

* * *

Общий подход к решению проблемы обеспечения надежности электроснабжения потребителей

ШАРЫГИН М.В.

Рассмотрена проблема надежности электроснабжения потребителей, которая имеет сложные организационно-экономические причины. Анализ современной ситуации и истории проблемы показывает необходимость отказа от чистого нормативно-административного подхода в области регулирования отношений по надежности и перехода к экономически взаимовыгодным отношениям энергокомпаний и потребителей, на что прямо указывает закон «Об электроэнергетике». Предложен новый концептуальный подход к решению проблемы надежности электроснабжения, заключающийся в комплексном внедрении двух систем: договорной системы взаимоотношений по надежности между субъектами электроэнергетики и потребителями, позволяющей найти: оптимальные уровни надежности, источники финансирования мероприятий по ее обеспечению, определить четкие правила распределения ответственности за нарушения электроснабжения; организационной системы обеспечения надежности и в сети отдельного субъекта электроэнергетики или потребителя, которая позволяет определять, планировать и эффективно реализовать группу мероприятий по управлению надежностью для обеспечения необходимого ее уровня в точках сети субъекта.

Ключевые слова: электроснабжение, надежность, потребители, управление, оптимизация

Проблема надежности электроснабжения имеет сложные организационно-экономические причины. В основе ее лежит оптимизационная задача минимизации суммарных затрат потребителей, обусловленная двумя объективными закономерностями:

отказы сопровождаются возникновением ущерба у потребителей электроэнергии;

увеличение надежности электроснабжения требует от потребителей существенных материальных затрат.

Эти закономерности имеют следующие особенности:

увеличивая надежность, потребитель никогда не сможет полностью защититься от отказов в питающей и распределительной сети, а лишь может уменьшить их частоту и продолжительность;

техническая политика в области электроэнергетики исторически обусловила почти полное отсутствие собственных источников у потребителей, и поэтому уровень надежности потребителей в боль-

шой степени зависит от субъектов электроэнергетики (энергокомпаний), снабжающих потребителя электроэнергией и смежными услугами. При этом:

потребители почти не имеют возможности ни влиять на решения по надежности, принимаемые в энергокомпаниях, ни претендовать на возмещение ущерба (только в судебном порядке);

энергокомпании не заинтересованы в увеличении надежности электроснабжения своих потребителей, поскольку, во-первых, от энергокомпаний требуются материальные затраты, во-вторых, они практически не несут ответственности за последствия, возникающие у потребителей из-за отказов по вине энергокомпаний; в-третьих, нет четкого механизма финансирования потребителями работы энергокомпаний по управлению надежностью, а значит затраты энергокомпаний не будут возмещены.

Проблема обеспечения надежности электроснабжения потребителей всегда стояла достаточно остро, однако при смене плановой экономической системы на рыночную ее острота значительно уси-

лилась вследствие увеличения рисков чрезмерных убытков из-за отказов электроснабжения для отдельных экономических субъектов. Попытки решения проблемы пока остаются малоуспешными по ряду причин:

противоречивость интересов потребителей электроэнергии и энергокомпаний: потребителям необходимо иметь высокую надежность электроснабжения за минимальную цену, а энергокомпании стремятся максимально сократить свои затраты на надежность;

реформирование электроэнергетической отрасли и разделение ее на множество разнопрофильных субъектов, каждый из которых влияет на уровень надежности электроснабжения потребителей, из-за чего сложно согласовать интересы множеств энергокомпаний, т.е. разделить ответственность за отказы электроснабжения и найти справедливую долю конкретной энергокомпании в «цене» надежности, сообразную вкладу в результирующий уровень надежности электроснабжения;

большое разнообразие производств потребителей, неопределенность их требований к уровням надежности;

отсутствие методов планирования и координации мероприятий по управлению надежностью.

Решением проблемы обеспечения надежности электроснабжения потребителей является нахождение и реализация параметров электроснабжения, способствующих стабильной и взаимовыгодной работе как потребителей, так и энергокомпаний, обеспечивающих их электроснабжение.

Анализ современной ситуации и истории проблемы надежности электроснабжения показывает необходимость:

отказа от чистого нормативно-административного подхода в области регулирования отношений по надежности;

системного рассмотрения взаимоотношений энергокомпаний и потребителей с обязательным переходом к экономическим основам регулирования надежности.

На это прямо указывает и требует закон «Об электроэнергетике», однако в силу сложности задачи она пока не имеет четкого практического решения.

Предлагаемый концептуальный подход к решению проблемы. Необходимость перехода к экономическим основам регулирования надежности обуславливает выделение двух основных аспектов решения проблемы обеспечения надежности электроснабжения — технологического и организационно-мотивационного.

Организационно-мотивационный аспект заключается в создании условий для регулярной, эффективной и взаимовыгодной деятельности субъектов

электроэнергетики по управлению уровнем надежности, созданию мотиваций субъектов к управлению уровнем надежности. Он позволяет ответить на вопрос: как организовать выявление оптимальных уровней надежности и регулярное внедрение эффективных мероприятий по управлению надежностью.

Технологический аспект заключается в разработке технологий, методик повышения надежности по выбранным критериям. Он позволяет ответить на вопрос: за счёт каких технических средств, каким образом и насколько можно повысить надежность.

Решение проблемы надежности необходимо начинать с организационно-мотивационного аспекта. Его успешное решение значительно увеличит выгоду мероприятий по управлению уровнем надежности и вызовет всплеск интереса к проблеме надежности, что позволит резко упростить решение технологического аспекта проблемы.

Представление решения проблемы надежности в двух аспектах диктует необходимость создания двух систем.

Первая система необходима для реализации организационно-мотивационного аспекта решения проблемы: *система организации взаимоотношений между субъектами электроэнергетики по надежности* (см. рисунок). Такая система обеспечивает создание стабильных и взаимовыгодных отношений по надежности *между* различными субъектами и решает следующие задачи:

выявление взаимовыгодных уровней надежности, их цены и источника финансирования (субъектов — заказчиков надежности);

регулирование и задание параметров по надежности между смежными субъектами электроэнергетики и потребителями;

трансляция требований к надежности от субъекта к субъекту;

распределение средств между субъектами пропорционально их вкладу в надежность субъектов - заказчиков надежности.

Разные варианты реализации этой системы предлагаются в [1–5].

Вторая система необходима для реализации технологического аспекта решения проблемы надежности: *организационной системой обеспечения надежности в точках сети отдельного субъекта электроэнергетики* (см. рисунок). Ее основные элементы предложены в [6]. Эта система обеспечит учет индивидуальных особенностей энергохозяйства каждого субъекта, создания связи между абстрактными требованиями по надежности и конкретными мероприятиями — действиями персонала энергослужбы. Задачей системы является регулирование деятельности энергослужбы *внутри одного*



субъекта и обеспечение заданных уровней надежности (с помощью первой системы) за счет внедрения определенных мероприятий по управлению надежностью.

Одновременное комплексное внедрение указанных систем позволит на практике подойти к относительно простым, конкретным, численно выражаемым решениям проблемы надежности электроснабжения, максимально удовлетворяющим интересы всех субъектов электроэнергетики.

Система взаимоотношений между субъектами электроэнергетики по надежности [4, 5]. Обзор и анализ различных вариантов систем взаимоотношений дан в [7].

Система [4, 5] позволяет согласовать интересы потребителей и энергокомпаний по надежности на рыночных принципах, создать положительные мотивации энергокомпаний и потребителей к управлению уровнем надежности электроснабжения. За счет этой системы действия всех энергокомпаний упорядочиваются, согласовываются как между собой, так и с потребителями и направлены на достижение основной цели электроэнергетики – обеспечение надежного электроснабжения конечных потребителей. При этом каждая конкретная энергокомпания будет обеспечивать свой вклад в результирующую надежность электроснабжения каждого отдельного потребителя. В результате достигается близкое к оптимальному соотношение затрат потребителей и полученного уровня надежности их электроснабжения.

В предложенной системе взаимоотношений плата за обеспечение надежности проводится потребителями. Если некоторый потребитель действительно заинтересован в повышенном уровне надежности и готов понести затраты в виде платы за надежность, размер которой определяет он сам, то энергокомпаниям становится выгодно увеличение надежности его электроснабжения, поскольку они будут нести материальную ответственность за отказы, пропорциональную плате потребителя за надежность. При этом:

система взаимоотношений обеспечивает максимально возможную эффективность расходования средств на надежность, полученных от потребителя [4];

потребителю становится выгодно выявить свои реально существующие требования к надежности электроснабжения, чтобы сократить свои затраты на надежность. Требования представляются в виде эквивалентов потребителей электроэнергии по последствиям отказов электроснабжения [8];

система позволяет справедливо распределить средства, полученные от потребителей между различными энергокомпаниями, влияющими на надежность потребителей [5].

Система взаимоотношений реализуется в виде дополнительного добровольно заключаемого (для потребителя) двухстороннего договора между конкретным потребителем и энергокомпанией, от которой зависит надежность его электроснабжения, например, с сетевой организацией. Правила и по-

рядок заключения такого договора по обеспечению надежности приведен в [5].

Внедрение в практику предложенных взаимоотношений по надежности не противоречит существующим отношениям субъектов электроэнергетики, поскольку условия по надежности практически отсутствуют в современных договорах. Сейчас тарифные системы включают в себя плату за топливо и за содержание передающей мощности сетей. Это соответствует реальным укрупненным статьям затрат энергокомпаний:

$$Z_{\text{ЭК}} = Z_{\text{ТОП}} + Z_{\text{СОД}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{ТОП}}$ — затраты на топливо; $Z_{\text{СОД}}$ — затраты по содержанию энергооборудования (плата за мощность).

Вторая составляющая затрат в (1) подразумевает формирование требований к надежности работы сетей и влиянию их на электроснабжение потребителей. Однако эти требования пока не имеют четкой формулировки, обладая только рекомендательным или справочным характером. Наличие ставки тарифа за мощность не указывает на то, что энергокомпании должны поддерживать максимально высокий уровень надежности. Ставка за мощность покрывает затраты энергокомпаний на обеспечение лишь некоторого среднего уровня надежности, запланированного при проектировании энергообъектов. При необходимости увеличения надежности до необходимого потребителям уровня энергокомпании должны понести дополнительные затраты на управление надежностью $Z_{\text{НАД}}$. Эти затраты не заложены в действующие тарифы. Они должны быть третьим слагаемым в правой части (1), и их значение может быть многократно больше существующей платы потребителей. Дополнительный договор по обеспечению надежности [5] и должен будет оговаривать значение $Z_{\text{НАД}}$ и условия обеспечения надежности.

Возможность и базовые условия заключения договора по обеспечению надежности между субъектами электроэнергетики и потребителями необходимо внести в отраслевое законодательство.

В дальнейшем возможны более радикальные смысловые изменения нормативно-правовой базы — ставка за мощность должна изменить свое название и значение и стать ставкой за обеспечение надежности $Z_{\text{НАД}}$, что повлечет изменения в структуре и расчете тарифов:

$$Z_{\text{ЭК}} = Z_{\text{ТОП}} + Z_{\text{НАД}},$$

где $Z_{\text{НАД}} = Z_{\text{СОД}} + Z_{\text{НАД}}$.

Таким образом, система взаимоотношений (см. рисунок) позволит решить следующие практические задачи обеспечения надежности: определить

уровни надежности, которые необходимы потребителю; найти «цену» надежности и источники финансирования мероприятий по обеспечению надежности; определить правила распределения ответственности за нарушения электроснабжения.

После этого необходимо решить следующую задачу — каждому субъекту электроэнергетики найти, запланировать и реализовать группу мероприятий для обеспечения необходимого уровня надежности. Максимально эффективно это можно сделать с помощью *организационной системы обеспечения надежности в сети отдельного субъекта электроэнергетики* [6, 9].

Данная система организует работу персонала по обеспечению надежности при эксплуатации и развитии электрохозяйства каждого субъекта электроэнергетики на основе системного подхода [6, 9]. Работа организуется на единой методической основе с учетом всего необходимого множества влияющих факторов.

Организационная система является «платформой», на которой возможна разработка, организация внедрения и координация любых действий и мероприятий по обеспечению надежности электроснабжения (традиционных и новых), а также их анализ и контроль. Система позволяет создание единого отраслевого банка мероприятий по управлению надежностью. Конфигураций организации банка мероприятий может быть достаточно много. В простейшем случае каждое предприятие имеет свой банк мероприятий независимо от других. Энергослужба предприятия разрабатывает мероприятия, обслуживает банк и использует свои шаблоны мероприятий.

Более сложная конфигурация банка мероприятий:

существует предприятие — владелец банка, который обслуживает его;

мероприятия разрабатываются независимо на каждом предприятии;

предприятия продают и покупают шаблоны мероприятий у владельца банка.

Вопрос ответственности за предложенные технические решения может меняться в зависимости от варианта организации банка мероприятий.

Разработанная система внедряется в форме программ (алгоритмов), нормативных и руководящих документов. Эффект от её внедрения определяется [6, 9]:

качественным расширением круга решаемых задач в области надежности и увеличения чувствительности к понижениям уровня надежности (как фактическому, так и прогнозируемому);

уменьшением стоимости обеспечения надежности, в т.ч. трудоемкости задач по обеспечению надежности;

ускорением реакции персонала при обеспечении надежности.

Ответственные лица энергослужбы потребителя получают возможность масштабного и всестороннего контроля за состоянием своего энергохозяйства, за уровнем надежности электроснабжения (как ретроспективным, так и перспективным), даже если энергохозяйство эксплуатируется сторонней компанией.

Выводы. 1. Решение проблемы надежности электроснабжения возможно при комплексном внедрении:

договорной системы взаимоотношений по надежности между субъектами электроэнергетики и потребителями, позволяющей найти оптимальные уровни надежности, источники финансирования мероприятий по ее обеспечению, найти правила распределения ответственности за нарушения электроснабжения;

организационной системы обеспечения надежности в сети отдельного субъекта электроэнергетики или потребителя, позволяющей определять, планировать и эффективно реализовать группу мероприятий по управлению надежностью, чтобы обеспечить необходимый ее уровень в точках сети субъекта.

2. Необходима корректировка отраслевого законодательства в части возможности заключения дополнительного договора по обеспечению надежности между субъектами электроэнергетики и потребителями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китушин В.Г. Проблема надежности электроснабжения: анализ причин и подход к решению. — Энерго Рынок, 2005, № 9, с. 29–41.
2. Кучеров Ю.Н., Китушин В.Г. Реформирование и надежность электроснабжения. — Энерго Рынок, 2005, № 1, с. 40–47.

3. Фраер И.В., Эдельман В.И. Формирование и пути внедрения дифференцированного по надежности тарифа на услуги по передаче электроэнергии в ЕНЭС. — Энергетик, 2009, № 9, с. 1–6.

4. Папков Б.В., Шарыгин М.В. Подход к построению взаимоотношений субъектов электроэнергетики для управления надежностью электроснабжения. — Энергетик, 2012, № 4, с. 12–14.

5. Папков, Б.В., Шарыгин М.В. Организация договорных отношений для управления надежностью электроснабжения потребителей. — Энергетическая политика, 2013, № 3, с.

6. Папков, Б.В., Татаров Е.И., Шарыгин М.В. Организационная система обеспечения надежности электроснабжения потребителей. — Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 64. Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы. — ИСЭМ СО РАН, 2014, с. 326–336.

7. Папков, Б.В., Шарыгин М.В. Анализ систем взаимоотношений субъектов электроэнергетики с целью управления уровнем надежности. — Труды Нижегородского государственного технического университета им. П. Е. Алексеева, 2011, № 4 (91), с. 211–218.

8. Папков Б.В., Шарыгин М.В. Эквиваленты потребителей электроэнергии по последствиям отказов электроснабжения. — Проблемы энергетики, 2013, № 7–8, с. 27–35.

9. Папков Б.В., Шарыгин М.В. Требования к системе обеспечения надежности электроснабжения. — Надежность и безопасность энергетики, 2014, № 1(24), с. 53–55.

[15.09.14]

Автор: Шарыгин Михаил Валерьевич окончил факультет автоматизации и электромеханики Нижегородского государственного технического университета (НГТУ) в 2002 г. В 2005 г. защитил кандидатскую диссертацию «Разработка и совершенствование методов управления нагрузкой для ликвидации аварийных ситуаций в электроэнергетической системе» в НГТУ. Доцент кафедры энергетики, электроснабжения и силовой электроники НГТУ.

Elektrichestvo (Electricity), 2015, No. 2, pp. 12–17.

A Conceptual Approach to Solving the Problem of Ensuring Reliable Power Supply to Consumers

M.V. SHARYGIN

The article considers the problem of ensuring reliable supply of electric power to consumers, which has a complex organization and economic background. An analysis of the present-day situation with and the history of the problem shows the need of doing away with using the purely regulatory-administrative approach in the field of regulating the reliability matters and shifting to mutually profitable relations between power companies and consumers, which is directly pointed out in the law «About the Electric Power Industry». A new conceptual approach to solving the electric power supply reliability problem is proposed, according to which the following two systems should be put in use: (i) a contractual system of mutual relations on reliability between the electric power system entities and consumers, the use of which allows the following to be found and determined: the optimal reliability levels, the sources from which

financial support is provided for measures on ensuring the required reliability, and clear-cut rules for distributing the responsibility for interruption of power supply; and (ii) an organizational system for ensuring reliable power supply from the network of an individual electric power system entity or consumer, the use of which makes it possible to determine, plan, and efficiently implement a group of measures for control of reliability for ensuring its necessary level at the points of entity's network.

Key words: electric power supply, reliability, consumers, control, optimization

REFERENCES

1. **Kitushin V.G.** *Energo Rynok (Energy Market)*, 2005, No. 9, pp. 29–41.
2. **Kucherov Yu.N.** *Energo Rynok (Energy Market)*, 2005, No. 1, pp. 40–47.
3. **Frayer I.V., Edel'man V.I.** *Energetik (Power Engineering Specialist)*, 2009, No. 9, pp. 1–6.
4. **Papkov B.V., Sharygin M.V.** *Energetik (Power Engineering Specialist)*, 2012, No. 4, pp. 12–14.
5. **Papkov B.V., Sharygin M.V.** *Energeticheskaya politika (Power Engineering Politics)*, 2013, No. 3, pp.
6. **Papkov B.V., Tatarov E.I., Sharygin M.V.** *Methodicheskiye voprosy issledovaniya nadezhnosti bol'shikh system energetiki. Vyp. 64.*

Nadezhnost' system energetiki: dostizheniya, problem, perspektivy (Methodical Problems of Studying the Reliability of Large Energy Systems. Iss. 64. Reliability of Energy Systems: Achievements, Problems and Prospects). L.A. Melent'yev Institute of Power Systems, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 2014, pp. 326–336.

7. **Papkov B.V., Sharygin M.V.** *Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Proc. Nizhnii Novgorod State Technical University)*, 2011, No. 4(91), pp. 211–218.

8. **Papkov B.V., Sharygin M.V.** *Problemy energetiki (Power Engineering Problems)*, 2013, No. 7–8, pp. 27–25.

9. **Papkov B.V., Sharygin M.V.** *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki (Reliability and Safety of Power Engineering)*, 2014, No. 1(24), pp. 53–55.

Author: Sharygin Mikhail Valer'yevich (Nizhnii Novgorod, Russia) – Cand. Techn. Sci., Associate Professor at the Nizhnii Novgorod State Technical University.

