

Научная статья

УДК 621.316

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-2-10-20

Беляевский Роман Владимирович, Овчинников Александр Геннадьевич

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

* для корреспонденции: ovag@yandex.ru

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С АКТИВНО-АДАПТИВНОЙ СЕТЬЮ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**Информация о статье**

Поступила:

30 января 2026 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 марта 2026 г.

Принята к печати:

15 апреля 2026 г.

Опубликована:

04 июня 2026 г.

Ключевые слова:

Smart Grid, интеллектуальная электроэнергетическая система, активно-адаптивная сеть, ценообразование в электроэнергетике, тариф на передачу электрической энергии, энергосбережение, передача электрической энергии, загрузка подстанций

Аннотация.

В результате реформы электроэнергетики в Российской Федерации появилось несколько отдельных направлений, необходимых для оказания качественного и бесперебойного электроснабжения потребителей. Серьезными вызовами, стоящими в настоящее время перед электроэнергетикой, являются необходимость модернизации и обновления основных фондов в части замены физически и морально устаревшего оборудования, а также внедрение новых технологий, оборудования, информационно-диагностических систем и систем учета и управления. Для решения поставленных задач необходимо планомерное внедрение новых технологий, оборудования, информационно-диагностических систем и систем учета и управления, которые позволят приблизиться к концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (Smart Grid).

В статье рассмотрены различные виды деятельности, осуществляемые в процессе электроснабжения потребителей, в частности, передача электрической энергии как полностью регулируемый государством вид деятельности, особенности ценообразования которого необходимо учитывать при проведении технических мероприятий, в том числе энергосберегающих. В связи с тем, что проведение энергосберегающих мероприятий приводит к снижению объема потребляемой электрической энергии отдельными потребителями, введено понятие «иллюзия уменьшения платы». Приводится обоснование необходимости снижения затрат электросетевых организаций в разрезе проведения энергосберегающих мероприятий. Отмечены особенности работы электросетевых организаций Кемеровской области – Кузбасса в части роста их расходов на фоне снижения полезного отпуска. Разработку концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью в регионе предлагается начинать с определения текущего состояния энергосистемы, проведения анализа физических показателей работы трансформаторных подстанций для формирования предпосылок для разработки концепции с учетом оптимальных параметров долгосрочного планирования их работы.

Для цитирования: Беляевский Р.В., Овчинников А.Г. Разработка концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью с учетом особенностей ценообразования и энергосбережения // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 2 (184). С. 10-20. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-2-10-20, EDN: RHNPMN

Введение

Электроэнергетика – отрасль экономики Российской Федерации, включающая в себя комплекс экономических отношений, возникающих в процессе производства (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии), передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, сбыта и потребления электри-

ческой энергии с использованием производственных и иных имущественных объектов (в том числе входящих в Единую энергетическую систему России), принадлежащих на праве собственности или на ином предусмотренном федеральными законами основании субъектам электроэнергетики или иным лицам. Электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения [1].

Указом Президента Российской Федерации от 15.08.1992 № 923 «Об организации управления электроэнергетическим комплексом Российской Федерации в условиях приватизации» на базе энергосистемы России была создана новая организация, ответственная за всю электроэнергетическую систему страны – Российское акционерное общество «Единая электроэнергетическая система России» (РАО «ЕЭС России»). В ее состав помимо объектов генерации и электросетевых активов вошли также проектные и строительные организации, научно-исследовательские институты, центральное диспетчерское управление также стало дочерним акционерным обществом РАО «ЕЭС России».

В начале XXI века в Российской Федерации была начата масштабная реформа, затронувшая всю сферу электроэнергетики страны [2].

Начало реформе положили Постановление Правительства РФ от 11.07.2001 № 526 «О реформировании электроэнергетики РФ» и распоряжение от 03.08.2001 № 1040-р, которые утвердили план реструктуризации электроэнергетики.

Основными задачами реформы являлись:

- разделение отрасли на естественно-монопольные (передача и распределение электроэнергии, диспетчеризация) и конкурентные (производство электроэнергии, сбыт) виды деятельности;
- внедрение системы рыночных отношений в конкурентных видах деятельности;
- обеспечение недискриминационного доступа к услугам естественных монополий;
- эффективное государственное регулирование естественных монополий, создающее стимулы к снижению издержек и обеспечивающее инвестиционную привлекательность естественных монополий [3].

В результате реформы в Российской Федерации появилось несколько отдельных направлений, необходимых для оказания качественного и бесперебойного электроснабжения потребителей, основными из которых являются генерация электроэнергии на станциях, передача электроэнергии по сетям и сбыт (продажа) электроэнергии конечным потребителям.

Деятельность по этим направлениям стали осуществлять отдельные организации, юридически самостоятельные, но связанные друг с другом технико-экономическими связями.

В дальнейшем стало очевидно, что бесконтрольное появление многочисленных новых организаций влечет за собой снижение надежности электроснабжения потребителей, а также увеличение издержек. Особенно это характерно для вида деятельности по передаче электрической энергии [4].

В Кемеровской области – Кузбассе после 2010 года появилось более 50 электросетевых организаций, многие из которых имели у себя на балансе несколько трансформаторных подстанций 6 кВ и менее 10 км линий электропередач. При этом укомплектованность персонала, наличие необходимой техники и инструментов у этих организаций были под большим вопросом. Качество обслужива-

ния сетей и надежность электроснабжения потребителей в таких обстоятельствах обеспечить невозможно [5].

Аналогичная ситуация наблюдалась по всей стране.

Государству стало очевидно, что появилась острая необходимость в укрупнении электросетевых организаций.

Постановление Правительства РФ от 28.02.2015 № 184 «Об отнесении владельцев объектов электросетевого хозяйства к территориальным сетевым организациям» утвердило критерии, ограничивающие доступ на рынок электрической энергии для несоответствующих им организаций.

Кроме того, Федеральным законом от 13.07.2024 № 185-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» введено новое понятие «системообразующая территориальная сетевая организация (СТСО)» – это территориальная сетевая организация, определенная решением высшего должностного лица субъекта Российской Федерации в соответствии с критериями отнесения территориальных сетевых организаций к системообразующим территориальным сетевым организациям и порядком определения системообразующих территориальных сетевых организаций, установленными Правительством Российской Федерации, функционирующая в границах субъекта Российской Федерации, обеспечивающая надежное функционирование объектов электросетевого хозяйства, расположенных в субъекте Российской Федерации, в порядке и способами, которые указаны в настоящем Федеральном законе.

Таким образом, законодательно создан единый центр ответственности в регионе, который осуществляет функцию «одного окна» для потребителей услуг по передаче электроэнергии и энергосбытовых организаций. Статус СТСО присваивается крупнейшей территориальной электросетевой организации в регионе на основании критериев, утвержденных Правительством РФ. Оценку соответствия критериям проводят региональные органы исполнительной власти в области государственного регулирования тарифов.

В итоге по состоянию на 2025 год в электроэнергетике Кемеровской области – Кузбасса осуществляют деятельность:

1. Генерация (конкурентный вид деятельности) – 11 организаций.
2. Передача (монопольный вид деятельности) – 12 организаций.
3. Сбыт (конкурентный вид деятельности) – 25 организаций.

Несмотря на проведенную реформу, энергосистема России и Кузбасса в частности сохранила свою единую организационно-техническую структуру, основанную на иерархическом принципе, что обеспечивает непрерывное взаимодействие всех элементов системы с целью надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей, а также

своевременное реагирование на возможные отклонения от нормального режима работы.

Однако серьезными вызовами, стоящими в настоящее время перед электроэнергетикой, являются необходимость модернизации и обновления основных фондов в части замены физически и морально устаревшего оборудования, а также внедрение новых технологий, оборудования, информационно-диагностических систем и систем учета и управления.

Результаты исследования

Динамика износа основных фондов предприятий отрасли производства и распределения электроэнергии в целом по России и по Кемеровской области – Кузбассу за период с 2004 по 2023 годы по данным государственной статистики представлена на Рис. 1 [6, 7].

Исходя из гистограммы, видно, что за последние 20 лет произошло некоторое улучшение состояния электросетевого оборудования Российской Федерации и Кемеровской области – Кузбасса. Это говорит о том, что как минимум частично реформа электроэнергетики своих целей достигла. Однако до сих пор почти половина электроэнергетического оборудования страны изношена и требует немедленной замены и модернизации. Также очевидно, что в Кемеровской области – Кузбассе указанные мероприятия необходимо проводить опережающими темпами.

При этом по данным ПАО «Россети» на сегодняшний день износ оборудования компании по России составляет 70%. С учетом того, что износ в целом по электроэнергетической отрасли ниже (см. данные гистограммы), можно отметить неравномерность износа у генерирующих и электросетевых организаций [8].

В Энергетической стратегии Российской Феде-

рации на период до 2050 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 12.04.2025 № 908-р, определено, что ключевым направлением развития электроэнергетики будет развитие энергосистемы для обеспечения опережающего покрытия темпов роста спроса на электроэнергию с учетом трансформации экономики и промышленности России, а также модернизация и внедрение современных технологий, обеспечение надежности энергоснабжения потребителей, в том числе в целях повышения экологической и экономической эффективности [9].

Для решения поставленных задач необходимо планомерное внедрение новых технологий, оборудования, информационно-диагностических систем и систем учета и управления, которые позволят приблизиться к созданию концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (Smart Grid) как интеллектуальной сети, сочетающей в себе комплексные инструменты контроля и мониторинга, информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие высокую производительность электросети и позволяющие сбытовым компаниям предоставлять населению услуги по электроснабжению высокого качества.

Таким образом, проведение анализа текущего состояния энергосистемы невозможно отделить от необходимости определения предпосылок для разработки концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью.

Smart Grid – термин, обозначающий интеллектуальную сеть на основе цифровых технологий. Эта система позволяет осуществлять мониторинг, анализ, контроль и коммуникацию в цепи поставок, направленные на повышение эффективности и снижение потребления энергии, а также максими-

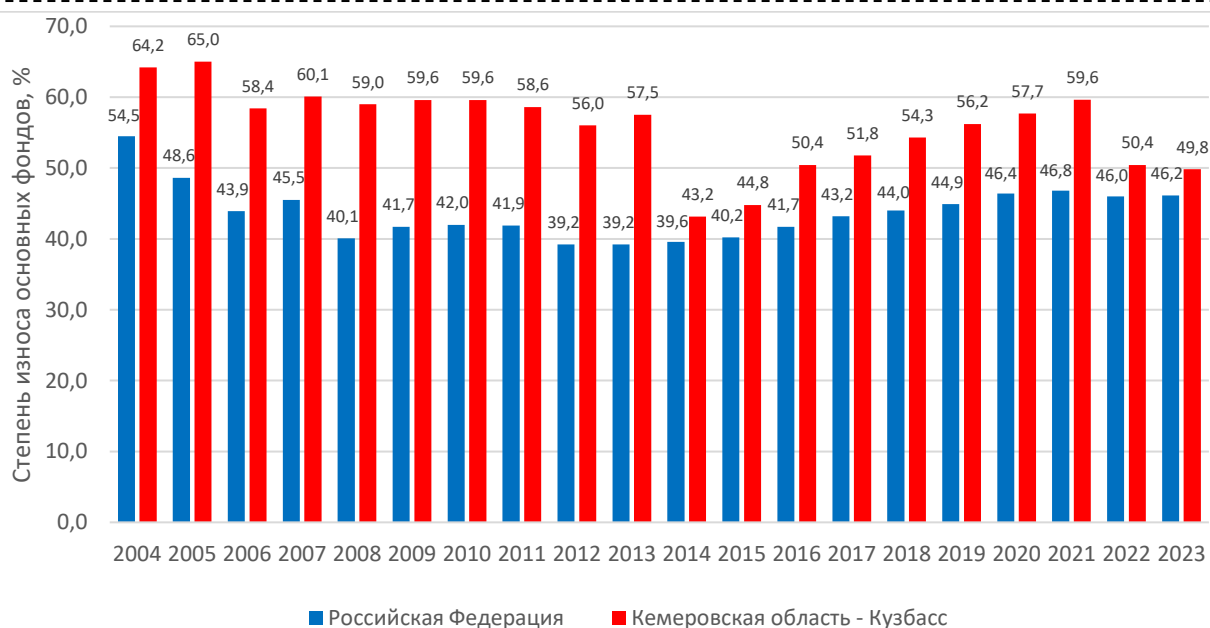


Рис. 1. Динамика износа основных фондов предприятий отрасли производства и распределения электроэнергии [6, 7]

Fig. 1. Dynamics of depreciation of fixed assets of enterprises in the electricity production and distribution sector [6, 7]

зировать прозрачность и надежность поставок электроэнергии.

Концепция «интеллектуальной» сети была введена с целью преодоления недостатков традиционных электрических сетей за счет использования современных приборов контроля и учета. Первое упоминание термина «Smart Grid» можно найти в работе Майкла Берра 2003 года «Технологический коридор. Требования надежности будут стимулировать инвестиции в автоматизацию» [10]. Майкл Берр выделил преимущественные эффекты развития Smart Grid, такие как совмещение энергосистемы с системами коммуникаций для формирования комплексной информационно-взаимной системы в online-формате, создание широкого спектра преобразований в системе учета, оптимизация ресурсного сектора, экономический и качественный рост эффективности энергопотребления [11].

Ведущая роль при модернизации электроэнергетики отводится электрической сети как структуре, обеспечивающей надежные связи генерации и потребителя. Новейшие технологии, применяемые в сетях, обеспечивающие адаптацию характеристик оборудования к режимной ситуации, активное взаимодействие с генерацией и потребителями, позволяют создать эффективно функционирующую систему, в которую встраиваются современные информационно-диагностические системы, системы автоматизации управления всеми элементами, включенными в процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

В целом речь идет о разработке концепции так называемой интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью, под которой понимается система, в которой все субъекты электроэнергетического рынка (генерация, сеть, потребители) принимают активное участие в процессах передачи и распределения электроэнергии.

Ключевые факторы, определяющие структуру интеллектуальной сети, включают в себя:

1. Интеграцию возобновляемых источников энергии: внедрение солнечной, ветровой и других возобновляемых источников энергии.

2. Улучшение инфраструктуры связи: развитие обмена данными в реальном времени с использованием современных датчиков, измерительных приборов и системы управления.

3. Решения по хранению энергии: использование батарей и подобных технологий для балансирования спроса и предложения.

4. Развитие распределенной генерации: использование источников малой генерации, солнечных панелей и микросетей.

5. Стратегии реагирования на спрос: внедрение систем, которые регулируют потребление энергии на основе данных о текущих потребностях сети.

6. Интеллектуальный учет: обеспечение точного мониторинга и управления потреблением электроэнергии.

7. Внедрение автоматических систем управления и контроля: использование современных систем обнаружения неисправностей, самодиагности-

ки и возможности самовосстановления и оптимизации.

8. Протоколы кибербезопасности: обеспечение защиты сети от цифровых угроз.

9. Соблюдение нормативных требований: соблюдение политик и стандартов в части оптимальной работы сети.

10. Участие потребителей: предоставление инструментов и стимулов для активного участия потребителей в управлении энергопотреблением [12].

В Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года цифровая трансформация топливно-энергетического комплекса выделена в отдельный раздел, что подчеркивает значимость этого направления для государства. Сетевые технологии в электроэнергетике, в том числе активно-адаптивные сети, относятся к технологиям, применение которых может повлечь за собой организационные и технологические изменения в управлении и функционировании электроэнергетических систем и способствовать переходу энергетики на новый технологический базис (так называемый «энергетический переход») [9].

В составе интеллектуальной электроэнергетической системы электрическая сеть из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии превращается в активный элемент, параметры и характеристики которого изменяются в зависимости от режимов работы энергосистемы.

Для реализации этой функции сети должны оснащаться современными быстродействующими устройствами силовой электроники, системами, обеспечивающими получение информации о режимах работы сети и состоянии оборудования. В сетях и у потребителя должны быть установлены накопители (аккумуляторы) электрической энергии, при этом потребители становятся активными участниками процесса распределения и потребления электроэнергии.

Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью оснащается современными системами автоматизации управления нормальными и аварийными режимами работы с использованием мощных компьютерных средств и единой сети связи для управления и оценки состояния режимов ее работы [13].

Все указанные мероприятия требуют значительных финансовых затрат предприятий электроэнергетической отрасли.

При этом внедрение интеллектуальной сети призвано изменить отношение потребителей к затратам на электроэнергию, обеспечить менее высокие тарифы за надежное электрическое обслуживание [14].

На основании сказанного финансовую составляющую, в частности особенности формирования тарифов, необходимо учитывать при определении предпосылок для разработки концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью.

Финансирование своей деятельности каждая организация электроэнергетики в конечном счете получает от потребителей электрической энергии.

Сбытовые организации рассчитывают стоимость электрической энергии (мощности) по договору энергоснабжения с учетом особенностей, предусмотренных «Основными положениями функционирования розничных рынков электрической энергии», утвержденными постановлением Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 [15].

Стоимость электрической энергии (мощности) включает следующие составляющие:

- стоимость объема покупки электрической энергии (мощности);
- стоимость услуг по передаче электроэнергии;
- сбытовая составляющая;
- стоимость иных услуг, оказание которых является неотъемлемой частью процесса поставки э/э потребителю.

Стоимость объема покупки электрической энергии (мощности) формируется исходя из фактического объема электропотребления и нерегулируемых цен на электрическую энергию и мощность, которые складываются на оптовом рынке. Для потребителей, рассчитывающихся по 2–6 ценовым категориям, нерегулируемая цена (дифференцированная по зонам суток/часам расчетного периода) рассчитывается коммерческим оператором оптового рынка АО «АТС» по итогам каждого расчетного периода и публикуется на официальном сайте. Для 1 ценовой категории расчет средневзвешенной нерегулируемой цены электрической энергии (мощности) производится сбытовой организацией. За счет этой составляющей получают финансирование генерирующие компании.

Стоимость услуг по передаче электрической энергии по электрическим сетям, оказываемых сетевыми компаниями, рассчитывается исходя из объемов потребления электроэнергии (мощности) и тарифов на передачу электроэнергии. Для потребителей, энергопринимающие устройства которых подключены к сетям региональных сетевых компаний, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации устанавливаются единые котловые тарифы (в двухставочном и одноставочном выражении), которые публикуются на официальном сайте. При установлении тарифов на услуги по передаче ставки тарифов определяются с учетом необходимости обеспечения их равенства для всех потребителей услуг, расположенных на территории одного субъекта Российской Федерации и принадлежащих к одной группе или категории потребителей. Таким образом, все потребители, энергопринимающие устройства которых подключены на одном уровне напряжения, имеют одинаковые тарифы на услуги по передаче. По уровням напряжения плата за услуги по передаче отличается. Для потребителей, подключенных к сетям публичного акционерного общества «Федеральная сетевая компания – Россети», тарифы на услуги по передаче электроэнергии устанавливаются Федеральной антимонопольной службой Российской Федерации

(ФАС России). За счет этой составляющей получают финансирование электросетевые организации.

Сбытовые составляющие определяются самими энергосбытовыми организациями с целью конкуренции за потребителей. Исключение составляют сбытовые надбавки гарантирующего поставщика (поставляет электроэнергию населению) для каждой из групп (подгрупп) потребителей, которые устанавливаются органами исполнительной власти субъектов РФ. За счет этой составляющей получают финансирование сбытовые компании.

Стоимость иных услуг, оказание которых является неотъемлемой частью процесса поставки электроэнергии, включаемая в конечную цену электроэнергии (мощности) потребителя, рассчитывается сбытовой организацией ежемесячно. Под такими услугами подразумеваются услуги по организации оптовой торговли электрической энергией, мощностью, оказываемые коммерческим оператором – акционерным обществом «Администратор торговой системы» (АО «АТС»), услуги по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике, оказываемые системным оператором – акционерным обществом «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»), услуги унифицированной стороны по расчетам на оптовом рынке, оказываемые акционерным обществом «Центр финансовых расчетов» (АО «ЦФР»). С 1 июля 2024 года в стоимость электрической энергии (мощности) добавилась новая составляющая – стоимость услуг по управлению изменением режима потребления электрической энергии, которая представляет собой плату за услуги агрегатов по обеспечению готовности и изменению режима потребления электрической энергии объектами регулирования. Данная плата ежемесячно рассчитывается АО «АТС» [16].

Таким образом, в составе тарифов на электрическую энергию, по которым производит оплату потребитель, включены затраты на весь процесс электроснабжения. Сбытовая организация, получив оплату от потребителя, оставляет себе свою составляющую тарифа, а остальное распределяет в адрес других участников процесса электроснабжения.

Из описанной выше схемы ценообразования видно, что генерирующие и сбытовые организации осуществляют свою деятельность в условиях рынка электроэнергии, где цены формируются посредством рыночных механизмов, в то время как передача электрической энергии – полностью регулируемый государством вид деятельности.

Цены (тарифы) на услуги по передаче электрической энергии при осуществлении государственного регулирования устанавливаются в порядке, установленном Основами ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике, утвержденными Правительством Российской Федерации [1].

Упрощенно любой тариф можно представить в виде дроби, числитель которой составляет суммарные затраты на осуществление деятельности, а знаменатель – объем оказываемых услуг [17].

Применительно к услуге по передаче электроэнергии:

$$T = \frac{3}{V},$$

где T – тариф на передачу электроэнергии; 3 – затраты на передачу электроэнергии; V – объем услуг потребителю.

Таким образом, размер тарифа и планируемые затраты находятся в прямой зависимости, а размер тарифа и объем услуг находятся в обратной зависимости:

- чем выше планируемые затраты, тем выше тарифы, и наоборот;
- чем ниже объем услуг, тем выше тарифы, и наоборот.

В современных условиях, когда конкуренция при производстве любых видов товаров высока, а доступ на рынки сбыта, в том числе зарубежные, сильно ограничен, особенно остро встает вопрос о снижении доли затрат на энергоресурсы в себестоимости любого товара.

Для решения этого вопроса подавляющее большинство специалистов предлагает идти по пути энергосбережения, когда путем проведения определенных мероприятий потребители электрической энергии снижают (оптимизируют) свое электропотребление. К таким мероприятиям могут относиться:

1. Покупка и внедрение нового, более экономичного оборудования.
2. Оптимизация режима работы предприятий, в т. ч. введение дополнительных смен и переход на ночной режим работы.
3. Организационные мероприятия.
4. В бытовом секторе – оптимизация осветительных приборов (светодиодное освещение).
5. Другие мероприятия.

Политика государства в части энергосбережения базируется на основополагающем законодательном акте – Федеральном законе от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в котором установлены принципы проведения энергосберегающих мероприятий.

Целью этого федерального закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности [18], то есть энергосбережение и повышение энергетической эффективности как таковые являются конечными результатами проводимых мероприятий.

На основании сказанного необходимо понимать, что целью проведения энергосберегающих мероприятий является в первую очередь рациональное потребление энергоресурсов в части воздействия на экологию и разумное природопользование. Вопросы тарифообразования здесь вторичны.

Однако, если посмотреть шире, перейдя от одного конкретного потребителя ко всем потребителям региона, выяснится, что проведение подобных энергосберегающих мероприятий приводит к снижению объема потребляемой электрической энер-

гии отдельных потребителей, и возникает «иллюзия уменьшения платы».

Это можно объяснить следующим образом. При снижении объема потребляемой электроэнергии потребителем величина затрат электросетевой организации остается неизменной, ведь не полностью загруженное оборудование необходимо обслуживать в том же объеме, как и загруженное на 100%. Линии электропередач, трансформаторы, коммутационное оборудование, установленное на подстанциях, при снижении нагрузки никуда не исчезают, продолжают работать и требуют полного технического обслуживания и ремонтов, комплекс мероприятий которых строго регламентирован нормативными отраслевыми актами.

Рассмотрим подробнее формулу тарифа, приведенную выше, в двух ситуациях: до и после проведения энергосберегающих мероприятий.

До проведения энергосберегающих мероприятий:

$$T_1 = \frac{3_1}{V_1},$$

где T_1 – тариф на передачу электроэнергии до проведения энергосберегающих мероприятий; 3_1 – затраты на передачу электроэнергии до проведения энергосберегающих мероприятий; V_1 – объем услуг потребителю до проведения энергосберегающих мероприятий.

После проведения энергосберегающих мероприятий:

$$T_2 = \frac{3_2}{V_2},$$

где T_2 – тариф на передачу электроэнергии до проведения энергосберегающих мероприятий; 3_2 – затраты на передачу электроэнергии до проведения энергосберегающих мероприятий; V_2 – объем услуг потребителю до проведения энергосберегающих мероприятий.

При этом, если $3_1 = 3_2 = 3$ и $V_2 = V_1 - V_{\text{экономии}}$, то

$$T_1 = \frac{3}{V_1},$$
$$T_2 = \frac{3}{V_1 - V_{\text{экономии}}},$$

где $V_{\text{экономии}}$ – объем сэкономленной величины услуг в результате проведения энергосберегающих мероприятий.

Следовательно, $T_1 < T_2$.

Таким образом, снижение объема услуг при неизменности затрат на передачу приводит лишь к росту тарифов, так как электросетевые организации должны получить от потребителей достаточный объем финансирования, необходимый им для обслуживания электрических сетей.

На основании сказанного снижение платы конкретного потребителя приводит к тому, что платеж перераспределяется на остальных потребителей региона, которые начинают платить больше за счет роста тарифов.

Проведение энергосберегающих мероприятий у отдельных потребителей в масштабах экономики региона не эффективно, т. к. оно влияет только на платеж конкретного потребителя, который перекладывает необходимые для обслуживания сетей

затраты на остальных потребителей, вынуждая их так же искать пути к снижению электропотребления. В результате возникает конкуренция между отдельными потребителями, приводящая к росту тарифов.

Таким образом, потребители региона в целом после проведения энергосберегающих мероприятий начинают оплачивать свой сниженный объем потребления по более высокому тарифу. Общие затраты на оплату электрической энергии всех потребителей при этом не уменьшаются.

На основании сказанного очевидно, что без снижения затрат, необходимых электросетевым организациям для передачи электрической энергии до конечного потребителя, проблему снижения их доли в себестоимости любой продукции не решить.

Затраты, необходимые электросетевым организациям, определяются величиной необходимой валовой выручки (НВВ) – экономически обоснованного объема финансовых средств, необходимых организации для осуществления регулируемой деятельности в течение расчетного периода регулирования [19].

Основной из проблем ценообразования при определении НВВ электросетевых организаций Кемеровской области – Кузбасса является рост расходов сетевых организаций на фоне снижения полезного отпуска.

Из приведенного на Рис. 2 графика видно, что затраты электросетевых организаций имеют тенденцию к ежегодному увеличению, при этом полезный отпуск конечным потребителям, наоборот, к снижению (причины снижения не важны, они могут быть разные, в том числе это проведение энергосберегающих мероприятий). Рассматривая этот график, необходимо понимать, что падение наблюдается исключительно по «сетевому котлу»,

что объясняется особенностями формирования тарифов на передачу. В целом потребление региона растет, но это не приводит к снижению финансовой нагрузки на потребителей « сетевого котла».

Таким образом, при снижении объема электрической энергии, необходимого конечным потребителям, величина электросетевого оборудования не только не снижается, а растет. В Кузбассе это привело к появлению незагруженных центров питания.

Незагруженные центры питания бывают двух видов:

1. Ранее построенные. Возникают по причине снижения потребления электрической энергии конечными потребителями.

2. Вновь построенные. Политика государства в части доступности электросетевой инфраструктуры для присоединения потребителей, когда долгое время существовали значительные льготы при оплате услуг по присоединению к электрическим сетям, привела к строительству большого числа невостребованных электросетевых объектов [20].

Особенности проведения энергосберегающих мероприятий в части их влияния на тарифы необходимо учитывать при анализе загрузки подстанций, что является важным при определении предпосылок для разработки концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью.

Выводы

На основании сказанного можно сделать вывод, что построение электроэнергетики на основе концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью, модернизация имеющегося оборудования в части замещения его на более энергоэффективное и внедрение новых технологий управления, мониторинга и контроля для снижения затрат при передаче электрической

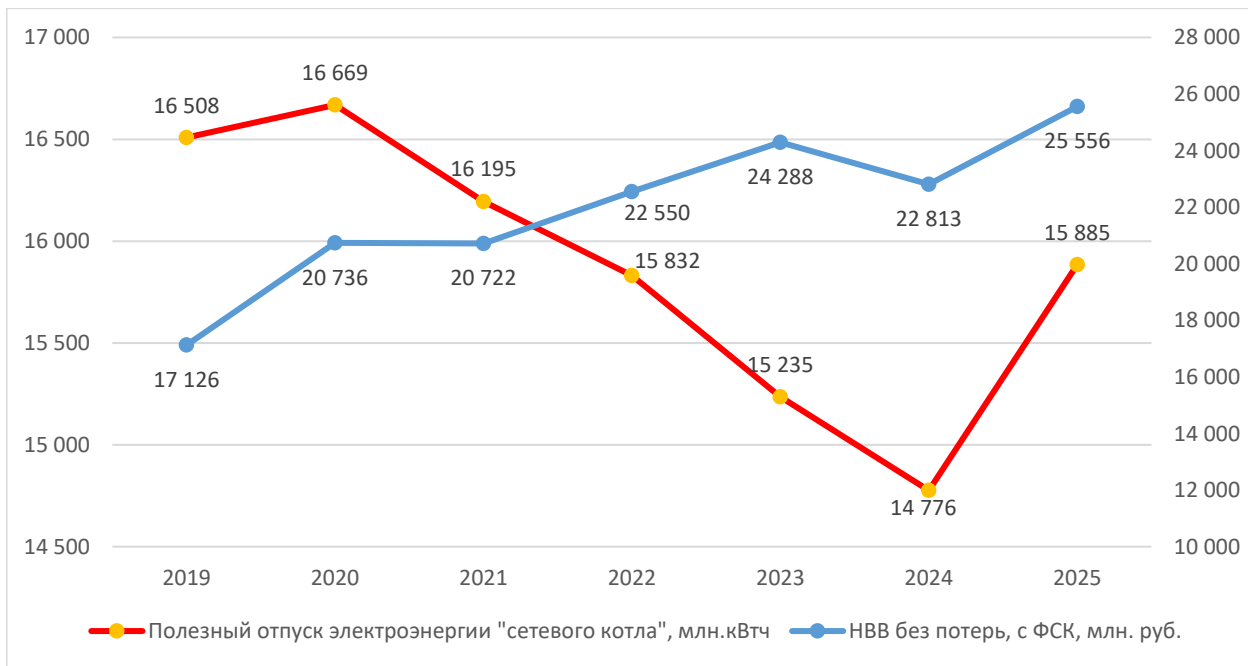


Рис. 2. Динамика изменения полезного отпуска электроэнергии
 Fig. 2. Dynamics of changes in useful supply of electric energy

энергии конечным потребителям, а также оказания им услуг надлежащего качества и надежности необходимо проводить в электросетевом комплексе в целом. При этом с целью синхронизации первым шагом в данном процессе должен стать анализ и оптимизация величины свободных (резервных) мощностей на трансформаторных подстанциях на территории области с последующим планированием прогнозных объемов оказываемых потребителям услуг.

Внедрение концепции интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью невозможно при наличии в регионе неэффективно загруженных подстанций. Системы Smart Grid и составляющие их элементы внедряются в существующие распределительные сети и позволяют снизить количество аварий и потерь электричества, оптимизировать расход электроэнергии, а также повысить эффективность работы сетей [21]. Поэтому особенно важно на первоначальном этапе определить текущее состояние энергосистемы, провести анализ физических показателей работы трансформаторных подстанций и сформировать предпосылки для разработки концепции с учетом оптимальных параметров долгосрочного планирования их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тожибоев А. К., Хакимов М. Ф. Интеллектуальная система учета электроэнергии солнечных энергетических систем // Экономика и социум. 2024. № 6–1 (121). С. 1374–1377.
2. Якимович Б. А., Какушина Е. Г., Малюк Е. Г. Развитие энергетики России на основе интеллектуальных энергетических систем // Энергетические установки и технологии. 2022. Т. 8. № 4. С. 54–58.
3. Волкова И., Бурда Е., Гаврикова Е. Механизмы взаимодействия экономических агентов в интеллектуальных энергетических системах // Энергетическая политика. 2022. № 3 (169). С. 86–98.
4. Уринсон Я. М., Кожуховский И. С., Сорokin И. С. Реформирование российской электроэнергетики: результаты и нерешенные вопросы // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2020. Т. 24. № 3. С. 323–339. DOI: 10.17323/1813-8691-2020-24-3-323-339. EDN GSNIWD.
5. Чаплыгина А., Кострюкова Л. А. Проблемы развития конкурентных рынков электроэнергии // Профессиональное образование: методология, технологии, практика: Сборник научных статей. Выпуск 15. Челябинск : ЗАО «Библиотека А. Миллера», 2022. С. 253–256. EDN THKCDA.
6. Основные фонды и другие нефинансовые активы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>.
7. Основные фонды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://42.rosstat.gov.ru/folder/38694>.
8. Гук С. Н., Грибанов А. А. Перспективы развития интеллектуальной системы Smart Grid в Российской Федерации // Вестник науки. 2024. Т. 3. № 11(80). С. 1354–1357. EDN VRDIOI.
9. Чистобородова А. И. Становление и развитие Энергетической стратегии Российской Федерации // Аудиторские ведомости. 2025. № 4. С. 180–187. DOI: 10.24412/1727-8058-2025-4-180-187. EDN SHZFWG.
10. Burr M. T. Technology Corridor. Reliability demands will drive automation investments [Текст] // Fortnightly Magazine: сб. статей. Майами, 2003. С. 47–49.
11. Балашова Е. С., Майорова К. С. Цифровая трансформация сектора энергетики. Международный опыт. Российская перспектива // Инновации. 2021. № 3 (255). С. 66–75.
12. Priyanka L. Dushing, Pramila G. Wakhure, Sabrina Kazi [et al.] Analysis of Smart Grid Technologies in the Electrical Power Industry // Nanotechnology Perceptions. 2024. Pp. 1351–1358. DOI: 10.62441/nano-ntp.vi.3905. EDN GWWIAS.
13. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (разработана по заказу ОАО «ФСК ЕЭС» ОАО «НТЦ электроэнергетики»).
14. Шеркунова Д. А., Бурцев А. П. Создание умных сетей (Smart Grid) для оптимизации распределения электроэнергии // Энергия знаний: сборника научных статей Международного научно-образовательного конгресса молодежи, Курск, 26 ноября 2024 года. Курск : ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 265–270. EDN CJBVXD.
15. Яценко А. В., Боярков Д. А. Современный рынок электроэнергии и мощности как результат реформирования РАО «ЕЭС России» // Финансовый бизнес. 2022. № 2(224). С. 161–164. EDN EXBPDL.
16. Принципы ценообразования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kuzesc.ru/tariffs-and-prices/principiyi-czenoobrazovaniya>
17. Синицкая Н. Я. Тарифообразование в энергетике в определениях и схемах: учебное пособие. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Перспект», 2024. 104 с. EDN SPYRMT.
18. Климова Г. Н. Электрические системы и сети. Энергосбережение: Учебное пособие. 2-е изд. Москва : Издательство Юрайт, 2020 (Профессиональное образование). EDN BQNVRJ.
19. Груничев А. С., Хабибуллина Л. В., Гарев О. Р., Кириллова О. В. Основы ценообразования в области регулируемых тарифов в электроэнергетике. Казань : Общество с ограниченной ответственностью «Логос-Пресс», 2023. 240 с. EDN GDENDR.
20. Груничев А. С., Хабибуллина Л. В., Казачкина Н. А., Кириллова О. В. Технологическое присоединение в сфере теплоснабжения, электроэнергетики, водоснабжения и водоотведения. Казань : Общество с ограниченной ответственностью «Логос-Пресс», 2023. 148 с. EDN YVZWOU.
21. Армашова-Тельник Г. С., Соколова О. Л. Цифровая трансформация энергетического сектора посредством реализации технологических решений Smart Grid в России и за рубежом // Российский экономический интернет-журнал. 2022. № 3.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Беляевский Роман Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: brv.egpp@kuzstu.ru;

Овчинников Александр Геннадьевич, аспирант кафедры электроснабжения горных и промышленных предприятий, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: ovag@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов:

Беляевский Роман Владимирович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования, выводы, написание текста.

Овчинников Александр Геннадьевич – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-2-10-20

Roman V. Belyaevsky, Aleksandr G. Ovchinnikov

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: ovag@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A CONCEPT FOR AN INTELLIGENT ELECTRIC POWER SYSTEM WITH AN ACTIVE-ADAPTIVE GRID TAKING INTO ACCOUNT THE FEATURES OF PRICING AND ENERGY SAVING



Article info

Received:

30 January 2025

Accepted for publication:

15 March 2026

Accepted:

15 April 2026

Published:

04 June 2026

Keywords: Smart Grid, intelligent electric power system, active-adaptive network, pricing in electric power industry, tariff for electric power transmission, energy saving, electric power transmission, substation loading

Abstract.

As a result of the electric power industry reform in the Russian Federation, several separate areas have emerged that are necessary for providing high-quality and uninterrupted power supply to consumers. Serious challenges currently facing the electric power industry are the need to modernize and update fixed assets in terms of replacing physically and morally obsolete equipment, as well as the introduction of new technologies, equipment, information and diagnostic systems and accounting and management systems. To solve these problems, it is necessary to systematically introduce new technologies, equipment, information and diagnostic systems and accounting and management systems that will allow us to get closer to the generally concept of an intelligent electric power system with an active-adaptive network (Smart Grid).

The article considers various types of activities carried out in the process of supplying consumers with electricity, in particular, the transmission of electrical energy, as a type of activity fully regulated by the state, the pricing features of which must be taken into account when carrying out technical measures, including energy-saving ones. Due to the fact that the implementation of energy-saving measures leads to a decrease in the volume of electric energy consumed by individual consumers, the concept of "illusion of a reduction in payment" is introduced. The substantiation of the need to reduce the costs of electric grid organizations in the context of energy-saving measures is given. The features of the work of electric grid organizations of the Kemerovo Region - Kuzbass are noted in terms of the growth of their costs against the background of a decrease in useful supply. It is proposed to begin the development of concept of an intelligent electric

power system with an actively adaptive network in the region by determining the current state of the power system and conducting an analysis of the physical performance indicators of transformer substations to form the prerequisites for developing a concept taking into account the optimal parameters for long-term planning of their operation.

For citation: Belyaevsky R.V., Ovchinnikov A.G. Development of a concept for an intelligent electric power system with an active-adaptive grid taking into account the features of pricing and energy saving. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2026; 2(184):10-20 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2026-2-10-20, EDN: RHNPM

REFERENCES

1. Tozhiboev A.K., Khakimov M.F. Intelligent electricity metering system for solar energy systems. *Economy and Society*. 2024; 6–1(121):1374–1377.

2. Yakimovich B.A., Kakushina E.G., Malyuk E.G. Development of the Russian energy sector based on intelligent energy systems. *Power plants and technologies*. 2022; 8(4):54-58.

3. Volkova I., Burda E., Gavrikova E. Mechanisms of interaction between economic agents in intelligent energy systems. *Energy policy*. 2022; 3(169):86–98.

4. Urinson Ya.M., Kozhukhovskiy I.S., Sorokin I.S. Reforming the Russian Electric Power Industry: Results and Unresolved Issues. *Economic Journal of the Higher School of Economics*. 2020; 24(3):323–339. DOI: 10.17323/1813-8691-2020-24-3-323-339. EDN GSNWID.

5. Chaplygina A., Kostyukova L.A. Problems of Developing Competitive Electricity Markets. *Education: Methodology, Technology, Practice: Collection of Scientific Articles*. Vol. 15. Chelyabinsk: ZAO "A. Miller Library"; 2022. Pp. 253–256. EDN THKCD.

6. Fixed assets and other non-financial assets [Electronic resource]. Access mode: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>.

7. Fixed assets [Electronic resource]. Access mode: <https://42.rosstat.gov.ru/folder/38694>.

8. Guk S.N., Gribov A.A. Prospects for the development of the intelligent Smart Grid system in the Russian Federation. *Herald of Science*. 2024; 3(11(80)):1354–1357. EDN VRDIOI.

9. Chistoborodova A.I. Formation and development of the Energy Strategy of the Russian Federation. *Audit statements*. 2025; 4:180–187. DOI: 10.24412/1727-8058-2025-4-180-187. EDN SHZFWG.

10. Burr M.T. Technology Corridor. Reliability demands will drive automation investments [Text]. *Fortnightly Magazine: collection of articles*. Miami, 2003. Pp. 47–49.

11. Balashova E.S., Mayorova K.S. Digital transformation of the energy sector. International experience. Russian perspective. *Innovation*. 2021; 3(255):66–75.

12. Priyanka L. Dushing, Pramila G. Wakhure, Sabrina Kazi [et al.] Analysis of Smart Grid Technologies

in the Electrical Power Industry. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Pp. 1351–1358. DOI: 10.62441/nanotp.vi.3905. EDN GWWIAS.

13. Concept of an intelligent electric power system with an active-adaptive network (developed by order of JSC FGC UES by JSC Scientific and Technical Center of Electric Power Industry).

14. Sherkunova D.A., Burtsev A.P. Creation of smart networks (Smart Grid) to optimize electricity distribution. *Energy of knowledge: collection of scientific articles of the International Scientific and Educational Youth Congress*. Kursk: ZAO "Universitetskaya kniga"; 2024. Pp. 265–270. EDN CJBXJD.

15. Yashchenko A.V., Boyarkov D.A. The modern electricity and capacity market as a result of the reform of RAO UES of Russia. *Financial business*. 2022; 2(224):161–164. EDN EXBPD.

16. Pricing Principles [Electronic resource]. Access mode: <https://kuzesc.ru/tariffs-and-prices/princzipy-izenoobrazovaniya>

17. Sinitskaya N.Ya. Tariff Formation in the Energy Sector in Definitions and Diagrams: a tutorial. Moscow: Limited Liability Company "Prospect"; 2024. 104 p. EDN CPYRMT.

18. Klimova G.N. Electrical Systems and Networks. Energy Saving: A Tutorial. 2nd ed. Moscow: Yurait Publishing House; 2020 (Professional Education). EDN BQNVJR.

19. Grunichev A.S., Khabibullina L.V., Gareev O.R., Kirillova O.V. Pricing Fundamentals in the Field of Regulated Tariffs in the Electric Power Industry. Kazan: Limited Liability Company "Logos-Press"; 2023. 240 p. EDN GDENDR.

20. Grunichev A.S., Khabibullina L.V., Kazachkina N.A., Kirillova O.V. Technological Connection in the Field of Heat Supply, Electric Power, Water Supply and Sanitation. Kazan: Limited Liability Company "Logos-Press"; 2023. 148 p. EDN YVZWOU.

21. Armashova-Telnik G.S., Sokolova O.L. Digital transformation of the energy sector through the implementation of Smart Grid technological solutions in Russia and abroad. *Russian Economic Internet Journal*. 2022; 3.

© 2026 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

Roman V. Belyaevsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply of Mining and Industrial Enterprises, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (Russia, 650000, Kemerovo, Vesennaya str., 28), e-mail: brv.egpp@kuzstu.ru;

Aleksandr G. Ovchinnikov, postgraduate student of the Department of Power Supply of Mining and Industrial Enterprises T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya St., 28), e-mail: ovag@yandex.ru.

Contribution of the authors:

Roman V. Belyaevsky – research problem statement; scientific management, conceptualization of research, drawing the conclusions, writing the text.

Aleksandr G. Ovchinnikov – reviewing the relevant literature, data collection, data analysis, drawing the conclusions, writing the text.

Authors have read and approved the final manuscript.

