характеризуется как воздействие, искажающее основной сигнал и нежелательно воздействующее на него. Основным сигналом это полезный сигнал, определяемый принципом действия электроприемника, его системы управления и защиты. Электромагнитные помехи можно разделить на две группы: естественные и искусственные. Естественные помехи создаются грозовыми разрядами и геомагнитными явлениями. Искусственные помехи обусловлены работой электрооборудования, воздушных и кабельных линий электропередачи, силовых трансформаторов и другой аппаратуры управления и контроля.

Распространение электромагнитных помех возможно либо в пространстве (помехи излучения), либо в проводящих средах (кондуктивные помехи). Кондуктивные помехи распространяются по проводам, кабелям, шинопроводам, а также в электролите и других аналогичных средах. Они приводят к дополнительному нагреву электрооборудования или его элементов под воздействием повышенного напряжения, токов высших гармоник и т.д. Дополнительный нагрев приводит к разрушению изоляции, разрушению конструктивных элементов электрооборудования.

Электрическая сеть и система электроснабжения является электромагнитной средой, в которой имеет место генерирование, распространение и воздействие электромагнитных помех на электроприемники. Поэтому возникает задача их электромагнитной совместимости, под которой понимается способность электрооборудование, аппаратов и приборов нормально функционировать в электромагнитной среде, не создавая недопустимых помех для другого оборудования, функционирующего в той же среде.

Значение электромагнитных помех устанавливают показатели качества электроэнергии. В Беларуси действует ГОСТ 32114-2013, в котором установлены стандарты качества электроэнергии. Настоящий стандарт устанавливает показатели и нормы качества электроэнергии в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения.

Качество электроэнергии (КЭ)-степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированным показателям. КЭ проявляется через работу электроприемников. Поэтому если электроприемник работает неудовлетворительно, и КЭ соответствует установленным требованиям, то причину ищут в качестве изготовления электрооборудования. Если КЭ не соответствуют требованиям, то претензии предъявляются поставщику электроэнергии. КЭ на месте производства не гарантирует её качества в точке присоединения потребителя, т.к. характер самого производственного процесса существенно влияет на параметры КЭ.

Изменения характеристик напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети подразделяют на две категории — продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события.

Продолжительные изменения характеристик напряжения электропитания представляют собой длительные отклонения характеристик напряжения от номинальных значений и обусловлены, в основном, изменениями нагрузки или влиянием нелинейных нагрузок. Случайные события представляют собой внезапные и значительные изменения формы

напряжения, приводящие к отклонению его параметров от номинальных. Данные изменения напряжения, как правило, вызываются непредсказуемыми событиями (например, повреждениями оборудования) или внешними воздействиями (например, погодными условиями или действиями стороны, не являющейся пользователем электрической сети).

Продолжительные изменения характеристик напряжения:

1. Отклонение частоты

Показателем КЭ является отклонение значения основной частоты напряжения электропитания от номинального значения:

$$\Delta f = f_m - f_{\text{ном}},$$

f_m -значение основной частоты напряжения электропитания, Гц, измеренное в интервале времени 10 с.

$f_{\text{ном}}$ -номинальное значение частоты напряжения электропитания, Гц. Номинальное значение частоты в электрической сети равно 50 Гц.

- Для указанного показателя КЭ установлены следующие нормы: отклонение частоты в синхронизированных системах электроснабжения не должно превышать $\pm 0,2$ Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и $\pm 0,4$ Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю;

- Отклонение частоты в изолированных системах электроснабжения с автономными генераторными установками не должно превышать ± 1 Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и ± 5 Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю

2. Медленные изменения напряжения:

Медленные изменения напряжения электропитания (продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети.

Показателями КЭ, относящимися к медленным изменениям напряжения электропитания, являются отрицательное $\delta U_{(-)}$ и положительное $\delta U_{(+)}$ отклонения напряжения от номинального/согласованного значения, %:

$$\delta U_{(-)} = \frac{U_0 - U_{m(-)}}{U_0} \cdot 100, \%$$

$$\delta U_{(+)} = \frac{U_{m(+)} - U_0}{U_0} \cdot 100, \%$$

где $U_{m(-)}$ и $U_{m(+)}$ -значения напряжения электропитания, меньшие и большие соответственно, усредненные в интервале времени 10 мин,

U_0 – напряжение, равное стандартному номинальному напряжению $U_{\text{ном}}$ или согласованному напряжению U_c .

Для указанных выше показателей КЭ установлены следующие нормы: положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю.

3. Колебания напряжения и фликер:

Колебания напряжения электропитания (продолжительностью 1 мин.), в том числе одиночные быстрые изменения напряжения, обуславливают возникновение фликера (ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное световым источником, яркость или спектральный состав которого изменяются во времени).

Показателями КЭ, относящимися к колебаниям напряжения, являются кратковременная доза фликера P_{st} , измеренная в интервале времени 10 мин, и длительная доза фликера P_{lt} , измеренная в интервале времени 2 ч, в точке передачи электрической энергии.

Одиночные быстрые изменения напряжения вызываются в основном резким изменением нагрузки в электроустановках потребителей, переключениями в системе либо неисправностями и характеризуются быстрым переходом среднеквадратического значения напряжения от одного значения к другому.

Обычно одиночные быстрые изменения напряжения не превышают 5% в электрических сетях низкого напряжения и 4% - в электрических сетях среднего напряжения, но иногда изменения напряжения с малой продолжительностью до 10% $U_{ном}$ и до 6% U_c соответственно могут происходить несколько раз в день.

4. Несинусоидальность напряжения:

а) Гармонические составляющие напряжения

Гармонические составляющие напряжения обусловлены, как правило, нелинейными нагрузками пользователей электрических сетей, подключаемыми к электрическим сетям различного напряжения. Гармонические токи, протекающие в электрических сетях, создают падения напряжений на полных сопротивлениях электрических сетей.

Показателями гармонических составляющих являются:

• Значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения до 40-го порядка $K_{U(n)}$:

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

где $U_{(n)}$ - амплитуда n-ой гармоники, В,

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

• Значение суммарного коэффициентов гармонических составляющих напряжения

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

б) Интергармонические составляющие напряжения

Интергармонические составляющие-среднеквадратическое значение синусоидального напряжения, частота которого не является кратной основной частоте напряжения. Уровень интергармонических составляющих напряжения электропитания увеличивается в связи с применением в электроустановках частотных преобразователей и другого управляющего оборудования.

5. Несимметрия напряжений в трехфазных системах:

Несимметрия трехфазной системы напряжений обусловлена несимметричными нагрузками потребителей электрической энергии или несимметрией элементов электрической сети.

Показателями КЭ являются:

• Коэффициент несимметрии по обратной последовательности K_{2U} :

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100\%;$$

• Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности K_{0U} :

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100. \%$$

где $U_{1(1)}$, $U_{2(1)}$, $U_{0(1)}$ -действующие значения напряжения основной частоты прямой, обратной и нулевой последовательностей, В.

6. Напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям:

Допустимые уровни напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям, и методы оценки соответствия требованиям находятся на рассмотрении.

Случайные события:

Прерывания напряжения относят к создаваемым преднамеренно, если пользователь электрической сети информирован о предстоящем прерывании напряжения, и к случайным, вызываемым длительными или кратковременными неисправностями, обусловленными, в основном, внешними воздействиями, отказами оборудования или влиянием электромагнитных помех.

1. Провалы напряжения и перенапряжения:

• К провалам напряжения относится внезапное значительное снижения напряжения (более чем на 10 % от $U_{ном}$). Они обычно происходят из-за неисправностей в электрических сетях или в электроустановках потребителей, а также при подключении мощной нагрузки. Провал напряжения, как правило, связан с возникновением и окончанием короткого замыкания или иного резкого возрастания тока в системе или электроустановке, подключенной к электрической сети.

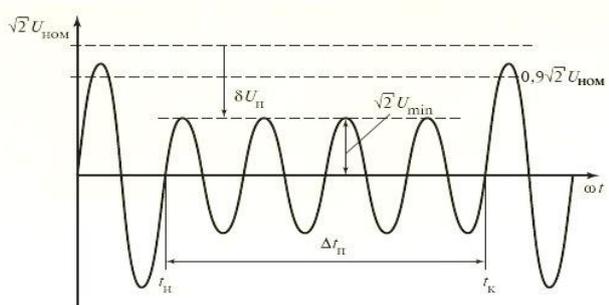


Рисунок 1 – Провал напряжения глубиной δU_n

Глубина провала вычисляется по следующей формуле:

$$\delta U_n = \frac{U_{ном} - U_{min}}{U_{ном}} \cdot 100, \%$$

где $U_{ном}$ -номинальное напряжение, В.

• Перенапряжения, как правило, вызываются переключениями и отключениями нагрузки.

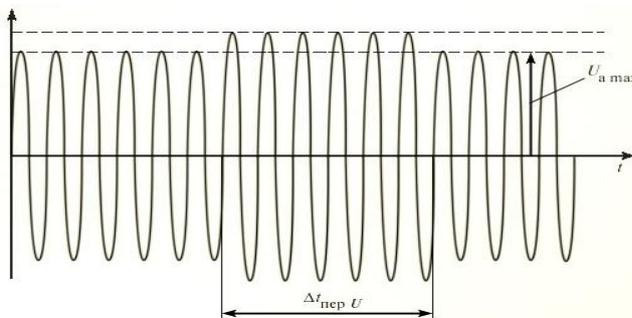


Рисунок 2 – Временное перенапряжение

Коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$:

$$K_{пер U} = \frac{U_{amax}}{\sqrt{2} U_{ном}}$$

где U_{amax} -амплитудное значение напряжения основной частоты, В.

2. Импульсные напряжения:

Импульсные напряжения в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети вызываются, в основном, молниевыми разрядами или процессами коммутации в электрической сети или электроустановке потребителя электрической энергии. Импульсные напряжения, вызванные молниевыми разрядами, в основном, имеют

большие амплитуды, но меньшие значения энергии, чем импульсные напряжения, вызванные коммутационными процессами, характеризующимися, как правило, большей длительностью.

Для обеспечения КЭ должны быть обеспечены условия, что энергоснабжающая организация располагает резервом активной мощности, средствами регулирования напряжения, содержит оборудование электрических сетей в соответствии с установленными требованиями, систематически проводит контроль КЭ.

Потребитель должен применять исправное оборудование и приборы, оборудование с нормированным уровнем вносимых им помех или использовать специальные средства, позволяющие ограничивать вносимые помехи, и таким образом ограничивать свое влияние на КЭ в точке присоединения.

Литература

1. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. - Минск: «Вышэйшая школа», 2012. - 5 с.
2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 3с.