



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

А.А. Наумов

Казанский государственный энергетический университет г. Казань, Россия

Резюме: обсуждаются пути обеспечения требуемого качества электрической энергии (ЭЭ) в условиях ограниченных финансовых возможностей энергоснабжающих организаций (ЭСО) с учетом опыта зарубежных стран. Предлагается разрабатывать и применять тарифы, дифференцированные по степени надежности и качества ЭЭ, в соответствии с требуемым для отдельных потребителей качеством ЭЭ.

В результате использования тарифов, дифференцированных по уровням качества, в выигрыше могут оказаться как потребители, так и ЭСО. Потребители, с энергопринимающими устройствами, не требующими высокого качества ЭЭ – за счет снижения платежей, потребители с энергопринимающими устройствами, требующих повышенного качества ЭЭ – за счет успешной работы электротехнических устройств, повышения их ресурса и обеспечения высокого качества выпускаемой продукции. ЭСО приобретают стимулы для управления качеством ЭЭ по запросам потребителей и возможности более рационального использования финансовых средств, направляемых на предоставление потребителю ЭЭ различного качества.

Ключевые слова: электрическая энергия, качество, тарифы, регулирование.

Для цитирования: Наумов АА. Обеспечение требуемого качества электрической энергии // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т. 22. № 1. С. 85-92. doi:10.30724/1998-9903-2020-22-1-85-92.

THE REQUIRED QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY PROVISION

AA Naumov

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Abstract: Methods of the electrical energy (EE) with the required quality provision in conditions of limited financial opportunities in the power supplying companies (PSC) are being discussed considering the foreign countries experience. It is proposed to develop and apply tariffs differentiated by the degree of EE reliability and quality, in compliance with the EE quality required for definite consumers.

As a result, both consumers and PSC may get the best of tariffs application differentiated by the quality level. Consumers with power receiving appliances not demanding the high quality of EE will gain profit from payment reduction, whereas the consumers with power receiving appliances demanding the high quality of EE – from successful operation of electrical appliances, increase of their operating time and high quality of manufactured products provision. PSC acquire incentives for EE quality management upon the consumers' request, as well as opportunities of more efficient use of financial resources directed at different quality EE provision to the consumer.

Keywords: electric energy, tariff, regulating.

For citation: Naumov AA. The required quality of electrical energy provision. Power engineering: research, equipment, technology. 2020; 22(1):85-92. doi:10.30724/1998-9903-2020-22-1-85-92.

Введение

Актуальность обеспечения надлежащего качества ЭЭ для большего количества потребителей в настоящее время не вызывает сомнения. Финансовые потери в мире от некачественной ЭЭ оцениваются в сотни миллиардов долларов и имеют тенденцию к дальнейшему увеличению. Основная причина этого – изменение характера нагрузки потребителей ЭЭ. Нагрузка все в большей степени становится нелинейной, несимметричной, чувствительной к параметрам напряжения. Это связано с внедрением пускорегулирующих устройств электрических машин, компьютерной техники во все сферы жизни, отказом от ламп накаливания в пользу энергосберегающих, люминесцентных и светодиодных ламп, использованием современных и перспективных способов передачи информации по электрическим проводам и т.д. [1].

Огромные убытки и тенденции на их увеличение в большинстве развитых стран связаны с очевидными факторами, хорошо известными энергетикам:

1. Возрастающее влияние электроэнергетики на развитие общества, усложнение структуры и функций электроэнергетических систем.
2. Сложность современных технологических процессов и высокие требования к поддержанию их стабильности, быстрое увеличение количества крупных компьютерных систем.
3. Рост мощности нелинейных, несимметричных и резкопеременных нагрузок.
4. Изношенность основных фондов электроэнергетических предприятий.
5. Дерегулирование, приватизация и либерализация электроэнергетического сектора во многих странах мира.

Без принятия действенных мер по улучшению качества ЭЭ невозможно обеспечить дальнейшее нормальное функционирование промышленности и сельского хозяйства. Обеспечение КЭ у потребителей отмечено как одна из стратегических целей технической политики ОАО «Федеральной Сетевой Компании Единой Энергетической Системы Российской Федерации»¹.

Материалы и методы

Состояние распределительных электрических сетей общего назначения привело к необходимости введения в ГОСТы по качеству ЭЭ² [2] новых показателей – уровней интергармонических составляющих [3] и уровня сигналов, передаваемых по линиям электропередач. В ближайшие годы они приобретут реальное наполнение в виде конкретных допустимых норм. Измеренные величины отдельных интергармонических составляющих токов и напряжений, как правило, незначительные (порядка долей процента от основной гармоники), но их суммарное воздействие порой оказывается даже большим чем от гармонических составляющих. С учетом все большего количества используемых частоторегулирующих устройств с фазоимпульсными модуляторами и асинхронных двигателей, являющихся основными источниками интергармонических составляющих, интергармоники все в большей степени будут оказывать влияние на качество ЭЭ.

В настоящее время для подтверждения качества ЭЭ она подвергается обязательной сертификации [4]. Но сертификация проводится лишь по двум показателям: частоте и медленным изменениям напряжения, которые проводятся в течение недели, причем не во всех центрах питания и не каждый год (существует методика выбора количества центров питания). По всем остальным показателям сертификация не проводится, несмотря на то, что в договорах на электроснабжение поставщик и потребитель обязаны указывать на необходимость соблюдения всех требований действующего ГОСТа 32144-2013. Объясняется это тем, что оборудование ЭСО и потребителей находятся в техническом состоянии, не позволяющем обеспечить при любых режимах работы качество ЭЭ по всем показателям. И это несмотря на то, что с принятием нового ГОСТа требования к таким показателям как медленные отклонения напряжения и провалы напряжения стали менее жесткие. Ранее следовало делать выводы о соответствии норм по нормально допустимым и предельно допустимым отклонениям напряжения, сейчас – нормально допустимые

¹О единой технической политике в электросетевом комплексе. Положение ОАО «Россети». Введено в действие: Советом директоров ОАО «ФСК ЕЭС» (протокол от 27.12.2013 № 208) Положение о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС» от 02.06.2006. № 34.Источник: [Электронный ресурс]. http://www.fsk-ees.ru/about/technical_policy/ (дата обращения: 1.02.2019).

²ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014.

отклонения не учитываются. Допустимая длительность провала напряжения увеличена в два раза.

Следует отметить, что измерительная аппаратура аккредитованных испытательных лабораторий, используемая при проведении сертификационных испытаний, как правило, позволяет получать информацию обо всех показателях качества, изложенных в ГОСТ 32144-2013, так что получение заключений о соответствии или несоответствии ЭЭ нормам по всем показателям практически возможно без существенных дополнительных затрат.

Обязанность по обеспечению качества ЭЭ, согласно современным нормативно-техническим документам, возложена не только на поставщиков, но и на потребителей ЭЭ, которые своими нагрузками могут оказывать существенное влияние на показатели качества ЭЭ. Причем, при подключении потребителей с искажающими нагрузками к одной точке питания следует определить вклады отдельных потребителей на искажение напряжения. Методы оценки вкладов потребителей изложены, в частности, в [5, 6]. Но за сертифицируемые показатели ответственность полностью возложена на ЭСО, при условии соблюдения потребителем условий договора по допустимой потребляемой мощности. Ответственность потребителя состоит в том, что при обеспечении ЭСО качества напряжения в точке передачи ЭЭ, он должен обеспечить качество на зажимах своих энергопринимающих устройств. Для этого он должен использовать нагрузку не искажающую качество ЭЭ, либо предпринять меры для обеспечения установленного качества. Вопрос о том, подвержена ли электроустановка негативному влиянию качества энергии, зависит от качества поставляемого напряжения, типов нагрузки, чувствительности оборудования к возмущениям различного вида и отклонениям от номинальных параметров [7]. Если нагрузка является искажающей по одному или нескольким показателям он должен использовать дополнительные технические средства, корректирующие эти искажения. Данное требование, к сожалению, исполняется далеко не всегда.

Проблема усугубляется тем, что возможна передача искажений качества от нагрузок искажающего потребителя к нагрузкам неискажающего потребителя, подключенных не только на одну шину питания, но и на разные шины, и даже на шины разных уровней напряжения.

Поддержание качества требует значительных финансовых затрат, установки систем регулирования, фильтрации, релейной автоматики, контроля и т.д. Очевидно, что рассчитывать на крупные денежные потоки в сетевые компании, направленные на кардинальные улучшения качества ЭЭ в современных экономических условиях РФ не приходится.

Какие пути решения проблемы обеспечения качества ЭЭ можно было бы предложить на современном этапе?

Таких путей несколько, и все они объединены общей идеологией о том, что стоимость энергии разного качества должна заметно отличаться.

Первый путь – *технологический*. Движение по этому пути предусматривает совершенствование электротехнического оборудования с учетом изменений показателей качества ЭЭ во времени. Если фиксируются отклонения показателей качества, то требуется модернизация системы электроснабжения, направленная на создание условий, при которых показатель или несколько показателей будут приведены к норме. После анализа отклонений определяется причина, приобретается и устанавливается соответствующее корректирующее оборудование и в дальнейшем обеспечивается ее эксплуатация.

Данную задачу невозможно решить без мобильных или стационарных территориальных систем контроля и управления качеством ЭЭ, в идеале организовав систему непрерывного мониторинга качества ЭЭ. Причем, мировая практика показывает, что мониторинг может быть организован на разных уровнях: передачи, распределения, либо охватывать оба уровня одновременно.

Очень эффективным показал себя общественный контроль за качеством ЭЭ, включающий участие общественных организаций, средств массовой информации в доведении информации о текущих значениях показателей качества ЭЭ до населения и всех заинтересованных организаций.

Второй путь – *нормативный*. Этот путь давно ожидаемый в РФ и логичный. Он предполагает на законодательном уровне разработку скидок и надбавок к тарифам за обеспечение качества ЭЭ. Данный подход хорошо апробирован на действовавшем в девяностые годы порядке платежей за потребление и генерацию реактивной ЭЭ, качество ЭЭ. Согласно раздела 3 инструкции Роскомцен и Минтопэнерго РФ «О порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию»³ оплата за реактивную энергию зависела от

³Инструкция Роскомцен № 01-17/1443-11, Минтопэнерго РФ № ВК-7539 от 30.11.1993 (ред. от 13.04.1995) «О порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 28.12.1993 № 449). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/document/consdocLAW3031/> (дата обращения: 1.02.2019).

количества вырабатываемой нагрузками потребителя реактивной мощности и потребления реактивной энергии в часы максимальных и минимальных нагрузок. Методика расчета экономических значений была приведена в "Правилах применения скидок и надбавок к тарифам на электрическую энергию за потребление и генерацию реактивной энергии", утвержденных Главгосэнергонадзором России⁴. Предприятия могли иметь значительную экономию за платежи за потребленную ЭЭ, если принимали участие в регулировании режимов работы сети. За потребление реактивной мощности и энергии сверх установленных в договоре значений и за генерацию реактивной энергии в сеть применялись надбавки в 8 и 12 % соответственно. Это являлось хорошим стимулирующим фактором для улучшения режимов работы линий электропередачи. Скидки (надбавки) за потребление и генерацию реактивной энергии применялись при расчетах со всеми потребителями ЭЭ, имевшими среднемесячное потребление более 30 тыс. кВтч в месяц, население в данном процессе не участвовало.

В разделе 4 «Скидки (надбавки) к тарифу за качество ЭЭ» говорилось, что скидки (надбавки) за качество ЭЭ должны применяться при расчетах со всеми потребителями. Скидки с тарифа применялись при отпуске потребителю ЭЭ пониженного качества по отклонениям напряжения и частоты, а также при отпуске ЭЭ пониженного качества по вине ЭСО по другим показателям: коэффициентам несинусоидальности, обратной и нулевой последовательностей, дозе колебания напряжения. Надбавки к тарифу применялись при наличии доказательства снижения качества ЭЭ по вине потребителя по тем же показателям.

Сторона, виновная в снижении качества ЭЭ на границе раздела сетей потребителя и ЭСО, определялась Правилами применения скидок и надбавок к тарифам за качество ЭЭ, утвержденными Главгосэнергонадзором.

Скидки (надбавки) к тарифу по каждому показателю качества определялись с учетом относительного времени превышения нормального допустимого значения и относительного времени превышения максимального допустимого значения показателя качества. Конкретное значение скидки (надбавки) в зависимости от степени нарушения находилось в интервале от 0,2 до 10 % тарифа на ЭЭ. Суммарная скидка (надбавка) определялась суммой скидок (надбавок), исчисленных по каждому показателю качества.

При расчетах за ЭЭ по двухставочному или дифференцированному тарифу скидки (надбавки) применялись к средней (расчетной) величине двухставочного или дифференцированного тарифа, включающего плату за мощность и энергию. Оплата по тарифу со скидкой (надбавкой) за качество ЭЭ производилась за весь объем ЭЭ, отпущенной (потребленной) в расчетный период.

Обсуждение причин отмены Приказом Минэнерго РФ № 167 от 28.12.2000 г. данного положения и их последствий выходят за рамки настоящей статьи, так же, как и причины отсутствия в настоящее время комплекса законодательных актов по стимулированию поддержания качества ЭЭ на должном уровне всеми пользователями ЭЭ. Но методики отнесения потребителей к виновникам, потенциальным виновникам, либо не виновникам нарушения качества отработаны и должны применяться на этапе подключения потребителя к электрическим сетям, либо при существенном изменении нагрузки потребителей.

Хорошим стимулом для пользователей ЭЭ могло быть положение, аналогичное Киотскому протоколу к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, принятому 11 декабря 1997 года по климату, согласно которому странам разрешалось выбрасывать в атмосферу определенное количество антропогенного парникового газа. Если это количество превышало квоту, то применялись штрафные санкции и эти средства направлялись на борьбу за улучшение экологии. Если страна не выбирала свою квоту, то она могла невыбранную часть квоты продать другой стране. Стороны, подписавшие соглашение, принимали на себя обязательства проведения исследовательских работ, повышения эффективности использования энергии, содействия внедрению, разработке и более широкому использованию новых и возобновляемых видов энергии и т.д. Нечто подобное возможно предусмотреть и при разработке законодательства по регулированию ЭЭ. И денежные средства, полученные от штрафных санкций, можно было бы направить на улучшение качества ЭЭ.

Следует отметить, что бытовые потребители к виновникам нарушения качества не должны относиться.

Третий путь – *договорной*. Данный путь основан на том, что не всем потребителям требуется высокое качество ЭЭ. Например, если ЭЭ используется для отопления помещений с помощью резистивных нагревательных элементов, обладающих значительной

⁴Правила применения скидок и надбавок к тарифам на электрическую энергию за потребление и генерацию реактивной энергии", Министерство топлива и энергетики РФ Главное управление государственного энергетического надзора. Письмо от 8 февраля 1994 года N 42-6/2В М., 1997.

инерционностью, то некоторые показатели (несимметрия, уровень гармоник и интергармоник, фликер, незначительные провалы напряжения) слабо влияют на результаты ее потребления.

Замечено, что для многих потребителей первоочередным, наиболее важным является непрерывность электроснабжения, а на отдельные показатели они могут реагировать слабо. Ряд потребителей до определенного момента вообще не воспринимают плохого КЭ, в то время как на все прерывания в поставках ЭЭ они могут реагировать весьма чутко и активно. Поэтому некоторые потребители не проявляют особого интереса к улучшению КЭ, пока это качество не упадет до определенного предельного уровня.

Напротив, если ЭЭ используется в компьютерных системах, ИТ-технологиях, системах релейной защиты и управления даже незначительные отклонения от установленных показателей могут привести к катастрофическим последствиям, техническим, технологическим, финансовым потерям и жертвам. Отсюда следует вывод о потребности предоставления потребителю выбора необходимого качества ЭЭ. Этот подход требует создания технических регламентов и стандартов, регламентирующих отношения поставщика и потребителя ЭЭ с учетом ее качества, побудительных финансовых схем (дифференцированные тарифы, штрафные санкции, скидки, надбавки, премии).

Международный пример такого подхода: с 1 января 2005 года в Голландии действует схема регулирования цены и качества ЭЭ. Принята шкала из шести уровней КЭ: премиум, высокое качество, нормальное качество, низкое качество, плохое качество и очень плохое качество. В Италии и ряде других стран система скидок и надбавок за КЭ уже действует.

Без обеспечения высокого качества ЭЭ и бесперебойности электроснабжения достичь высокого качества на высокотехнологичных предприятиях в настоящее время практически невозможно. Очевидно, что для поддержания высокого качества необходимо использовать, в некоторых случаях, достаточно сложные и дорогостоящие устройства [8-10], т.е. вкладывать денежные средства в совершенствование системы электроснабжения, которых часто не хватает.

Обсуждаемый путь, предоставляющий потребителям самостоятельного выбора требуемого качества ЭЭ с различной стоимостью, позволяет производить модернизацию оборудования, влияющего на качество более целенаправленно, с учетом потребностей конкретных потребителей и фактически с его заинтересованным участием.

Обойти в настоящее время отсутствие разработанных и принятых законодательных актов по различным качествам ЭЭ возможно на этапе согласования пунктов по качеству и непрерывности электроснабжения в соответствующих договорах. Все вопросы, определяющие взаимоотношения поставщика и потребителя ЭЭ, сроки и режимы поддержания требуемого качества, порядок перехода с одного на другое качество, контроль показателей качества и т.д. должны найти свое отражение в договорах электроснабжения.

Важным является соблюдение требований гражданского Кодекса Российской Федерации в части обеспечения качества электроснабжения: Качество подаваемой энергии должно соответствовать требованиям, установленным в соответствии с законодательством, в том числе с обязательными правилами РФ, или предусмотренным договором энергоснабжения. (Статья 542 ГК РФ. Качество энергии). В случае нарушения ЭСО требований, предъявляемых к КЭ, абонент вправе доказывать размер ущерба и взыскивать его с ЭСО по правилам статьи 547 ГК РФ. Вместе с тем, учитывая, что абонент все-таки использовал энергию ненадлежащего качества, он должен оплатить ее, но по соразмерно уменьшенной цене (п.2. ст.542 ГК РФ).

Из статьи 547 ГК РФ следует, что ответственность по договору энергоснабжения, в случаях неисполнения или ненадлежащего исполнения обязательств по договору энергоснабжения сторона, нарушившая обязательство, обязана возместить причиненный этим реальный ущерб, т.е. возмещению подлежит только реальный ущерб (расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, а также утрата или повреждение его имущества). Таким образом, упущенная выгода при нарушении договора энергоснабжения возмещению не подлежит. Бремя доказывания размера реального ущерба лежит на стороне, требующей возмещения убытков⁵.

Проблемными здесь представляются несколько вопросов:

1. Включение в текст договора раздела по качеству ЭЭ, не подлежит. Бремя доказывания размера реального ущерба лежит на стороне, требующей возмещения убытков⁶.

⁵Гражданский кодекс РФ.[Электронный ресурс]. URL: <http://stgkrf.ru/547>(дата обращения: 20.02.2019)

⁶Гражданский кодекс РФ.[Электронный ресурс]. URL: <http://stgkrf.ru/547>(дата обращения: 20.02.2019)

Проблемными здесь представляются несколько вопросов:

1. Включение в текст договора раздела по качеству ЭЭ.

Согласно ст. 330 ГК РФ предложение о включении в текст договора ответственности за снижение качества ЭЭ, в виде штрафа, пени или неустойки как средство обеспечения исполнения обязательства может быть установлена законом или договором. Так как законом в настоящее время обязательность ответственности не предусмотрена, в случае несогласия одной из сторон включить в текст договора условия по спорному пункту, т.е. если соглашение сторон не достигнуто, принудительно спорный пункт в текст договора включить невозможно.

2. Контроль качества ЭЭ.

В настоящее время обязательная сертификация ЭЭ проводится по двум показателям – частоте и медленным изменениям напряжения, причем при оценке отклонений напряжения используется лишь предельно допустимые значения, а нормально допустимые значения отклонения напряжения, которые ранее нормировались в ГОСТ 13109-97, в ГОСТ 32144-2013 отсутствуют. Таким образом, использовать информацию, полученную при сертификационных и контрольных испытаниях по всем установленным показателям, не представляется возможным.

Для того чтобы производить расчет скидок и надбавок необходима непрерывная информация от измерителей контроля качества ЭЭ и от счетчиков ЭЭ для определения объема некачественной ЭЭ. Эта задача может быть решена при использовании счетчиков ЭЭ одновременно фиксирующих показатели качества [11], либо на основании информации с систем непрерывного мониторинга качества ЭЭ [12]. Обязательное условие – они должны быть внесены в Госреестр средств измерений и эти приборы должны быть отражены в договорах на электроснабжение, с указанием мест их установки.

Формально у сторон имеется возможность оспорить результаты таких измерений, сославшись на то, что результаты получены не аккредитованной в установленном порядке испытательной лабораторией, имеющей право на составление экспертного заключения по проверке качества ЭЭ. Привлекать независимую аккредитованную лабораторию может оказаться неоправданно дорого. Но, как уже отмечено, это можно легко учесть в одном из условия в договоре электроснабжения о взаимном признании результатов измерений.

Третий путь представляется наиболее реалистичным для экономических условий РФ в настоящее время. Известны примеры, того, как предприятия, при отсутствии качественной энергии, несли огромные потери и вынуждены были за свой счет улучшать это качество, приобретая разнообразные регулирующие электротехнические устройства и даже создавая собственные автономные энергоснабжающие системы. Часто при этом требуется организовывать штат высококвалифицированных энергетиков и иметь много других проблем. Эта непрофильная для промышленных предприятий деятельность является нежелательной, технически и финансово часто малоэффективной.

Проблемы низкого качества встречаются на разных уровнях напряжения. Измерения, контроль, анализ и управление качеством ЭЭ, как показывает опыт, уже необходимо выполнять в системах электроснабжения на напряжениях 6, 10, 35 кВ и более высоковольтной области – 110 кВ и выше. В каждом отдельном случае, по согласованию с потребителем, может быть принято решение об использовании индивидуального или системного метода улучшающего качество ЭЭ.

Имеется отличие между понятиями «Качество ЭЭ» и «Непрерывность поставок ЭЭ». Непрерывность поставок характеризуется количеством и продолжительностью сбоев в поставках ЭЭ.

Анализ международного опыта по данному вопросу показывает, что согласно нормативам Совета Европейских Органов, регулирующих ЭЭ (CEER 2005) в Европе различают три аспекта качества:

- качество напряжения в соответствии с нормами;
- коммерческое качество (определяется индивидуальными договорными отношениями поставщика и потребителя ЭЭ);
- непрерывность, надежность, гарантированность поставок ЭЭ в соответствии с требованиями потребителя.

В мировой практике применяются различные индикаторы непрерывности поставок ЭЭ как для отдельных потребителей, так и для системы электроснабжения в целом.

Так, например, для систем передачи ЭЭ в Великобритании, Венгрии, Италии, Норвегии, Чешской Республике, Греции, Португалии, Франции, Литве, Швеции, Эстонии, Ирландии, Германии и Голландии используются следующие индикаторы: *SAIFI* «Индекс Средней Частоты Перебоев Электроснабжения для Системы» (количество в год) и *SAIDI* – «Индекс Средней Продолжительности Перебоев Электроснабжения для Системы» (минуты).

Заключение

Таким образом, для удовлетворения запросов потребителей ЭСО, следует провести расчеты по разработке стимулирующих тарифов для расчета за потребленную ЭЭ с учетом ее качества и непрерывности электроснабжения, премий для потребителей, участвующих в обеспечении высокого качества ЭЭ, надбавок к тарифам, применяемых к виновникам нарушения качества ЭЭ.

Расчеты необходимо провести и принять с участием всех заинтересованных сторон, включая территориальные комитеты по тарифам.

Тарифы должны учитывать затраты на поддержание оптимального для потребителей качества ЭЭ. Так как не существует единого универсального способа устранения проблем качества энергии, оптимальное технико-экономическое решение может быть выработано для каждой электроустановки, или группы электроустановок индивидуально.

Переход на стимулирующие дифференцированные по качеству и непрерывности электроснабжения тарифы позволит ряду предприятий с нетребовательными к качеству ЭЭ нагрузками уменьшить платежи, другим обеспечить выпуск качественной высокотехнологичной продукции, сетевым организациям более рационально проводить работы по повышению качества ЭЭ.

Литература

1. Добрусин Л.Н. Проблема качества электроэнергии и электросбережения в России // Энергоэксперт. 2008. № 4 (9). С. 30-35.
2. Наумов А.А. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 5-6. С. 109-118.
3. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks; German version EN 50160:2010/A1:2015, 7 с. Available at: URL <https://www.en-standard.eu/din-en-50160-a3-merkmale-der-spannung-in-offentlichelektrizitatsversorgungsnetzen-deutsche-und-englische-fassung-en-50160-2010-pra3-2017/>. Accessed to : 20.12.2018.
4. IEC 61000-2-2: Electromagnetic Compatibility (EMC); Pt 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and Signaling in public low-voltage power supply systems. 2000. 29 p.]. Available at: URL <https://webstore.iec.ch/publication/4229>. Accessed to: 20.12.2018.
5. Наумов А.А., Жуков В.Г., Кубарев Ю.Г. и др. Проблемы сертификационных и периодических испытаний качества электрической энергии по новому ГОСТу. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. № 3-4. С. 6-8.
6. Visyashev A.N. Assessing of the influence of power consumers and power supply organization on voltage distortion at the point of common coupling // Proceedings «Smart Grid for Efficient Energy Power System for the Future», Magdebur-Irkutsk: OvGU, 2012 V.1. pp. 23-30.
7. Федотов А.И., Абдуллазянов Э.Ю., Рылов Ю.А. Долевой вклад потребителей в изменение показателей качества электроэнергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 3-4. С. 108-112.
8. Кюленер Х.Д. Самостоятельная оценка качества электроэнергии. Энергосбережение. 2005. № 2. С. 84-89.
9. Соколов В.С., Ермилов М.А., Серков А.В. и др. Проблемы установления размера ответственности за ухудшение качества электрической энергии и пути их решения // Промышленная энергетика. 2000. № 8. С. 52-54.
10. Егоров М.Ю. Симметрирующее устройство с функцией симметричной коррекции напряжений / М.Ю. Егоров. Промышленная энергетика. М.: НТФ Энергопрогресс", 2018. № 5. С. 32-35.
11. Мустафа Г.М., Гусев. С.И. Особенности использования модульных многоуровневых преобразователей для нормализации показателей качества напряжения электрической сети // Электроэнергия. Передача и распределение. М.: 2018. № 4. С. 58-65.
12. Васильева О.А. Измерительные системы учета и контроля качества электрической энергии на основе трехфазных счетчиков нового поколения // Контроль, анализ и управление качеством электрической энергии. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции. М.: 2014. С. 105-129.
13. Хрусталева Л.Л., Шишов В.А., Киреев С.И. и др. Непрерывный мониторинг параметров электрической энергии и инструментальная оценка дополнительных потерь в сетях низкого напряжения // Контроль, анализ и управление качеством электрической энергии. Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции. М.: 2014. С. 97-104.
14. Большов В.Е., Виноградов А.В. Моделирование электрической сети с системой мониторинга качества электроэнергии и надежности электроснабжения // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. №2(35). С. 3-10.

15. Лютаревич А.Г., Лейнерт В.В., Соколов Д.С. Анализ методов качества электроэнергии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований 2019. №12. С. 126-130.

Автор публикации

Наумов Анатолий Алексеевич – д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Теоретические основы электротехники», Казанский государственный энергетический университет.

Reference

1. Dobrusin LN. Quality of electrical energy quality and energy saving in Russia. *Energexpert*. 2008;4(9):30-35.
2. Naumov AA. Some aspects of energy saving in lighting technology. *Bulletin of the Higher Educational Institutions. Problemy Energetiki*. 2017;5-6:109-118.
3. Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks; German version EN 50160:2010/A1:2015, 7 p. Available at: URL <https://www.en-standard.eu/din-en-50160-a3-merkmale-der-spannung-in-offentlichen-elektrizitatsversorgungsnetzen-deutsche-und-englische-fassung-en-50160-2010-pra3-2017/> Accessed to: 20.12.2018.
4. IEC 61000-2-2: Electromagnetic Compatibility (EMC); Pt 2-2: Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems. 2000. 29p. Available at: URL <https://webstore.iec.ch/publication/4229> Accessed to: 20.12.2018.
5. Naumov AA, Zhukov VG, Kubarev YuG, et al. Certification and periodical tests by the new GOST of electric energy quality. *Bulletin of the Higher Educational Institutions. Problemy Energetiki*. 2012;3-4:6-8.
6. Visyashev AN. Assessing of the influence of power consumers and power supply organization on voltage distortion at the point of common coupling. *Proceedings «Smart Grid for Efficient Energy Power System for the Future»*, Magdeburg-Irkutsk: OvGU, 2012;1:23-30.
7. Fedotov AI, Abdullasyanov EYu, Rylov YuA. Share contribution in alteration of electrical energy quality indicators. *Bulletin of the Higher Educational Institutions. Problemy Energetiki*. 2006;3-4:108-112.
8. Kyulener HD. Independent evaluation of electrical energy quality. *Energy saving*. 2005;2:84-89.
9. Sokolov VS, Yermilov MA, Serkov AV, et al. Issues of the scope of responsibility procedure establishment for decrease of the electrical energy quality, and the ways of their settlement. *Promyshlennaya Energetika (Industrial Power Engineering)*. 2000;8:52-54.
10. Egorov MYu. Balancing device with symmetrical compensation of voltage function. *Industrial Power Engineering*. M.: NTF “Energoprogress”, 2018;5:32-35.
11. Mustafa GM, Gusev SI. Modular multilevel transformers application features for normalization of the electrical net voltage quality indicators. *Electrical energy. Transfer and distribution*. M.: 2018;4:58-65.
12. Vasilyeva OA. Measuring systems of accounting and monitoring of electrical energy quality on the basis of three-phase meters of the new generation. Monitoring, analysis and management of electrical energy quality. *Book of reports of the All-Russian science and technology conference*. M.: 2014. pp. 105-129.
13. Khrustalev LL, Shishov VA, Kireev SI. Continuous monitoring of electrical energy parameters and instrumental evaluation of additional losses in the low voltage nets. *Khrustalev Monitoring, analysis and management of electrical energy quality*. Book of reports of the All-Russian science and technology conference. M.: 2014. pp. 97-104.
14. Bolshov VE, Vinogradov AV. Electrical network simulation with the system of electrical energy quality monitoring and power supply reliability. *Electrical technology and electrical equipment in APK*. 2019;2(35):3-10
15. Lyutarevich AG, Leynert VV, Sokolov DS. Electrical energy quality analysis methods. *International magazine of applied and fundamental research works*. 2019;12:126-130.

Author of the publication

Anatoliy A. Naumov – Kazan State Power-Engineering University, the city of Kazan, Russia.

Поступила в редакцию

01 апреля 2019г.