

НЕСИММЕТРИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И СПОСОБЫ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

Андрианов В.А.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

***Аннотация.** Описаны причины повреждения электроприемников потребителей, одна из которых – несимметрия напряжений.*

***Ключевые слова:** несимметрия напряжений, электрические машины, напряжение.*

Основной причиной повреждения электроприемников потребителей и передача некачественной электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,4кВ является напряжение с недопустимыми отклонениями. Так, в соответствии с ГОСТ 32144-2013 недопустимыми отклонениями является напряжение выше 242В (повышенное напряжение) и ниже 199В (пониженное напряжение). Из известных причин (перенапряжения в питающей сети 10(6) кВ, внутренние повреждения силового трансформатора 10(6)/0,4кВ, обрыв нулевого провода и т.д.) в настоящее время распределительные сети 0,4кВ слабо защищены от возникновения напряжения с недопустимыми отклонениями по причине «несимметрии» трехфазной системы напряжений.

Причин возникновения несимметрии напряжений (токов) много, но основная из них – это неравномерность распределения однофазных нагрузок по фазам. Значительная часть электроприемников (бытовых и промышленных) имеют однофазное или двухфазное исполнение и питаются от сети 0,4кВ. Именно поэтому сети напряжением 0,4кВ имеют четырехпроводное исполнение. Обмотка низшего напряжения 0,4кВ трансформаторов, питающих такие сети, соединена в Y(звезду), а нейтраль выводится четвертым (токоведущим) проводом. Без «нулевого» провода эксплуатация сети невозможна, так как при обрыве наступает аварийная ситуация, обусловленная существенной несимметрией напряжения.

Для разных типов электрических машин влияние несимметрии напряжений будет различаться:

- в асинхронных двигателях (АД) возникают дополнительные потери в статоре;
- в синхронных машинах (СМ) кроме дополнительных потерь и нагрева статора и ротора могут появиться вибрации, опасные для нормальной работы машины;
- синхронные двигатели (СД) и конденсаторные компенсирующие устройства (ККУ) уменьшают выработку реактивной мощности.

Предельные и нормальные допустимые значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной последовательности согласно ГОСТ 13109-97 для сетей всех номинальных напряжений составляют от ± 2 до $\pm 4\%$.

При несимметрии напряжений, составляющей 2%, срок службы АД сокращается примерно на 11%, СД – на 16%, трансформаторов – на 5%, конденсаторов – на 22%.

Суммарный ущерб, связанный с несимметрией в электрических сетях, включает:

- стоимость дополнительных потерь электроэнергии;
- технологический ущерб;
- ущерб, обусловленный снижением светового потока ламп, установленных в фазах с пониженным напряжением, и сокращением срока службы ламп;
- увеличение отчислений на реновацию от капитальных затрат, установленных в фазах с повышенным напряжением;
- ущерб из-за уменьшения реактивной мощности, генерируемой ККУ и синхронными двигателями.

Существующие способы снижения несимметрии в распределительных сетях 0,4кВ можно разделить на следующие группы:

1. Уменьшение сопротивления нулевой последовательности отдельных элементов электрической сети.

Это наиболее доступный способ, не требующий значительных затрат. Его применение позволяет уменьшить несимметрию токов и напряжений в электрических сетях с коммунально-бытовой, промышленной и смешанной нагрузками.

Благодаря проведенным исследованиям установлено, что при правильном распределении однофазных нагрузок по фазам, потери электроэнергии, связанные с несимметрией напряжений и токов, могут быть снижены от 15 до 20%.

2. Перераспределение однофазных нагрузок.

Уменьшение дополнительных потерь мощности, обусловленных несимметрией напряжений в сети 0,4кВ, возможно при уменьшении сопротивления нулевой последовательности. Но пользоваться данным методом нужно аккуратно, так как исследованиями, проведенными в Санкт-Петербургском Государственном Аграрном Университете, установлено, что уменьшение сопротивления нулевой последовательности сети приводит к увеличению токов. Поэтому увеличение сечения нулевого провода более 0,75 сечения фазного провода не приводит к заметному снижению дополнительных потерь мощности. Кроме того, известно, что сечения нулевого и фазных проводов выбираются по экономическим нагрузкам, которые соответствуют минимуму затрат. Переход на следующее номинальное значение сечения провода требует дополнительных капитальных вложений, которые составляют 5-7% от стоимости сети 0,4кВ. Это приводит к неоправданному увеличению стоимости строительства и обслуживания сети 0,4кВ.

3. Поперечная компенсация реактивной мощности.

Путём пофазного распределения ККУ, предназначенных для компенсации реактивной мощности в электрической сети, можно одновременно компенсировать токи нулевой последовательности и значение коэффициента мощности. Но этот способ можно применять только тогда, когда обеспечивается определённая стабильность несимметрии нагрузок в сети, характерная для несимметрии напряжений и токов.

4. Применение замкнутых и полужамкнутых схем.

Снижение несимметрии токов за счёт дополнительного эффекта выравнивания нагрузок фаз может быть получено при переводе сети 0,4кВ в режим замкнутой или полужамкнутой сети. В первом случае замыкается сеть, питающаяся от нескольких распределительных трансформаторов (РТ), во втором – от одного распределительного трансформатора. Наиболее благоприятно, в отношении равномерности распределения нагрузок по фазам, замыкание линий, подключаемых к одному и тому же распределительному трансформатору. При этом точки токо-раздела устанавливаются между точками питания для каждой из фаз линии. Чем больше будет число замыкаемых линий сети низшего напряжения, тем больше эти нагрузки будут выравниваться.

Выравнивание нагрузки фаз в замыкаемых линиях снижает несимметрию напряжений вдоль линии. Так как в каждой из замыкаемых линий фазы и величины симметричных составляющих напряжений и токов являются неопределёнными (случайными) величинами, то математическое ожидание значения напряжения обратной последовательности составляет 33% от максимального в разомкнутых линиях.

Замыкания сети оказывают положительное влияние на выравнивание нагрузок по фазам и распределении симметричных нагрузок между участками сети. Таким образом, при замыкании сети возрастает качество напряжения, а также уменьшаются потери за счёт разгрузки нулевого и фазных проводов.

Несимметрия напряжений и токов является важной проблемой энергетики и имеет много способов борьбы с ней. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Необходима разработка новых методов устранения несимметрии напряжений, которые сочетали бы в себе одновременно малые финансовые и трудовые затраты и большую надёжность.