

Т.Л. Долгопол, доцент
(КузГТУ, г. Кемерово)

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Качество электроэнергии (КЭ) оказывает существенное влияние на энергоэффективность систем электроснабжения, так как отклонения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) от нормативных значений приводят к значительному увеличению потерь электрической энергии в различных функциональных частях этих систем.

С 1 июля 2014 года в России введен в действие новый стандарт, устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц (ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная).

До этого времени в РФ действовали одновременно два стандарта, регламентирующие требования к качеству электроэнергии, на усмотрение поставщиков электроэнергии: ГОСТ 13109-97 и ГОСТ Р 54149-2010. Это было обусловлено необходимостью создания новых анализаторов качества электроэнергии и модернизации большого количества старых приборов, чтобы их можно было использовать для оценки КЭ в соответствие с новыми требованиями.

Фактически ГОСТ Р 54149-2010 так и не вступил в силу, но требования к качеству электроэнергии в действующем стандарте практически не изменились при его сравнении с ГОСТ Р 54149. Незначительно изменились значения коэффициента гармонических составляющих некоторых гармоник и классификация провалов напряжения по остаточному напряжению и длительности.

Основным отличием ГОСТ 13109-97 и новых стандартов является точка нормирования и контроля ПКЭ. В ГОСТ 32144-2013 требуемые значения ПКЭ нормируются в точке передачи электрической энергии (на границе балансовой принадлежности) вместо точки общего присоединения.

Таким образом, новый ГОСТ обязывает потребителей в своих системах электроснабжения обеспечивать требуемое качество электроэнергии. Например, отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должно превышать 10% в течение 100% времени интервала измерения, а допустимые отклонения напряжения на зажимах электроприемников составляет $\pm 5\%$, т.е. в два раза меньше.

В системах электроснабжения с низким уровнем КЭ дополнительные потери электроэнергии могут иметь значительные значения.

Несимметрия трехфазной системы токов возникает в результате наложения на систему прямой последовательности системы обратной и нулевой последовательностей. Это обуславливает протекание по электрическим сетям токов симметричных составляющих (обратной и нулевой последовательностей), которые не

переносят активной мощности, но увеличивают полную мощность цепи и вызывают дополнительных потери электроэнергии.

Искажение синусоидальности кривой тока приводит к протеканию по электрической сети токов высших гармоник. При увеличении частоты под действием поверхностного эффекта и эффекта близости увеличивается активное сопротивление проводников, что вызывает дополнительные потери мощности в проводниках. Например, полное сопротивление проводника сечением 25 мм² на частоте 350 Гц (7-ая гармоника) возрастает на 60% по сравнению с его сопротивлением постоянному току. Кроме того, высшие гармоники также вызывают дополнительные потери на вихревые токи в металлических оболочках и броне кабелей.

Например, дополнительные потери электроэнергии в системах электроснабжения бытовых потребителей из-за низкого качества электрической энергии могут превышать 100 %. Только за счет выравнивания нагрузки по фазам можно снизить потери электроэнергии в сетях бытовых потребителей более, чем на 50 %.

Дополнительные потери электроэнергии и снижение срока службы силовых трансформаторов происходит из-за дополнительного нагрева их изоляции под действием токов обратной последовательности и токов высших гармоник.

Потери мощности в трансформаторе при симметричном и синусоидальном режиме определяются по формуле:

$$\Delta P_{mp} = \frac{P^2 + Q^2}{U_H^2} R + \Delta P_{xx} = \beta \cdot \Delta P_{kz} + \Delta P_{xx}, \quad (1)$$

где β – коэффициент загрузки трансформатора, ΔP_{kz} – потери короткого замыкания трансформатора, ΔP_{xx} – потери холостого хода трансформатора.

Дополнительные потери в трансформаторе при несимметричной нагрузке:

$$\Delta P'_{mp} = \varepsilon_U^2 \left(\Delta P_{xx} + \frac{\Delta P_{kz}}{u_{kz}^2} \right), \quad (2)$$

где ε_U^2 – коэффициент обратной последовательности напряжения; u_{kz} – напряжение КЗ.

Дополнительные потери в трансформаторе от несинусоидальности напряжения:

$$\Delta P''_{mp} = \Delta P_{xx} \sum_{v=2}^n \left(\frac{U_{v^*}^2}{v^{2,6}} \right) + 1,291 \frac{\Delta P_{kz}}{u_{kz}^2} \sum_{v=2}^n \left(\frac{1+0,05v^2}{v\sqrt{v}} U_{v^*}^2 \right), \quad (3)$$

где $U_{v^*} = U_v / U_{nom}$ – относительное значение напряжения v -й гармоники.

Основные потери в трансформаторах при номинальной нагрузке и $\cos \varphi=0,95$ составляют около 5% от номинальной мощности. Дополнительные потери, обусловленные несинусоидальностью, т.е наличием высших гармоник, могут значительно превышать основные потери. Например, для трансформатора марки ТМ 25-10/0,4 дополнительные потери, вызванные несинусоидальностью кривых напряжения и тока, превышают в 2 раза основные потери. При увеличении номинальной мощности трансформаторов, увеличивается мощность дополнительных потерь, однако в процентном отношении к номинальной мощности дополнительные потери уменьшаются.

Дополнительные потери в трансформаторах от несимметрии нагрузки более значительны, чем от искажения синусоидальности формы кривой напряжения.

Снижение дополнительных потерь в трансформаторах возможно за счет реализации как организационных, так и технических мероприятий. К организационным мероприятиям относится равномерное распределение нагрузки по фазам. К техническим – применение трансформаторов со встроенным симметрирующим устройством (ТМГСУ).

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014 – 17 с.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 31 с.
3. ГОСТ Р 54149-2010. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2012. – 15 с.

