

НОРМИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В.А. Овсейчук, засл. энергетик СНГ, д-р экон. наук, проф., акад. РАЕН, Главный эксперт ООО ПФК «СКАФ» г. Москва

В.А. Непомнящий, поч. регулятор естественных монополий России, д-р экон. наук, проф., акад. РАЕН, дир. по экономике ЗАО «Комкон-2» г. Сосновый Бор, Ленинградская область

Статья содержит научные результаты исследований по оптимизации надежности электроснабжения потребителей национальной экономики России с методикой расчета показателей надежности электроэнергетического комплекса в соответствии с Федеральным Законом «Об электроэнергетике» и «Энергетической стратегией России до 2030 г.»

Предложена иерархическая структура надежности электроснабжения, позволяющая выстроить систему, в которой сочетаются нормативные методы оценки и технико-экономические расчеты надежности электроснабжения потребителей. Даны предложения по учету показателей качества электроэнергии в договорах электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: Электроэнергия, надежность электроснабжения, качество электроэнергии, методы расчета и оценки.

REGULATION OF RELIABILITY AND QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY

V.A. Ovseichuk, Honored Power Engineer of the CIS, Ph.D. of Economics, Professor, Academician of the Academy of Natural Sciences, Chief expert of the PFC «SKAF», Moscow

V.A. Nepomniaschy, Honorary Regulator of Natural Monopolies of Russia, Ph.D. of Economics, Professor, Academician of the Academy of Natural Sciences, Economics Director of OJSC «Komkon-2», Sosnovy Bor, Leningrad Region

The article contains the results of scientific studies to optimize the reliability of power supply to consumers of the national economy of Russia with the method of calculating the reliability of the electric power complex into compliance with the Federal Law «On Electric Power Industry» and «Energy Strategy of Russia until 2030».

The article suggests a hierarchical structure for the reliability of power supply, which allows to build a system that combines normative methods of assessment and feasibility study on the reliability of power supply to consumers. Proposals to integrate the power quality in the consumer power supply contracts.

Keywords: Electricity, power reliability, power quality, methods of calculation and assessment.

Системная надежность и надежность электроснабжения потребителей

В соответствии с Федеральным законом об электроэнергетике, одним из важнейших показателей энергоэффективности служат показатели надежности и качества электроснабжения. Показатель надежности характеризуется в энергетическом плане долей недоотпуска электроэнергии потребителям, а в экономическом – снижением доли ущерба от перерывов электроснабжения в валовом внутреннем продукте.

Надежность электроэнергетической системы является комплексным свойством, его составляющие зависят от аспекта рассмотрения проблемы [1, 2].

В соответствие с технико-энергетическими и хозяйственно-экономическими особенностями функционирования современной электроэнергетики России можно выделить *три иерархических уровня надежности* электроснабжения потребителей, используя принцип декомпозиции задач надежности [1, 2, 5]:

1-й иерархический уровень – генерирующие мощности, обеспечивающие так называемую балансовую надежность.

2-й иерархический уровень – системообразующие магистральные сети 1150-220 кВ федерального значения.

3-й иерархический уровень – региональные (территориальные) распределительные сети 220-150-110-35-10(6) кВ, предназначенные для обеспечения электроснабжения территорий и отдельных потребителей.

Первый и второй уровни надежности можно объединить в одно понятие – *системная надежность*, которая характеризуется вероятностью бесперебойной подачи электроэнергии и мощности в магистральные Центры питания (подстанции 750–220 кВ).

В составе понятия системной надежности следует выделять понятие живучесть энергосистемы, представляющую собой *способность электроэнергетической системы (ЭЭС) противостоять каскадному развитию системных аварий, а также самовосстанавливаться под воздействием автоматизированного или ручного диспетчерского управления*. При этом под системной аварией понимается нарушение динамической и/или статической устойчивости параллельной работы электростанций, недопустимые отклонения частоты тока в системе и напряжения в узлах, перегрузки по току элементов основной системообразующей сети, приводящие к каскадному отключению последних, делению системы на несбалансированные части и массовому отключению потребителей электроэнергии или ограничениям их нагрузок на большой территории.

Изменение масштабов резервирования генерирующих мощностей, конфигурации и степени резервирования магистральных электрических сетей (1 и 2 уровни надежности) воздействует одновременно на условия электроснабжения *всех потребителей ЭЭС России*.

Что касается 3 уровня надежности, то в соответствии с предназначением региональных электрических сетей в их составе можно выделить следующие два подуровня.

Распределительные сети 1-го подуровня, обеспечивающие распределение электроэнергии и мощности от магистральных Центров питания по территории обслуживаемого ими региона (кольцевые сети 150–35 кВ) и распределительные сети 2-го подуровня, поставляющие электроэнергию и мощность конкретным потребителям (преимущественно, это радиальные сети 220–6(10) кВ).

Изменение конфигурации и степени резервирования региональных распределительных сетей 1-го подуровня воздействует на условия электроснабжения локальной группы потребителей в данном регионе (территории).

Уровень надежности распределительных сетей 2-го подуровня определяется категоричностью надежности электроснабжения конкретных потребителей в соответствии с рекомендациями ПУЭ.

Изложенная схема иллюстрируется рис. 1.

Индекс надежности. Системная надежность определяется, при прочих равных условиях, надежностью генерации электроэнергии и надежностью основной магистральной (межсистемной) и региональной системообразующей электрической сети. Надежность электроснабжения зависит от системной надежности, т. е. надежности поставки электроэнергии в Центры питания распределительных электрических сетей, надежности распределительных электрических сетей общего пользования, а также надежности схем электроснабжения конкретных электроприемников потребителей [1–3]. Это требует выстраивания системы технических и экономических взаимоотношений «по надежности» между субъектами рынка электроэнергии с конкретизацией требований и ответственности за их выполнение.

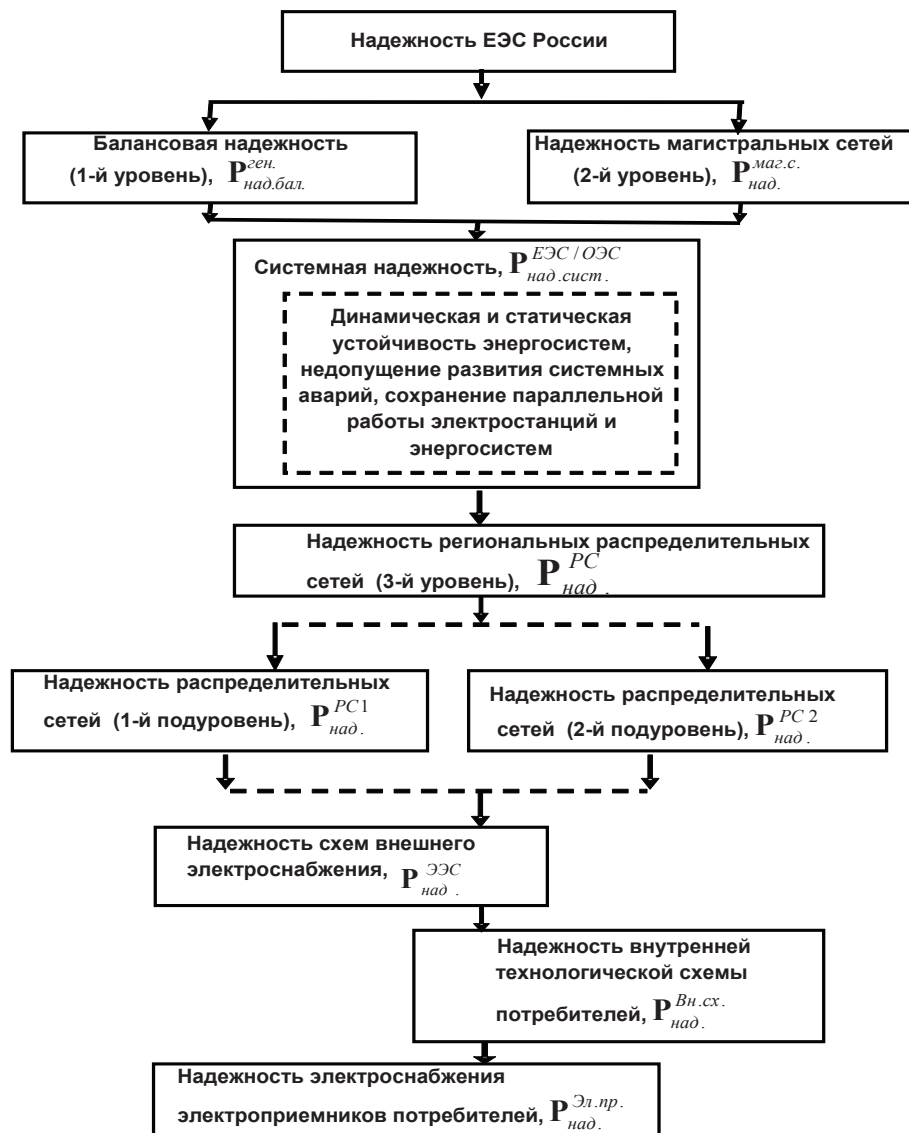


Рис. 1. Иерархические уровни надежности Единой электроэнергетической системы России

Предложенный принцип декомпозиции задач надежности [1, 2] соответствует современной иерархии технологического, производственно-хозяйственного, территориально-объектного функционирования электроэнергетики России с учетом тарифообразования в зависимости от категории надежности электроснабжения энергоприемников потребителей [3].

На основе рис. 1 могут быть записаны выражения индексов надежности в электроэнергетике:

$$P_{\text{над.сист.ЕЭС/ОЭС}} = P_{\text{над.бал.ген.}} \times P_{\text{над.маг.с.}}, \quad (1)$$

$$P_{\text{над.РЦП}} = P_{\text{над.сист.ЕЭС/ОЭС}} \times P_{\text{над.РС1}}, \quad (2)$$

$$P_{\text{над.}}^{\text{ЭЭС}} = P_{\text{над.}}^{\text{РЦП}} \times P_{\text{над.}}^{\text{РС2}}, \quad (3)$$

$$P_{\text{над.}}^{\text{эл.пр.}} = P_{\text{над.}}^{\text{ЭЭС}} \times P_{\text{над.}}^{\text{Вн.сх.}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{над.сист.}}^{\text{ЭЭС/ОЭС}}$ – уровень (индекс) системной надежности Единой (Объединенной) энергосистемы;
 $P_{\text{над.бал.}}^{\text{ген.}}$ – уровень надежности генерирующих мощностей ЭЭС/ОЭС, балансовая надежность производства для и поставки электроэнергии в энергоузлы;
 $P_{\text{над.}}^{\text{маг.с.}}$ – уровень надежности магистральных (межсистемных) электрических сетей;
 $P_{\text{над.}}^{\text{РЦП}}$ – уровень надежности региональных Центров питания;
 $P_{\text{над.}}^{\text{ЭЭС}}$ – уровень надежности электроэнергетической системы (системы внешнего электроснабжения);
 $P_{\text{над.}}^{\text{РС1}}$ $P_{\text{над.}}^{\text{РС2}}$ – соответственно индексы надежности распределительных электрических сетей 1-го и 2-го подуровней;
 $P_{\text{над.}}^{\text{Вн.сх.}}$ $P_{\text{над.}}^{\text{эл.пр.}}$ соответственно индексы надежности внутренней схемы электроснабжения потребителей и надежности электроснабжения конечных электроприемников потребителей.

Приведенный подход к оценке индексов надежности комплекса электроэнергетики полностью соответствует Федеральному Закону «Об электроэнергетике», где надежность подразделяется на системную надежность и надежность электроснабжения потребителей.

Предлагаемая иерархическая структура надежности электроснабжения производственных и социальных объектов национальной экономики позволяет выстроить систему, в которой сочетаются нормативные методы оценки и технико-экономические расчеты надежности электроснабжения потребителей.

Схема надежности. Предлагается следующая схема сочетания нормативного и экономического методов оценки надежности при разработке программ перспективного развития и эксплуатации электроэнергетических систем и их основных секторов:

1. Формирование на основе технико–экономических расчетов нормативов балансовой надежности, надежности магистральных электрических сетей и системной надежности.

Эти нормативы должны периодически обновляться с изменением технико–экономических условий функционирования национальной экономики и ее электроэнергетической системы (ЭЭС), например, один раз в пять лет.

Аналогичные технические нормативы надежности электроснабжения должны быть выработаны и для схем электроснабжения потребителей 0-й, или особой (по ПУЭ) внеэкономической категории надежности.

Наличие вышеуказанных нормативов надежности не исключает возможности определения оптимального уровня надежности работы ЭЭС и ее магистральных электрических сетей с учетом экономических потерь от нарушений электроснабжения потребителей.

2. Уровни надежности распределительных сетей и схем технологических сетей внутрипроизводственного электроснабжения потребителей 2-й, 3-й и частично, 1-й категорий (по ПУЭ) обосновываются на основе технико–экономических расчетов с учетом экономических ущербов от нарушений электроснабжения и учитываются в тарифах на передачу и распределение электроэнергии до потребителей.

Схема взаимосвязей нормативов надежности работы энергосистем и электроснабжения потребителей приведена на рис. 2.

Тарифы на электроэнергию. При формировании тарифов конечным потребителям согласно [3,10], тариф на генерацию и передачу электроэнергии до региональных Центров питания (генерация+магистральные и региональные системообразующие сети) оплачивают *все потребители* (независимо от категории надежности электроснабжения), а в тарифе на рас-

пределение (передачу) электроэнергии до ТОП (точки общего присоединения) к сети потребителя учитывается заявленная потребителем категория надежности его электроснабжения.

Определение тарифа на передачу электроэнергии по распределительным сетям различного класса напряжения для потребителей отдельных категорий надежности электроснабжения может осуществляться по выражению [3–5, 9, 10]:

$$T_{i(j)} = [1 + L_{\text{надб./скид.}}(i, j)] \times T_j^{\text{баз.}}, \quad (5)$$

где i – номер категории надежности потребителей; j – класс напряжения сети; $L_{\text{надб./скид.}}(i, j)$ – надбавка/скидка к базовому тарифу на передачу для i -категории потребителей, j -класса напряжения.



Рис. 2. Схема взаимосвязей нормативов надежности работы энергосистем и электроснабжения потребителей

Таблица 1

Надбавки скидки к базовым тарифам на передачу электроэнергии по распределительным сетям 110-35-10(6) кВ за повышение надежности электроснабжения потребителей (отн. ед.)

Категория надежности потребителей по (ПУЭ), i	Надбавки/скидки, $L(i, j)$ Класс напряжения сети, кВ (j)			
	110	35	10 (сельские)	6–10 (городские)
0-я надбавка	3,832	xxx	xxx	xxx
1-я надбавка	0,152	0,066	0,040	0,111
2-я надбавка	0,055	0,034	0,027	0,075
3-я скидка	–0,557	–0,557	–0,557	–0,557
Базовые тарифы (Т баз), коп/кВтч	12,951	81,510	73,074	73,074

В табл. 1 на примере одной из электроэнергетических систем приведены надбавки/скидки к базовым тарифам на передачу электроэнергии по распределительным сетям 110-35-10 (6кВ) за повышение надежности электроснабжения.

Из табл. 1 видно, что, например, экономически обоснованный тариф на передачу электроэнергии для потребителей 1-категории в сети 110 кВ составляет

$$T_{1,110} = 1,152 \times 12,951 = 14,92 \text{ коп/кВтч},$$

а для 3-й категории надежности электроснабжения

$$T_{3,110} = (1 - 0,557) \times 12,951 = 5,74 \text{ коп/кВтч}.$$

Теоретические аспекты учета категории надежности при тарифном регулировании передачи электроэнергии разработаны [3,10], требуется дальнейшая пилотная апробация Методики и последующая разработка Методических указаний по учету категории надежности электроснабжения в тарифах на передачу электроэнергии.

Нормативы надежности. Энергетическая стратегия России до 2030 г., утвержденная Правительством РФ, ставит задачу повысить вероятность бездефицитной работы энергосистем (ключевой индикатор стратегического развития) с $P_{сист}^{ЭЭС/ОЭС} = 0,996$ (обоснован И.М. Марковичем в 60-х гг. прошлого века при удельной стоимости резервных энергетических мощностей – 21 руб./кВт, удельный ущерб от нарушений электроснабжения – 0,6 руб./кВтч) до 0,9997 и приблизить этот показатель к зарубежным нормативам вероятности бездефицитного электроснабжения (США – 0,9997, Франция – 0,9997, Нидерланды – 0,9995, Ирландия – 0,9991, Скандинавские страны – 0,999).

В современных экономических условиях (показатели в ценах 2010 г.) - удельные капиталовложения в резервную генерирующую мощность 43,5 тыс. руб./кВт и удельный ущерб при ограничениях нагрузок устройствами автоматического частотного регулирования (АЧР) в диапазоне 5–30% от максимума нагрузки ЭЭС от 32 до 127 руб./кВтч - оптимальная величина резерва генерирующей мощности составляет по критерию полной стоимости надежности 0,9755, по критерию предельных инвестиций в повышение надежности – 0,9905 отн. ед. и по критерию равенства относительных приростов затрат в надежность [5]–0,9927 (табл. 2).

Оценочные расчеты индексов надежности субъектов российской электроэнергетики до границ балансовой принадлежности (ГБП) электрических сетей потребителей показали, что интегральный индекс надежности на ГБП субъектов электроэнергетики в различных регионах России ниже показателя 0,996 и находится в пределах 0,96–0,98, что обуславливает при вероятных расчетных отключениях электрической сети суммарный ущерб потребителям России от 4 до 7 трлн руб. в год (до 1% в пересчете на ВВП страны) [4]. Поэтому переход на вышеуказанные индикативные нормативы надежности даже в отдаленной перспективе, потребует исключительно высоких экономически необоснованных капиталовложений в повышение надежности всех компонентов электроэнергетической системы (генерирующих мощностей, магистральных и распределительных электрических сетей, инвестиций в обеспечение устройств противоаварийной автоматики), а также технологических схем электроснабжения потребителей.

В приведенной табл. 2 вероятностные экономические показатели надежности получены при средних современных оценках параметров надежности оборудования электроэнергетики и средних ущербов у потребителей от перерывов электроэнергетических систем и электрических сетей, опубликованных в [7, 8].

Дифференцированная цена на электроэнергию, системно учитывающая обеспечиваемый уровень надежности электроснабжения и качество электроэнергии, поставляемой потребителям, и включающая как затраты, связанные с повышением надежности электроснабжения, так и экономический эффект у потребителя (снижение ущерба при повышении надежности электроснабжения), является наиболее простым и эффективным инструментом управления надежностью и качеством электроснабжения потребителей [3].

При этом, экономически обоснованные затраты для обеспечения *системной надежности ЭЭС оплачивают все потребители* электроэнергии, независимо от категории надежности их электроснабжения.

Вместе с тем, тарифы на передачу электроэнергии по распределительным электрическим сетям от питающих Центров федерального и регионального уровней ЭЭС до ГБП потребителей учитывают *экономически обоснованные затраты по обеспечению требуемой (заявленной) потребителем категории надежности электроснабжения* (обосновывается тарифное меню по стоимости передачи и распределения электроэнергии от Центров питания в зависимости от категории надежности электроснабжения и класса напряжения). По тарифному меню потребитель сам выбирает тариф с требуемой категорией надежности электроснабжения и, соответственно, оплачивает стоимость передачи электроэнергии по выбранной категории надежности электроснабжения [3].

ЭЭС, гарантирующая потребителям экономически обоснованный уровень надежности и качества электроснабжения (качество электроэнергии), в случае его нарушения должна быть подвергнута экономическим санкциям (через соответствующий механизм страхования ответственности).

Таблица 2

Экономически обоснованные нормативы индексов надежности системы электроснабжения и ее иерархических уровней

Структура системы электроснабжения	Критерии оптимизации		
	Минимум полной стоимости надежности	Предельные инвестиции в повышение надежности	Равенство относительных приростов затрат в надежность
Надежность генерации, $R_{\text{над.бал}}^{\text{ген.}}$	0,975500	0,990500	0,992680
Надежность работы магистральных сетей, $R_{\text{над.}}^{\text{маг.с}}$	0,998450	0,998970	0,998941
Вероятность отсутствия системных аварий, $R_{\text{сист.}}^{\text{ав.}}$	0,997956	0,997956	0,997955
Системная надежность, $R_{\text{над.сист.}}^{\text{ОЭС}}$	0,971997	0,987457	0,989601
Надежность распределительных сетей 1-го уровня, $R_{\text{над.}}^{\text{рс1}}$	0,999690	0,999966	0,999911
Надежность распределительных сетей 2-го уровня: потребители 3-й категории	0,999227	0,999227	0,999227
Потребители 0-й (особой) категории	0,99999947	0,99999947	0,99999947
Надежность распределительных сетей 2-го уровня, $R_{\text{над.}}^{\text{рс2}}$, потребителей			
Потребители 3-й категории	0,998917	0,999193	0,999138
Потребители 0-й (особой) категории	0,999690	0,999966	0,999911
Надежность схемы (системы) внешнего электроснабжения, $R_{\text{над.}}^{\text{ЭСС}}$, потребителей			
3-й категории	0,970945	0,986660	0,988748
0-й (особой) категории	0,971696	0,987424	0,989512

Качество электроэнергии

В период реформирования электроэнергетики вопросам качества электроэнергии (КЭ) уделялось недостаточное внимание, что привело к росту потерь электроэнергии и снижению уровня энергетической безопасности. Традиционно, вопрос качества электроэнергии был, в основном, проблемой электрифицированного железнодорожного транспорта и крупных промышленных предприятий [11–13]. В настоящее время эта проблема касается всех потребителей, в том числе коммунальной инфраструктуры, населения, государственных учреждений.

В последнее время появился ряд новых требований, которые определяют развитие электроэнергетики в России и в мире на ближайшее десятилетие. К их числу, в частности, относятся возросшие требования потребителей к качеству электроэнергии.

Всевозрастающий объем индивидуального строительства домов и повышение уровня использования электроэнергии, переход на инновационную платформу путем создания интеллектуальных электрических сетей, изменение структуры электропотребления бытовых потребителей (в частности, за счет импульсных источников) приводят к появлению импульсов токов и искажению формы синусоид напряжения и тока. Более того, исследования показали, что даже при значениях показателей качества электроэнергии в допустимых согласно стандарту пределах нагрузочные потери в силовых трансформаторах возрастают на 14–15%. Низкое качество электроэнергии приводит к увеличению погрешности измерений.

По зарубежным данным, в сетях низкого напряжения Швейцарии коэффициент искажения кривой напряжения (коэффициент несинусоидальности) увеличивается на 0,7% каждые десять лет. В целом, в электрических сетях, несмотря на наличие стандартов и других документов, устанавливающих показатели параметров КЭ, наблюдается рост абсолютных значений этих параметров. Так, в промышленности увеличение производства в ряде случаев (металлургии, деревообрабатывающей промышленности и др.) сопровождается увеличением уровня электромагнитных помех, как правило, уровней высших гармоник и несимметрии напряжения. Это приводит к тому, что стоимость мероприятий по коррекции качества электроэнергии может быть равной или даже превосходить экономический эффект от повышения производительности на производстве за счет внедрений новой техники и технологии. Ярким примером может быть прогрессирующее внедрение в промышленность частотных преобразователей. Помимо известных достоинств частотного привода, следует отметить генерирование не только высших гармоник, но и так называемых интергармоник.

Исследования показали, что действующее значение интергармоник в некоторых режимах их работы может превосходить соответствующее значение канонических гармоник. Как следствие, на ряде крупных предприятий, где значителен уровень гармоник и интергармоник, наблюдается повышенная аварийность электродвигателей за счет ускоренного старения и выхода из строя токоведущих частей (обмоток). Вопрос рационального использования частотных преобразователей и минимизации уровней интергармоник требует решения в ближайшее время [12].

Проблема оценки и снижения уровней колебания напряжения, а также провалов напряжения в настоящее время относится к важнейшим задачам и требует соответствующих разработок; имеющиеся решения в части дозы фликера весьма громоздки, их результаты неоднозначны и не всегда отвечают требованиям проектной практики [11, 12].

Необходима разработка программы расчетов и соответствующих сертифицированных приборов, позволяющих однозначно определять долевое влияние субъектов рынка на показатели КЭ на границе раздела балансовой принадлежности (либо передачи электроэнергии), что позволит корректно учитывать долевое участие субъектов в показателях КЭ.

Представляется необходимым унифицировать расчеты показателей качества электроэнергии и обусловленных ими ущербов, чтобы исключить получение некорректных результатов.

Целесообразно разработать оценочные экспресс-методы расчета показателей качества электроэнергии, что важно для эксплуатационного персонала.

Краткий обзор состояния основных вопросов качества электроэнергии в отечественной энергетике позволяет рекомендовать в договорах электроснабжения вновь учитывать скидки и надбавки к тарифам на электроэнергию при нарушениях норм стандартов на качество электроэнергии. Размер отчислений может быть установлен методом экспертных оценок аналогично тому, как это делается при установлении норм МЭК, Cenetec, СИГРЭ и других документов.

На современном этапе нормативно-правовая база по экономической оценке качества поставляемой потребителям электроэнергии в России отсутствует, кроме общих положений ГК РФ, статья 542.

Используя сравнительный анализ зарубежных и отечественных оценок ущербов в экономике от несоблюдения норм качества электроэнергии, на основании наших оценок и расчетов, *предлагаем в договорах электроснабжения учитывать скидки (надбавки) к тарифам на электроэнергию в размере 12% от стоимости электроэнергии при несоблюдении норм стандартов на качество электроэнергии (для поставщиков электроэнергии – скидка, для потребителей – надбавка к тарифу при отсутствии устройств, обеспечивающих нормализацию качества электроэнергии). В качестве предельного размера штрафа за отпущенную (потребленную) электроэнергию с несоблюдением стандартов качества электроэнергии рекомендуется показатель до 25% от стоимости отпущенной (потребленной) электроэнергии с показателями, не соответствующими ГОСТ, как это требовалось в доперестроечный период «Правилами пользования электрической энергией».*

Выводы

Для дальнейшего совершенствования технико-юридических и экономических отношений в сфере обеспечения надежности, качества и безопасности электроснабжения, учитывая острую проблему управления надежностью электроснабжения и качеством электроэнергии, кроме проведения систематических схемно-технических расчетов надежности электроснабжения при проектировании и эксплуатации, и обоснования нормативных ключевых показателей надежности электроэнергетических систем по регионам и экономического обоснования инвестиционных программ развития электроэнергетики, необходимо разработать и принять Федеральный закон «О надежности и качестве электроснабжения потребителей».

Необходимо также принять комплекс дополняющих закон документов: кодексы; стандарты; регламенты; своды правил; методики; программы расчета технико-экономических показателей надежности и качества электроснабжения потребителей; нормативно-правовые документы, устанавливающие ответственность всех субъектов рынка электроэнергии за обеспечение надежности электроснабжения и качества электроэнергии и оценку ущербов от несоблюдения надежности и качества электроснабжения; варианты экономической компенсации потребителям или поставщикам электроэнергии за невыполнение одной из сторон обязательств по обеспечению надежности и качества электроснабжения.

Список литературы

1. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике / Утверждена Председателем Правления РАО ЕЭС России А.Б. Чубайсом, приказ от 25.04.2005 г. № 258.
2. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике. Разработка по заданию Минэнерго России: Рук. работы чл.-корр. РАН Воропай Н.И. М.: 2011.
3. Методика расчета цен (тарифов) на услуги по обеспечению системной надежности в электроэнергетике / Отчет ЗАО ПФК «СКАФ» по договору с ФСТ России, 2006.
4. Непомнящий В.А. Проблемы надежности при проектировании и эксплуатации электрических сетей энергосистем. СПб.: ПЭИПК, 2010.

5. Непомнящий В.А. Оптимизация распределения надежности по иерархическим уровням системы электроснабжения / Надежность и безопасность энергетики, 2011, № 1, 2.
6. Непомнящий В.А., Овсейчук В.А., Епифанцев С.Н. Надежность в задачах развития, управления и эксплуатации электроэнергетических систем и электрических сетей в условиях рыночных отношений (методы, модели и практика расчетов). М.: ИПК Госслужбы, 2010.
7. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушений электроснабжения. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
8. Непомнящий В.А. Надежность оборудования энергосистем. М.: Изд. журнала «Электроэнергия. Передача и распределение», 2013.
9. Овсейчук В.А. Методика оценки уровня регулируемых тарифов на электрическую (тепловую) энергию в регионе и доступ (технологическое присоединение) потребителей к электрическим сетям: Учебно-методическое пособие. М.: ИПК госслужбы, 2007.
10. ФСТ России / Протокол от 17.06.2005 г. № ЕЯ-333 по рассмотрению проекта «Учет надежности электроснабжения при формировании тарифов на электроэнергию».
11. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат, 2010.
12. Жежеленко И.В., Шидловский А.К., Пивняк Г.Г., Саенко Н.А., Нойбергер Н.А. Электромагнитная совместимость потребителей. М.: Машиностроение, 2012.
13. Епифанцев С.Н., Жежеленко И.В., Овсейчук В.А., Трофимов Г.Г., Шимко С.В. Качество электроэнергии: современные требования и их обеспечение в электрических сетях железных дорог / под ред. Г.П. Кутового. М.: Эко-Пресс, 2014.

References

1. *Koncepcija obespechenija nadezhnosti v jelektrojenergetike. Utverzhdena Predsedatelem Pravlenija RAO EJeS Rossii A.B. Chubajsom, prikaz ot 25.04.2005 g. no. 258* [The concept of reliability in the electricity industry. Approved by the Chairman of the Board of RAO UES of Russia A.B. Chubais, the order dated 25.04.2005, no. 258].
2. *Koncepcija obespechenija nadezhnosti v jelektrojenergetike. Razrabotka po zadaniju Minjenergo Rossii: Ruk. raboty chl.-korr. RAN Voropaj N.I.* [The concept of reliability in the electricity industry. Development on the instructions of the Ministry of energy: Head of Research – RAS member Voropai N.I.]. Moscow 2011.
3. *Metodika rascheta cen (tarifov) na uslugi po obespecheniju sistemnoj nadezhnosti v jelektrojenergetike. Otchet ZAO PFK «SKAF» po dogovoru s FST Rossii 2006* [The method of calculation of prices (tariffs) for services ensuring system reliability in the electricity industry. Report CJSC PFC «SKAF» according to the agreement with the FTS of Russia]. 2006.
4. Nepomniaschy V.A. (2010) *Problemy nadezhnosti pri proektirovanii i jekspluatacii jelektricheskikh setej jenergosistem* [Reliability Issues in the design and operation of electric networks of power systems]. SPb. PJeIPK [SPb. PEIPK].
5. Nepomniaschy V.A. (2011) *Optimizacija raspredelenija nadezhnosti po ierarhicheskim urovnjam sistemy jelektrosnabzhenija* [Optimization of the distribution of reliability at hierarchical levels of power supply system]. *Nadezhnost' i bezopasnost' jenergetiki* [Reliability and safety in power engineering], no. 1, 2.
6. Nepomniaschy V.A., Ovseychuk V.A., Epifantsev S.N. (2010) *Nadezhnost' v zadachah razvitija, upravlenija i jekspluatacii jelektrojenergeticheskikh sistem i jelektricheskikh setej v uslovijah rynochnyh otnoshenij (metody, modeli i praktika raschetov)* [Reliability in the task of development, management and operation of power systems and electric networks in the conditions of market relations (methods, models and practice of calculations)]. *IPK Gossluzhby* [IPK of civil service]. Moscow.
7. Nepomniaschy V.A. (2010) *Jekonomicheskie poteri ot narushenij jelektrosnabzhenija* [Economic losses from a power failure]. *Izdatel'skij dom MJeI* [MPEI Publishing house]. Moscow.
8. Nepomniaschy V.A. (2013) *Nadezhnost' oborudovanija jenergosistem* [Reliability of energy systems]. *Izd. zhurnala Jelektrojenergija. Peredacha i raspredelenie* [Publish. magazine Electricity. Transmission and distribution]. Moscow.

9. Ovseychuk V.A. (2007) *Metodika ocenki urovnja reguliruemih tarifov na jelektricheskiju (teplovuju) jenergiju v regione i dostup (tehnologicheskoe prisoedinenie) potrebitelej k jelektricheskim setjam* [Methods of assessing the level of regulated tariffs for electric (thermal) energy in the region and access (technological connection) of consumers to electric networks]. *Uchebno-metodicheskoe posobie. IPK gossluzhby* [Textbook. IPK of civil service]. Moscow.

10. *ST Rossii. Protokol ot 17.06.2005 g. no. EJa-333 po rassmotreniju proekta «Uchet nadezhnosti jelektricheskogo snabzhenija pri formirovanii tarifov na jelektrojenergiju»* [FTS. Protocol dated 17.06.2005, the number of EYA-333 review of the project taking into Account the reliability of power supply in the formation of electricity tariffs].

11. Zhezhelenko I.V. (2010) *Vysshie garmoniki v sistemah jelektricheskogo snabzhenija prompredpriyatij* [Higher harmonics in power supply systems of industrial enterprises]. *Jenergoatomizdat* [Energo-atomizdat]. Moscow.

12. Zhezhelenko I.V., Shidlovskiy A.K., Pivnyak G.G., Saenko N.A., Noyberger N.A. (2012) *Jelektromagnitnaja sovmestimost' potrebitelej* [Electromagnetic compatibility of consumers]. *Mashinostroenie* [Mechanical engineering]. Moscow.

13. Epifantsev S.N., Zhezhelenko I.V., Ovseychuk V.A., Trofimov G.G., Shimko S.V. (2014) *Kachestvo jelektricheskogo snabzhenija: sovremennye trebovaniya i ih obespechenie v jelektricheskikh setyah zheleznyh dorog, pod red. G.P. Kutovogo* [Power Quality: current requirements and provision in electrical networks of Railways, ed. by G.P. Kutovoy]. *Jeko-Press* [EKO-Press]. Moscow.