

УДК 330.354

DOI: 10.52531/1682-1696-2023-23-2-137-142

Научная статья

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ПОСТРОЕНИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И. Ю. ПОЛЕТАЕВ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ИНСТИТУТ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

Проблема снижения потерь электрической энергии при передаче и распределении по электрическим сетям – одна из ключевых задач у большинства электросетевых компаний России. Задача развивать технологии дистанционного управления фактически поставлена Правительством перед всеми субъектами электроэнергетики в регионах России. В статье рассмотрены вопросы внедрения IT-технологий как меры по снижению потерь электрической энергии при ее передаче по сетям. Разработаны предложения по организационной, инвестиционной и экономической составляющим создания в нашей стране электросистем с интеллектуальной сетью.

Ключевые слова: инвестиции, регионы, энергоэффективность, энергосберегающие инициативы, координация, региональная политика, управление, цифровизация

ВВЕДЕНИЕ

В решении задач повышения эффективности использования полученных энергетических ресурсов следует учитывать, что существенную долю (в среднем около 5%) от энергетических затрат составляют потери при передаче энергии по распределительным сетям (под потерями электроэнергии подразумевается разница между количеством электроэнергии,

Original article

REDUCTION THE LOSS OF ELECTRICAL ENERGY DURING TRANSMISSION AND DISTRIBUTION THROUGH ELECTRIC NETWORKS IS A PRIORITY IN THE DIGITALIZATION OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY, THE CONSTRUCTION AND DIGITAL ECONOMY OF THE RUSSIAN FEDERATION

I. YU. POLETAEV

JOINT STOCK COMPANY «INSTITUTE
OF REGIONAL ECONOMIC RESEARCH»

The problem of reducing losses of electric energy during transmission and distribution through electric networks is one of the key tasks for most electric grid companies in Russia. The task of developing remote control technologies has actually been set by the Government to all subjects of the electric power industry in the regions of Russia. The article discusses the issues of the introduction of IT technologies as measures to reduce the loss of electrical energy during its transmission over networks. Proposals have been developed on the organizational, investment and economic components of creating electric systems with an intelligent network in our country.

KEY WORDS: investments, regions, energy efficiency, energy-saving initiatives, coordination, regional policy, management, digitalization

поступившей в сеть, и количеством электроэнергии, фактически отпущенной конечным потребителям). На сегодняшний день в РФ, несмотря на наличие проводимых мероприятий, величина потерь остается высокой. Так, согласно данным Системного оператора ЕЭС России [3], только в июне 2021 г. разница между объемом выработанной электроэнергии и объемом потребления электроэнергии в целом по России составляет не менее 1,7–1,9 млрд кВт × ч (а это более 2,0% от выработанной электроэнергии). Например, только в ПАО «ФСК ЕЭС» потери электроэнергии в сетях

на 2021 г. составили 25335, 22 млн кВт × ч (4,62%) и в 2022 г. – 25305,68 млн кВт × ч (4,61%). Причем дальнейшее ежегодное снижение потерь прогнозируется на уровне всего 0,01% [4]. В связи с этим актуальнейшей научно-практической задачей является выработка методов сокращения потерь энергии при передаче потребителям.

СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО РЕЗУЛЬТАТЫ

Для обеспечения соответствия объемов произведенной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени необходимо планирование потребления электроэнергии с учетом пропускной способности сети. Также для обеспечения баланса между мощностью генерации и мощностью потребления необходим механизм непрерывного управления электрическими станциями, позволяющий оперативно увеличивать или уменьшать их мощность. В единый процесс производства, распределения и потребления электрической энергии в масштабах ЕЭС вовлечены одновременно сотни электростанций, тысячи линий электропередачи и миллионы потребителей. Вовремя рассчитать и спланировать режимы работы всех объектов энергосистемы в реальном времени, обеспечить управление непрерывным производством, передачей, распределением и потреблением электроэнергии – цель работы Системного оператора, который должен обладать необходимым инструментарием, технологиями и компетенцией (соответствующие полномочия Системного оператора закреплены Федеральным законом № 35 ФЗ «Об электроэнергетике»). Отказ от исполнения диспетчерских команд недопустим кроме случаев, когда их исполнение создает угрозу жизни людей, сохранности оборудования или приводит к нарушению условий безопасной эксплуатации атомных электростанций.

В июне прошлого года было принято важное решение (в связи с принятием Федерального закона от 11.06.2022 № 174-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» и отдельные законодательные акты Российской Федерации») [9] о новой системе планирования перспективного развития электроэнергетики с 1 января 2023 года (рис. 1).

Новая система включает в себя установление исчерпывающего перечня документов перспективного развития электроэнергетики, к которым относятся генеральная схема размещения объектов электроэнергетики, утверждаемая Правительством Российской Федерации, схема и программа развития электроэнергетических систем России, утверждаемая Минэнерго России (далее – СиПР ЭЭС России). При этом схемы и программы перспективного развития субъектов Российской Федерации (далее – СиПР субъектов РФ) как самостоятельные документы, ежегодно разрабатываемые и утверждаемые органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, интегрируются на

И. Ю. ПОЛЕТАЕВ

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
ПРИ ПЕРЕДАЧЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ
СЕТЯМ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ЦИФРОВИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ, ПОСТРОЕНИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральном уровне с включением соответствующих технических решений в СиПР ЭЭС России.

Произошло смещение управления в направлении централизации принятия решений, что в условиях рыночных отношений усилит тенденции появления межрегиональных задач, требующих проведения совместных действий, координации [1]. В этих условиях особую значимость приобретает формирование, поддержание информационной и перспективной расчетной математической модели энергосистемы для оперативного управления, а также в разработке и оценке возможности и эффективности применения инновационных решений и перспективных технологий производства, передачи электрической энергии (мощности) и управления электроэнергетической системой.

Справляться с вызовами современности энергосистемам помогают инновационные цифровые технологии. В их ряду особое место занимает дистанционное управление оборудованием энергетических объектов. В последние годы этот технологический инструмент получает все более широкое распространение в крупнейших энергосистемах мира. В России идеологом развития технологий дистанционного управления выступает Системный оператор. В последнее десятилетие в сотрудничестве с крупнейшими субъектами отрасли удалось добиться заметных успехов в распространении этих цифровых технологий в электросетевом секторе и начать продвижение в генерации.

В 2020 г. технологии дистанционного управления заняли приоритетное направление в цифровизации электроэнергетики, построении цифровой экономики Российской Федерации. Положение о массовом применении дистанционного управления включено в новую Энергетическую стратегию России до 2035 г. Этот документ предусматривает переход на 100-процентное автоматическое дистанционное управление режимами работы сетевых объектов 220 кВт и выше и объектов генерации 25 МВт и выше в Единой энергосистеме России.

Таким образом, задача развивать технологии дистанционного управления фактически поставлена Правительством перед всеми субъектами электроэнергетики. Такой подход позволяет сократить потери электроэнергии у производителей без ущерба у отдельных потребителей. Тем более, что укрупненно потери электроэнергии в сетях передачи можно разделить на две группы: технологические и организационные. Технологические потери включают в себя потери от физических процессов при передаче электроэнергии по сети (в том числе техническими ошибками подключения, высоким переходным сопротивлением контактных соединений и т.п.), а также расход электроэнергии на собственные нужды и потери, обусловленные погрешностью системы учета. Сле-



РИС. 1.

Новый подход в развитии ЕЭС России (создание энергосистемы с интеллектуальной сетью) [4]

дует также подчеркнуть, что стоимость нормативного объема технологических потерь учитывается в тарифе на передачу электроэнергии и не стимулирует сетевые организации к снижению потерь [5]. Проведенное автором исследование показало, что величина таких потерь электрической энергии при ее передаче только по электрическим сетям Свердловской области на 2021 г. определена в объеме 3465,66 млн кВт × ч. [5, 7]. При этом стоимость указанных потерь учтена при формировании тарифов на электрическую энергию и будет оплачена потребителями, а это – население и хозяйствующие субъекты.

Включение нормативного объема технологических потерь в тарифы на передачу электроэнергии существенно снижает мотивацию руководящего состава и персонала электросетевых компаний для разработки и внедрения эффективных программ снижения потерь электроэнергии в сетях, снижает энергоэффективность в регионах.

Помимо проведения технологических мероприятий по снижению потерь в сетях передачи электрической энергии (например, сокращение длины линий электропередачи, увеличение сечений проводов, повышение напряжения сети, сокращение количества контактных соединений и применение электропроводящей смазки в контактных соединениях), необходимо скорейшее введение в эксплуатацию разрабатываемых и внедряемых интеллектуальных систем комплексного дистанционного учета энергетических ресурсов на базе внедрения цифровых технологий.

Современный уровень развития вычислительной техники открывает большие возможности для изменения и повышения эффективности политики в области энергоэффективности за счет предоставления более оперативной и подробной информации, а также более четкого видения картины производства, передачи и потребления энергетических ресурсов в гораздо большем масштабе.

Цифровые технологии позволят обеспечить доступ к более детализированным данным в режиме ре-

ального времени on-line, а расширенные возможности аналитики и перспективного моделирования могут помочь спрогнозировать воздействие и экономическую эффективность программ, а также разработать мероприятия, направленные на формирование энергосберегающего поведения потребителей энергии на всех уровнях.

Современные технологии цифровизации предусматривают возможность моделирования, выявления барьеров и прогнозирования ситуаций с помощью использования так называемых «цифровых двойников». В широком понимании этого термина цифровой двойник (digital twin, «цифровой близнец») представляет собой виртуальный аналог фрагмента реального мира (мероприятия или объекта), состоящий из множества датчиков, соединенных электронной сетью с аналитическим управляющим центром. Цифровой двойник объекта является его математической и компьютерной моделью, которая способна воспроизводить его состояния в тех или иных обстоятельствах.

В связи с тем, что высокоскоростные сети коммуникаций и цифровые инструменты позволяют получать и анализировать данные с гораздо большей частотой и в большем масштабе, чем раньше, использование цифровых двойников позволяет быстро и с высокой степенью надежности определять перспективные решения, выбирать наиболее оптимальные действия и режимы функционирования, разрабатывать и прогнозировать возможные ситуации, в том числе в аварийных режимах работы.

В применение IT-технологий видется потребность в решении таких основных задач:

1. Обеспечить оперативный и достаточный сбор данных. Включает в себя технологии типа интеллектуальных счетчиков и датчиков, позволяющих с высокой точностью в режиме реального времени получать данные о потреблении энергии пользователями, а также технологии, которые собирают целый ряд данных, связанных с потреблением энергии (таких как датчики, которые регистрируют сопутствующие параметры: уровень освещенности, температуру и т.п.).

2. Провести анализ и хранение данных. Аналитический управляющий центр или несколько связанных между собой центров на основе мощных компьютеров в сочетании с соответствующим программным обеспечением позволяют обрабатывать и анализировать данные, чтобы получить реальную картину генерации, передачи, распределения и потребления электрической энергии, а также моделировать ситуации наиболее эффективного использования энергии, проводить анализ текущей информации в режиме реального времени, получать результаты расчетов ежегодной экономии затрат, планируемых мероприятий по предотвращению пикового спроса на электроэнергию и т.п.

3. Принятие оптимального решения и действия (воздействие и управление) по регулированию техно-

логических процессов. Существующие технологии позволяют мгновенно оптимизировать и перераспределять потребление энергии подключенными устройствами и оборудованием в соответствии с поступающими от аналитического управляющего центра сигналами управления. Перераспределение нагрузки мощности в сетях, кроме снижения потери, уменьшит вероятность риска перегрузки и возможных аварий и отключений. Подключенные устройства здания, такие как системы освещения, системы отопления и кондиционирования воздуха и т.п., могут быть запрограммированы для оптимизации энергопотребления в зависимости от времени суток и количества людей.

4. Контроль процесса выполнения принятых решений и достигнутых результатов, сравнение с ранее поставленными целями, анализ расхождений. Предусматривает постоянную или периодическую обратную связь подключенных датчиков и механизмов управления с аналитическим управляющим центром. В аналитический управляющий центр поступают данные с датчиков по всему объекту: для линии электропередач – это показания электросчетчиков повышенных классов точности на границах балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности участников рынка электроэнергии; для зданий – это информация от различных датчиков: от датчиков освещенности и температуры внутри помещений до датчиков присутствия. Эта информация объединяется с другими сведениями о режиме работы электросети, собранными с помощью интеллектуальных счетчиков при осуществлении постоянного контроля исправности счетчиков и сигналов от местных сетевых операторов, а также данными о таких факторах, как погодные условия (полученными из сети Интернет).

Собранные данные обрабатываются посредством специализированного программного обеспечения, чьи алгоритмы со временем «учатся» оптимизировать потребление электроэнергии, тем самым повышая энергоэффективность при одновременном обеспечении комфортных условий труда и быта.

Важно отметить, в результате внедрения системы энергетического мониторинга и интеграции данных в информационные системы можно ожидать существенное повышение энергоэффективности как конечного использования, так и системы энергообеспечения страны в целом. Результатом может стать глобальная трансформация энергетической системы в целом.

Наверняка изменится способ распределения, передачи и потребления энергии, что разрушит границы между энергетическими секторами и отраслями экономики, в результате повышения уровня интеграции между системами увеличится адаптивность и гибкость энергетической системы страны в целом. Не исключено, что отнесение потерь энергии при ее передаче на

издержки сетевых компаний вызовет снижение тарифов на передачу электроэнергии. В результате снизится себестоимость конечного продукта.

Таким образом, на начальных этапах глобального внедрения IT-технологий в системе передачи электрической энергии необходимо, в первую очередь, на региональном уровне, создание региональных систем учета, контроля и управления энергетическими ресурсами.

Подобная информационно-аналитическая система в области энергосбережения была успешно внедрена в Свердловской области. «Матрица Ресурсо Сбережения» введена в межведомственную эксплуатацию в конце 2020 г. Данная система представляет собой:

- региональный единый информационный ресурс сбора, хранения, систематизации и анализа достоверной и актуальной информации об объектах энергетики и ЖКХ региона;
- ресурс повышения качества управления и привлечения инвестиций в отрасль;
- поставщика отчетных данных с регионального уровня в федеральные информационные ресурсы.

Подробное описание данного продукта дано в материале В. Васильевой [2].

Автор полагает, что в масштабах страны за основу разрабатываемых систем интеллектуального управления системой обеспечения энергоресурсами можно принять созданную в 2011 г. ГИС «Энергоэффективность» – Государственную информационную систему в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. В настоящее время одной из функций ГИС «Энергоэффективность» является получение объективных данных об энергоемкости экономики Российской Федерации (в том числе ее отраслей), о потенциале снижения такой энергоемкости, о наиболее эффективных проектах и о выдающихся достижениях в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Внесение в данную информационную систему дополнительных функций по обработке информации и возможности обратной связи с конечными потребителями позволит из широкомасштабной информационной системы создать реальную систему управления энергетическими ресурсами Российской Федерации.

Кроме того, следует сохранить и развивать региональные системы учета, контроля и управления энергетическими ресурсами. Это позволит установить региональные стандарты (нормы) энергоемкости для каждой отрасли и сферы деятельности, исходя из годовых оборотов как макроэкономических (по стране в целом) показателей, так и показателей непосредственно малых бизнесов (стоянки, парковки, магазины и т.п.).

Полученные расчетные нормы энергоемкости следует установить на условную единицу продукции или единицу потребления услуги. Использование пред-

ложенного механизма позволит совершенствовать налоговый контроль малого бизнеса путем сравнения израсходованной энергии (из анализа коммунальных платежей) с объемом произведенной и реализованной продукции (из анализа реальных доходов предприятия). Такой аспект, как энергопотребление самих цифровых устройств (например, для обработки, передачи и хранения данных) при внедрении новых цифровых технологий считается небольшим по сравнению с общим потреблением промышленных объектов и не учитывается.

В перспективе, при дальнейшем увеличении объема обрабатываемой информации и требуемых вычислительных мощностей, этот параметр необходимо будет учитывать.

Очевидно, что одним из основных вопросов внедрения новых технологий всегда был и остается вопрос инвестирования мероприятий. Инвестиции в цифровые технологии являются капиталоемкими и часто имеют длительные сроки окупаемости. Это затрудняет мотивацию и определение приоритетов инвестиций в цифровую инфраструктуру.

В случае применения новых ИТ-технологий в области электроэнергетики необходимо выявить и преодолеть такие барьеры и аспекты, как неопределенность в отношении возврата инвестиций и на законодательном уровне решить вопросы, связанные с безопасностью цифровых данных и правом собственности на информацию.

Цифровизация сетей передачи энергии позволит как минимум на 20% повысить эффективность генерации и снижение потерь электроэнергии, снизит себестоимость конечного продукта при увеличении производительности и обеспечит безопасность во всей производственно-сбытовой цепочке отраслей экономики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение ИТ-технологий и применение мер по снижению потерь электрической энергии при ее передаче по сетям должно быть проведено комплексно, осуществляемые мероприятия должны дополнять друг друга, осуществляться с анализом возможных последствий и рисков от внедрения планируемых нововведений, учитывая очевидные географические, национальные и региональные особенности и различия нашей страны.

При разработке мероприятий по снижению потерь энергетических ресурсов при их передаче до конечного потребителя необходимо внедрение и использование методов цифрового моделирования (цифровых двойников) для принятия наиболее эффективного и экономичного решения. При этом важен принцип взаимного согласования решений, учитывающих последствия для всех участников деятельности сферы электроэнергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. БУРАК П.И., КАСИМОВ Л.Б. Региональные модели развития // Экономическое возрождение России. 2018. №4. С. 89–98.
2. ВАСИЛЬЕВА В. и ДР. Технический потенциал региональной информационно-аналитической системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности «Матрица Ресурсо-Сбережения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74824/1/ersps_2018_002.pdf (дата обращения: 18.11.2021).
3. Информация с сайта АО «СО ЕЭС».
4. Портал Акционерного общества «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/16369/> (дата обращения: 18.10.2021).
5. Постановление РЭК Свердловской области от 30.12.2020 № 276-ПК «Об установлении единых (котловых) тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Свердловской области» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pravo.gov66.ru/28896/> (дата обращения: 08.11.2021).
6. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности ОАО «МРСК Урала» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mrsk-ural.ru/investments-innovations/energysaving/> (дата обращения: 11.10.2021).
7. Указ Губернатора Свердловской области от 04.12.2020 № 662-УГ «О региональной информационно-аналитической системе в области энергосбережения Свердловской области» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://egov66.ru/docs/norma/662-ug.pdf> (дата обращения: 10.11.2021).
8. ФГБУ «Российское энергетическое агентство» (РЭА) Минэнерго России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosenergo.gov.ru/gis-energoeffektivnost> (дата обращения: 19.11.2021).
9. Федеральный закон № 174-ФЗ от 11.06.2022 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

REFERENCES

1. BURAK P.I., KASIMOV L.B. Regional development models. *Ekonomicheskoye vozrozhdeniye Rossii*. 2018;4:89–98. (In Russian).
2. VASILYEVA V. ET AL. Technical potential of the regional information and analytical system in the field of energy saving and energy efficiency improvement "Resource-Saving Matrix" [Electronic resource]. Access mode: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74824/1/>

- ersps_2018_002.pdf (accessed: 11/18/2021). (In Russian).
3. Information from the website of SO UES JSC. (In Russian).
 4. Portal of the Joint-Stock Company "System Operator of the Unified Energy System" (JSC "SO UES") [Electronic resource]. Access mode: <https://www.so-ups.ru/news/press-release/press-release-view/news/16369/> / (date of appeal: 18.10.2021). (In Russian).
 5. Resolution of the REC of the Sverdlovsk region of 30.12.2020 N 276-PC "On the establishment of uniform (boiler) tariffs for services for the transmission of electric energy through the networks of the Sverdlovsk region" [Electronic resource]. Access mode: <http://www.pravo.gov66.ru/28896/> / (accessed: 08.11.2021). (In Russian).
 6. Energy saving and Energy Efficiency Improvement Program of IDGC of the Urals OJSC [Electronic resource]. Access mode: <https://www.mrsk-ural.ru/investments-innovations/energysaving/> / (date of request: 11.10.2021). (In Russian).
 7. Decree of the Governor of the Sverdlovsk region dated 04.12.2020 No. 662-UG "On the regional information and analytical system in the field of energy saving of the Sverdlovsk region" [Electronic resource]. Access mode: <https://egov66.ru/docs/norma/662-ug.pdf> (date of application: 10.11.2021). (In Russian).
 8. FSBI "Russian Energy Agency" (REA) of the Ministry of Energy of Russia [Electronic resource]. Access mode: https://rosenergo.gov.ru/gis_energoeffektivnost (accessed: 19.11.2021). (In Russian).
 9. Federal Law N 174-FZ dated June 11, 2022 "On Amendments to the Federal Law "On the Electric Power Industry" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation". (In Russian).

Полетаев Илья Юрьевич,
к.э.н., с.н.с. АО «Институт региональных экономических исследований»

☎ 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д.29/16,
119002, Moscow, per. Sivtsev Vrazhek, 29/16,
e-mail: poletaev1@gmail.com