

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-1-45-51>

УДК 621.311

Надежность объектов распределенной энергетики

Бык Ф. Л., Мышкина Л. С.*

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

пр-т К. Маркса, 20, 630073, г. Новосибирск, Россия

Поступила / Received 15.12.2020

Принята к печати / Accepted for publication 02.03.2021

Причиной появления первой распределенной генерации в России стали высокие требования к надежности электроснабжения электроприемников особой группы первой категории надежности. Для обеспечения бесперебойной работы использовали дизельные установки. Высокие затраты на технологическое присоединение потребителей первой и второй категории надежности усилили тенденцию установки резервного энергоисточника в системах электроснабжения предприятий. Однако его использование сопровождается снижением экономической эффективности предприятий из-за дополнительных затрат на поддержание в работоспособном состоянии. Как результат: газификация обусловила замену дизельных на газопоршневые генераторы и их перевод из резервных агрегатов в режим основного энергоисточника, функцию резервирования выполняет система централизованного электроснабжения. Создание таких промышленных миниридов, как правило, работающих в режиме без выдачи мощности в сеть, негативно отражаются на стоимости электроэнергии для других потребителей и эффективности функционирования ЭЭС России (с уходом промышленных предприятий от централизованного электроснабжения возрастает доля коммунальных и непромышленных потребителей, что требует увеличения маневренности энергоисточников). Создание сбалансированных энергетических ячеек, осуществляющих энергоснабжение населения и предприятий малого и среднего бизнеса и оказывающих услуги населению, в отличие от промышленных микроридов, не сопровождается негативными эффектами, указанными выше. В России существуют единичные примеры таких систем, работающих в режиме без выдачи мощности в сеть. Необходимы изменения, позволяющие активным потребителям выдавать в сеть избыточные мощности в часы пиковых нагрузок в ЭЭС России, для чего сетевым компаниям необходимо разрешить работу как минимум в режиме без выдачи энергии в сеть, что не приведет к снижению доходов сетевых компаний от услуг по передаче электроэнергии. Внесение указанных изменений ведет не только к повышению надежности электроснабжения, но и к повышению экономической эффективности ЭЭС России, что позволит снизить цену на мощность и электроэнергию на оптовом рынке.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: распределенная энергетика, объект распределенной энергетики, малая генерация, доступность, бесперебойность электроснабжения

Адрес для переписки:

Мышкина Л. С.
ФГБОУ ВО «НГТУ», кафедра АЭЭС
пр-т К. Маркса, д.20, 630073, г. Новосибирск, Россия
e-mail: Lsmyskhkina@gmail.com

Address for correspondence:

Myshkina L.
Novosibirsk State Technical University, Automated Electrical
Power Systems Department
Prospekt K. Marksa, 20, 630073, Novosibirsk, Russia
e-mail: Lsmyskhkina@gmail.com

Для цитирования:

Бык Ф. Л., Мышкина Л. С. Надежность объектов распределенной энергетики. Надежность и безопасность энергетики. 2021 – Т. 14, №1. – С. 45 – 51.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-1-45-51>

For citation:

Byk F., Myshkina L., [Reliability of distributed energy facilities]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2021. vol. 14, no. 1, pp. 45–51 (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2021-14-1-45-51>

Reliability of distributed energy facilities

Byk F., Myshkina L.*

Novosibirsk State Technical University

20 Prospekt K. Marksa, 630073, Novosibirsk, Russia

The reason for the appearance of the first distributed generation in Russia was the high requirements to the reliability of power supply to power consumers of a special group of the first category of reliability. Diesel generating units were used to ensure uninterrupted operation. High costs for technological connection of consumers of the 1st and 2nd categories of reliability have strengthened the tendency to install a backup energy source in the enterprises' own power supply systems. However, setting reserves leads to a decrease in economic efficiency. There are additional costs for maintaining the reserve in a working condition. As a result, enterprises transfer the backup units to the mode of the main power source, and that of the backup function to the centralized power supply system. The creation of such industrial MiniGrid operating in a mode without power supply to the grid increases the cost of electricity for other consumers. Besides, with the departure of industrial enterprises from the centralized power supply, the share of communal and non-industrial consumers is growing. This requires an increase in the manoeuvrability of energy sources. The creation of balanced Energy Cells for energy supply to the population and small and medium-sized businesses that provide services to the population is not accompanied by the negative effects indicated above. In Russia, there are isolated examples of such systems, similarly operating in a mode without supplying power to the grid. Changes are needed to allow active consumers to supply excess capacity to the grid during peak hours in the UES of Russia, for which the grid companies need to be allowed to operate at least in a mode without supplying power to the grid, which will not lead to a decrease in grid companies' revenues from electricity transmission services. The introduction of these changes does not only lead not only to an increase in the reliability of power supply but also to an increase in the economic efficiency of the UES, which will reduce the price of electricity.

KEYWORDS: distributed energy, distributed energy facility, distributed generation, availability, uninterrupted power supply

Требования по обеспечению надежности электроснабжения потребителей особой группы первой категории надежности можно считать причиной появления первой в России распределенной генерации. Бесперебойная работа таких потребителей, как известно, необходима для предотвращения аварийного останова производства с целью исключения угрозы жизни людей и повреждения дорогостоящего оборудования. У ответственных потребителей устанавливались резервные дизельные (ДГУ), а позже и газопоршневые установки (ГПУ) (рисунок 1), оснащаемые различной автоматикой, к примеру, с автоматическим включением резерва (АВР).

В сочетании с резервным генератором, в силу време-

ни задержки его старта от 2 до 15 минут, что не отвечает требованиям особо чувствительного к времени прерывания питания оборудования, на практике часто применяются источники бесперебойного питания (ИБП), позволяющие сохранить электроснабжение в течение этого времени.

С достижениями научного прогресса, расширением номенклатуры ИБП и систем накопления энергии значительное распространение получили литиево-ионные батареи. Преимуществом литиево-ионных накопителей являются хорошие маневренные характеристики и относительно невысокая стоимость мощности. Можно указать на примеры применения таких ИБП

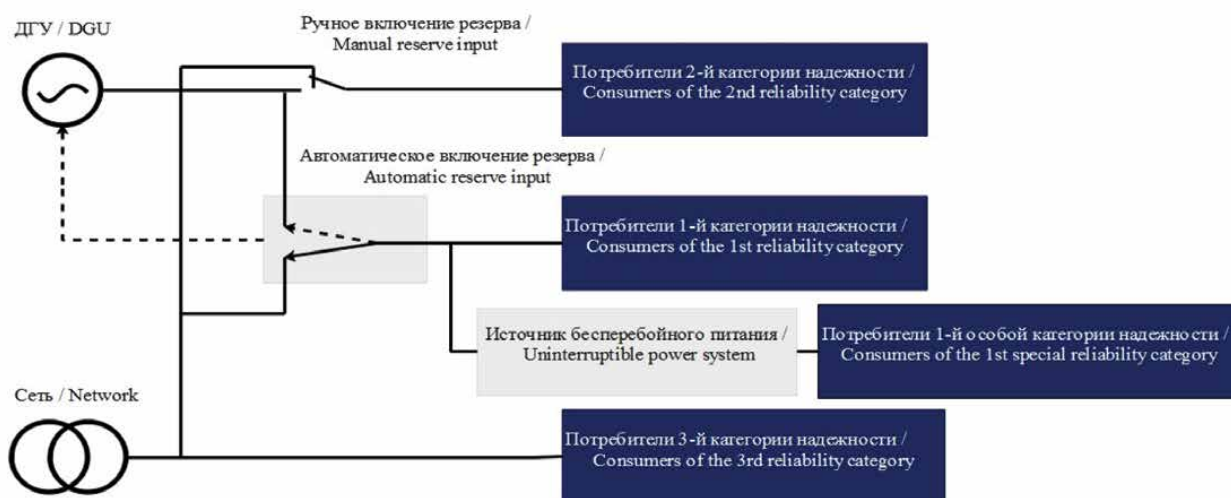


Рисунок 1. Система электроснабжения потребителей различной категории надежности: ДГУ — дизельная генерирующая установка
Figure 1. Power supply system for consumers of various reliability categories: DGU — diesel generation unit

на крупных подстанциях ПАО «ФСК» для обеспечения бесперебойного электроснабжения средств оперативно-диспетчерского управления, релейной защиты и противоаварийной автоматики, пусковых и исполнительных органов коммутационного оборудования. Сегодня их применение обязательно при электроснабжении информационных систем по сбору и обработке данных, к примеру, в банках, в системах автоматики технологического управления, созданных на микропроцессорной базе и прочее.

Значительная разница в стоимости технологического присоединения потребителей первой, второй и третьей категорий надежности обусловили усиление тенденции установки резервных энергоисточников. Есть примеры, где в качестве резервного источника используется ГПУ мощностью 12 МВт.

Объекты распределенной генерации можно разделить по мощности на три укрупненные группы [1–3]: микро-генерация с агрегатами до 100 кВт, мини-генерация с агрегатами от 100 кВт до 1 МВт, малые генераторы от 1 МВт до 10 МВт. Указанная классификация не является общепринятой как за рубежом, так и в России. В России к станциям малой мощности принято относить источники до 25 МВт. Указанное разделение нормативно не установлено, но отражает отличия этих станций, учтенные в технологическом регламенте на присоединение к сетям и в правилах предоставления информации для осуществления оперативно-диспетчерского управления. Важным отличием агрегатов мини и малой генерации является значение их генераторного напряжения, влияющее на технические решения по их технологическому присоединению.

Установка резервных генераторов значительно повышает бесперебойность электроснабжения, однако ведет к снижению экономической эффективности предприятий в силу затрат на установку и поддержание в работоспособном состоянии. Поэтому многие предприятия, имеющие у себя резервные ГПУ, осуществляют их перевод в режим основного источника, а функцию резервирования в таком случае несет внешняя система централизованного электроснабжения. При этом расходы на поддержание резервных генераторов в работоспособном состоянии сопоставимы с расходами на их поддержание в рабочем. Износ паркового ресурса находящихся под нагрузкой генераторов требует большего технического обслуживания и ремонтов, но получаемые предприятием экономические эффекты позволяют это делать без дополнительных издержек для основного производства. Выгода от сокращения расходов на электроэнергию, получаемую из централизованной системы электроснабжения, очевидна, так как ее стоимость значительно выше себестоимости энергии, произведенной на собственных энергоустановках. Одновременно с этим стоимость технологического присоединения по первой и второй категории надежности значительно отличается от стоимости присоединения по третьей. Поэтому для решения задачи повышения надежности и экономичности электроснабжения предприятия осуществляют технологическое

присоединение по третьей категории надежности, но устанавливают независимый источник питания [4]. Такое решение позволяет обеспечить надежное комбинированное двух- и трехстороннее электроснабжение и экономичность электроснабжения, что наиболее актуально в условиях действующей политики перекрестного субсидирования.

Фактически создаются собственные системы электроснабжения предприятий, где используются энергоисточники различной мощности, способные находиться в рабочем состоянии длительное время и работать в режиме «следование за нагрузкой». Указанный режим, исключающий выдачу мощности в сеть, определяется требованиями территориальных сетевых организаций при технологическом присоединении.

Выбранный промышленными предприятиями курс на создание систем электроснабжения на основе распределенной генерации очевиден и продолжает нарастать. В качестве примеров можно привести множество предприятий из различных отраслей экономики: ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Лукойл», Тепличный комбинат «ЛипецкАгро», Тепличный комбинат «Майский», Нижнетагильский металлургический комбинат (группа компаний Evraz) и другие. Также следует отметить решение Правительства по созданию промышленных минигрид, получивших название «Активный энергетический комплекс» (АЭК), создаваемых на основе малой распределенной генерации до 25 МВт, собственной электрической сети 0,4–10 кВ и энергопринимающих устройств нескольких промышленных предприятий, а также крупных коммерческих центров [5, 6].

Экспертами НТИ «Энерджинет», РНК СИГРЭ, Энергетического центра Сколково и другими отмечается, что в России установленная мощность объектов распределенной генерации, по различным научно-практическим оценкам составляет от 13 ГВт до 23 ГВт [1–5, 7].

Указанная тенденция обусловлена наличием у крупных предприятий собственных электрических сетей среднего и низкого напряжения, образующих их схему электроснабжения, а также собственного земельного участка, достаточного для размещения генерирующих энергоустановок. При существующих конечных ценах на электроэнергию срок окупаемости энергоисточников в зависимости от режима их загрузки составляет от 3 до 5 лет, что определяет целесообразность капиталовложений в создание локальной системы электроснабжения промышленных предприятий.

Объекты распределенной энергетики

В литературе встречаются различные обозначения локальных энергосистем и систем электроснабжения, созданных на основе распределенной генерации: MicroGrid, MiniGrid, Energy Cell (Энергетическая ячейка) и другие [2, 3, 8]. Однако однозначная общепринятая классификация, позволяющая понять отличия между ними, отсутствует. В рамках данной статьи для анализа выделяются промышленные минигрид и коммунальные энергетические ячейки как объекты распределенной

энергетики, создаваемые на основе малой генерации и имеющие возможность присоединения к распределительным сетям среднего напряжения (рисунок 2).

Под энергетическими ячейками предлагается понимать избыточные или сбалансированные по нагрузке и генерации объекты распределенной энергетики на основе малой генерации до 25 МВт. Энергетические ячейки, в отличие от промышленных минигрид, направлены на энергоснабжение коммунально-бытовых и мелкомоторных потребителей, способны функционировать в автономном (изолированном) режиме при соблюдении требований по поддержанию уровня балансовой и режимной надежности и обеспечивать бесперебойность электроснабжения входящих в ее состав потребителей.

Отметим, что массовое распространение малой генерации в России произошло благодаря изменению топливно-энергетического ландшафта и реализации программы газификации страны. Благодаря данной программе уровень газификации в России составляет на начало 2021 г. около 70% [9], создались условия производства электроэнергии в непосредственной близости от потребителей. Фактически, разветвленная система газопроводов становится некой альтернативой электросетевому комплексу.

Можно ожидать развитие российской распределенной энергетики, направленное на создание локальных энергосистем на основе малой распределенной генерации (МРГ) на природном газе с их интеграцией в состав региональных систем электроснабжения. Это обеспечит повышение доступности технологического присоединения и бесперебойности электроснабжения потребителей. Указанное сопровождается снижением потребления от централизованной системы электроснабжения

и, соответственно, ростом сетевой составляющей конечной стоимости электроэнергии на розничном рынке [10] при одновременном снижении стоимости энергии на оптовом рынке за счет исключения «дорогой» генерации из графика покрытия нагрузки.

Для упорядочивания процесса энергетического перехода в отдельных субъектах РФ разрабатываются концепции и программы развития распределенной энергетики на основе малой генерации, в том числе работающей на ВИЭ. Главными целями этих документов является привлечение частных инвестиций в региональную электроэнергетику для повышения надежности энергоснабжения и качества электрической энергии, стабилизации темпов роста цены на электроэнергию для потребителей. Важным моментом является применение автоматических систем децентрализованного управления на основе Smart Grid решений для повышения технической и экономической эффективности процессов производства и передачи электрической энергии [1, 2, 8].

Однако процесс реализации развития распределенной энергетики и создания локальных систем электроснабжения тормозится тремя субъектами:

- региональной территориальной сетевой организацией (РСК) как подразделением ПАО «Россети»,
- районным диспетчерским управлением (РДУ) как филиалом ПАО «Системного оператора»,
- гарантирующим поставщиком (ГП) как энергосбытовой организацией выполняющей функции оператора розничного рынка.

Противостояние указанных субъектов обусловлено ожидаемыми рисками от появления объектов распределенной энергетики (ОРЭ). К основным опасениям можно отнести потерю контроля и управления за развитием и функционированием региональной электроэнергетики. РСК опасаются выпадающих доходов от снижения объемов передачи электроэнергии и сокращения объема инвестиций в развитие сетевого комплекса. Для РДУ увеличивается многообразие схемно-режимных состояний системы за счет появления элементов децентрализованного управления, усложняющих работу РДУ. Для ГП риски связаны с появлением независимых конкурентоспособных поставщиков электроэнергии.

Влияние указанных субъектов значительно за счет сформированной необходимой и достаточной нормативно-правовой базы и поддержки на федеральном уровне, так как обычно их основным собственником является государство. Их позиция сегодня во многом ограничивает внедрение достижений научно-технического прогресса, сдерживает переход к инновационному развитию электроэнергетики. Поэтому главным направлением для энергетического перехода необходимо рассматривать создание благоприятных условий для появления ОРЭ. В настоящее время приоритетом должно стать совершенствование законодательства и устранение существующих административных барьеров.

Стремление повысить доступность и бесперебойность электроснабжения ведет к поиску новых, более эффективных технических средств производства и передачи электроэнергии, а также соответствующих органи-

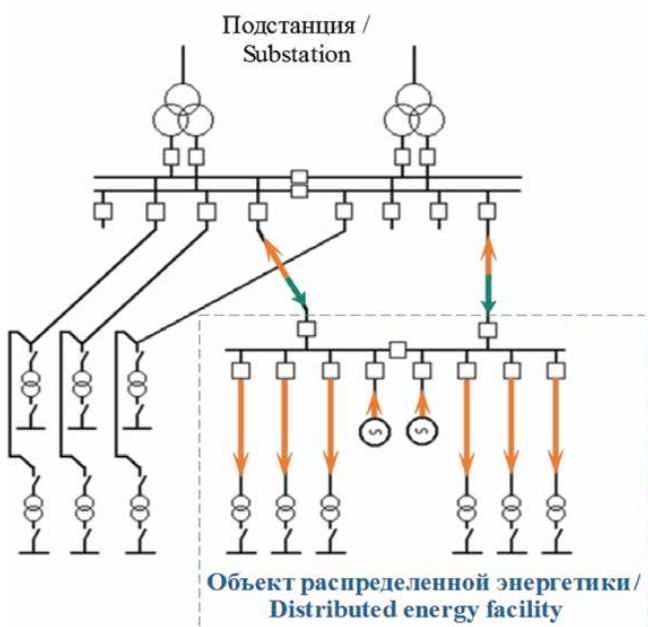


Рисунок 2. Схема присоединения объекта распределенной энергетики к сетям энергорайона

Figure 2. Scheme of connecting a distributed energy facility to the grids of the power district

зационно-экономических отношений, обеспечивающих гармоничное сочетание систем децентрализованного и централизованного управления функционированием и развитием электроэнергетики на основе ее цифровизации.

Эффекты создания ОРЭ

Эффективность создания ОРЭ во многом анализируется в рамках принятой правительством «дорожной карты» НТИ «Энерджинет», направленной на определение необходимых мероприятий для ее обеспечения.

Однако важной задачей является поиск решения и направления развития ОРЭ, при котором эффекты создания будут наблюдаться не только для отдельных предприятий, а для всей региональной системы электроснабжения.

Наличие однозначных и общепринятых критериев откроют дорогу новым техническим решениям и технологиям для получения полезных и значимых эффектов в интересах потребителей. Именно эффекты, обеспечивающие социально-экономическое развитие регионов, федеральных округов и страны в целом, следует относить к системным.

В качестве ключевого критерия предлагается рассматривать влияние ОРЭ на повышение надежности и доступности электроснабжения как с позиций технической, так и экономической эффективности.

Рассмотрим ОРЭ, создаваемые промышленными потребителями. Выдвигаемое РСК и РДУ требование к функционированию станций в системах собственных систем электроснабжения предприятий, исключающих выдачу мощности в сеть, снижает размер устанавливаемой мощности энергоисточника и ведет к снижению экономической эффективности работы МРГ, особенно у потребителей с высокой неравномерностью и низкой плотностью графика нагрузки.

Создание различных дефицитных промышленных миниридов, в том числе и АЭК, негативно сказывается на стоимости электроэнергии у других потребителей энергорайона. Это объясняется снижением объема передачи электроэнергии по сетям РСК и повышением для оставшихся промышленных потребителей нагрузки перекрестного субсидирования, что проявляется ростом тарифа на передачу электрической энергии.

Создание таких систем однозначно ведет к изменению структуры электропотребления, так как с уходом промышленных предприятий от централизованного электроснабжения возрастает доля коммунальных и непромышленных потребителей. Указанное значительно влияет на конфигурацию суточных графиков нагрузки в энергорайоне: повышается их неравномерность и снижается

плотность загрузки сетевого оборудования.

Как вывод, следует отметить, что массовое появление промышленных миниридов, дефицитных по мощности, не ведет к росту эффективности централизованного электроснабжения. При действующем порядке и установленных правилах создание промышленных миниридов сопровождается получением только локальных эффектов (главным образом снижении затрат на электроснабжение конкретного промышленного потребителя или группы потребителей).

В России появляется и показывает свою эффективность новая тенденция — создание сбалансированных и избыточных коммунальных энергетических ячеек, отвечающих за энергоснабжение населения и предприятий малого и среднего бизнеса в зоне своей деятельности, где основным источником электроэнергии являются мини-ТЭЦ.

Коммунальные энергетические ячейки образуются многоагрегатными мини-ТЭЦ, работающими на природном газе. Для повышения энергоэффективности производства и потребления в состав таких систем целесообразным является включение установок на возобновляемых источниках энергии (рисунок 3). Важную роль в энергетических ячейках играют системы накопления электроэнергии, установка которых позволяет в определенной степени уплотнить график нагрузки коммунальных потребителей в суточном разрезе [11] и одновременно выполнять функцию резервирования отказов в сетях низкого напряжения.

Создание таких систем целесообразно в энергорайонах с локальным дефицитом электрической и тепловой мощности, что сдерживает строительство жилья ограничением доступности технологического присоединения новых потребителей. Коммунальные энергетические ячейки способны работать автономно, а их интеграция с региональными системами электроснабжения существенно повышает надежность электроснабжения. Согласно выполненным исследованиям, снижение показателей бесперебойности электроснабжения



Рисунок 3. Энергетическая ячейка — объект распределенной энергетики
Figure 3. Energy Cell is a distributed energy facility

SAIDI и SAIFI при интеграции составляет 9–15% [12].

Помимо повышения доступности и надежности электроснабжения интеграция позволяет увеличить загрузку когенерационных установок. Это сокращает срок окупаемости капиталовложений в энергетические ячейки, в том числе за счет доходов от выполнения дополнительных функций, к примеру, по «срезанию» пиков нагрузки в энергорайоне.

Основным потребителем в энергетической ячейке, как отмечено выше, является население и приравненные к нему потребители. При существующем соотношении тарифов на электроэнергию и тепло для населения в большинстве регионов и себестоимости ее производства на ГПУ, при наличии в структуре электропотребления коммунальной энергетической ячейки предприятий малого и среднего бизнеса срок окупаемости составляет около 5–7 лет, как показывает практика. В качестве примера такой системы можно указать избыточную энергетическую ячейку электрической мощностью 11 МВт в г. Новосибирск. Доля коммунально-бытовой нагрузки в указанной системе составляет около 80%. Особенностью энергетической ячейки является наличие конкуренции между потребителями, что объясняется высокой надежностью электроснабжения и наличием пониженной, стабильной и долгосрочной цены на энергоснабжение. Это позволяет формировать и управлять спросом на энергию внутри локальной энергосистемы: выбирать структуру электропотребления, соответствующую маневренным и другим техническим характеристикам генерации и осуществлять адресное ценообразование, учитывая профиль нагрузки (соотношение потребляемых реактивной и активной мощностей; требований к бесперебойности электроснабжения, неравномерность графика нагрузки и др. факторы). Поэтому есть все основания для расширения данной системы и масштабирования опыта внутри региона и в других субъектах РФ.

Именно с коммунальными энергетическими ячейками связаны перспективы повышения доступности и надежности электроснабжения в России. Создание таких систем, осуществляющих энергоснабжение населения, позволяет сократить объем перекрестного субсидирования на промышленность и коммерческих потребителей, электроснабжение которых целесообразно от централизованных энергосистем. По состоянию на 2020 г. величина перекрестного субсидирования, перераспределяемая между группами потребителей, составляет 473 млрд. руб. [13]. На примере энергетической ячейки в г. Новосибирск можно отметить отсутствие перераспределения тарифной нагрузки, что значительно повышает экономическую эффективность энергоснабжения предприятий малого и среднего бизнеса, входящих в ее состав, и обеспечивает создание условий для развития предприятий и территории в целом. Рост числа и мощности коммунальных энергетических ячеек позволит повысить плотность и равномерность суточных графиков нагрузки в ЕЭС России, что ослабит существующую проблему дефицита маневренных мощностей, отмечаемую Системным оператором. На сегодняшний момент, совмещенный суточный график нагрузки ЕЭС России (для

зимнего максимума) обладает плотностью $\beta=0,93$ и неравномерностью $\alpha=0,85$. Значительную роль в неравномерность суммарного графика нагрузки вносит, прежде всего, высокая доля коммунально-бытовой нагрузки, которая возрастает с появлением у промышленных предприятий собственных источников электроэнергии и созданием промышленных минигрид. Особенно остро проблема сглаживания графика нагрузки проявляется на территории сосредоточения жилых домов, административных зданий, объектов культуры, просвещения. График нагрузки данных энергорайонов характеризуется низкой плотностью $\beta=0,5–0,6$ и неравномерностью $\alpha=0,2–0,3$, что определило целесообразность управления спросом и создание Агрегаторов управления спросом на электрическую энергию в ЕЭС [11, 14, 15], средневзвешенный уровень цен на снижение нагрузки которыми в европейской части РФ и на Урале составил 321,5 тыс. руб. за 1 МВт в месяц, в Сибири — 540 тыс. руб. за 1 МВт в месяц [15]. Создание коммунальных энергетических ячеек с системами накопления энергии позволяет обеспечить повышение коэффициентов плотности и неравномерности на 10% и 55% соответственно [11].

В России насчитывается более 5.000 средних и крупных отопительных котельных, работающих на природном газе и нуждающихся в реконструкции, которая согласно действующей политике повышения ресурсосбережения и энергоэффективности предполагает их перевод в мини-ТЭЦ. Это определяет значительный потенциал развития коммунальных энергетических ячеек и рост их количества, создаваемых на базе котельных, отвечающих ряду критериев (свыше 20 Гкал/ч, территориальное расположение в энергорайоне с сетевыми ограничениями на технологическое присоединение новых потребителей и другие), обеспечивающих эффективность реконструкции и создания локальных систем электроснабжения.

Выводы

Причины развития распределенной энергетики в России существенно отличаются от существующих в Европе, Америке и других странах, что определяет и различия направлений развития распределенной энергетики и используемых технологий. В качестве основной причины масштабного развития распределенной электроэнергетики в России можно отметить неудовлетворительный уровень эффективности централизованной системы электроснабжения, сдерживающий социально-экономическое развитие, что фактически и послужило триггером масштабного внедрения распределенной энергетики в системы собственного электроснабжения предприятий.

Можно выделить два направления развития распределенной энергетики: промышленные минигрид и коммунальные энергетические ячейки, создание которых сопровождается получением локальных и системных эффектов.

Создание коммунальных энергетических ячеек на основе мини-ТЭЦ с электрической мощностью до 25 МВт,

оснащаемых соответствующими децентрализованными системами управления в нормальных и аварийных состояниях, позволяет обеспечить одновременное повышение безопасности, надежности, доступности и экономичности систем электроснабжения. Именно сбалансированные и избыточные коммунальные энергетические ячейки, осуществляющие энергоснабжение населения и приравненных к ним потребителей, позволяют получать максимальные системные эффекты (повышение экономической и технической доступности, бесперебойности электроснабжения), в отличие от промышленных минигрид, создание которых сопровождается получением только локальных эффектов (снижение затрат на электроснабжение лишь части конкретных потребителей, повышение конкурентоспособности их продукции).

В России существуют условия развития распределенной энергетики, однако требуется разработка последовательной технической политики для обеспечения управляемости, регулируемости и прогнозируемости энергетического перехода к распределенной энергетике.

Список использованных источников

1. Инновационная электроэнергетика – 21 / под ред. В. М. Батенина, В. В. Бушуева, Н. И. Воропая. Москва: ИЦ «Энергия» 2017; 584.
2. Хохлов А. А., Мельников Ю. В., Веселов Ф. В., Холкин Д. В., Дацко К. А. Распределенная энергетика в России: потенциал развития. Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО 2018; 87.
3. Дзюбенко С. Собственная генерация и частные инвестиции становятся трендом в отрасли // Российская газета 2016; 290(7158).
4. Илюшин П. В. Анализ особенностей сетей внутреннего электроснабжения промышленных предприятий с объектами распределенной генерации // Энергетик 2016; 12: 21–25.
5. Дацко К. А. Активные энергетические комплексы // Энергетическая политика 2020; 6(148): 64–75.
6. Официальный сайт АО «СО ЕЭС». Активные энергетические комплексы [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews\[tt_news\]=15911&cHash=0cd7f5f25c](http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews[tt_news]=15911&cHash=0cd7f5f25c)
7. Восканян Е. В России открывается окно возможностей для развития собственной генерации // Энергетика и промышленность России 2017; 22: 30.
8. Цифровой переход в электроэнергетике России / под общей редакцией В. Н. Княгинина и Д. В. Холкина. Центр стратегических разработок 2017; 47. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf
9. Тихонов С. Плюс газификация всей страны // Российская газета 2020; 268(8322).
10. Ивановский Д. А. Вызовы отечественной электроэнергетики как основа развития распределенных источников энергии // Энергоэксперт 2018; 3: 60–63.
11. Бык Ф. Л., Мышкина Л. С. Использование систем накопления энергии для функционального резервирования // Релейная защита и автоматизация 2020; 4: 35–39.
12. Kakosha Y., Myshkina L, Sabadash I. Circuit-mode features of

the distribution network in the SAIDI and SAIFI forecast // E3S Web of Conferences 2020; 209: 06010.

13. Перекрестное субсидирование в электроэнергетике России. Международный бенчмаркинг. Аналитическое исследование. KPMG [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/07/ru-ru-cross-subsidies-in-the-russian-power-industry.pdf](http://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/07/ru-ru-cross-subsidies-in-the-russian-power-industry.pdf)

14. Byk F. L., Myshkina L. S. The element of digital transformation of regional network – an aggregator // E3S Web of Conferences 2019; 139: 01013.

15. Смертина П., Дятел Т. Агрегаторы нащупывают спрос // Коммерсантъ 2021; 4: 9.

References

1. Innovative power industry – 21 / ed. V. M. Batenin, V. V. Bushueva, N.I. Gurgling. Moscow: EC «Energia» 2017; 584. (In Russ.)
2. Khokhlov A. A., Melnikov Yu. V., Veselov F. V., Kholkin D. V., Datsko K. A. Distributed energy in Russia: development potential. Energy Center of the Moscow School of Management SKOLKOVO 2018; 87. (In Russ.)
3. Dzyubenko S. Own generation and private investments are becoming a trend in the industry // Rossiyskaya Gazeta 2016; 290 (7158). (In Russ.)
4. Ilyushin P. V. Analysis of the peculiarities of internal power supply networks of industrial enterprises with distributed generation facilities // Energetik 2016; 12: 21–25. (In Russ.)
5. Datsko K. A. Active energy complexes // Energy policy 2020; 6(148): 64–75. (In Russ.)
6. Official site of SO UES JSC. Active energy complexes [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews\[tt_news\]=15911&cHash=0cd7f5f25c](http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews[tt_news]=15911&cHash=0cd7f5f25c) (In Russ.)
7. Voskanyan E. A window of opportunities for the development of its own generation opens in Russia // Energy and Industry of Russia 2017; 22: 30. (In Russ.)
8. Digital transition in the power industry of Russia / edited by V. N. Knyaginina and D. V. Kholkin. Center for Strategic Research 2017; 47. [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.csr.ru/uploads/2017/09/Doklad_energetika-Web.pdf (In Russ.)
9. Tikhonov S. Plus gasification of the whole country // Rossiyskaya Gazeta 2020; 268(8322). (In Russ.)
10. Ivanovsky D. A. Challenges of the domestic electric power industry as a basis for the development of distributed energy sources // Energoexpert 2018; 3: 60–63. (In Russ.)
11. Byk F. L., Myshkina L. S. Energy storage systems as part of a secure electric supply // Relay protection and automation 2020; 4: 35–39. (In Russ.)
12. Kakosha Y., Myshkina L, Sabadash I. Circuit-mode features of the distribution network in the SAIDI and SAIFI forecast // E3S Web of Conferences 2020; 209: 06010. (In Eng.)
13. Cross-subsidization in the electric power industry of Russia. International benchmarking. Analytical research. KPMG [Electronic resource]. – Mode of access: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2020/07/ru-ru-cross-subsidies-in-the-russian-power-industry.pdf> (In Russ.)
14. Byk F. L., Myshkina L. S. The element of digital transformation of regional network – an aggregator // E3S Web of Conferences 2019; 139: 01013. (In Eng.)
15. Smertina P., Dyatyl T. Aggregators grope for demand // Kommersant 2021; 4: 9. (In Russ.)