

УДК 621.31

**История развития и современные проблемы качества электрической энергии**

Демещик А.В., Хуршедзода С.

Научный руководитель – ст. препод. СТАЛОВИЧ В.В.

Электрическую энергию (ЭЭ) можно представить как промышленную продукцию в виде полуфабриката, которую непосредственно не потребляют, но используют при создании практически всех видов продукции. Поэтому электрическая энергия оказывает существенное влияние на качество и экономические показатели производства. Особенность электрической энергии состоит в том, что её качество на месте производства не может служить гарантией её качества в пунктах потребления, так как характер самого процесса потребления существенно влияет на параметры электрической энергии.

Пристальное внимание вопросам качества электрической энергии (КЭЭ) в СССР начали уделять в связи с введением в 1970 г. ГОСТ 13109-67, определяющего допустимые значения и пределы изменения показателей качества электроэнергии. Это был первый и единственный в мировой электротехнической практике официальный документ, нормирующий комплекс показателей качества электроэнергии. Следующим важным этапом в развитии вопросов улучшения качества электроэнергии явилось 3 Всесоюзное совещание по качеству электроэнергии, состоявшееся в Баку в 1973 г. [5]

Так как тенденция к ухудшению КЭЭ характерна не только для отечественных, но и зарубежных систем электроснабжения, то в 1974 г. Международной электротехнической комиссией был создан технический комитет ТК-77, которому предписано заниматься проблемой электромагнитной совместимости потребителей в многофазных системах и выработкой соответствующих рекомендаций.

Следует отметить, что в СССР на протяжении длительного времени первоочередное внимание уделялось нормализации положения с уровнями частоты и напряжения, то есть параметрам, практически полностью зависящими от деятельности энергоснабжающей организации. За рубежом основные научные исследования были посвящены другим показателям (высшие гармоники, быстрые колебания напряжения, кратковременные его провалы и т.п.), которые более правильно могут быть определены терминами «помехи» или «искажения». Помехи редко создаются поставщиком ЭЭ, но практически всегда передаются по его сетям от одного потребителя к другому. Данная проблема усугублялась ещё тем, что термин «качество электроэнергии» не отражает влияние на него потребителей и большинством пользователей электрической энергии воспринимался как понятие, характеризующее качество поставляемой продукции, при несоответствии которого нормам претензии предъявляются только поставщику. Однако, более правильно говорить об электромагнитной совместимости оборудования, отражающий отмеченную специфику. Под электромагнитной совместимостью (ЭМС) понимают способность оборудования нормально функционировать в его электромагнитной среде, не создавая недопустимых электромагнитных помех для другого оборудования, функционирующего в этой же среде. Данный термин был принят в международных документах и получил отражение в названии комитета ТК 77 «Электромагнитная совместимость оборудования, включая электрические сети» [6].

После введения в СССР ГОСТ 13109-67, многие теоретические и прикладные задачи по обеспечению КЭЭ остались нерешенными. Это можно объяснить имевшей место недооценкой проблемы снижения КЭЭ, поскольку ряд ее аспектов носил скрытый характер. Так, последствия от снижения КЭЭ в виде экономического, социального, технологического и других составляющих ущерба, чаще всего проявляются постепенно, а когда в последующие за принятием ГОСТ 13109-67 годы проблема повышения качества электроэнергии приобрела особую остроту, оказалось, что многие ее вопросы вообще выпали из поля зрения исследователей.

Вопросы повышения КЭ получили дальнейшее развитие на 4 Всесоюзном совещании по проблеме, состоявшемся в г. Виннице в 1978 г., ряде Всесоюзных, республиканских, отраслевых и ведомственных совещаний и конференций, в документах Международной электротехнической комиссии.

Как итог, в 1979 г. были утверждены изменения к ГОСТ 13109-67, что явилось существенным вкладом в стандартизацию в области КЭЭ. Были разработаны и частично внедрены в практику новые методы и технические средства улучшения качества ЭЭ, новые приборы для измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Усилиями ряда организаций и специалистов были усовершенствованы математические методы расчета ПКЭ, включающие спектральные методы теории случайных процессов, стохастические дифференциальные уравнения, конечно-равностные уравнения, теорию информации и др. Всё это позволило получить новые научные и практические результаты и наконец, сформировался экономический аспект проблемы [6,7].

В целях поддержания КЭЭ на должном уровне Госкомцен СССР ввел с 1 января 1984 г. дополнительный прейскуртант № 09-01-1980/11, в котором были установлены скидки с тарифа за поставляемую электрическую энергию при снижении по вине электроснабжающей организации КЭЭ и надбавки к тарифу за снижение КЭЭ по вине потребителей.

Скидка или надбавка к тарифу по каждому ПКЭ определялась следующим образом:

$$H = 5 \cdot \frac{P_{\phi} - P_{д}}{P_{н}} \cdot d, \%$$

где  $P_{\phi}$  – фактическое значение ПКЭ в точке ее реализации;

$P_{д}$  – значение ПКЭ, установленное в договоре за пользование электроэнергией;

$P_{н}$  – нормированное значение ПКЭ, определенное в соответствии с ГОСТ 13109-67, по которому нормировались показатели качества электроэнергии;

$d$  — отношение количества электроэнергии, потребленной при отклонении от договорных условий, к общему потреблению электроэнергии за расчетный период.

Значения  $P_{д}$ ,  $P_{н}$ ,  $d$  определялись энергоснабжающей организацией по методике, утвержденной Минэнерго СССР.

Принятие механизма скидок и надбавок к тарифу экономически стимулировал как энергосистему, так и потребителей участвовать в режиме регулирования показателей качества электрической энергии. К сожалению, вышеперечисленные нормативные документы, упорядочивающие отношения поставщиков и потребителей электроэнергии по показателям ее качества как товара, были отменены и на сегодняшний день не действительны.

В условиях отсутствия конкуренции, практически монополии, на производство и передачу электрической энергии в Республике Беларусь, электроснабжающая организация особо не заинтересована в режиме регулирования показателей качества электрической энергии. Это связано с тем, что все фактические затраты на производство и передачу ЭЭ включаются в тарифы и оплачиваются потребителем. Другими словами, рыночные механизмы развиваются слабо, а существующая нормативно-правовая база и необходимость в контролирурующих органах малоэффективна [8].

Следующим документом, устанавливающим требования к качеству электрической энергии стал ГОСТ 13109-87. Дальнейшее развитие энергосистемы страны, увеличение роста мощностей электростанций, а, соответственно, и роста электрической нагрузки в стране, привели к необходимости создания нового ГОСТ 13109-97. С 1 апреля 2016 года постановлением Госстандарта Республики Беларусь № 13 от 12 марта 2015 введен стандарт ГОСТ 32144-2013 на качество электрической энергии в сетях систем электроснабжения общего назначения. Одно из главных отличий указанных стандартов в том, что если ГОСТ 13109-97 и все предыдущие стандарты (ГОСТ 13109-67, ГОСТ 13109-87) устанавливали норму в точках присоединения

электроприемников, то ГОСТ 32144-2013 устанавливает норму в точках передачи электроэнергии от электроснабжающей организации к организации-потребителю, что осложнит проблемы поддержания качества электроэнергии в низковольтных сетях.

В структуре документа также есть отличия: в ГОСТ 32144-2013 характеристики напряжения делятся на две категории – продолжительные изменения и случайные события. В ГОСТ 13109-97 и в предыдущих стандартах такого разделения нет [9].

К продолжительным изменениям относятся: отклонение частоты, медленные изменения напряжения (отрицательное и положительное), кратковременная и длительная дозы фликера, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжений в трехфазных системах, напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям. К случайным событиям относятся прерывания и провалы напряжения, перенапряжения и импульсные напряжения. Для случайных событий приведены справочные данные. Следует отметить, что по указанным показателям в ГОСТ 13109-97 также были приведены справочные данные.

В настоящее время развитие сетей и внедрение нового электрооборудования только повышают актуальность проблем качества электроэнергии. Возрастающее количество нелинейной нагрузки с одной стороны ухудшает ПКЭ в сети, а применение чувствительных электронных устройств, с другой стороны, требует, чтобы эти показатели находились в жестко заданных пределах. Очевидно, что с развитием электроэнергетики актуальность нормирования и контроля параметров качества электроэнергии будет возрастать. Ключевыми моментами в вопросах КЭЭ являются законодательная база (построение отношений между энергоснабжающей организацией и потребителем) и наличие инженерных возможностей для выявления и устранения недопустимых отклонений ПКЭ. Если некоторые законодательные основы созданы Правилами электроснабжения, то инженерную (техническую) базу необходимо развивать. Существующая на сегодня простая констатация фактов несоответствия показателей качества электроэнергии требованиям ТНПА не позволяет решать ряд важных принципиальных вопросов. Развитие технического потенциала до требуемого уровня возможно только при условии того, что сам потребитель будет осознавать наличие проблемы, понимать её причину, искать пути и требовать её решения.

### Литература

1. ГОСТ 13109-67. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у её приёмников, присоединённых к электрическим сетям общего назначения. — Введ. 01.01.68. — М.: Изд-во стандартов, 1969. -10 с.
2. ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. - Введ. 01.01.89. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 22 с.
3. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 1999.01.01. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - 32 с.
4. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Введ. 2014.07.01.- М.: Стандартиформ, 2013. - 15 с.
5. Жежеленко, И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко. — М.: Энергия, 1977. — 127 с. — ил.
6. Шидловский, А. К. Повышение качества энергии / А. К. Шидловский. — Киев: Наук. думка, 1978. — 111 с.
7. Ершов, А. М. Качество электрической энергии в системах электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие для студентов-заочников / А. М. Ершов. — Челябинск: ЧГТУ, 1991. - 88 с.
8. Жежеленко, И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2000. — 252 с., 74 ил.

9. Шевчик, Н. Е. Нормирование качества электроэнергии в системах электроснабжения Республики Беларусь / Н. Е. Шевчик, Г.М. Дмитриев, В.М. Збродыга // Энергоэффективность. — 2017. — № 9. — с. 26-31.