

# Обеспечение надёжности электроснабжения конечных потребителей в условиях рыночной экономики

СКОПИНЦЕВ В.А.

*Одной из важных для решения задач создаваемого электросетевого комплекса ОАО «Российские сети» является обеспечение необходимого уровня надёжности электроснабжения конечных потребителей. Анализ показателей надёжности электроснабжения, используемых в настоящее время в отечественной практике, показал, что все они характеризуют средние системные оценки для всей совокупности потребителей, подсоединенных к определенной электрической сети. Для выделенного конечного потребителя не приняты приемлемые для практического использования показатели. На основе положений математической статистики и теории случайных процессов обоснованы показатели надёжности электроснабжения конечного потребителя, которые рекомендуются применять в договорах на поставку электроэнергии. При этом действующие в настоящее время по данному вопросу нормативные, методические и управленческие документы должны быть пересмотрены с учетом требований рынка электроэнергии.*

*Ключевые слова: электросетевой комплекс, конечный потребитель, надёжность электроснабжения, показатели надёжности, рынок электроэнергии*

В истории развития электроэнергетики России можно выделить три этапа с очень размытыми во времени границами.

Первый этап относится к первой половине прошлого века, когда электрическая энергия вследствие ряда её преимуществ перед другими видами энергии стала ускоренными темпами завоёвывать ведущие позиции в технологических процессах формирующихся отраслей экономики. В связи с возрастающими потребностями в электрической энергии стояла задача строительства мощных для того времени электростанций с возможностью передачи энергии на большие расстояния.

Второй этап развития характеризуется тем, что наряду с совершенствованием технологий выработки, преобразования и передачи электрической энергии стали формироваться современные электроэнергетические системы (ЭЭС). По времени этот этап условно относится ко второй половине прошлого века, когда были созданы мощные электроэнергетические объединения.

На этом этапе в СССР преобладал основополагающий принцип развития электроэнергетики — концентрации выработки электроэнергии на крупных электростанциях при централизованном электроснабжении и управлении режимами работы объединённой энергосистемой. Выполнению принципа во многом способствовала существующая государственная (общенародная) собственность.

Работа практически всех отраслей промышленности стала неразрывно связанной с потреблением электрической энергии. Энергия в увеличивающихся масштабах стала использоваться на транс-

порте, в сельском хозяйстве и в быту. Различающиеся требования потребителей к качеству электроэнергии и возможным перерывам в электроснабжении привели к необходимости разработки соответствующих нормативов и требований. В табл. 1 приведены действующие до настоящего времени требования ПУЭ [1] к надёжности электроснабжения трёх категорий и особой группы электроприёмников.

Из табл. 1 видно, что в требованиях по надёжности преобладает качественный принцип — чем выше требования к уровню надёжности электроснабжения электроприёмников, тем больше предусматривается число независимых источников питания и питающих линий электропередачи. Длительность перерыва в электроснабжении (не поясняется средняя или максимальная) определена не чётко. В то же время число перерывов в электроснабжении, например за год, не лимитируется.

С конца прошлого века в России осуществляется переход к рыночным отношениям, следствием которого стали изменения положений и принципов управления в электроэнергетике. К ним следует отнести:

хозяйственное разделение участников единого технологического процесса генерации, передачи, распределение и потребление электрической энергии;

разделение интересов образуемых субъектов рынка по поддержанию надёжности работы энергетических объектов и получению прибыли;

постоянное давление рынка на экономию издержек, стремление к снижению резервов и запа-

Таблица 1

Условия электроснабжения	Требования ПУЭ к надёжности электроснабжения для разных категорий электроприёмников			
	Особая группа	I	II	III
Источники питания	Три независимых взаимно резервируемых источника. Третий источник – автономный или местная электростанция	Два взаимно резервируемых источника		Один источник питания
Число линий электропередачи	Не менее двух линий	Две линии	Допускается одна линия	Одна линия
Длительность перерыва в электроснабжении	На время автоматического восстановления питания от устройства для безаварийной остановки процесса	На время автоматического восстановления питания (несколько секунд)	На время включения дежурным персоналом резервного питания (несколько часов)	Перерыв не должен превышать одни сутки

сов всех видов, полнота использования ресурса энергетического оборудования;

коммерческие требования к режимам работы ЭЭС и ограничения на их изменения, значительно снижающие управляемость системой.

Отмеченные изменения способствовали началу третьего этапа развития электроэнергетики России.

В начале перестроечного периода в электроэнергетике наряду с вопросами совершенствования технологий большое значение приобрели вопросы организации эксплуатации, управления функционированием и развитием ЭЭС. Одной из актуальных проблем, стоящей перед электроэнергетической отраслью, стал поиск более эффективной методологии управления в целях достижения лучшего

результата деятельности энергопредприятий. Речь шла об использовании рыночных отношений и конкуренции для формирования устойчивой системы удовлетворения спроса на электрическую энергию при условии обеспечения надлежащего её качества и минимизации стоимости; об обеспечении экономически обоснованной доходности инвестированного капитала и оптимизации структуры управления ЭЭС; о задачах управления надёжностью электроснабжения потребителей; об обоснованности мер, направленных на обеспечение промышленной безопасности объектов и предотвращения аварийных ситуаций и др. [2].

В результате перестроечных процессов сформировались субъекты рынка электроэнергии, схематически показанные на рис. 1, от которых зависит

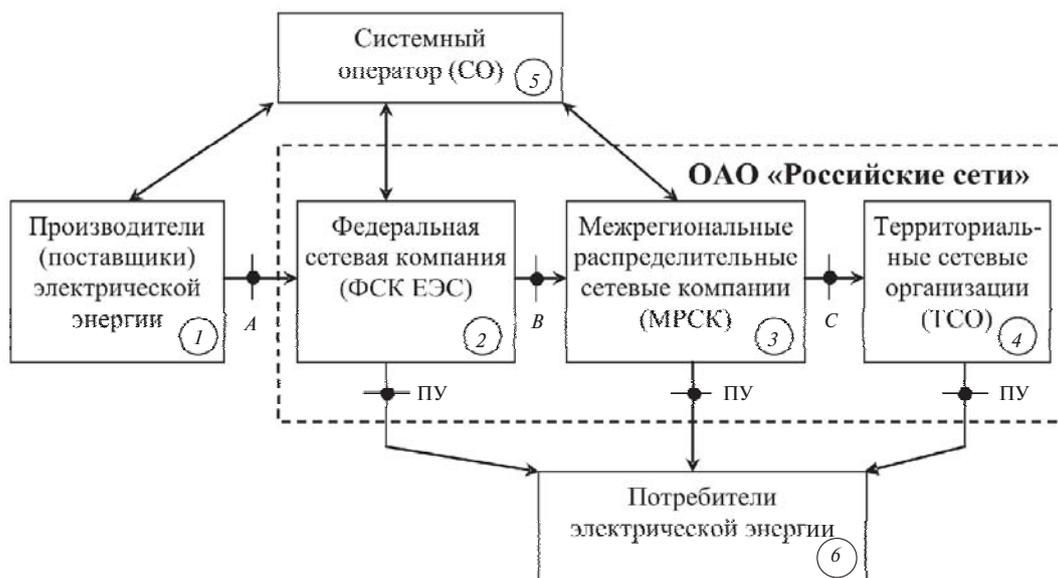


Рис. 1. Субъекты рынка электроэнергии (ПУ – питающий узел)

надёжность электроснабжения множества потребителей в блоке 6.

В блоке 1 представлены генерирующие компании с тепловыми, гидравлическими и атомными электростанциями, которые по заданным СО (блок 5) графикам осуществляют выдачу мощности в электрическую сеть. В общем балансе присутствуют также местные источники энергии (преимущественно небольшой мощности) в блоках 3 и 4 и даже непосредственно у потребителей.

Для выполнения своих обязанностей производителям электрической энергии необходимо иметь обоснованное значение резерва генерирующей мощности в любой момент времени.

Блок 2 включает электрические сети с напряжением 220 кВ и выше. Основу составляют магистральные линии электропередачи и узловые электроподстанции, в распределительных устройствах которых содержатся разделительные по принадлежности границы В.

Для обеспечения надёжности передачи энергии необходимо иметь обоснованную конфигурацию и структуру магистральных сетей с резервами по пропускной способности передачи энергии в сечениях электрических связей между узлами сети.

Распределительные сети МРСК, энергосбытовых и энергоснабжающих организаций сосредоточены в блоках 3 и 4, основной задачей которых является снабжение потребителей электроэнергией с согласованным в договорах уровнем надёжности. Для выполнения задачи следует учитывать вопросы резервирования элементов электрической сети на случаи технологических нарушений. В структуре блоков могут находиться местные источники энергии, которые следует учитывать при оценке уровня надёжности электроснабжения потребителей.

Координация функционирования перечисленных блоков (подсистем) в части обеспечения допустимых режимов работы осуществляется системным оператором, задачей которого являются обеспечение экономической работы ЭЭС при рациональном расходовании энергоресурсов и удовлетворение требований надёжности электроснабжения и качества энергии [4]. Кроме того, согласно закону № 35-ФЗ от 26.03.04 г. перед оперативно-диспетчерским управлением поставлена цель: «...принятие мер для обеспечения исполнения обязательства субъектов электроэнергетики по договорам, заключенным на оптовом и розничном рынках».

К настоящему времени работа электросетевой части отрасли оценивается как несоответствующая требованиям экономики страны. В [5] отмечается, что стоимость электроэнергии для многих промышленных потребителей приближается к стоимо-

сти электроснабжения собственными энергоисточниками (включая стоимость их строительства). Продолжающееся старение основных фондов отрасли приводит к необходимости значительного увеличения объёмов инвестирования в ближайшие годы для удержания существующего качества обслуживания потребителей. При этом отсутствует финансовая ответственность компаний за уровень надёжности и качество снабжения потребителей.

Отмеченные и другие негативные факторы в деятельности электросетевого комплекса Российской Федерации (далее ЭСК) послужили обоснованием для распоряжения Правительства РФ о создании ОАО «Российские сети» с входящими в него компаниями, контролирующими около 70% распределительных и 90% магистральных сетей России.

На рис. 1 показано объединение компаний и организаций в блоках 2, 3 и 4 в общий блок создаваемого ОАО «Российские сети». Предполагается сохранение существующих зон ответственности между ФСК, МРСК и ТСО, при этом вызовы отрасли должны решаться с помощью процессных решений, а не путём изменения структуры отрасли.

Согласно [5] в число ключевых задач государственной политики в сфере электросетевого хозяйства входят создание методов экономического стимулирования эффективности сетевых компаний, обеспечение условий для стабилизации тарифов, а также привлечение частного капитала в комплекс в объёме, достаточном для модернизации и реконструкции сетей для обеспечения надёжности электроснабжения конечных потребителей.

Необходимо пояснить понятие «конечный потребитель», употребление которого связывают с переходом к рыночным отношениям. Согласно терминологии IСIGRE в области надёжности ЭЭС [3] «питающим узлом» (Delivery Point) считается точка границы между сложной ЭЭС и покупателем энергии, а покупатель может быть конечным потребителем либо организацией для распределения энергии потребителям. В свою очередь покупатель энергии – потребитель энергии, способный оплатить требуемые ему объёмы энергии. В [6] понятие «конечный потребитель» определяется как юридическое или физическое лицо, покупающее энергию для целей собственного использования.

Надёжность снабжения электроэнергией потребителей должна обеспечиваться скоординированным выполнением своих функций всех показанных на рис. 1 субъектов рынка электроэнергии. Питающие узлы (ПУ) имеют место во всех трёх блоках ОАО «Российские сети».

В блок ФСК ЕЭС, эксплуатирующей сети 220 кВ и выше, входят крупные промышленные узлы (комбинаты), для сетей 0,4–110 кВ четырнадцати МРСК – конечные потребители с широким диапазоном нагрузок с преобладанием промышленной нагрузки и крупных городов, а сети 0,4–10 кВ ТСО преобладают в городах районного значения и районах сельской местности.

Как отмечается в [5], в российских сетевых компаниях в настоящее время оценка качества и надёжности их функционирования проводится в основном по частоте и продолжительности аварий в сетях среднего и высокого напряжения без отслеживания их влияния на отключение конечных потребителей. Акцент в управлении делается на обеспечение экономической обоснованности инвестированного капитала и на увеличение прибыли, по возможности, путём повышения тарифа на электроэнергию.

При этом следует отметить, что до настоящего времени в принимаемых руководящих документах перестроечного периода вопросы надёжности электроснабжения потребителей излагаются в декларативном виде и не содержат обоснованных для практического применения показателей надёжности, методик их вычисления и контроля выполнения.

Причинами нарушения электроснабжения в виде ограничения или прекращения подачи электроэнергии конечным потребителям в большинстве случаев являются [7]:

- 1) возникновение дефицита мощности и энергии в нормальных и послеаварийных режимах;
- 2) возникновение недопустимых режимных параметров в узлах электрической сети, требующее отключения части нагрузок;
- 3) ограничения по пропускной способности электросетевых объектов в нормальной, послеава-

рийной и ремонтной схеме электрической сети, приводящие к отключению узлов потребления;

4) повреждение или нарушение в работе электросетевых объектов (линиях электропередачи и электроподстанциях);

5) несогласованные и ошибочные действия потребителя.

Рассмотрим влияние перечисленных причин на надёжность электроснабжения конечного потребителя (рис. 2).

Первая из них связана с «балансовой надёжностью», которая определяет способность энергосистемы удовлетворять потребность в электроэнергии при почти всех установившихся состояниях, в которых может существовать эта энергосистема. Для оценки балансовой надёжности нашли применение несколько вероятностных и детерминированных показателей [8].

Наиболее широко используемым показателем балансовой надёжности энергосистемы является ожидаемое число дней с дефицитом мощности (Loss of Load Expectation – LOLE) в течение заданного достаточно длительного промежутка времени, который применяется в Северной Америке, Европе, Южной Америке и в основных развитых странах Азии. Если интервал времени равен одному году, то

$$LOLE = \sum_{i=1}^{365} P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  соответствует вероятности того, что дефицит мощности возникает хотя бы однажды в течение  $i$ -го дня.

С позиций теории вероятностей  $LOLE$  – это математическое ожидание числа дней дефицита в году. Принятый во многих странах стандарт  $LOLE$  может выражаться как 0,1 дня за год или, что то же самое, 1 день в 10 лет.



Рис. 2. Схема влияния причин технологических нарушений в энергосистеме на надёжность электроснабжения конечного потребителя

Обоснование численного значения норматива для балансовой надёжности, анализ его выполнения и разработка мероприятий для его поддержания (например, в планах развития отрасли или в значении и местах размещения резервов генерирующей мощности при ведении режимов) относится к сфере деятельности диспетчерского управления.

Балансовая надёжность в большей мере влияет на надёжность электроснабжения потребителей, подключённых к первой ступени АЧР.

Другая причина нарушения электроснабжения связана с режимной (оперативной) надёжностью – способностью энергосистемы противостоять внешним возмущениям, таким как короткое замыкание или выход из строя элементов системы, при наличии технических ограничений.

В аварийных ситуациях могут возникнуть переходные режимы работы системы, при которых необходимо снизить уровень электропотребления в некоторых её узлах, чтобы предотвратить распространение аварий, которые могут привести к более масштабным отключениям потребителей.

Каких-либо специальных показателей и числовых нормативов для отдельного учёта влияния режимной надёжности на электроснабжение конечного потребителя не встречается. Режимная надёжность находится в большей степени в сфере влияния системного оператора и отчасти в сфере влияния ОАО «Российские сети».

Третья причина нарушения электроснабжения потребителей получила название «структурная надёжность» энергосистемы [3], т.е. надёжность, обусловленная структурой системы. На указанную составляющую общей надёжности электроснабжения влияют место размещения, мощность и тип объектов генерации (электростанций) в узлах электрической сети, а также конфигурация сетей, включающая в себя линии электропередачи между электроподстанциями и узлами потребления электроэнергии.

Ответственность за структурную надёжность в части электроснабжения конечного потребителя следует отнести к системному оператору, имеющему ведущую роль в определении перспективы развития ЕЭС России и в связи с этим в вопросах размещения генерирующих мощностей с учётом изменений в электропотреблении. Эту же ответственность следует отнести на ОАО «Российские сети», так как к электрическим сетям МРСК и ТСО подсоединена большая доля конечных потребителей.

На практике аварии и нарушения в работе элементов электрической сети (линий электропередач и подстанций) являются основной причиной нару-

шения электроснабжения конечных потребителей. Доля нарушений по указанной причине на порядок превосходит суммарную долю нарушений по перечисленным ранее причинам: это эксплуатационная надёжность – и ответственность за её уровень следует отнести на ОАО «Российские сети».

Из анализа международной практики в [5] рекомендуется для оценки надёжности и качества сервиса сетевых компаний применять следующие показатели [8]:

средний индекс частоты прерывания электроснабжения конечных потребителей в системе – System Average Interruption Frequency Index:

$$SAIFI = \left( \sum_{i=1}^N l_i \right) / N, \quad (2)$$

где  $l_i$  – интенсивность прерывания  $i$ -го потребителя (среднее число прерываний за год);  $N$  – число конечных потребителей;

средний индекс длительности прерываний электроснабжения конечных потребителей в системе – System Average Interruption Duration Index:

$$SAIDI = \left( \sum_{i=1}^N l_i U_i \right) / N, \quad (3)$$

где  $U_i$  – средняя длительность прерываний  $i$ -го потребителя в течение года.

В [8] содержится ряд других показателей, в том числе характеризующих недоотпуск энергии.

В России 2006 г. утверждены правила функционирования розничных рынков электроэнергии, в которых установлены три категории надёжности электроснабжения потребителей [9]. Разработчики указанных правил считали возможным использовать те же качественные признаки разделения потребителей по категориям, что и в [1] для электроприёмников. Предполагается коллективная ответственность перед потребителем всех субъектов рынка «за надёжность снабжения электрической энергией и её качество в соответствии с техническими регламентами и иными обязательными требованиями».

Для рыночных отношений принцип коллективной ответственности является сомнительным и может способствовать появлению безответственности.

Новшеством правил является введение норматива: «Для третьей категории надёжности допустимое число часов отключения в год составляет 72 ч, но не более 24 ч подряд, включая срок восстановления электроснабжения», за исключением некоторых перечисленных случаев.

Для первой и второй категории надёжности допустимое число часов отключения в год и сроки

восстановления электроснабжения определяются сторонами в зависимости от ряда условий, т.е. численно не нормируются, что не исключает появления коррупционных отношений.

В 2010 г. были утверждены методические указания [10], в которых показатель уровня надёжности оказываемых услуг определяется средней продолжительностью прекращений подачи электрической энергии:

$$P_{\text{н}} = T_{\text{пр}} / N_{\text{тп}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{пр}}$  – фактическая суммарная продолжительность всех прекращений передачи энергии в отношении потребителей услуг за расчётный период регулирования, ч;  $N_{\text{тп}}$  – максимальное число присоединений потребителей к электрической сети электросетевой организации за расчётный период регулирования.

Сопоставление формул (3) и (4) показывает их идентичность.

Из анализа показателей надёжности электроснабжения потребителей, используемых в зарубежной и отечественной практике и вычисляемых по (1)–(4), следует вывод, что все они дают средние системные оценки для всей совокупности потребителей, подсоединённых к выделенной электрической сети. Изменение этих оценок в динамике по годам могут быть информативными для ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы», ОАО «Российские сети» и Минэнерго России

при принятии обоснованных решений по вопросам разработки планов перспективного развития энергосистем в регионах, повышения качества управления и организации эксплуатации и др.

В [5] отмечается неудовлетворительная реализация принятых документов по надёжности электроснабжения потребителей. Из всех компаний в составе ОАО «Российские сети» достоверные показатели по частоте и длительности отключения потребителей имеются лишь в ОАО «МРСК Центра», где они в 5–10 раз хуже показателей зарубежных компаний. В других компаниях МРСК и ТСО используемые в мировой практике показатели не рассчитываются. «К 2017 году все российские сетевые компании должны обеспечивать сбор данных по надёжности системы и качеству электроснабжения. Для этого в сетевых компаниях необходимо внедрить порядок учёта данных, прежде всего опирающийся на данные средств измерений, а также процедуры выборочного аудита, методы сопоставления с поступающими жалобами потребителей».

В отличие от ранее рассмотренных средних системных оценок надёжности электроснабжения потребителей показателями (1) – (4) конечного потребителя интересуют его индивидуальные показатели надёжности и фактическое их выполнение электроснабжающей организацией.

В качестве таких показателей можно рекомендовать разработанную в [7] табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Обозначение, размерность	Формула
Средняя интенсивность нарушений электроснабжения	$l$ , 1/ед.вр.	$l = 1/T_{\text{ср}}$
Среднее время нормального электроснабжения между случаями нарушений	$T_{\text{раб}}$ , ед.вр.	$T_{\text{раб}} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{\text{раб}i}}{N}$
Среднее время продолжительности нарушения электроснабжения	$T_{\text{в}}$ , ед.вр.	$T_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{\text{в}i}}{N}$
Среднее время цикла $T_{\text{раб}} + T_{\text{в}}$	$T_{\text{ср}}$ , ед.вр.	$T_{\text{ср}} = T_{\text{раб}} + T_{\text{в}}$
Вероятность бесперебойного электроснабжения на интервале времени $t$ , ед.вр.	$P\{k=0\} = P_0$ , отн.ед.	$P_0 = e^{-lt}$
Коэффициент готовности электроснабжения	$K_{\text{г}}$ , отн.ед.	$K_{\text{г}} = T_{\text{раб}} / (T_{\text{раб}} + T_{\text{в}})$

Примечание: ед. вр. – единица времени; отн.ед. – относительная единица;  $N$  – число нарушений.

Приведённые в табл. 2 формулы для вычисления показателей получены на основе положений математической статистики и теории случайных процессов при принятых допущениях о стационарности потока событий и применимости марковских случайных процессов.

Конечному потребителю, исходя из применяемых им технологий производства и электроустановок, следует оценить возможные последствия от внезапного прекращения подачи электроэнергии, причём необходимо установить зависимость тяжести последствий от длительности перерыва в электроснабжении  $t_B$ . Кроме того, важно знать число ожидаемых нарушений электроснабжения (перерывов и ограничений) за год – интенсивность нарушений электроснабжения  $I$ .

Оба названных показателя представляют собой случайные величины, для оценок которых используется их среднее значение ( $I$  и  $T_B$  в табл. 2) и некоторый допустимый разброс от среднего значения:

$$I \pm \Delta I; T_B \pm \Delta T_B. \quad (5)$$

При известных  $I$  и  $T_B$  нетрудно вычислить остальные показатели табл. 2.

При названных допущениях статистические оценки средних значений на ограниченном периоде наблюдения ( $T_{\text{наб}}$ ) вычисляются по формулам:

$$I = N / T_{\text{наб}}; T_B = \frac{\sum_{i=1}^N t_{Bi}}{N}, \quad (6)$$

где  $N$  – число нарушений электроснабжения конечного потребителя на периоде наблюдения;  $t_{Bi}$  – время, затраченное на восстановление электроснабжения после  $i$ -го нарушения.

Для практического использования формул (6) необходимо назначить продолжительность периода наблюдения. С одной стороны, период  $T_{\text{наб}}$  должен обеспечивать репрезентативность выборки, что влечёт за собой увеличение числа лет наблюдения. С другой стороны, при слишком большом периоде наблюдения на  $N$  и  $t_{Bi}$  могут влиять процессы старения элементов электрической сети и другие изменения в структуре энергосистем, непосредственно влияющие на надёжность электроснабжения рассматриваемого конечного потребителя. Исходя из приведенного  $T_{\text{наб}}$  можно ограничить пределами 5–10 лет.

При дальнейшем увеличении времени наблюдения следует использовать адаптивную процедуру, при которой каждый последующий год выборки статистических данных уточняется по принципу скользящего окна (добавляются новые данные, а

старые снимаются), при этом время наблюдения остаётся постоянным.

Для вновь подсоединяемых конечных потребителей следует учитывать показатели-аналоги потребителей, находящихся в данном регионе, и с течением времени подвергать их уточнению.

В условиях рыночных отношений весьма актуальными становятся вопросы о принятии нормативов надёжности электроснабжения конечных потребителей. Действующие до настоящего времени требования, ориентированные на всю территорию страны, не соответствуют этим отношениям. При принятии нормативов следует учитывать большие различия в природно-климатических условиях на территориях, уровнях развития и состояния электрических сетей в регионе, удалённости электроисточников от узлов потребления и в ряде других факторов.

Закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» требует установления сбалансированных отношений между субъектами рынка электроэнергии по вопросу платы за надёжность и полного восполнения убытков из-за ненадёжного электроснабжения.

В настоящее время в этом вопросе доминирует удовлетворение интересов электроснабжающих организаций, что выражается в постоянном совершенствовании системы приборного контроля количества потребляемой энергии и соответствующей оплаты за неё. В то же время у потребителей отсутствует система автоматической регистрации нарушений электроснабжения по времени и отклонений от норм качества поставляемой электроэнергии.

Для сбалансированных отношений поставщик–потребитель электрической энергии необходимо разработать численные границы нескольких интервалов отдельно для показателей  $I$  и  $T_B$  (5) с соответствующими коэффициентами на удорожание (удешевление) платы за электроэнергию по сравнению с принятым базовым значением [7]. Потребителю предоставляется право выбора удовлетворяющего его уровня надёжности отдельно по  $I$  и  $T_B$ , которые должны быть включены в договор на присоединение потребителя к электрической сети и в договор на оказание услуг по передаче электрической энергии. В случае невыполнения условий по вине электрической сети должны быть прописаны существенные экономические штрафные санкции в пользу потребителя.

Выполнение положений Стратегии развития электросетевого комплекса РФ [5] в части повышения надёжности электроснабжения конечных потребителей невозможно без системы учёта повреждений элементов электрической сети и других на-

рушений в функционировании энергосистемы с отражением причин и последствий нарушений. Действующие в настоящее время «Правила расследования причин аварий в электроэнергетике» (утверждены постановлением Правительства РФ от 28.10.09 г. № 846) в большей мере приспособлены к выполнению функций оперативно-диспетчерского управления.

С созданием ОАО «Российские сети» и смещением акцентов на повышение надёжности электроснабжения конечных потребителей должны произойти изменения в существующих положениях и в практике расследования аварий в энергосистемах и повреждений в электрической сети, приводящих к нарушениям электроснабжения, а также в формировании долгосрочной базы данных этих событий. Требуется устанавливать не только причины аварий и повреждений, но и размеры последствий от них.

Вопрос о назначении органа, ответственного за формирование базы данных по повреждаемости (аварийности) в энергосистемах и её анализ, требует обсуждения.

В [5] полагается, что центр сбора данных по аварийности, расчёта и предоставления информации «предпочтительно сформировать на базе Системного оператора ЕЭС, который уже в настоящее время осуществляет сбор и систематизацию информации об авариях (технологических нарушениях) в сетевых компаниях». Если речь идёт о среднесистемных оценках надёжности электроснабжения всей совокупности потребителей, подсоединённых к выделенной электрической сети, с использованием показателей (2) и (3), то с этим можно согласиться, так как балансовая, режимная и отчасти структурная составляющие общей надёжности относятся к сфере ответственности диспетчерского управления.

Для оценок надёжности электроснабжения конечного потребителя, которая во многом определяется эксплуатационной составляющей общей надёжности и относится к сфере ответственности ОАО «Российские сети», требуется другое решение. Однако формирование соответствующего центра в ОАО «Российские сети» может таить в себе опасность влияния корпоративных интересов на достоверность информации и результаты её анализа. Поэтому возможно следует изучить опыт США, где на постоянной основе созданы Североамериканский совет по обеспечению надёжности электроснабжения (NERC) и региональные советы с теми же функциями. Важен заложенный в работу советов организационный принцип – их независимость по отношению к юридическим лицам, надзор за деятельностью которых они осуществляют. Для со-

блюдения этого принципа нормативно закреплён механизм финансирования NERC и региональных советов за счёт увеличения тарифа на передачу электрической энергии. Полагается, что дополнительные затраты потребителей будут невелики по сравнению с ущербом от одного продолжительного прекращения электроснабжения. В работе советов и укрепления институциональной базы управления активную роль играет Министерство энергетики США.

Если создавать подобный орган в России, то эффективность его работы во многом будет зависеть от компетентности и профессионализма сотрудников и, кроме того, от открытости предоставления информации, т.е. отход от принципа конфиденциальности.

Для достижения высокого качества функционирования электрических сетей большое значение имеет грамотный анализ информационных потоков и массивов, характеризующих повреждаемость электросетевых объектов и связанных этим нарушений электроснабжения конечных потребителей. Следует отметить важность обеспечения доступа заинтересованных научных и проектных организаций отрасли к базе данных о повреждаемости в электрических сетях при проектировании, модернизации и реконструкции электроподстанций и линий электропередачи, при обосновании схем выдачи мощности от электростанций и схем внешнего электроснабжения узлов нагрузок и целому ряду других работ. Профессиональный анализ ретроспективы причин и последствий технологических нарушений с перерывами электроснабжения конечных потребителей позволяет выявить слабые места в сети и принять решение по их устранению.

Это же относится к периодически повторяемым работам по схемам развития магистральных, распределительных и местных сетей на перспективу. В настоящее время в программе этих работ отсутствует анализ соблюдения требований качества и надёжности электроснабжения с расчётами показателей надёжности обеспечения электроэнергией конечных потребителей.

Реализация поставленных вопросов по надёжности конечных потребителей на практике осложняется отсутствием соответствующей нормативной, методической и управленческой документации. Для их разработки необходимы усилия учёных и специалистов, в первую очередь прикладной отраслевой науки с участием ведущих институтов. Необходимо расширение исследовательских программ, направленных на изучение инструментов и технологий обеспечения надёжности электроснабжения конечных потребителей.

Следует заметить, что в последнее время в электроэнергетике имеет место ослабление влияния отраслевой науки на решение обозначенных вопросов. Это выражается в снижении востребованности выполнения научных исследований и сокращении без того скудного финансирования на эти цели. В результате в исторически ведущих энергетических организациях наблюдается снижение их научного потенциала и, как следствие, отсутствие научной поддержки при выполнении основных по профилю работ с принятием обоснованных решений.

С созданием ОАО «Российские сети» появляется надежда, что большинство поставленных в Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации задач получат своё решение, необходимое для удовлетворения требований экономического развития страны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Правила** устройств электроустановок, 7-е изд. — М.: Изд-во ЭНАС, 2004.
2. **Паули В.К.** Менеджмент качества и энергетическая безопасность России. — Стандарты и качество, 2007, № 1, с. 62–66.
3. **Надёжность** систем энергетики (Сборник рекомендуемых терминов). — М.: ИАЦ «Энергия», 2007, 192 с.
4. **Лисицын Н.В., Морозов Ф.Я., Окин А.А., Семёнов В.А.** Единая энергосистема России. — М.: Изд-во МЭИ, 1999, 284 с.

5. **Распоряжение** Правительства РФ от 03.04.13 г. № 511-р «Об утверждении Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации».

6. **Папков Б.В.** Краткий словарь современной электроэнергетики. — Нижний Новгород: Государственный технический университет, 2013, 395 с.

7. **Скопинцев В.А.** Качество электроэнергетических систем: надёжность, безопасность, экономичность, живучесть. — М.: Энергоатомиздат, 2009, 332 с.

8. **Биллитон Г., Аллан Р.** Оценка надёжности электроэнергетических систем/Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1998, 288 с.

9. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 31.09.06 г. №530 «Об утверждении Правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики» (с изменениями от 06.07.07г., 29.12.07 г., 28.06.08 г.).

10. **Приказ** Минэнерго России от 29.06.10 г. № 296 «Об утверждении методических указаний по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг для организации по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью и территориальных сетевых организаций».

[18.11.14]

*Автор: Скопинцев Владимир Алексеевич окончил электроэнергетический факультет Московского энергетического института в 1965 г. В 1998 г. защитил докторскую диссертацию по анализу аварийности электроэнергетических систем. Начальник департамента ОАО «Институт «Энергосетьпроект».*

## Securing Reliable Power Supply to End Consumers under the Conditions of Market Economy

V.A. SKOPINTSEV

*One of conditions important for solving the tasks imposed on the JSC Russian Networks electric network complex, which is being established, is to secure the required reliability of supplying power to end consumers. An analysis of the power supply reliability indicators that are presently used in the practice of domestic power systems has shown that all of them characterize the average system estimates for the entire totality of consumers connected to a certain electric network. As regards an individual end consumer, indicators acceptable for practical use have not been adopted as yet. Indicators characterizing the reliability of power supply to an end consumer are substantiated based on the principles of mathematical statistics and theory of random processes, which are recommended for use in contracts for supplying electric energy. In view of this, the regulatory, methodical, and managerial documents on this matter that are currently in force should be revised with due regard of the electric energy market requirements.*

*Key words: electric network complex, end consumer, power supply reliability, reliability indicators, market of electric energy*

#### REFERENCES

1. **Pravila** ustroystv elektroustanovok. 7-ye izdaniye (Rule of electric power plants structure) Moscow. Publ. ENAS, 2004.
2. **Pauli V.K.** Standarty i kachestvo (Standards and Quality), 2007, No 1, pp. 62–66.
3. **Nadezhnost' sistem energetiki (Sbornik rekomenduyemykh terminov)** Reliability of energy systems (Collection of recommended terms). Moscow. IAC «Energiya», 2007, 192 p.

4. **Lisitsin N.V., Morozov F.Ya., Okin A.A., Semenov V.A.** Edinaya energeticheskaya sistema Rossiya (Russian Power Grid). Moscow. Publ. MPEI, 1999, 284 p.

5. **Rasporyazheniye Pravitel'stva RE** ot 03.04.2013 No 511-r (Direction of Russian Federation Government from 03.04.2013 No 511-r).

6. **Papkov B.V.** Kratkii slovar' sovremennoi elektroenergetiki (Short dictionary of modern electrical energetics). Nizhnii Novgorod. Publ. State Technical University, 2013, 395 p.

7. **Skopintsev V.A.** *Kachestvo elektroenergeticheskikh system: nadezhnost', bezopasnost' ekonomichnost' shivuchest'* (Quality of electric power systems: reliability, security, efficiency, survivability). Moscow. Publ. «Energoatomizdat», 2009, 332 p.

8. **Billington G., Allan R.** *Otsenka nadezhnosti elektroenergeticheskikh system/Perevod s angl.* (Assessment of the reliability English). Moscow. Publ. «Energoatomizdat», 1998, 228 p.

9. **Postanovleniye Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 31.09.06 № 530** (Resolution of the Government of the Russian Federation 530 on 31.09.06).

10. **Prikaz Minenergo Rossii ot 29.06.10 № 296** (Order of the Ministry of Energy of Russia 29.06.10) № 296).

*Author: Skopintsev Vladimir Alekseyevich graduated from the Electric Power Department of the Moscow Power Institute in 1965. In 1998 he received the degree of Doctor Techn. Sci. Ye is Hed of the Department of the JSC «Institute» Energoset'proekt».*