

УДК 621.316

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Шек О.А., магистрант гр. ЭПм-171, I курс

Научный руководитель: Беляевский Р.В., к.т.н., доцент, чл.-корр. КРО РЭА  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Всем известно, что электричество принимает участие в различных отраслях жизнедеятельности человека, а также обладает совокупностью особых свойств и участвует в создании продукции иного вида, непосредственно влияя на их качество. Оно может быть выявлено как совокупность каких-либо качеств, при которых электроприемники (ЭП) работают в правильном режиме и соответствуют необходимым функциям.

Качество энергии в промышленности можно оценить с помощью технико-экономических показателей, которые способны учитывать вред вследствие нарушения целостности материалов или оборудования, развал технологического процесса, понижения свойств производимой продукции, а также понижения выработки производительности – можно сказать, технологический вред [1].

В связи с этим актуальны проблемы, связанные с наиболее экономичным и удобным потреблением электрической энергии. Одной из наиболее значимых проблем является несимметрия токов и напряжений в распределительной сети.

Несимметрия, как и колебания напряжения и несинусоидальность, в основном вызываются при воздействии в рабочем состоянии каких-либо отдельных электроприемников большой мощности на различных предприятиях, и лишь численный размер этих показателей качества будет зависеть от мощности питающей энергосистемы в обособленной точке подключения потребителя. Отклонения напряжения варьируются в зависимости от уровня напряжения, которое будет подаваться энергосистемой на промышленные предприятия, так и от работы отдельных промышленных электроприемников, в особенности с большим потреблением реактивной мощности.

Также такие режимы напряжений в электрических сетях случаются и в аварийных ситуациях – если обрывается фаза или происходит несимметричное короткое замыкание. Несимметрия напряжений может характеризоваться наличием в трехфазной электросети напряжений обратной или нулевой последовательностей, ощутимо меньших по величине подходящих комплектующих напряжения прямой (основной) последовательности.

Несимметричные фазы напряжений могут получаться в результате наложения на эту систему прямой последовательности напряжений системы

обратной последовательности, что дает начало к изменениям абсолютных значений фазных и междуфазных напряжений (рис. 1).

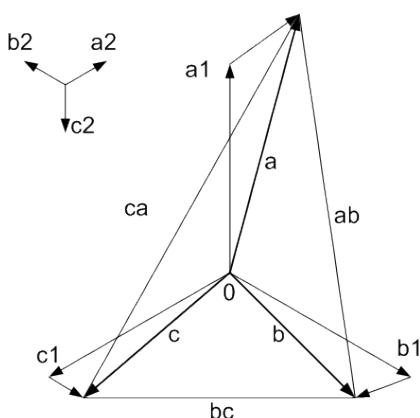


Рис. 1. Векторная диаграмма напряжений обратной и прямой последовательности

Помимо этой несимметрии, которая вызывается с помощью напряжения системы обратной последовательности, также возможно возникновение несимметрии вследствие наложения на эту систему прямой последовательности напряжений системы с нулевой последовательностью. В последствии такого смещения нейтрали системы трехфазной образуется несимметрия фазных напряжений при помощи удерживания симметричной системы междуфазных напряжений (рис. 2).

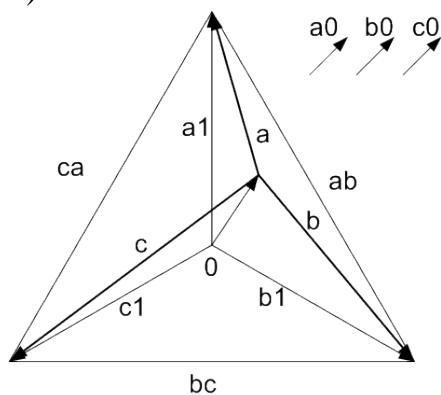


Рис.2. Векторная диаграмма напряжений нулевой и прямой последовательности

В сетях электрических несимметричные режимы образуются по факторам:

- 1) несходящие нагрузки в разнородных фазах;
- 2) неполнофазная работа линий или иных элементов в сети;
- 3) разные параметры линий в различных фазах.

Наиболее часто происходит возникновение несимметрии из-за неравенства нагрузок фаз (наиболее характерно для низковольтных электрических сетей 0,4 кВ).

Существует два вида несимметрии – систематическая и вероятностная (случайная). Систематическая несимметрия предопределена постоянной неравномерной перегрузкой какой-либо одной из фаз, вероятностная же несимметрия согласовывается с непостоянными нагрузками, при которых в разное время могут перегружаться различные фазы в зависимости от разных случайных факторов (перемежающаяся несимметрия).

Ниже представлены коэффициенты несимметрии по обратной и нулевой последовательности:

$K_{2U}$  – коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;

$K_{0U}$  – коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности принято считать по следующей формуле, %:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $U_{2(1)}$  – действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений, В;  $U_{1(1)}$  – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты, В.

Возможно вычислять  $K_{2U}$  по выражению, %:

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{\text{ном.мф}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $U_{\text{ном.мф}}$  – номинальное значение междуфазного напряжения сети, В.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности равен, %:

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $U_{0(1)}$  – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений, В.

Допускается вычислять  $K_{0U}$  по формуле, %:

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{\text{ном.ф}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $U_{\text{ном.ф}}$  – номинальное значение фазного напряжения, В.

Относительная погрешность определения  $K_{2U}$  и  $K_{0U}$  равна значению отклонений напряжения  $U_{1(1)}$  от  $U_{\text{ном}}$ .

Нормально допустимое и предельно допустимое значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности в точке общего присоединения к электрическим сетям с напряжением nominalным, равным 0,38 кВ, равны 2,0 и 4,0 % [2].

Появление токов и напряжений обратной и нулевой последовательности ( $I_2, I_0, U_2, U_0$ ) приводит также к добавочным потерям мощности и энергии, а также потерям напряжения в сети, в следствие чего ухудшаются режимы и технико-экономические показатели ее работы. Токи обратной и нулевой последовательностей ( $I_2, I_0$ ) увеличивают потери в продольных ветвях сети, а напряжения и токи этих же последовательностей — в поперечных ветвях.

Наложение  $U_2$  и  $U_0$  приводит к различным дополнительным отклонениям напряжения в разных фазах. В результате чего напряжения могут выйти за допустимые пределы. Наложение  $U_2$  и  $U_0$  приводит к приумножению суммарных токов в отдельных фазах элементов сети. При этом хуже становятся условия их нагрева и уменьшается пропускная способность.

Суммарный ущерб, обусловленный несимметрией в промышленных сетях, включает стоимость дополнительных потерь электроэнергии, увеличение отчислений на реновацию от капитальных затрат, технологический ущерб, ущерб, из-за уменьшения реактивной мощности, генерируемой конденсаторными батареями и синхронными двигателями [3].

Несимметрия напряжений может характеризоваться коэффициентом обратной последовательности напряжений и коэффициентом нулевой последовательности напряжений, значение которых в точке передачи электроэнергии, усредненные в интервале времени около 10 мин, не должны превышать 2% в течение 95% времени интервала в течение одной недели, а также 4% в течение 100% времени интервала в одну неделю [4].

С этой проблемой сталкиваются многие компании, производящие и передающие электрическую энергию, а также потребители. В связи с этим возникает вопрос о регулировании нагрузки по фазе, то есть уменьшение ее неравенства.

В связи с этими и другими проблемами важно обеспечить повышение качества электрической энергии. Наиболее эффективным способом является регулирование напряжения — процесс изменения уровней напряжения в характерных точках системы электроснабжения с помощью специальных технических средств, который осуществляется автоматически по заранее назначенному закону. К нему относятся правильный выбор коэффициента трансформации и регулирование на шинах центра питания [5].

Регулирование напряжения необходимо для экономичной и безаварийной работы любого из потребителей, поскольку при увеличении или уменьшении напряжения на величины, которые находятся за пределами нормы, возможно сокращение срока службы электротехнических устройств и их изоляции, а также перегрев проводящих линий, обмоток и изоляции, что также

может привести к нарушению нормальной работы системы электроснабжения и даже к аварийным ситуациям.

Способы регулирования напряжения делятся на местное и централизованное. Под местным регулированием понимают регулирование непосредственно на месте потребления, у каждого отдельного потребителя или их группы. Централизованное регулирование осуществляется на шинах генераторов, при помощи изменения возбуждения. Например, изменением напряжения генераторов на электростанциях, параметров питающей цепи, коэффициентов трансформации трансформаторов и автотрансформаторов, величины реактивной мощности, протекающей в сети.

Серьезными проблемами при регулировании напряжения на данный момент являются нормализация и стабилизация напряжения, транзит от генерации к потребителю, увеличение пропускной способности, а также снижение потерь, повышение уровня статической и динамической устойчивости, потребление избыточной реактивной мощности. Все эти проблемы тесно связаны с технической сложностью реализации решения той или иной проблемы, а также экономическая сторона.

Таким образом, повышение качества и надежности электроэнергии – одна из главных задач в современной энергетики, в том числе решение проблемы несимметрии токов и напряжений в сети, а также требуемые параметры качества. Усовершенствование данных вопросов приведет к уменьшению потерь, и как следствие, уменьшению затрат на электроэнергию, и позволит увеличить полезность эффективность подачи и потребления электроэнергии.

### **Список литературы:**

1. Показатели качества электроэнергии и влияние отклонений напряжения и частоты на работу электрооборудования [Электронный ресурс] / Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://www.monographies.ru/ru/book/section?id=4930>, свободный.
2. Несимметрия напряжения [Электронный ресурс] / Тесла. – Режим доступа: [http://www.teslafirm.ru/voltage\\_unbalance/](http://www.teslafirm.ru/voltage_unbalance/), свободный.
3. Причины возникновения несимметричных режимов в электрических сетях [Электронный ресурс] / Школа для электрика. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/468-prichiny-vozniknovenija.html>, свободный.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 33 с.
5. Мероприятия и технические средства повышения качества электрической энергии [Электронный ресурс] / Школа для электрика. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1292-meroprijatija-i-tehnicheskie-sredstva.html>, свободный.