

**Жежеленко И.В.**, д.т.н., профессор,  
ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,  
**Трофимов Г.Г.**, д.т.н., профессор,  
Алматинский университет энергетики и связи

## **ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Повышение энергетической эффективности производства, передачи и распределения электроэнергии было и остается одной из важнейших проблем современной энергетики. В круг вопросов этой комплексной проблемы входят такие составляющие, как снижение технологических потерь, повышение качества электроэнергии и надежности функционирования электрических сетей и систем, анализ и коррекция действующих в настоящее время нормативов.

Относительные потери электроэнергии в электрических сетях Украины в 2016 году достигают 20 %. Значения относительных потерь электроэнергии в электрических сетях промышленно развитых стран по усредненным данным за 2013 – 2015 годы находятся в пределах 4 – 7 %. Эти страны обладают высоким значением внутреннего валового продукта (ВВП) по паритету покупательной способности (ППС) на душу населения, превышающим 20 тыс. долл. США. В то же время в странах с ВВП по ППС ниже 20 тыс. долл. США: в Молдове, Белоруссии, Румынии, Монголии относительные потери в сетях превосходят 10 %. Таким образом, фактические потери в электрических сетях Украины в 1,5 – 2,5 раза выше, чем в электрических сетях промышленно развитых стран.

Из приведенных цифр следует, что имеется достаточно тесная связь значений потерь электроэнергии в электрических сетях различных стран с экономикой этих стран. В странах с более развитой экономикой, как правило, выше техническая культура производства, передачи и распределения электроэнергии, используются более современные системы управления режимами работы электрических сетей, контроля и учета электроэнергии, живут и работают более платежеспособные и дисциплинированные потребители, действует четкая нормативно-правовая база и система тарифного регулирования.

Высокий уровень потерь в электрических сетях связан, также, с низким уровнем компенсации реактивной мощности, 70-ти процентным физическим и моральным износом сети, явно недостаточным использованием средств оптимизации режимов работы и регулирования напряжения и нерешенности проблем качества электрической энергии.

Низкий уровень качества электрической энергии (КЭ) приводит к значительному снижению энергетической эффективности электрических сетей за счет увеличения потерь активной и реактивной мощности, технологического расхода электроэнергии на ее транспорт, к снижению срока службы электрооборудования, увеличению капитальных вложений в электрические сети, нарушение условий нормального функционирования энергетической системы.

В настоящее время нет необходимости доказывать значимость проблемы качества электроэнергии. Она относится к числу важнейших проблем современной электроэнергетики и является частью проблемы повышения энергоэффективности электрических сетей.

Непрерывный рост установленной мощности нелинейных, несимметричных и резкопеременных нагрузок не всегда сопровождался своевременным внедрением решений, направленных на коррекцию качества электроэнергии, даже в промышленно развитых странах Западной Европы. Так, в распределительных сетях напряжением 230/400 В в Швейцарии за 10-летний период содержание высших гармоник (ВГ) возросло на 0,7 %.

Требования стандартов на качество электроэнергии в промышленных электрических сетях, по нашим данным, соблюдаются в 30 – 40 % случаев.

«МЕНЕДЖМЕНТ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ»

Наибольшее отрицательное влияние на энергоэффективность оказывает несинусоидальность напряжения, которая обусловлена интенсивным внедрением нелинейных нагрузок, подключаемых к электрическим сетям различного напряжения. Это вызывает искажение синусоидальной формы напряжения или тока не только у самого потребителя, но и во внешней сети. В случае превышения нормируемых уровней эти электромагнитные помехи могут привести не только к нарушению помехоустойчивости технических средств (в частности, устройств микропроцессорной релейной защиты) в энергосистеме, на электростанциях и подстанциях, но и влияют на технологический процесс в системах электроснабжения.

На сегодня более 60 % электрической энергии в промышленности используется в преобразованном виде (в металлургии на некоторых производствах – до 100 %). Этому способствует, в значительной мере, внедрение частотных преобразователей в системах электропривода. Как следствие, не только существенно возрастает уровень канонических высших гармоник (ВГ), но появляется широкий спектр так называемых интергармоник (ИГ) – межгармоник. В последние годы заметно возрос выход из строя электродвигателей вследствие повреждения изоляции (до 20 – 25 %), так значительно увеличился эквивалентный уровень несинусоидальности. Так, эквивалентное действующее значение ИГ непосредственных преобразователей частоты может, в зависимости от режима работы, в несколько раз превосходить их номинальные значения (на основной частоте); преобразователь со звеном постоянного тока генерирует ВГ и ИГ в меньшей степени.

Практика свидетельствует о том, что в этом случае стоимость мероприятий по компенсации уровней ВГ может быть соизмеримой или больше стоимости ущерба от воздействия ВГ и ИГ. Высокие уровни ВГ и ИГ усложняют решение ряда вопросов концепции Smart grid.

В последние десятилетия вопросы качества электроэнергии рассматриваются в контексте задач электромагнитной совместимости. Таким образом, необходимо коренное решение вопроса минимизации уровней несинусоидальности.

Как известно, одним из важнейших показателей энергетической эффективности является индекс надежности электроснабжения.

В ряде энергообъединений СНГ значения индекса надежности находится в диапазоне 0,96 – 0,98. Зарубежные нормативы надежности, отвечающие современному состоянию энергетики достаточно высоки: в США – 0,9997, во Франции – 0,9997, в Нидерландах – 0,995, в Ирландии – 0,9991, в скандинавских странах – 0,999. Переход на более высокий уровень надежности в Украине по нашим расчетам потребует затрат в размере 0,1 – 0,2 млн. долл. / год на 1 МВт нагрузки. Использование высоких капиталовложений должно обеспечить повышение надежности всех компонентов электроэнергетических систем, использующих мощность магистральных и распределительных электрических сетей, инвестиций в обеспечение устройств, противоаварийной автоматики и др.

Таким образом, для повышения энергетической эффективности требуется:

- обеспечение нормированных уровней показателя КЭ в узлах электрических сетей;
- уменьшение уровней технологических потерь электрической энергии, в частности, корректного решения проблем реактивной мощности, в первую очередь, путем обеспечения экономически обоснованных значений  $\text{tg } \varphi$  и внедрения регулируемых компенсирующих устройств;
- решение вопросов оптимальной надежности электрических сетей и систем.