

УДК 338.24; 621.31

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Жилкина Ю. В., канд. экон. наук, эксперт исполнительного аппарата,
ПАО «ФСК ЕЭС», г. Москва

В данной статье рассмотрен такой термин как «Качество электроэнергии», а снижение качества электроэнергии может быть вызвано множеством различных факторов, проявляющихся при определенных обстоятельствах, и имеют поэтому разные решения по их устранению. Наиболее остро стоит проблема влияния качества электроэнергии на энергетические параметры электрооборудования.

Ключевые слова: электроэнергия, качество электроэнергии, экономическая структура, регуляторы, непрерывность энергоснабжения.

THE ECONOMIC STRUCTURE OF QUALITY ASSURANCE OF ELECTRIC POWER

Zhilkina Y. V., Ph.D. of economy sciences, expert of the executive office,
JSC "FGC UES", Moscow

In this article, the term "power Quality" and reduction of power quality can be caused by many different factors occurring under certain circumstances, and have therefore different solutions. The most acute problem of the impact of power quality on the energy performance of electrical equipment.

Key words: electricity, power quality, economic structure, regulators, uninterrupted power supply.

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество.

Понятие качества электроэнергии (КЭ) отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: частоте, номинальное напряжение,

ток. Поэтому для нормальной его работы должно быть обеспечено требуемое КЭ. Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых ЭП могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. Поэтому измерения параметров сети имеют огромное значение в оценке качества электроэнергии.

Многие специалисты, в т. ч. отраслевые регуляторы, консультанты, проектировщики систем и установок, руководители работ по техническому обслуживанию, начальники производства и финансовые

управляющие, обеспокоены влиянием затрат, связанных с низким качеством электроэнергии, на предприятия, а также способами их урегулирования. Методы предотвращения и сокращения влияния параметров качества электроэнергии хорошо известны, а размер затрат на их применение определяется относительно легко. Однако, оценка потенциального влияния затрат, связанного с качеством электроэнергии (КЭ), является сложной задачей, поскольку, например, частота возникновения проблем, реакция оборудования и влияние на непрерывность процесса носят статистический характер и сложно поддаются количественному определению. Несмотря на многочисленные исследования, до настоящего времени не было выработано согласованного мнения относительно способов расчета или подхода к оценке данных затрат.

«Качество электроэнергии» – термин, который обычно используется для описания степени совместимости электрической энергии, доступной в точке потребления, с потребностями силового оборудования, подключенного в такой точке. Последствия недостаточной совместимости называются «проблемами КЭ» или «аспектами КЭ». Совместимость должна присутствовать с обеих сторон, поскольку обе характеристики – электропитание и чувствительность силового оборудования – являются важными переменными.

Совместимость необходима для множества параметров, включая уровень напряжения питающей сети, стабильность напряжения, асимметрию напряжения между фазами, а также долговременное и кратковременное отсутствие энергопитания.

При отсутствии совместимости оборудование конечного пользователя может перестать функционировать, работать нестабильно, неправильно или вне пределов обычной огибающей со снижением

эффективности или сокращением срока эксплуатации. Ситуация еще больше усложняется тем, что множество проблем КЭ вызваны функционированием (или неправильным функционированием) пользовательского оборудования, подключенного к сети.

Качество электроэнергии оценивается по технико-экономическим показателям, учитывающим ущерб от некачественной электроэнергии:

- технологический ущерб, обусловленный недоотпуском продукции, расстройством технологического процесса потребителей электроэнергии – ущерб в системах электропитания потребителей;
- электромагнитный ущерб от некачественной электроэнергии, выражающийся в увеличении потерь электроэнергии и нарушении работы электрооборудования – ущерб в электроэнергетике.

Качество электроэнергии связано с надежностью, поскольку нормальным считается режим электропитания, при котором потребители обеспечиваются электроэнергией нормированного качества, требуемого количества и бесперебойно.

Далее рассмотрим экономические последствия низкого качества электроэнергии для:

1. Конечных потребителей:

Экономические последствия низкого КЭ распределяются на три широкие категории:

- полная или частичная потеря одного или нескольких процессов (например, потеря контроля вследствие провала напряжения);
- низкая производительность в течение продолжительного времени или низкое качество продукции (например, в результате усталости оператора из-за мерцания);

- увеличение затрат, связанных с сокращением срока службы оборудования в результате преждевременного выхода из строя (например, перегрев трансформаторов из-за гармоник).

Такие последствия наступают в различных временных масштабах.

Сбой процесса в связи с отклонением параметров КЭ, например, провалом напряжения, влечет непосредственные последствия, за которыми следует период восстановления, в течение которого могут быть понесены дополнительные затраты. Определить затраты, возникающие в результате единичного события, или предсказать размер таких затрат достаточно просто.

Постоянные или длительные условия, такие как мерцание, могут привести к снижению производительности в долгосрочном периоде. Если проблема является затяжной и широко распространенной, коммерческая деятельность может потерять конкурентоспособность и потребовать дополнительных займов для ее решения.

Преждевременный выход оборудования из строя, как правило, приводит к сбою процесса с теми же последствиями, что и в результате единичного отклонения параметров КЭ. Разница состоит в том, что причины остаются нераспознанными, что свидетельствует о сложности прогнозирования таких затрат при отсутствии принятой методики исследования.

К проблемам качества электроэнергии относится множество различных явлений. Каждое из этих явлений может происходить при определенных обстоятельствах и иметь разные решения по устранению, которые могут способствовать улучшению качества электроэнергии и как следствие характеристик оборудования. При оценке электромагнитной обстановки и способов решения проблем, связанных с электромагнитной совместимостью, можно

воспользоваться методом виртуального моделирования, что позволит довольно быстро определить рациональные варианты решения. Потребители электроэнергии рассчитываются и изготавливаются на длительную работу с номинальными электрическими параметрами – частота сети, напряжение и ток, при которых они обладают наивысшими технико-экономическими показателями [1].

Однако при передаче электроэнергии от станций к потребителям качество ее ухудшается, так как в сетях имеют место потери напряжения, зависящие от длины или качества монтажа линий.

Несимметрия нагрузки фаз вызывает несимметрию напряжений. Наличие преобразовательных устройств приводит к несинусоидальности напряжений, а изменение нагрузки при отключении и подключении потребителей вызывают колебания частоты и напряжения. Указанные причины, а также ряд других факторов приводят к отклонению параметров качества электрической энергии от нормированных значений, что влияет на работу электроприемников. Качество электроэнергии непосредственно связано с экономичностью производства, поскольку отклонения показателей качества от номинальных приводят к снижению КПД, коэффициента мощности, производительности, срока службы и других показателей потребителей электроэнергии. Другим отражением качества электроэнергии является его влияние на сам предмет производства, на качество продукции. Действительно, отклонение показателей качества энергии от номинальных ведет непосредственно к нарушению технологических процессов (обработки, проката, гальванизации, нагрева и т. п.). Качество электрической энергии связано и с некоторыми социальными проблемами. Так, например, недопустимые отклонения напряжения в осветительных сетях вызывают снижение освещенности, что сказывается на органах

зрения человека [2]. Появление высших гармонических в сетях электроснабжения вызывает не только нарушение работы радио- и телевизионной аппаратуры, но в определенных условиях воздействует и на здоровье людей. Высокочастотные вибрации рабочего инструмента, вызванные наличием высших гармонических, приводят к различным профессиональным заболеваниям рабочих.

2. Энергетических сетей.

Операторы сетей, как правило, должны поддерживать определенное качество услуги, поставляемой конечным потребителям в соответствии с местным законодательством или нормативными положениями. Качество услуги может определяться рядом параметров, таких как наличие и стабильность напряжения. Для достижения требуемого уровня необходимо, чтобы оператор инвестировал, к примеру, в:

- а) Программу мониторинга для определения потенциальных сбоев (например, в трансформаторах), чтобы работы по ремонту и техническому обслуживанию могли быть запланированы, а незапланированного времени простоя можно было избежать.
- б) Тщательное планирование работ по техническому обслуживанию во избежание чрезмерных простоев.
- в) Работы по техническому обслуживанию во избежание повреждения линий электропередач, например, программы по спилу деревьев.

Операторы сети должны обеспечить надлежащее подключение потребителей (например, с соблюдением подходящего уровня напряжения) во избежание отрицательных последствий для локальных пользователей в результате чрезмерных гармонических токов или перепадов напряжения. Такие меры обычно включают поддержку потребителей до подключения

к сети во избежание возникновения подобных проблем.

Некоторые меры, принятые коммунальными предприятиями и потребителями для снижения влияния проблем, связанных с качеством электроэнергии, требуют установки дополнительного оборудования. Помимо очевидных вопросов стоимости, данное оборудование оказывает влияние на окружающую среду; эффективность электроэнергии снижается, а дополнительное оборудование во время работы потребляет материалы и энергию. Необходимо принимать во внимание так называемые внешние эффекты.

3. Общества.

В то время как экономическое влияние, оказываемое качеством электроэнергии на потребителей и коммунальные предприятия, легко определимо, влияние на общества в целом менее ощутимо.

В последние годы особый упор на устойчивое развитие, механизмы чистого развития и различные другие глобальные инициативы (по «зеленой» энергетике) требуют экстраполяции локальных и краткосрочных аспектов на глобальное и долговременное воздействие для определения действительного комплексного влияния промышленной деятельности.

Локальный и краткосрочный акцент в отношении энергетики меняется на глобальный и долговременный, а при определении влияния экономии энергоресурсов целесообразно учитывать энергетический рычаг.

Электрическая энергия – это лишь промежуточная форма энергии, используемая только для передачи энергии в объединенной энергосистеме. В связи с этим роль электроэнергии является крайне важной, а из-за различных трансформаций, которые происходят с ней как в окружающей среде, так и в месте конечного потребления, влияние эконо-

мии энергоресурсов конечным потребителем приобретает очень большое значение.

Рассматривая простой случай повышения качества электроэнергии (например, улучшение коэффициента мощности или подавление гармоник), преимуществами для различных участников на различных уровнях являются:

- *конечный потребитель* – снижение суммы выставленных счетов за коммунальные услуги, прямые экономические выгоды;
- *коммунальное предприятие* – снижение расходов на передачу, хранение и распределение электроэнергии, лучшее управление активами, более высокая эффективность эксплуатации;
- *производитель электроэнергии* – лучшее управление активами, повышение эффективности эксплуатации;
- *общество* – снижение углеродных выбросов, уменьшение парникового эффекта, устойчивое развитие.

Инвестиции в повышение качества электроэнергии могут присутствовать на любом уровне и быть внесены любым участником, но если рассматривать комплексные преимущества, лучшим инвестиционным решением окажется то, что является более реалистичным с учетом социальных выгод.

Принимать решения необходимо с учетом долговременных глобальных последствий, а не локальных краткосрочных преимуществ. Закономерно, что это повлияет на процесс принятия решений, и в большинстве случаев повышение КЭ повлечет большую выгоду, чем та, что рассматривается в настоящее время. Ожидается, что это поможет в выборе оптимального/соответствующего решения по определенной проблеме, связанной с КЭ, и в целом будет стимулировать к повышению качества электроэнергии.

Хотя могут быть разработаны методики с учетом долговременного воздействия качества электроэнергии на общество и реализации решений по его обеспечению, также важно развивать основы, гарантирующие надлежащее применение установленных методов.

Игроки на этой арене:

- коммунальные предприятия;
- потребители;
- производители оборудования;
- регуляторы.

Задачи:

- надлежащее качество напряжения на входе у потребителя является обязанностью коммунального предприятия;
- надлежащее качество тока нагрузки, полученного на входе, является обязанностью потребителя;
- разработка и поставка экономически эффективных энергопреобразующих устройств и оборудования с достаточной устойчивостью к качеству электроэнергии и соответствующей технологией входит в обязанности производителей;
- обеспечение надлежащего баланса обязанностей представляет собой функции регулятора.

Вкратце, ответственность за рассмотрение долговременного влияния на общество должна лежать на регуляторе, и такая схема может использоваться для:

- стимулирования инвестиционных решений, учитывающих долговременное влияние на общество, а не краткосрочные локальные преимущества. В основном это применимо к средствам, которые коммунальное предприятие тратит на повышение качества электроэнергии;
- стимулирования государственной политики и инвестиционных решений;
- составления инструкций по определению тарифных ставок для отражения

действительной стоимости качества электроэнергии, что косвенно влияет на инициативы по улучшению качества электроэнергии.

- составления стандартов и руководств, политик и норм качества электроэнергии и обеспечения соответствия на основании глобального влияния качества электроэнергии;
- влияния на стандарты оборудования для повышения совместимости и производительности оборудования.

Из-за чувствительности потребительского оборудования качество напряжения имеет первостепенное значение для промышленных потребителей, поставщиков услуг и, особенно в отношении таких параметров, как колебания напряжения питающей сети, даже для бытовых потребителей. В частности, производительность и конкурентоспособность промышленного и обслуживающего секторов в высокой степени зависят от качества энергоснабжения. В действительности, даже после либерализации энергетического рынка качество электроэнергии в основном зависит от передающих и распределяющих сетей, т. е. от инвестиций и методов организации работы регулируемых компаний. Как следствие, перепады напряжения являются важнейшей проблемой не только для операторов распределяющих сетей, операторов передающих систем, производителей электроприборов и проектировщиков электроустановок, но также и для регуляторов энергетики.

Например, после нескольких лет работы, посвященной прежде всего коммерческому качеству и непрерывности энергоснабжения, европейские регуляторы энергетики все больше занимаются установлением правил и положений по качеству электроэнергии. Однако, регулирование в этой сфере сталкивается с основной сложностью. Поскольку качество электроэнергии является следствием взаимодействия между сетью и

потребительским оборудованием, существует компромисс между инвестициями в сеть и повышение уровня устойчивости пользовательского оборудования. С точки зрения регулятора, стандарты производительности в отношении устойчивости оборудования должны определяться в тесной взаимосвязи с требованиями к качеству напряжения для энергетических сетей.

В этом смысле предлагаемое введение концепции «разделения ответственности» в технических стандартах (и, в частности, стандарте EN 50160) является фундаментальным для того, чтобы регуляторы энергетики могли определить выполнимые требования для всех заинтересованных сторон [1]. Эта идея легко объяснима с помощью следующего примера: в Южной Африке в соответствии с национальным стандартом NRS 048-2:2003 потребительские установки должны выдерживать провалы напряжения с остаточным напряжением более 70% на протяжении 150 мс, более 80% – до 600 мс, а более 85% – в течение более продолжительного времени. При других провалах напряжения допустимое количество событий ограничено Национальными стандартами [1, 2].

При определении кривой разделения ответственности должны учитываться права и обязанности всех сторон. Другими словами, выбор кривой разделения ответственности необходимо основывать на соглашении между операторами сети, конечными потребителями, производителями оборудования и регуляторами энергетики. В результате, требования к производительности, установленные регуляторами, не будут конфликтовать с другими техническими стандартами, например, стандартами в отношении продукции, излучений и помехоустойчивости. Более того, такие требования не повлекут непосильных затрат для заинтересованных сторон.

Европейские регуляторы энергетики начали работу в этом направлении под эгидой Европейской группы регуляторов электроэнергии и газа (ERGEG). Фактически, ERGEG уже предложила внести несколько изменений в стандарт EN 50160, среди которых введение кривой разделения ответственности [3]. Несмотря на важность существования международных стандартов, для разработки выполнимой нормативно-правовой базы регуляторы нуждаются в информации как о затратах, понесенных потребителями в связи с перепадами напряжения, так и об уровне качества напряжения, предоставляемого распределительной сетью, а также о стоимости обеспечения такого качества.

В действительности, нормативные стандарты, например, в отношении количества нарушений параметров качества, должны разрабатываться на национальном уровне и предусматривать дифференциацию в зависимости от структуры сети, защитных схем и характеристик отказа от их применения. Несколько европейских регуляторов уже занимаются мониторингом уровня качества электроэнергии и оценкой затрат со стороны потребителей.

Другие, например, регуляторы энергетики Норвегии, Венгрии и Франции, уже внедрили стандарты качества напряжения, которые в ряде случаев являются более жесткими, чем величины, предусмотренные стандартом EN 50160.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Bollen M, Verde P.** A framework for regulation of rms voltage and short-duration under and overvoltages. IEEE Transactions on Power Delivery. – 2008, oct., issue 4. – Vol. 23. Pp. 2105–2112.
2. Энергоснабжени. Качество энергоснабжения. Ч. 2: Характеристики напряжения, уровни совместимости, пределы и методы оценки. NRS 048-2:2003. NRS, Претория, Южная Африка. – 2004.
3. На пути к регулированию качества электроэнергии в Европе. Заключительный доклад E07-EQS-15- 03. ERGEG, 2007. Доступно по адресу: www.ergeg.org.

НАДЕЖНЫЙ ПРОВОДНИК В МИРЕ ПРИБОРОВ И АВТОМАТИКИ

<http://panor.ru/kip>

Производственно-технический журнал «КИП и автоматика: обслуживание и ремонт» для специалистов в области приборостроения, систем промышленной автоматизации, измерительных технологий, компьютерной техники.

Без эффективного обслуживания и ремонта систем КИП и автоматики невозможно организовать современное производство промышленной продукции, обеспечить внедрение новой техники и инновационных технологий. Во всех тонкостях этой работы поможет разобратся данное издание.

Наши эксперты и авторы:

Пахомов В. И., главный инженер ПО «Спецавтоматика»; **Вьюгов Д. А.**, заместитель директора ООО «КИП-сервис»; начальник отдела компании «Систем Сенсор Фаир Детекторс»; **Нелплов И. Н.**, канд. техн. наук; **Телитченко Г. И.** и **Швецов В. Н.**, специалисты ВНИИ метрологии; **Алексеев А. А.**, технический директор ЗАО «ЭМИКО»; **Громов Д. Н.**, главный инженер НПФ «КонтрАвт»; **Леонов Г. В.**, заместитель проректора по научной работе КубГТУ; **Никоненко В. А.**, заслуженный метролог России, генеральный директор ОАО НПФ «Эталон»; **Примеров М. С.**, канд. техн. наук; главный инженер ЗАО «РТ-Софт»; **Андреев В. С.**, технический ди-

ректор ОАО «Элара» и многие другие специалисты в области КИПиА.

Председатель редакционного совета журнала — проф. **Красовский В. Е.**, ученый секретарь Института электронных управляющих машин им. И. С. Брука.

Издается при информационной поддержке Российской инженерной академии, Института электронных управляющих машин, ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева, ВНИИ метрологической службы и Союза машиностроителей.

Ежемесячное издание.

Распространяется по подписке и на отраслевых мероприятиях.

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ

- Рынок аппаратуры
- Измерительные технологии и оборудование
- Интегрированные датчики
- Бесконтактные измерения
- Автоматизация
- Автоматика
- Обслуживание и ремонт
- Советы профессионалов
- Метрология



На правах рекламы

подписные индексы



Для оформления подписки через редакцию пришлите заявку в произвольной форме по адресу электронной почты podpiska@panor.ru или позвоните по тел. **8 (495) 274-22-22** (многоканальный).