



DOI: 10.34831/EP.2022.88.65.003
УДК 621.316.1

О системном подходе к повышению энергетической и экономической эффективности электрических сетей нового технологического уклада

ВОРОТНИЦКИЙ В. Э., доктор техн. наук
АО «НТЦ Россети ФСК ЕЭС»
115201, Москва, Каширское шоссе, 22, корп. 3
vve46@yandex.ru

Техника и технологии четвёртой промышленной революции и шестого технологического уклада позволяют на качественно новом уровне решать задачи управления эксплуатацией и развитием отечественных электрических сетей, системно подходить к повышению энергетической и экономической эффективности передачи и распределения электроэнергии в целом, в том числе к обеспечению надёжности, качества и экономичности электроснабжения потребителей. Цель статьи — на примере анализа основных трендов развития мировой и отечественной энергетики рассмотреть пути системного подхода к функционированию и развитию электрических сетей в современных условиях и на ближайшую перспективу.

К л ю ч е в ы е с л о в а: электрическая сеть, энергоэффективность, потери электроэнергии, надёжность и качество электроснабжения, инновационное развитие.

Системный подход — основа ориентированного на потребителя инновационного развития отечественной электроэнергетики, совершенствования её нормативно-правовой базы

Генеральный секретарь, главный исполнительный директор Мирового энергетического совета Анджела Уилкинсон в одном из недавних интервью подчеркнула: «...Нормативно-правовая база должна обеспечивать благоприятную рыночную структуру, а регулирующие органы нести ответственность за учёт интересов потребителей. Сбалансированное правовое регулирование, сочетающее в себе гибкость, адаптивность и способность идти в ногу с технологическими инновациями и поддерживать переход к энергетическому будущему, ориентированному на потребителя, не теряет своей актуальности...» [1]. Отмеченное подтверждает хорошо известное и остающееся важнейшим положение о том, что во всём мире, в том числе и в России, в основе нормативно-правового регулирования энергетики, её совершенствования и инновационного развития должны, прежде всего, лежать интересы потребителей, в том числе каждого человека, так как, в конечном счёте, именно граждане любой страны, пользующиеся услугами энергетики, рынков электроэнергии, оплачивают эти услуги из результатов своего труда. С этой точки зрения нам всем, и потребителям, и работникам отрасли, важно понимать, что собой должна представлять современная и будущая электроэнергетика, сформулировать конкретные цели и задачи развития электроэнергетики для страны в целом

и каждого региона, оценить реальные объёмы финансирования и материального обеспечения, установить сроки и контроль достижения целей и решения поставленных задач.

Известно много определений термина «электроэнергетика» как отрасли экономики, как технической системы, объекта управления, эксплуатации и т. п. Одно из основных определений дано около 20 лет назад в Федеральном законе от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»: «...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 электрической 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 основаниями субъектам электроэнергетики или иным лицам. Электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения...». В данном определении основной акцент сделан на экономику и экономические отношения «с использованием производственных и иных имущественных объектов». Такое определение не отражает ни основные цели и задачи электроэнергетики, ни её системное и социальное значение для страны и её регионов, а также упомянутый выше

приоритет потребителя в «комплексе экономических отношений».

Сегодня становится всё более понятным, что электроэнергетика является основой не только функционирования экономики и жизнеобеспечения, но и национальной, энергетической и экологической безопасности любого государства. Она несёт высочайшую социальную ответственность перед потребителями за надёжное, качественное и экономичное энергоснабжение. Более чем столетняя история отечественной электроэнергетики со всей убедительностью свидетельствует о том, что она создавалась несколькими поколениями энергетиков и электротехников как основа развития промышленности и всего народного хозяйства страны, как единый неразрывный процесс производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, как сложный научно-технический комплекс, в котором работают сотни тысяч специалистов технических вузов, научно-исследовательских, проектных, эксплуатационных, строительных, ремонтных, сервисных и других предприятий и организаций. Несомненно, что их взаимодействие не ограничивается только «экономическими отношениями». Оно носит комплексный, системный характер.

Под системным подходом его основоположники и разработчики понимали направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов (И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин), совокупности взаимодействующих объектов (Л. фон Берталанфи); совокупности сущностей и отношений (А. Д. Холл, Р. И. Фейджин, поздний Л. фон Берталанфи) [2]. Основные принципы системного подхода (целостность, иерархичность строения, структуризация, множественность и системность) в полной мере относятся к электроэнергетике и к электрическим сетям, как её важнейшей части.

Теория и методы системного подхода к отечественной энергетике постоянно совершенствуются вместе с её инновационным развитием [3 – 5].

Именно благодаря использованию методов системного подхода и системным исследованиям, удалось создать самую надёжную в мире Единую энергетическую систему (ЕЭС) СССР, которая в сравнительно короткий период помогла развить экономику и промышленность страны, выстоять и победить в жесточайшей Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг., удержать от развала экономику постсоветской России в кризисные 90-е годы XX века [6]. Единая энергетическая система России и созданная автоматизированная система управления ИОАСУ Энергия продолжают развиваться и сегодня с при-

менением новых техники и технологий, методов и алгоритмов управления с учётом современных мировых трендов развития и отечественных условий и особенностей и служат основой для их совершенствования в рамках цифровой трансформации экономики страны и её энергетики [7].

За прошедшие 20 лет реформирования отечественной энергетики с разьединением отрасли на тысячи отдельных предприятий и организаций с различными целями и задачами, с ликвидацией ключевых отраслевых научно-исследовательских и проектных институтов, вопросы системного подхода к стратегическому долгосрочному развитию электроэнергетики России и её регионов стали постепенно уходить на второй план. В соответствии с Федеральным законом «Об электроэнергетике», ставшим основой реформирования, приоритетными в отрасли стали «экономические отношения» в виде: получения прибыли «здесь и сейчас»; увеличения капитализации акционерных обществ; лоббирования интересов акционерных обществ в органах власти; обеспечения успешности и конкурентоспособности на рынке; завоевания высоких рейтингов и т. п. В результате продолжает возрастать число ключевых проблем в отрасли [7, 8].

Вместо взаимоувязанных детально проработанных и технико-экономически обоснованных долгосрочных программ развития энергетики с разбивкой по регионам, объектам, годам с указанием физических объёмов внедрения и финансирования производства, поставки необходимого оборудования и материалов, в отсутствие персонально ответственных за выполнение этих программ, мы имеем декларативные стратегии, технические политики и целевые показатели. В соответствии с этими стратегиями и политиками в России разрабатываются слабо скоординированные инвестиционные планы, отдельные программы и дорожные карты по обеспечению качества электроэнергии, надёжности электроснабжения, снижению потерь в сетях, повышению пропускной способности, модернизации и реконструкции, цифровизации, автоматизации, интеллектуализации сетей, учёта электроэнергии и т. п. Они часто дублируются и противоречат друг другу, не согласуются с экономикой отдельных регионов страны, с реальным техническим состоянием электросетей в этих регионах. Программы реализуются в виде локальных пилотных проектов, эффективность которых достаточно часто оказывается значительно ниже ожидаемой.

Одна из главных причин происходящего — явно недостаточное внимание к разработкам и внедрению комплексных проектов функционирования и развития электрических сетей, как инфра-

структурной части энергосистем, электроэнергетики и экономики страны в целом. Потребность в подобных комплексных проектах растёт по мере внедрения новых техники и технологий передачи и распределения электроэнергии, усложнения режимов работы электрических сетей. Задача состоит не в том, чтобы отчитаться о как можно большем числе пилотных проектов, о повышении индекса цифровизации сетей и «распылить» на это и без того ограниченные средства, а в том чтобы сосредоточить эти средства на нескольких характерных объектах, на примере которых продемонстрировать все преимущества комплексного подхода к внедрению новых технологий для их дальнейшего тиражирования. Для осуществления такой цели должна проводиться большая и скрупулёзная работа по отбору демонстрационных объектов, проектировщиков, разработчиков, производителей оборудования и исполнителей. Должны быть выбраны электросетевые предприятия, в которых персонал, в первую очередь его руководители, захотят и смогут активно содействовать практической реализации проектов. Должны быть назначены квалифицированные генеральные конструкторы таких комплексных проектов, готовые нести ответственность за результаты. При этом государство должно предоставить льготные налоговые условия для выполнения подобных инновационных проектов и обеспечить их финансирование (субсидии), а также содействовать корректировке существующей нормативной базы при успешном внедрении новых технологий.

В октябре 2021 года в Москве прошёл юбилейный двадцатый международный форум «Российская энергетическая неделя» (РЭН-2021), главной темой которого стали климатическая повестка и преодоление кризисов, обусловленных пандемией COVID-19, жёсткой конкуренцией в мире за энергоресурсы и технологии, требующие внедрения новой стратегии современной экологически и социально ориентированной энергетики [9]. Эта стратегия, именуемая для России сбалансированным энергетическим переходом к достижению углеродной нейтральности к 2060 году, должна основываться на новой системе планирования и развития производства, передачи, распределения и потребления энергетических ресурсов, на новых методах системного подхода, анализа и системных исследований с учётом масштабной интеграции возобновляемых и распределённых источников энергии (ВИЭ) в традиционную централизованную энергетику. Доля солнечных и ветряных электростанций в энергобалансе России должна увеличиться с нынешних 0,5 до 4,5 % в 2035 году и до 12,5 % — к 2050 году. Одновременно будут внедряться и дру-

гие типы объектов на основе ВИЭ, накопители электроэнергии, зарядные станции для электромобилей. При этом принципиально изменятся режимы работы электрических сетей, в особенности распределительных, в которых появятся многонаправленные и нестабильные потоки мощности и электроэнергии. Для эффективного управления такими режимами потребуются резервные маневренные пиковые станции и быстродействующее силовое электронное оборудование для резервирования возможных дефицитов мощности при отсутствии солнца или ветра; большие объёмы строительства и модернизации электросетей для создания запасов пропускной способности; новые алгоритмы работы автоматики и релейной защиты.

Необходимость корректировки стратегии развития и соответствующей нормативной базы отрасли в современных условиях подтвердил Первый заместитель Председателя Комитета Государственной думы по энергетике С. Я. Есяков. В частности, он отметил, что ключевой проблемой развития электроэнергетической отрасли в настоящее время является «...разбалансировка интересов участников сформировавшегося электроэнергетического рынка (государство, потребители, население) в сторону ущемления интересов потребителей, субъектов рынка... Все эти процессы приведут к тому, что нам придётся существенно корректировать не так давно принятую «Энергетическую стратегию — 2035» уже в самое ближайшее время ввиду того, что многие из решений, заложенных в стратегию, в том числе финансовых, рискуют оказаться невостребованными в прогрессивно меняющейся энергетической парадигме мира...» [10]. По-видимому, потребуются корректировка не только Энергетической стратегии, но и Федеральных законов «Об электроэнергетике», «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» и др.

Более того, по аналогии с уже действующим ФЗ «О теплоснабжении», необходимы разработка и ввод в действие Федерального закона «Об электроснабжении». В этом законе должны быть установлены основные системные требования и правила оптимального управления и развития национальной системы электроснабжения потребителей, в том числе требования к взаимодействию всех звеньев технологической цепочки производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии; к интеллектуальному учёту электроэнергии; к разработке схем развития, обеспечению надёжности, качества и экономичности электрических сетей.

Энергетическая эффективность — комплексный показатель надёжности, качества и экономичности электроснабжения потребителей

Одним из основных и перспективных путей к достижению углеводородной нейтральности электроэнергетики остаётся энергосбережение и повышение энергетической эффективности на электрических станциях, в электрических сетях и у потребителей. Чем больше электроэнергии мы экономим, тем меньше топлива расходуется и сжигается на её выработку, тем ниже отрицательное влияние энергетики на экологию в целом.

В соответствии с [11], под энергетической эффективностью понимают «...характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведённым в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю». При этом не ясно, что означает «полезный эффект от использования энергетических ресурсов» применительно к электрическим сетям как к техническому объекту и к электросетевым организациям как к юридическим лицам и хозяйствующим субъектам.

Если речь идёт о технологическом процессе передачи и распределения электроэнергии, то полезный эффект этого процесса состоит в оптимальном балансе снижения потерь электроэнергии в электрических сетях, достаточной пропускной способности, обеспечении необходимых уровней надёжности и качества электроснабжения потребителей, недискриминационном доступе к электрической сети для потребителей при минимальных затратах на это обеспечение и приемлемых тарифах на электроэнергию. При этом процесс передачи электроэнергии с нормативным уровнем потерь, но с длительными и частыми перерывами электроснабжения, недопустимыми колебаниями, несинусоидальностью и отклонениями напряжения в точках поставки электроэнергии и с её завышенной стоимостью нельзя назвать энергетически эффективным.

Если субъектом повышения энергоэффективности является юридическое лицо — электросетевая организация, то под полезным эффектом следует понимать суммарный экономический эффект, полученный этой организацией от («использования») оказания услуг по передаче и распределению электроэнергии по электрическим сетям, по технологическому присоединению потребителей.

Отсюда следует, что и в том, и в другом случае термин «энергетическая эффективность» для электрических сетей следует рассматривать значительно

шире, чем энергосбережение в быту, в зданиях и сооружениях, на промышленном предприятии и т. п. Это объясняется целым рядом особенностей электрических сетей как объекта энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе неразрывностью процесса производства, передачи и потребления электроэнергии, тесной связью мер по снижению потерь в сетях, повышению их пропускной способности, а также по обеспечению качества и надёжности электроснабжения потребителей. Отмеченное подтверждает необходимость разработки и ввода в действие новых методов комплексной оценки энергетической и технико-экономической эффективности функционирования и развития электрических сетей как технического объекта, как юридического лица и хозяйствующего субъекта. Такие оценки должны проводиться на различных временных интервалах в зависимости от решаемых задач — от одного часа внутри суток при оперативном управлении режимами сетей до сроков владения энергосберегающей и новой техникой при разработке перспективных инвестиционных планов и программ.

Сравнительный анализ относительных потерь электроэнергии в отечественных и зарубежных электрических сетях

Потери электроэнергии в электрических сетях во всём мире считаются важнейшим (хотя и не единственным) показателем эффективности передачи и распределения электроэнергии. Анализ динамики относительных потерь электроэнергии в электрических сетях России в целом и отдельных электросетевых предприятий, сравнение с потерями в сетях промышленно развитых стран показывает, что для их снижения и для повышения энергетической эффективности отечественного электросетевого комплекса существует большое количество резервов.

Из годовой отчётности ПАО «Россети» [12] следует, что в 2020 году фактические потери составили 8,64 % отпуска электроэнергии в сеть или в абсолютном исчислении — 69 421 млн кВт·ч, в том числе в распределительном комплексе — 8,13 % или 46 391 млн кВт·ч. При этом относительные потери в электросетях отдельных сетевых компаний находятся в диапазоне от 2,67 % (Россети Тюмень) до 34,1 % (Чеченэнерго).

Вместе с тем, благодаря активным действиям персонала ПАО «Россети» наметилась тенденция к снижению потерь электроэнергии. Так за период 2017 – 2020 гг. относительные потери снизились с 9,22 до 8,64 %, в том числе в распределительном комплексе — с 8,35 до 8,13 %.

Известно, что по сетям ПАО «Россети» передаётся около 80 % электро-

энергии, вырабатываемой в России [12]. Если учесть потери электроэнергии в электрических сетях, не входящих в ПАО «Россети», в том числе в сетях промышленных предприятий, ОАО «РЖД» и других, оказывающих услуги по передаче электроэнергии, то суммарные относительные потери в электрических сетях России (по данным Минэнерго России) составят около 10,3 %. В абсолютном исчислении это соответствует примерно 100 млрд кВт·ч в год [13, 14].

Указанные цифры требуют уточнения в связи с тем, что до сих пор отсутствуют утверждённые методики расчёта фактических потерь и баланса электроэнергии в магистральных и распределительных сетях ПАО «Россети», в территориальных сетевых организациях, в электрических сетях России в целом и с разбивкой по субъектам Российской Федерации. Проекты таких методик были разработаны более 10 лет назад, но так и не были введены в действие и не получили практического применения.

Относительные потери электроэнергии в электрических сетях промышленно развитых стран находятся в пределах 2 – 7 %, в том числе в Сингапуре — 2 %, Германии — 3,9 %, Финляндии — 4,1 %, США — 5,9 %, Италии — 7 %. Эти страны относятся к странам с высоким внутренним валовым продуктом (ВВП) по паритету покупательной способности (ППС) на душу населения, превышающим 50 тыс. долл. США. В то же время в странах с ВВП по ППС ниже 10 тыс. долл. США — Нигерии, Кении, Танзании, Эфиопии, Индии относительные потери в сетях составляют 16 – 19 %, а в Камбодже и Йемене с ВВП 2,6 – 2,8 тыс. долл. США — потери в сетях — 23 – 25 %. Средневзвешенные относительные потери электроэнергии в электрических сетях стран мира в целом составляют примерно 8,3 % [13].

Таким образом, даже по укрупнённым оценкам относительные потери электроэнергии в сетях России в 1,2 раза выше, чем средние общемировые, и в 1,5 – 2,5 раза выше, чем в сетях промышленно развитых стран. Хотя относительные потери в распределительных сетях ПАО «Россети» и приблизились к среднемировым, именно в этих сетях имеется наибольший потенциал для их дальнейшего снижения. По экспертным оценкам он составляет по стране в целом от 15 до 20 млрд кВт·ч в год [14]. Большие резервы сохраняются и в обеспечении надёжности и качества электроснабжения потребителей в этих сетях [15].

Сравнительный анализ относительных потерь электроэнергии в электрических сетях различных стран показывает, что имеется достаточно тесная связь потерь не только с их параметрами и режимами, но и с экономикой этих

стран. В странах с более развитой экономикой, где относительные потери сравнительно ниже, как правило, выше техническая культура производства, передачи и распределения электроэнергии, используются современные системы управления режимами работы электрических сетей и систем, контроля и учёта электроэнергии, более совершенная нормативно-правовая база и система тарифного регулирования [14].

Необходимо заметить, что простое сравнение относительных потерь электроэнергии в естественных и зарубежных электрических сетях, а также внутри стран, не всегда корректно без анализа факторов, влияющих на уровень технических и нетехнических потерь. Это означает, что каждая электрическая сеть с учётом этих факторов в данный момент времени имеет свой технико-экономически обоснованный уровень. Поэтому потери в Нигерии не могут сегодня быть такими же, как в Сингапуре. Но из этого также следует, что в Сингапуре, несмотря на сравнительно низкие потери, не могут быть неиспользованные резервы их дальнейшего снижения. То же можно сказать и о сравнении относительных потерь в сетевых компаниях России. В частности, относительные потери в сетях Кубаньэнерго 10,04 % нельзя снизить до уровня 2,67 % Россети Тюменьэнерго в связи с существенными различиями в структуре сетей, потреблении электроэнергии и других влияющих факторах.

Потери электроэнергии в электрических сетях, как известно, состоят из технической и нетехнической (коммерческой) составляющих, имеющих различную физическую природу и структуру, зависящих от множества факторов [14].

Уровни технических потерь могут существенно отличаться в электрических сетях различных компаний и стран в зависимости:

- от схемных параметров (протяжённости и конфигурации электрических сетей и их разветвлённости; марок проводов и кабелей, типа, мощности и количества трансформаторов и трансформаций электроэнергии от её производства до потребления; числа линий на территории электросетевого обслуживания, структуры электрических сети по ступеням номинального напряжения и т. п.);

- режимных параметров (активных и реактивных нагрузок линий, трансформаторов и прочего сетевого оборудования; уровней напряжения в электрических сетях; структуры перетоков (транзитов) мощности и электроэнергии, дефицитности или избыточности по мощности и электроэнергии региона, на территории которого расположена электрическая сеть);

- продолжительности расчётного периода: характерных суток (рабочих и нерабочих), месяца, квартала, года

и климатических условий в каждый из названных периодов (температуры, влажности воздуха и скорости ветра и т. п.);

- качества электроэнергии;
- технического состояния сетей, надёжности их работы, числа и продолжительности ремонтных и послеаварийных схем сетей и их режимов в расчётном периоде, потери электроэнергии в которых выше, чем в нормальных режимах работы;

- объёма и эффективности мероприятий по снижению технических потерь, организации работы в электросетевой организации по их внедрению;

- методической и информационной погрешности расчёта технических потерь электроэнергии.

Нетехнические потери электроэнергии существенно зависят:

- от уровня развития экономик отдельных стран и регионов внутри стран, платёжеспособности потребителей, гибкости и прозрачности тарифной политики в части оплаты за электроэнергию;

- объёма, эффективности и уровня организации работ по внедрению мероприятий по совершенствованию расчётного и технического учёта электроэнергии, метрологического обеспечения учёта, его автоматизации и интеллектуализации;

- эффективности взаимодействия электросетевых, энергосбытовых организаций, правоохранительных и административных органов исполнительной власти по снижению уровня неплатежей за потреблённую электроэнергию, её бездоговорного и безучётного потребления;

- квалификации персонала электросетевых и энергосбытовых организаций, его мотивации в выявлении, локализации и устранении нетехнических потерь электроэнергии.

Эти и многие другие факторы следует учитывать при рейтинговой оценке электросетевых компаний [16], изучении и использовании лучших зарубежных и отечественных практик, при разработке конкретных программ повышения энергетической и экономической эффективности электрических сетей.

Новые возможности и риски системного подхода к повышению энергетической и экономической эффективности в электрических сетях нового технологического уклада

Многолетний практический опыт показывает, что повышение энергетической и экономической эффективности электрических сетей в мире — сложные, комплексные, технико-экономические задачи. Главная сложность состоит в том, что экономически обоснованный уровень потерь электроэнергии, надёжности и качества элек-

троснабжения в электрических сетях необходимо определять, уточнять и поддерживать на всех этапах жизненного цикла: при проектировании, строительстве, эксплуатации, ремонтах, реконструкции, модернизации и даже на стадии замены и утилизации отработавшего свой ресурс оборудования, если замена и утилизация задерживаются, а потери электроэнергии при использовании старого оборудования растут.

Неквалифицированные действия или ослабление внимания персонала на любом из перечисленных этапов неизбежно приводят к ухудшению всех показателей эффективности электроснабжения. Перечень мероприятий и программы по повышению энергетической и экономической эффективности передачи и распределения электроэнергии должны распространяться на все этапы жизненного цикла оборудования. Существует большое число организационных и мало затратных целевых оперативных и эксплуатационных мероприятий. Как правило, основной эффект дают мероприятия, требующие дополнительных капиталовложений. Они должны быть экономически обоснованы с использованием современных методов комплексной оценки энергетической и технико-экономической эффективности функционирования и развития электрических сетей как технического объекта, юридического лица и хозяйствующего субъекта. Такие оценки для электросетевого комплекса должны проводиться на различных временных интервалах в зависимости от решаемых задач при разработке перспективных инновационных планов и программ, предусмотренных Концепцией цифровой трансформации 2030 ПАО «Россети» [17]. Целевые ориентиры компании на 2030 год, включая установленный уровень относительных потерь электроэнергии в размере 7,34 %, представлены на рисунке.

В концепции обозначен стратегический путь достижения этих целей на основе инновационного развития, перехода к электрическим сетям нового технологического уклада с повышенными требованиями к надёжности, качеству и экономичности электроснабжения, доступности, управляемости и клиентоориентированности, на основе перехода к Интернету энергии, с помощью которого между потребителями и энергоснабжающими организациями осуществляется беспрепятственный энергетический и информационный обмен.

Одно из главных отличий таких сетей от существующих — наличие единого профиля информационной модели электрической сети (ЕПИМЭС) на основе Common Information Model (CIM-модели), международных стандартов IEC 61970, IEC 61968. ЕПИМЭС позволяет создать унифицированный формат об-



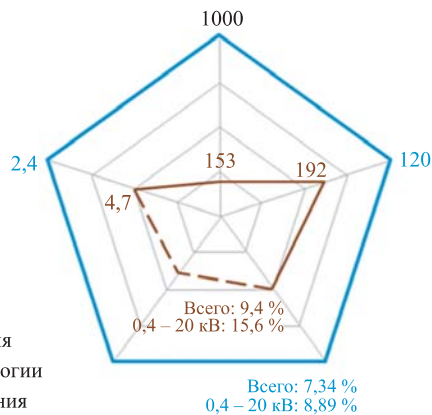
ЦЕЛЕВЫЕ ОРИЕНТИРЫ КОМПАНИИ

НАДЁЖНОСТЬ

- SAIDI 2,4
- SAIFI 0,92
- Технологические нарушения (ТН)
- Время ликвидации ТН

АДАПТИВНОСТЬ

- Новые рыночные условия
- Новые цифровые технологии
- Новые модели потребления
- Новые сервисы
- Люди/компания



АКЦИОНЕРНАЯ СТОИМОСТЬ

- Оценка по EV/EBITDA

ДОСТУПНОСТЬ

- Срок техприсоединения для потребителей до 150 кВт
- Стоимость подключения
- Количество этапов

ЭФФЕКТИВНОСТЬ

- Уровень потерь
- OPEX –30 %
- CAPEX –15 %

— 2018
— 2030

Целевые ориентиры цифровой трансформации ПАО «Россети» [17]

мена данными между разнородными программно-техническими комплексами, модульно наращивать их число и обеспечивать их взаимодействие. Подобный обмен позволит принимать оптимальные управленческие решения, анализировать информацию о состоянии оборудования, прогнозировать режимы работы электрических сетей и их загрузку, оценивать вероятность и последствия отказов для снижения рисков выхода оборудования из строя путём своевременного адресного ремонта или замены и многое другое.

Более подробная информация об этапах и перспективах создания ЕПМЭС на основе СИМ-моделей в России содержится в [18]. Методической основой создания СИМ-модели является онтологическая модель деятельности электросетевого предприятия — целостная динамическая модель развивающегося предприятия, позволяющая системно структурировать и описывать его деятельность по задачам, организационным структурам, территориям и объектам, организовывать и транслировать его опыт, накопленный в конкретных ситуациях в течение всего жизненного цикла [19]. Такая модель практически полностью соответствует рассмотренным принципам системного подхода.

Наиболее важными результатами формирования единой цифровой среды являются:

интеграция и объединение прикладных ИТ-систем на различных иерархических уровнях, обмен данными в технологических и корпоративных информационных системах на основе СИМ-модели;

интеграция сетевых информационных (технологических и корпоративных) систем, обеспечивающая обмен данными между сетевыми компаниями, удалёнными друг от друга объектами и все-

ми заинтересованными участниками взаимодействия, связанными технологическими процессами с использованием платформенных решений;

разработка цифровых моделей прогнозов и планирования, предназначенных для принятия и оценки решений в оперативном управлении и при проектировании на основе применения новых информационных технологий [цифрового двойника, обработки больших массивов данных (Big Data), методов искусственного интеллекта (Artificial Intelligence), машинного обучения (Machine Learning)] [17, 18].

Одним из основных источников оперативной информации для СИМ-моделей, формирования цифровых двойников электрических сетей, оперативного мониторинга балансов и потерь, показателей качества электроэнергии, коэффициентов мощности становится активно формирующаяся в настоящее время система интеллектуального учёта электроэнергии [13, 14].

Цифровое управление должно обеспечивать формирование единой цифровой информационной и корпоративной среды по следующим процессам электросетевой компании: инвестиционной деятельности; капитальному строительству; финансам, экономике и бухгалтерскому учёту; закупочной деятельности; управлению рисками; управлению знаниями и персоналом; правовому обеспечению; управлению собственностью; управлению производственными активами; реализации услуг; логистике [17].

Следует заметить, что комплексная реализация всех перечисленных задач планируется на третьем этапе цифровой трансформации — к 2030 году. Частично они выполняются уже сейчас. По предварительным оценкам цена решения составляет не менее 1,3 трлн рублей [20]. Пока неясно, как такой объём

затрат может отразиться на тарифах для потребителей электроэнергии; какие риски появятся на пути создания новых сетей; какие кибернетические опасности возникнут по мере внедрения новых технологий; как быстро можно будет подготовить специалистов нужной квалификации для управления новыми сложными процессами и для подготовки, анализа, актуализации и использования огромных объёмов информации; какое место займут эти специалисты среди цифровых двойников и робототехники. Также непонятно, какие затраты потребуются на сопровождение, эксплуатацию и обновление новых программно-технических комплексов, цифровых технологий и техники, на их кибернетическую защиту [21, 22]. Все эти риски следует предвидеть, оценить и преодолеть в ближайшие годы в ходе работы над комплексными пилотными проектами перед их последующим широким тиражированием.

Создание электрической сети нового технологического уклада на основе объединения новых функций и информационных моделей электрических сетей и интеллектуального учёта электроэнергии позволяет подойти к комплексному системному решению задачи повышения энергетической эффективности. Практические шаги в этом направлении уже проводятся [23].

Выводы

1. Повышение энергетической и экономической эффективности электросетевого комплекса — системная стратегическая задача, включающая практически все сферы и временные уровни деятельности электросетевых компаний — от оперативного управления режимами электрических сетей до их долгосрочного перспективного развития и модернизации.

2. Системный подход к повышению энергетической и экономической эффективности электрических сетей, основной инфраструктурной составляющей отечественной электроэнергетики, был определяющим на всех стадиях её исторического развития за исключением последних двух десятилетий реформирования отрасли. В результате реформирования в электрических сетях накопилось много ключевых проблем, решение которых возможно только на основе их инновационного развития с учётом положительного опыта прошлых лет и мировых трендов развития.

3. В сложившихся условиях, а также с учётом намеченного к 2050 году сбалансированного энергетического перехода в России к углеводородной нейтральности на основе масштабного внедрения объектов на основе ВИЭ, распределённой энергетики, накопителей энергии и т. п., системный подход к управлению функционированием и развитием электроэнергетики и электрических сетей становится особенно необходимым.

4. Новые цифровые технологии, внедрение методов многоцелевой оптимизации управления режимами, эксплуатацией электрических сетей и бизнес-процессами, методов искусственного интеллекта, создание единого профиля информационной модели сети на основе соответствующих международных стандартов предоставляют новые возможности для эффективного применения системного подхода, анализа и системных исследований в электрических сетях.

5. Новая парадигма развития отечественной энергетики потребует коренного совершенствования нормативно-правовой базы её стратегического развития на долгосрочный период, пересмотра стандартов и правил управления функционированием и развитием отрасли, повышения качества подготовки и повышения квалификации электросетевого персонала.

6. Электроэнергетика России — основа экономической, экологической, энергетической и национальной безопасности страны и обеспечения качества жизни её населения. Государство совместно с отраслевой наукой, проектными организациями и экспертным сообществом должно осуществлять ведущую роль в совершенствовании нормативно-правовой базы и стандартизации электроэнергетики, в разработке и внедрении современных и перспективных методов оптимизации инновационного развития отрасли, оценки экономической эффективности.

7. Академик Сергей Глазьев в одной из своих статей, говоря о путях развития стратегического развития отечественной экономики, справедливо отметил [24]: «...необходим переход к принципиально иной макроэкономической по-

литике, соответствующей принципам нового мирохозяйственного уклада...», в основе которого должны лежать: «...сочетание институтов государственного планирования и рыночной самоорганизации, государственного контроля над основными параметрами воспроизводства экономики и свободного предпринимательства, идеологии общего блага и частной инициативы, а также приоритет общенародных интересов над частными, который выражается в жёстких механизмах личной ответственности граждан за добросовестное поведение, чёткое исполнение своих обязанностей, соблюдение законов, служение общенациональным целям...». Отмеченное в полной мере относится к основам и принципам стратегического развития отечественной электроэнергетики, повышения её энергетической и экономической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергия во благо человечества: повестка дебатов в 2021 году // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 2(65). С. 6 – 8.

2. Системный подход. [Электронный ресурс]. URL: <https://bit.ly/3u5hfrp>.

3. Мелентьев Л. А. Системные исследования в энергетике. Элементы теории, направления развития. — М.: Наука, 1979. — 456 с.

4. Воропай Н. И. Обоснование развития электроэнергетических систем: методология, модели, методы, их использование / Н. И. Воропай, С. В. Подковальников В. В. Труфанов и др.; Отв. ред. Н. И. Воропай. — Новосибирск: Наука, 2015. — 448 с.

5. Системные исследования в энергетике: методология и результаты / Под ред. А. А. Макарова и Н. И. Воропая. — М.: ИЭИ РАН, 2018. — 309 с.

6. Воротицкий В. Э. Знание истории отечественной электротехники и электроэнергетики — базовая основа их перспективного развития // Энергетик. 2021. № 9. С. 27 – 35.

7. Функционирование и развитие электроэнергетики в эпоху цифровизации. Под ред. Н. Д. Роголёва. — М.: Изд-во МЭИ, 2021. — 272 с.

8. Воротицкий В. Э. Решение проблем электроэнергетики России должно быть системным, квалифицированным и клиентоориентированным // Энергетик. 2018. № 6. С. 14 – 21.

9. Российская энергетическая неделя (РЭН-2021) // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 6(69). С. 6 – 14.

10. Развивать энергетическую инфраструктуру во благо потребителей // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 4(67). С. 18 – 23.

11. Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодатель-

ные акты РФ». [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=394824>.

12. ПАО «Россети» — Интерактивный годовой отчёт 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://ar20.rosseti.ru>.

13. Воротицкий В. Э., Могиленко А. В. Снижение потерь электроэнергетики в распределительных электрических сетях. Сравнительный анализ зарубежного и отечественного опыта. Часть 1 // Библиотечка электротехника. 2021. Вып. 4 — 5 (268 – 269). — 144 с.

14. Воротицкий В. Э. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях: справочно-метод. изд. — М.: Интехэнерго-Издат, «Теплоэнергетик», 2016. — 336 с.

15. Воротицкий В. Э. Организация комплексного процесса управления качеством электроэнергетики — приоритетная задача энергетической стратегии развития России / В. Э. Воротицкий, Ю. А. Дементьев, Г. Б. Лазарев, Ю. Г. Шакарян // Электроэнергия. Передача и распределение. 2017. № 4(43). С. 8 – 19.

16. Рейтинг электросетевых компаний // Энергетика и промышленность России. Специальный выпуск, сентябрь 2019. — 28 с. [Электронный ресурс]. URL: https://ensons.ru/images/uploads/2019/10/russian_energy_sep-2019.pdf.

17. Концепция «Цифровая трансформация 2030». [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf.

18. Богомолов Р. А. Создание CIM-модели в АО «СО ЕЭС» // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 2(65). С. 26 – 31.

19. Онтология деятельности и системы управления в энергетике Цифровая трансформация электроэнергетики. Презентация Минэнерго РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1644762503&fld=ru&lang=ru&name=2>.

20. Цифровая трансформация «Россетей» за 1,3 трлн рублей. Разбор основных положений программы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>.

21. Воротицкий В. Э. О цифровизации в экономике и энергетике // Энергетик. 2019. № 12. С. 6 – 14.

22. Россети Цифровая трансформация 2030: риски и вызовы проекта в общеэкономическом контексте [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>.

23. Смирнов А., Созинов И. Снижение потерь электроэнергетики. Оптимизация режима сети и применение цифровых технологий // Электроэнергия. Передача и распределение. Ежеквартальный спецвыпуск. 2021. № 1(20), март. С. 14 – 18.

24. Глазьев С. На экономическом фронте без перемен // Аргументы недели. № 11(806), среда 23 марта 2022, с. 1, 8 – 9.