

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ /  
 ELECTRICAL TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT IN AGRICULTURE  
 ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER  
 УДК 620.98:72.012.1:631.145  
 DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-46-54

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ МИКРОСЕТЕЙ СИСТЕМ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**ВИНОГРАДОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ**, канд. техн. наук, доцент

E-mail: winaleksandr@gmail.com

**СЕЙФУЛЛИН АНАТОЛИЙ ЮРЬЕВИЧ**, инженер

E-mail: tseyfullin@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109248, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

В статье выполнен анализ возможности модернизации электроэнергетической инфраструктуры объектов сельского хозяйства путём построения интеллектуальных систем электроснабжения – микросетей с применением нескольких источников электроэнергии. В исследовании произведён обзор различных перспективных источников электрической энергии в России и за рубежом, определены преимущества и недостатки применения каждого возобновляемого источника при построении микросетей, входящих в системы электроснабжения объектов сельского хозяйства. Предложен подход по построению микросетей электроснабжения сельских объектов, содержащих возобновляемые источники энергии, путём применения специального оборудования и устройств – мультиконтактных коммутационных систем. Предложены мероприятия, реализация которых позволит создавать системы электроснабжения сельских потребителей на основе микросетей с применением возобновляемых источников электроэнергии с высокими показателями экономической эффективности, надежности и качества электроснабжения сельских потребителей.

**Ключевые слова:** системы электроснабжения объектов сельского хозяйства, интеллектуальные электрические сети, микросети, SMART GRID, возобновляемые источники электроэнергии, мультиконтактные коммутационные системы, оперативное управление режимами работы, распределительные электрические сети.

**Формат цитирования:** Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю. Перспективные источники энергии для микросетей систем сельского электроснабжения // Агроинженерия. 2020. № 4(98). С. 46-54. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-46-54.

## PROMISING ENERGY SOURCES FOR MICROGRIDS OF RURAL POWER SUPPLY SYSTEMS

**ALEKSANDR V. VINOGRADOV**, PhD(Eg), Senior Lecturer

E-mail: winaleksandr@gmail.com

**ANATOLIY Y. SEYFULLIN**, Engineer

E-mail: tseyfullin@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM; 109248, 1<sup>st</sup> Institutskiy Proyezd Str., 5, Moscow, Russian Federation

The paper analyzes ways to modernize the electric power infrastructure of rural facilities by designing intelligent power supply systems in the form of microgrids using several renewable sources of electricity. The study analyzes promising sources of electric energy in Russia and abroad, assesses the possibility of using each renewable source in the design of microgrids that form part of rural power supply systems. The authors propose an approach to design power supply microgrids for rural facilities based on renewable energy sources by using special equipment and devices – multicontact switching systems. The authors offer a list of measures that will allow designing power supply systems for rural consumers based on microgrids using renewable energy sources with high indicators of efficiency, reliability and quality of power supply for rural consumers.

**Key words:** power supply systems for agricultural facilities, intelligent electrical grids, microgrids, SMART GRID, renewable energy sources, multi-contact switching systems, operational control of operating modes, power distribution grids.

**For citation:** Vinogradov A.V., Seyfullin A.Y. Promising energy sources for microgrids of rural power supply systems // Agricultural Engineering, 2020; 4 (98): 46-54. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-4-46-54.

**Введение.** Первоочередной задачей развития сельских территорий (одной из наиболее распространённых категорий земель на территории РФ) является улучшение их электроэнергетической инфраструктуры, важнейший

элемент которой – источник электроэнергии [1]. В настоящее время источником электроснабжения сельских потребителей, как правило, являются объекты распределительных электрических сетей ПАО «Россети» или территориальных сетевых компаний (далее – распределительные электросети). Согласно «Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года», в области развития инженерной инфраструктуры сельской местности предстоит осуществить:

- электроснабжение сельских населённых пунктов путём реконструкции и нового строительства сельских сетей напряжением 6-10/0,4 кВ;

- повышение надёжности электроснабжения посредством установки независимых источников электроснабжения жизненно-важных потребителей, обеспечить схемы двойного питания;

- максимальное использование установок комбинированного производства тепла и электроэнергии с учётом обоснования их в схеме теплоснабжения поселений и нетрадиционных источников энергии для электроснабжения сельских населённых пунктов [2].

**Цель исследования:** анализ перспективных источников энергии; разработка мероприятий, реализация которых позволит повысить надёжность, качество и экономические показатели эффективности систем электроснабжения сельских потребителей.

**Материал и методы.** Для оценки преимуществ и недостатков применения перспективных источников электроэнергии в системах электроснабжения потребителей сельскохозяйственной отрасли были рассмотрены материалы российских и зарубежных исследований нетрадиционных и возобновляемых источников электроэнергии, в которых освещены технико-экономические аспекты развития возобновляемых источников электроэнергии. В рамках проведённого исследования применялся метод системного анализа, методы сравнений и аналогий, экспертных оценок.

**Результаты и обсуждение.** Существующие объекты сельских электрических сетей, а также объекты распределительных электросетей обладают высокой степенью износа и нуждаются в реконструкции и модернизации [3]. Существует два основных подхода к модернизации распределительных сетей. Первый подход предусматривает замену физически изношенного и устаревшего оборудования на аналогичное современное, при этом конфигурация распределительной сети остается прежней, либо изменяется в соответствии с действующими отраслевыми стандартами. Второй подход предусматривает применение инновационного оборудования и построение вместо традиционных распределительных сетей – интеллектуальных активно-адаптивных распределительных сетей с гибкой конфигурацией [4]. Наиболее перспективная концепция развития системы электроснабжения сельских потребителей, содержащих несколько источников электрической энергии, позволяющая достичь максимального экономического и технологического эффекта, – это модернизация и построение сельских сетей в рамках концепции интеллектуальных микросетей (*microgrids*) [4, 5]. Главными функциональными свойствами микросетей являются расположение объектов потребления и генерации в одном месте, а также гибкость изменения режима работы

собственных источников генерации с электрической сетью (изолированно, параллельно) в зависимости от стоимости покупки/продажи электроэнергии на розничном рынке и балансово-режимной ситуации в электроэнергетической системе. На эффективность применения возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ) в микросетях влияют различные факторы, зависящие от географического расположения региона Российской Федерации, в котором планируется их применение, а именно:

- климатические и погодные условия региона, обеспеченность полезными ископаемыми и природными ресурсами;

- экономические показатели развития региона, особенности региональных промышленных производств, специализация регионального сельского хозяйства, плотность населения и спрос на электрическую энергию;

- стоимость покупки и транспортировки топлива для генерирующих установок, уровень тарифов на покупку электрической и тепловой энергии, стоимость технологического присоединения к распределительным электрическим, тепловым и газораспределительным сетям;

- расположение источников генерации, режим работы и топология существующих электрических и газораспределительных сетей.

Рассмотрим преимущества и недостатки применения каждого ВИЭ в микросетях сельских потребителей.

**Гидроэнергетика.** Из всех ВИЭ наиболее производительными являются гидравлические электростанции (ГЭС) [6]. Перспективными для применения при построении микросетей сельских потребителей являются малые гидравлические электростанции установленной мощностью от 100 кВт до 30 МВт и микро-ГЭС (до 100 кВт) [7]. В настоящее время за рубежом интенсивно применяется выработка электрической энергии на малых ГЭС, например, в Германии малыми ГЭС было выработано 6500 млн кВт·ч, во Франции – 8320 млн кВт·ч, в Италии – 8320 млн кВт·ч [8]. Микро-ГЭС и малые ГЭС имеют ряд преимуществ использования на сельских территориях РФ:

- широкое применение в различных регионах РФ в связи с большой протяжённостью и распространённостью речной сети [8];

- большой зарубежный рынок оборудования и энергоустановок для малых ГЭС, а также примеры успешной реализации проектов с экономической и технической точки зрения;

- большое количество отечественных разработок малых ГЭС и оборудования для них, типовых проектов, в том числе проекты беспилотных ГЭС;

- небольшой объём капитальных вложений, короткие сроки строительства и окупаемости, хотя удельная стоимость 1 кВт установленной мощности на малых ГЭС выше, чем на средних и крупных ГЭС;

- небольшие затраты на техническое обслуживание в сравнении с крупными и средними ГЭС;

- наиболее низкие предполагаемые затраты на производство электроэнергии из всех возобновляемых источников [9];

- в сравнении с крупными и средними ГЭС микро-ГЭС не нарушают экосистему, особенно в изолированных районах в качестве альтернативы дизельным электростанциям.

Привлекательны для применения в микросетях микро-ГЭС деривационного типа с мощностью генераторов от 0,5 до 50 кВт модульно-контейнерного типа, а также установка микро-ГЭС в технологических водопроводах вместо применения гасителей давления водотоков для обеспечения электроснабжения потребителей собственных нужд, тем самым увеличивая их эффективность.

Однако применение малых и микро-ГЭС имеет ряд проблем:

- сильная зависимость выработки электроэнергии от энергетического потенциала конкретной реки и от времени года, выбор наиболее оптимального состава гидротурбинного оборудования;

- сложности оперативного и автоматического управления режимами работы малых ГЭС, обеспечение статической и динамической устойчивостью работы агрегатов малых ГЭС при нормативных возмущениях в распределительных электрических сетях.

**Солнечная энергетика.** В настоящее время на территории Российской Федерации функционируют 37 солнечных электростанций (СЭС) установленной мощностью от 0,1 до 105,6 МВт, в стадии строительства и проектирования находятся порядка 30 СЭС [10]. Применение СЭС в микросетях сельских потребителей обеспечивает возможность совместного производства тепловой и электрической энергии как на СЭС прямого типа (преобразование солнечной энергии в электрическую в фотоэлементах), так и на СЭС косвенного типа (солнце нагревает воду и превращает ее в пар, а электроэнергия вырабатывается через турбогенератор), что позволит повысить энергоэффективность объектов сельского хозяйства в целом. Применение технологий пассивной солнечной архитектуры в системах энергообеспечения зданий позволяет существенно снизить затраты на отопление, освещение, вентиляцию, кондиционирование вновь сооружаемых зданий не менее, чем на 20...30% без увеличения затрат на строительство [11]. Отметим, что с 2009 по 2015 гг. стоимость фотоэлементов снизилась примерно на 60% [11]. Появились готовые решения «под ключ» по интеграции солнечных электростанций в существующие системы электроснабжения, например, группы компаний «Хевел» [12]. Однако, использование СЭС в микросетях ограничено:

- сильной зависимостью выработки электроэнергии от характеристик конкретных фотоэлементов (КПД, стоимости и пр.);

- переменным характером выработки тепловой и солнечной электроэнергии как в течение года, так и в течение суток, неравномерностью распределения потенциала солнечной энергии в зависимости от географического расположения региона;

- необходимостью использования обязательного дополнительного оборудования – инверторов, накопителей электрической и (или) тепловой энергии («солнечные пруды») (с целью повышения эффективности);

- управлением режимами работы СЭС;

- отчуждением земли для батарей наземного расположения, долгими сроками окупаемости СЭС.

**Ветроэнергетика.** Всего в Российской Федерации функционирует 22 ветровые электростанции (ВЭС) установленной мощностью от 0,1 до 150 МВт [13]. Согласно экспертным оценкам, Российская Федерация обладает

самым большим потенциалом использования ветровой энергии в мире – порядка 2541843 ТВт·ч в год [9]. К настоящему времени разработано большое количество ветровых электроустановок (ВЭУ) различных конструкций [8]. Основное влияние на тип и конструктивные особенности ВЭУ оказывает величина её установленной мощности, которая пропорциональна размерам ветроколеса и скорости ветра в кубе. ВЭУ малой единичной мощности актуальны для применения в микросетях сельских потребителей. Имеются отечественные разработки малых ВЭУ, обладающие хорошими технико-экономическими характеристиками. ООО «ВДМ-техника» из г. Дубна представило ВЭУ единичной мощностью до 100 кВт, имеющей высокий коэффициент использования установленной мощности порядка 32% при среднегодовой скорости ветра 4 м/с. Кроме того, данные ВЭУ адаптированы к холодным климатическим условиям, что расширяет географический потенциал применения ВЭУ при создании микросетей сельских потребителей в различных регионах Российской Федерации [14]. Для определения возможности применения того или иного типа ВЭУ в микросетях сельских потребителей следует применять специальный технико-экономический критерий эффективности, учитывающий цену и производительность ВЭУ [15]. Однако применение ВЭС имеет ряд недостатков:

- производство электрической энергии на ВЭС имеет резко переменный характер, требуется установка дополнительного оборудования, обеспечивающего стабильность режимов работы – накопителей электрической энергии, инверторов, балластного сопротивления, существуют трудности оперативного и автоматического управления режимами работы, коммерческое регулирование режимами работами ВЭС;

- неоднозначное влияние ВЭС на окружающую среду. При отсутствии выбросов вредных веществ в атмосферу существует негативное влияние лопастей ВЭУ на популяцию птиц, а также влияние на организм животных и человека вибраций и звуковых колебаний, создаваемых при вращении ВЭУ.

Одним из путей повышения эффективности применения ВЭС в микросетях сельских потребителей является прямое использование электроэнергии, получаемой от ВЭУ, для нагрева воды для теплоснабжения помещений и обеспечения горячего водоснабжения с применением аккумуляторов тепла, а также применение системы изменения положения ВЭУ в соответствии с направлением ветрового потока.

**Биоэнергетика.** Процесс производства электрической и тепловой энергии из биотоплива очень отличается в зависимости от применяемого биологического сырья, его свойств и технологического процесса его получения. Всё биологическое сырьё можно разделить на два основных типа – сухое и влажное. Для сухого сырья наиболее эффективным способом получения тепловой энергии являются термохимические технологии (пиролиз, газификация, прямое сжигание), для влажного сырья – биохимические технологии переработки с получением биогаза или жидкого топлива. В отечественной промышленности и науке имеется огромное количество инноваций и разработок получения биогаза [16]. После первичной подготовки топлива происходит процесс получения электрической энергии путём преобразования её из тепловой в электрическую с применением различных видов электрогенераторов: турбогенератора,

газопоршневой или парогазовой установки, дизель-генератора (при применении биодизеля). Таким образом в отличие от ВЭС и СЭС не требуется установка дополнительного оборудования (инверторов, накопителей). Кроме того, применение биоэнергетических установок тоже использовать технологии когенерации тепловой и электрической энергии, а также абсорбционные холодильные машины.

Применение биоэнергетических установок является эффективным средством утилизации отходов различных видов сельскохозяйственных производств, а в отдельных случаях позволяет, кроме электроэнергии и тепла, получить ценный побочный продукт – чистые органические удобрения [16]. Биоэнергетика может являться вспомогательным элементом сельскохозяйственного производства, а в других случаях его специализацией. Например, организация производства биотоплива, древесных и топливных паллет является средством создания новых рабочих мест, конверсии и модернизации сельского хозяйства. Создание эффективной микросети с применением ВИЭ на основе биоэнергетических установок требует комплексного подхода с тщательным технико-экономическим обоснованием всех решений при реализации проекта реконструкции или строительства сельскохозяйственного производства, разработок экономических моделей с высокой степенью детализации.

**Иные возобновляемые источники.** Геотермальные электрические станции (ГеоТЭС) имеют высокий коэффициент использования установленной мощности (выше, чем у СЭС и ВЭС), преимущества перед станциями на традиционном органическом топливе, а также возможность прямого использования тепловой энергии [17]. Но в то же время их применение затруднительно в связи с неравномерным распределением геотермального потенциала по территории Российской Федерации, высокими затратами на сооружение и обслуживание скважины, проблемой защиты оборудования от коррозии и солевых отложений. Следует отметить, что применение ГеоТЭС экономически обосновано в регионах, богатых геотермальными ресурсами. Выработка тепловой и электрической энергии на ГеоТЭС имеет более постоянный характер, нежели на ВЭС, СЭС, широкие возможности для применения технологий когенерации тепловой и электрической энергии, абсорбционных холодильных машин, не требуют применения большого количества дополнительного оборудования. Поэтому построение микросетей с применением в качестве источника ГеоТЭС является перспективным в регионах, обеспеченных геотермальными ресурсами.

Потенциал приливных и волновых электростанций также ограничен регионами их применения, кроме того, выработка электроэнергии на них имеет переменный характер, требуется установка дополнительного специального оборудования. Соответственно, применение данных станций целесообразно в изолированных энергорайонах, обладающих соответствующим потенциалом ВИЭ.

В России и за рубежом ведутся разработки атомных электрических станций малой мощности (малые АЭС). В период СССР реализован проект мобильной АЭС на гусеничном шасси «Памир» [18]. Перспективные малые АЭС обладают высокими заявленными технико-экономическими характеристиками. Некоторые проекты предлагают полное автоматическое управление, однако их проектирование, строительство и эксплуатация – это

научноёмкий и высокотехнологический процесс. Перспективные малые АЭС могут применяться в микросетях, повышая их энергоэффективность, однако системы управления технологическими режимами работы такой микросети должны обеспечивать безопасность эксплуатации атомной станции и учитывать особенности управления ядерными реакторами. В будущем в случае успешной реализации проектов такие малые АЭС найдут широкое применение в удалённых малонаселённых территориях для обеспечения гарантированного энергоснабжения потребителей высоких категорий надёжности.

#### **Особенности построения микросетей с применением ВИЭ.**

Один из наиболее эффективных вариантов применения ВИЭ – это электроснабжение объектов сельского хозяйства, расположенных в изолированных энергорайонах. Как правило, в этих районах применяются дизельные электростанции (ДЭС), а для производства тепла – дизельные, мазутные и угольные котельные. Производство тепловой и электрической энергии на таких ДЭС и котельных имеет низкую эффективность вследствие высокой степени износа оборудования, неэкономичных режимов работы, высокой стоимости дизельного топлива и его доставки в удалённые энергорайоны.

Главной задачей, определяющей эффективность микросетей, является минимизация стоимости электрической и тепловой энергии, с сохранением высоких показателей надёжности и качества электрической энергии. При построении микросети с ВИЭ решается основная целевая задача – это выбор оптимального состава генерирующего оборудования ВИЭ, обеспечивающего максимальное покрытие нагрузок всех потребителей при минимальных мощностях аккумуляирования и резервирования при минимальных капитальных и эксплуатационных расходах [19]. На электростанциях с использованием различных ВИЭ производство электрической энергии имеет резко переменный характер. Для снижения последствий данных негативных эффектов переменного характера выработки и потребления электроэнергии, а также повышения энергоэффективности целесообразно одновременное применение разных ВИЭ путём объединения их в одной микросети. Одновременное наложение графиков производства ВЭС и СЭС позволяет добиться более постоянного характера производства электроэнергии. Существуют проекты гибридных станций дизельно-солнечных, дизельно-ветровых, солнечно-ветровых, имеющие технико-экономическое обоснование целесообразности их строительства [9].

Применение балластных сопротивлений, накопителей электрической и тепловой энергии, а также применение систем автоматического управления электрической нагрузкой потребителей микросети, позволяет снизить величину установленной мощности ВИЭ, решать проблемы управления параметрами электрического режима микросети, а так же позволяет повысить ее экономические показатели. Решение проблемы накопления тепловой и электрической энергии является одной из ключевых при построении систем электроснабжения на основе ВИЭ. В зависимости от характера сельскохозяйственного производства предъявляются различные требования к качеству тепловой и электрической энергии. Как правило, требования, предъявляемые к качеству электрической энергии,

выше, чем к качеству тепловой. Характеристики и стоимость накопителей электрической энергии зависят от материалов и технологий, используемых при их изготовлении, соответственно применение накопителей большой ёмкости и мощности существенно повышают эффективность работы микросетей, но существенно увеличивают их стоимость. Одним из способов накопления электрической энергии является оптимизация технологических режимов работы электроприёмников сельскохозяйственного производства, например, в течение суток, в часы минимума потребления – включение насосов для заполнения резервуаров хранения воды для полива полей, резервуаров питьевой воды животноводческих комплексов, включение двигателей установок по перемолу зерна для приготовления кормов, зарядка электротранспорта и прочее [8]. Подключение микросетей к объектам распределительных сетей единой электроэнергетической системы позволяет снижать ёмкость и мощность применяемых в микросетях накопителей – т.е. обеспечивает возможность выдачи избыточной генерируемой мощности в распределительные электрические сети и возможность потребления дефицитной мощности из распределительных электрических сетей, а также повышать их надёжность [11].

Построение микросети электроснабжения сельских потребителей предусматривает наличие нескольких источников электроэнергии, которыми могут быть:

- существующие объекты распределительных сетей;
- объекты малой традиционной генерации (малые ТЭС и малые ГЭС);
- объекты генерации с применением различных ВИЭ;
- накопители различного типа, мощности, ёмкости.

При этом в одну микросеть могут быть объединены различные комбинации источников с отличающимися характеристиками, всевозможное когенерационное оборудование, а также разнообразные типы электроприёмников.

Экономичность и надёжность микросети будут зависеть от эффективности системы автономного оперативно-технологического управления режимами работы её объектов, которая в свою очередь обуславливается возможностью быстрого изменения схемы сети, конфигурации оперативного состояния её основных элементов (источников электроэнергии, накопителей, электроприёмников) в зависимости от различных внешних и внутренних факторов:

- нормативных возмущений (аварийных отключений, технологических нарушений параметров нормального режима);
- команд диспетчерского центра распределительной электрической сети;
- баланса активной и реактивной мощности и параметров электрического режима микросети и внешней распределительной электрической сети;
- параметров коммерческого режима (стоимость тарифов на покупку электроэнергии из распределительной сети на розничном рынке, стоимость продажи электроэнергии на розничный рынок, стоимость производства объектами генерации микросети);
- параметров теплового режима микросети и когенерационного оборудования;
- экономических и технологических режимов работы электроприёмников сельских потребителей.

Данные задачи в микросетях могут быть успешно решены посредством мультиконтактных коммутационных систем. Мультиконтактные коммутационные системы (МКС) – это коммутационные аппараты, имеющие 2 и более контактных групп, причём управление контактными группами осуществляется независимо. К основным типам МКС можно отнести:

– МКС, выполненные с общей точкой, имеющие несколько контактных групп, но при этом все контактные группы имеют точку общего присоединения. К ним относятся МКС-2, МКС-3... МКС-*n* (цифрами обозначено количество контактных групп). Если число выводов больше числа контактных групп, то в маркировке МКС после указания числа контактных групп добавляется число выводов с буквой В, например, МКС-2-3В – МКС с 2-мя контактными группами и 3-мя выводами.

– МКС, выполненные по мостовой схеме (МКСМ), где контактные группы не имеют общей точки присоединения. К ним относятся МКСМ-3, МКСМ-4 (цифрами обозначено количество контактных групп). Выводов может быть больше или меньше, чем контактных групп. Дополнительные выводы могут быть подключены к точкам соединения контактных групп МКСМ.

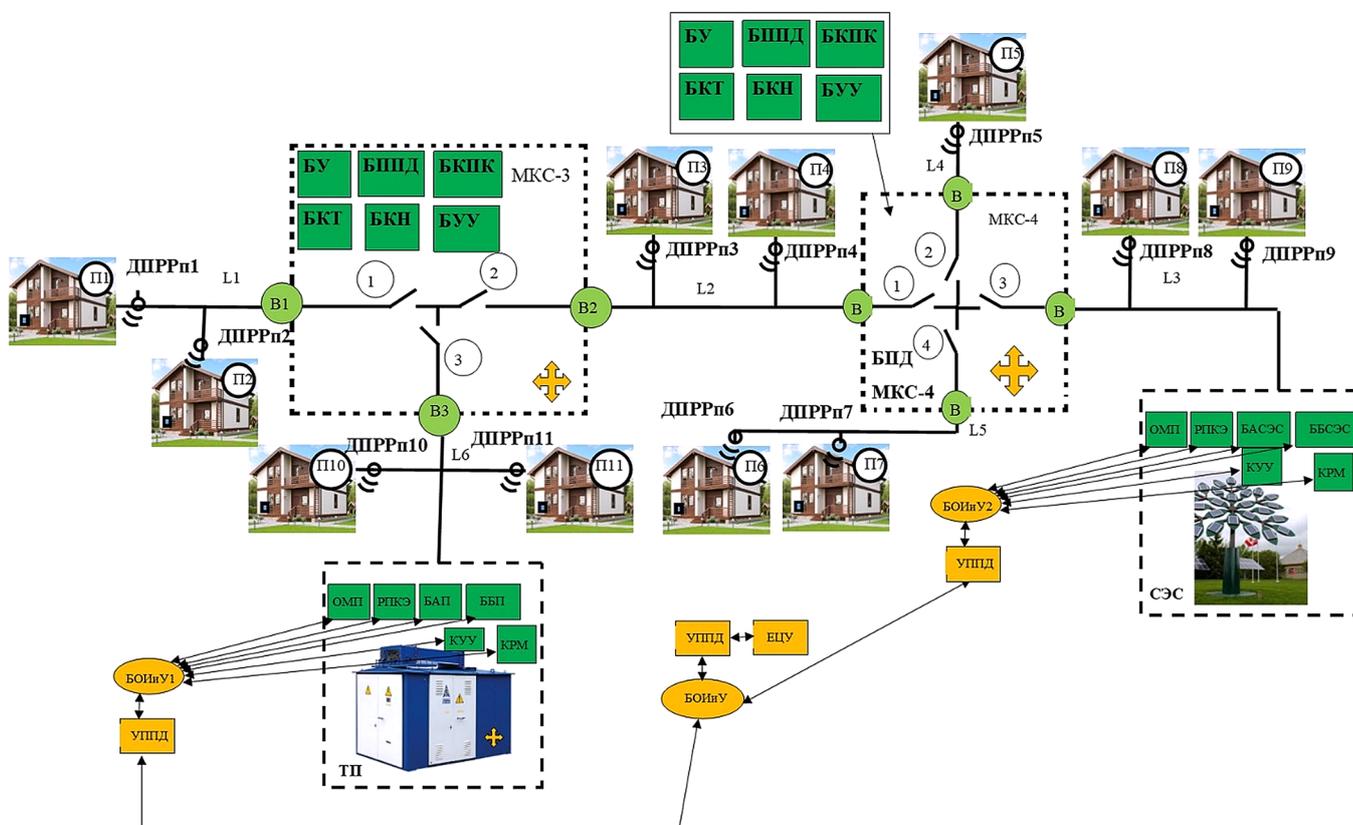
– МКС, выполненные по смешанной схеме (МКССМ). Особенность данного исполнения заключается в том, что часть контактных групп соединены по мостовой схеме как в МКСМ, а часть – с общей точкой соединения. Выводов может быть больше или меньше, чем контактных групп. Дополнительные выводы могут быть подключены к точкам соединения контактных групп МКССМ [20].

МКС позволяют осуществлять независимое управление силовыми контактами, за счёт чего изменяется конфигурация электрической сети. Кроме контактных групп, системы МКС оснащены средствами мониторинга состояния электротехнического оборудования микросети, средствами коммерческого учёта электрической энергии, средствами измерения параметров электрического режима, а также средствами телемеханики, позволяющими передавать телеизмерения и осуществлять телеуправление оперативным состоянием МКС по командам системы автономного оперативно-технологического управления режимами микросети [21]. Кроме того, на основе МКС могут быть реализованы функции сетевой противоаварийной автоматики – АВР, АПВ, АЧР и т.д. [20]. Пример микросети с двумя источниками электроэнергии (солнечная электростанция и трансформаторная подстанция распределительных электрических сетей) представлен на рисунке. Выводы МКС-3 и МКС-4 на рисунке обозначены как В1, В2 и т.п., а контактные группы – цифрами 1, 2 и т.п. Такое построение микросети позволяет ВИЭ работать изолированно от внешней распределительной сети, параллельно с внешней распределительной сетью, а так же делает возможной одновременную работу в одной микросети нескольких ВИЭ и накопителей электрической энергии [22].

МКС, установленные в сети, оснащаются несколькими блоками: **БУ**, осуществляющим управление контактными группами МКС в зависимости от информации, получаемой от других блоков устройства и по каналам связи от диспетчера или блоков управления сетью; **БКТ**, осуществляющим контроль тока на выходах МКС; **БКН**,

осуществляющим контроль напряжения в контрольных точках МКС; **БКПК**, осуществляющим контроль включённого и отключённого состояния контактных групп МКС; **БУУ**, осуществляющим учёт электроэнергии, потребляемой участками сети, подключёнными к разным выходам

МКС, контроль отключений, их количества и продолжительности и другие функции; **БППД**, осуществляющим связь с блоком обработки информации и управления **БОИиУ** всей сети. Также МКС может оснащаться и другими блоками в зависимости от поставленных задач.



**Рис. Микросеть с традиционным (трансформаторная подстанции) и возобновляемым (солнечная электростанция) источниками электроэнергии, с применением мультиконтактных коммутационных систем:**

- БУ – блок управления; БКТ – блок контроля тока; БКН – блок контроля напряжения;  
 БКПК – блок контроля положения контактных групп; БУУ – блок умного учёта;  
 БОИиУ – блок обработки информации и управления; БППД – блок приёма и передачи данных;  
 УППД – устройство приёма и передачи данных; ОМП – система определения мест повреждений в ЛЭП и ТП;  
 РПКЭ – система (комплекты оборудования) регулирования параметров качества электроэнергии;  
 БАП, БАСЭС – системы автоматизации подстанции (станции);  
 ББП (ББСЭС) – системы, обеспечивающие безопасность на подстанции (станции);  
 КРМ – системы автоматического регулирования (компенсации) реактивной мощности;  
 ЭЦУ – единый центр управления; КУУ – система умного учёта;  
 ДПРРп – датчик параметров режимов работы потребителя

**Fig. Microgrid with traditional (transformer substation) and renewable (solar power plant) generation sources using multi-contact switching systems:**

- БУ – a control unit; БКТ – a current control unit; БКН – a voltage control unit;  
 БКПК – a control unit for the position of contact groups; БУУ – a smart metering unit;  
 БОИиУ – an information processing and control unit; БППД – a unit for receiving and transmitting data;  
 УППД – a device for receiving and transmitting data;  
 ОМП – a system for determining damage locations in power lines and transformer substations;  
 РПКЭ – a system (sets of equipment) for regulating power quality parameters;  
 БАП, БАСЭС – substation (station) automation systems; ББП (ББСЭС) – safety systems at the substation (station);  
 КРМ – systems for automatic regulation (compensation) of reactive power; ЭЦУ – a single control center;  
 КУУ – a smart metering system; ДПРРп – a sensor of parameters of consumer's operating modes

Трансформаторная подстанция и СЭС укомплектованы системами автоматики, контроля и управления (*ОМП, РПКЭ, БАП, БАСЭС, ББП (ББСЭС), КРМ, КУУ*). В зависимости от проекта может и другими системами. Аналогично, с применением МКС, могут строиться и микросети с другими источниками электроэнергии и их комбинацией.

При построении микросетей на основе ВИЭ необходимо решить ряд задач:

- выполнить комплексный анализ специализации, характера сельскохозяйственного производства, особенностей населённого пункта и его экономических показателей при проектировании микросети;

- выполнить первоначальное проектирование микросети: разработать варианты схем микросети, схемы выдачи и аккумуляции мощности, разработать варианты подключения к действующим распределительным электрическим сетям;

- для разработанных вариантов осуществить рациональный выбор типа и состава основного электротехнического, генерирующего, накопительного оборудования микросети в зависимости от потенциала использования того или иного ВИЭ в рассматриваемом регионе и для рассматриваемых объектов сельского хозяйства;

- на основании технико-экономического сопоставления вариантов выбрать оптимальный вариант схемы микросети с учётом минимизации затрат, связанных с осуществлением технологического присоединения к распределительным сетям;

- осуществить проектирование микросети с учётом влияния её на режим работы прилегающих электрических сетей, разработать необходимые мероприятия направленные на обеспечение устойчивой работы оборудования микросети, надежного и качественного электроснабжения потребителей микросети;

- применить специальное оборудование, устройства релейной защиты, связи и автоматику, позволяющее осуществлять мониторинг состояния микросети, обеспечивать информационный обмен между устройствами внутри микросети и с внешними абонентами, изменять конфигурацию и режимы работы сети в зависимости от внешних и внутренних факторов;

- обеспечить эффективную работу автоматизированной системы автономного оперативно-технологического управления режимами работы микросети, управляющие воздействия которой учитывают не только параметры электроэнергетического режима работы оборудования, но и параметры коммерческого режима работы микросети.

## Выводы

1. Модернизация существующих сетей электроснабжения сельских потребителей путём построения микросетей с применением ВИЭ позволит существенно повысить их технические и экономические показатели, обеспечит развитие инфраструктуры сельских территорий и повысит качество жизни сельского населения, а также имеет колоссальные положительные экологические эффекты.

2. Распространение микросетей источниками генерации на основе ВИЭ будет способствовать развитию розничных рынков электроэнергии, составит конкуренцию крупным генерирующим компаниям, послужит стимулом к развитию распределительных сетей государственных сетевых компаний и территориальных сетевых компаний, что в конечном счёте приведёт к снижению тарифов на покупку электроэнергии.

3. Построение микросетей на основе мультиконтактных коммутационных систем позволит решить большой ряд задач по обеспечению надёжного, экономичного и качественного электроснабжения сельских потребителей, а также интеграции в них ВИЭ.

## Библиографический список

1. Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2019 (в целом по Российской Федерации). Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения 10.04.2020).

2. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утверждено распоряжением правительства РФ № 151-р от 02.02.2015 г.). URL: <http://government.ru/docs/16757/> (дата обращения 10.04.2020).

3. Положение ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе». Утверждено советом Директоров ПАО «Россети» (протокол от 22.02.2017 № 252) URL: [https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech\\_policy2019.pdf](https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech_policy2019.pdf) (дата обращения 10.04.2020).

4. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью. Редакция 5.0. Под ред. Академиков РАН Фортова В.Е., Макарова А.А., Дорофеева В.В. М.: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», 2012 г. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/mfl-4voxwok/direct/73743691> (дата обращения 10.04.2020).

5. Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю. Анализ концепций построения систем электроснабжения сельских потребителей, содержащих несколько источников электроэнергии // Вестник Нижегородского государственного

## References

1. Svedeniya o nalichii i raspredelenii zemel' v Rossiyskoy Federatsii na 01.01.2019 (v tselom po Rossijskoy Federatsii). [Information about the availability and distribution of land in the Russian Federation as of 01.01.2019 (in general for the Russian Federation). Federal Service for state registration, cadastral register and cartography]. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyy-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

2. Strategiya ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda (utverzhdno rasporyazheniem pravitel'stva RF No.151-r ot 02.02.2015 g.) [Strategy for sustainable development of rural territories of the Russian Federation for the period up to 2030 (approved by order of the Government of the Russian Federation No.151-R dated 02.02.2015)]. URL: <http://government.ru/docs/16757/> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

3. Polozheniye RAO "Rosseti" "O edinoy tehnicheckoy politike v elektrosetevom komplekse". Utverzhdno sovetom Direktorov RAO "Rosseti" (protokol ot 22.02.2017 No.252) [Regulation of PJSC "Rosseti" on unified technical policy in the electric grid facilities". Approved by the Board of Directors of PJSC Rosseti (Minutes No. 252 dated 22.02.2017)]. URL: [https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech\\_policy2019.pdf](https://www.mrsk-ural.ru/public/upload/content/files/2019/tech_policy2019.pdf) (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

4. Konceptsiya intellektual'noy elektroenergeticheskoy sistemy s aktivno-adaptivnoy set'yu. Redaktsiya 5.0. Ed. by RAN Academicians Fortov V.E., Makarov A.A., Dorofeyev V.V. Moskva,

инженерно-экономического института. 2020. № 2 (105). С. 32-44.

6. Отчёт о функционировании ЕЭС России в 2019 году (подготовлен АО «СО ЕЭС»). URL: [https://www.so-cdu.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups\\_rep2019.pdf](https://www.so-cdu.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups_rep2019.pdf) (дата обращения 10.04.2020).

7. ГОСТ Р 51238-98 Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения (введен в действие постановлением Госстандарта России № 461 25.12.1998). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026444> (дата обращения 10.04.2020).

8. Родионов Р.В. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ООО НЦ «ЭНАС», 2010. 352 с.

9. The International Renewable Energy Agency (IRENA). REMAP 2030 renewable energy prospects for the Russian Federation. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Apr/IRENA\\_REmap\\_Russia\\_paper\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Apr/IRENA_REmap_Russia_paper_2017.pdf) (дата обращения 10.04.2020).

10. Список солнечных электростанций России. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D1%81%D0%BE%D0%B%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BE%D0%B%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8) (дата обращения 10.04.2020).

11. Попель О.С., Фортвов В.Е. Возобновляемая энергетика в современном мире: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 450 с.

12. ГК «Хевел». Комплексные решения для бизнеса в сфере солнечной энергетика. URL: <https://www.hevelsolar.com/b2b/> (дата обращения 10.04.2020).

13. Список ветровых электростанций России. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D0%B2%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%B2%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8) (дата обращения 10.04.2020).

14. ООО «ВДМ-техника». О предприятии. URL: <http://vdmtech.ru/> (дата обращения 10.04.2020).

15. Харченко В.В., Адомавичюс В.Б., Гусаров В.А., Валицкас И.Ю. Выбор источников генерации для использования в микросетях на основе ВИЭ // Науковий вісник Національного Університету біоресурсів і природокористування України. Збірник наукових праць. Випуск 240. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2016. С. 31-43.

16. ФГБУ РЭА МИНЭНЕРГО РФ. Биоэнергетика России в XXI веке. URL: <http://www.infobio.ru/sites/default/files/bioenergy.pdf> (дата обращения 10.04.2020).

17. The International Renewable Energy Agency (IRENA). RENEWABLEPOWERGENERATIONCOSTSIN2018. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf) (дата обращения 10.04.2020).

18. Памир (АЭС). URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%80\\_%D0%90%D0%AD%D0%A1](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%80_%D0%90%D0%AD%D0%A1) (дата обращения 10.04.2020).

19. Харченко В.В., Гусаров В.А. Положения и принципы формирования генерирующего комплекса микросетей

ОАО «NTC FSK EES», 2012. [Concept of an intelligent electric power system with an active-adaptive power grid. Version 5.0. Ed. by RAN Academicians Fortov V.E., Makarov A.A., Dorofeyev V.V., Moscow, JSC “STC FGC UES”, 2012]. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/mfl-4voxwok/direct/73743691> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

5. Vinogradov A.V., Seyfullin A.Yu. Analiz kontseptsii postroyeniya sistem elektrosnabzheniya sel'skikh potrebitel'ey, sodержashchikh neskol'ko istochnikov elektroenergii [Analysis of concepts for designing power supply systems for rural consumers containing several sources of electricity] *Bulletin of the Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute*, 2020; 2 (105): 32-44 (In Russian).

6. Otchet o funktsionirovaniy EES Rossii v 2019 godu (podgotovlen AO “SO EES”) [Report on the functioning of the UES of Russia in 2019 (prepared by SO UES JSC)]. URL: [https://www.so-cdu.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups\\_rep2019.pdf](https://www.so-cdu.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/ups_rep2019.pdf) (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

7. GOST R51238-98 Netraditsionnaya energetika. Gidroenergetika malaya. Terminy i opredeleniya (vveden v deystviye postanovleniem Gosstandarta Rossii No. 461 25.12.1998) [GOST R51238-98 Unconventional energy. Small hydropower. Terms and definitions (introduced by the State Standard of Russia No. 461 of 25.12.1998)] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200026444> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

8. Rodionov R.V.. Energetika: problemy nastoyashhego i vozmozhnosti budushhego [Power production: current problems and future challenges]. Moscow, LLC NC “ENAS”, 2010: 352. (In Rus.)

9. The International Renewable Energy Agency (IRENA). REMAP 2030 renewable energy prospects for the Russian Federation. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Apr/IRENA\\_REmap\\_Russia\\_paper\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Apr/IRENA_REmap_Russia_paper_2017.pdf) (Access date 10.04.2020) (In Eng.)

10. Spisok solnechnykh elektrostantsiy Rossii [List of solar power stations in Russia]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8) (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

11. Popel' O.S., Fortov V.Ye. Vozobnovlyayemaya energetika v sovremennom mire: uchebnoye posobiye [Renewable power production in the modern world: study manual]. Moscow, MPEI Publishing House, 2015: 450 (In Rus.).

12. GK “Hevel”. Kompleksnye resheniya dlya biznesa v sfere solnechnoy energetiki [Hevel group of companies. Integrated solutions for businesses in the field of solar power production]. URL: <https://www.hevelsolar.com/b2b/> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

13. Spisok vetrovykh elektrostantsiy Rossii [List of wind power stations in Russia]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA\\_%D0%B2%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D1%85\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%B2%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8) (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

на основе ВИЭ // Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 32. С. 71-83.

20. Виноградов А.В. Типы мультиконтактных коммутационных систем // Агротехника и энергообеспечение. 2019. № 2 (23). С. 12-26.

21. Виноградов А.В. Концепция построения интеллектуальных электрических сетей на базе применения мультиконтактных коммутационных систем. Актуальные вопросы энергетики в АПК // В сб.: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием (Благовещенск, 27 фев. 2019 г.). Б: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2019. С. 109-115.

22. Виноградов А.В., Васильев А.Н. Потребности и задачи реализации проектов распределённой энергетики в агрохолдингах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3 (43). С. 13-23.

14. ООО "VDM-tekhnika". О predpriyatii [LLC "VDM-Tekhnika". About the company]. URL: <http://vdm-tech.ru/> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

15. Kharchenko V.V., Adomavichjus V.B., Gusarov V.A., Valickas I.Ju. Vybory istochnikov generatsii dlya ispol'zovaniya v mikrosetyakh na osnove VIE [Selection of generation sources for use in microgrids based on renewable energy sources]. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Collection of proceedings*, 2016; 240: 31-34 (In Rus.).

16. FGBU REA MINENERGO RF. Bioenergetika Rossii v XXI veke [FSBI REA of the Ministry of Energy of the Russian Federation. Bioenergy production of Russia in the XXI century]. URL: <http://www.infobio.ru/sites/default/files/bioenergy.pdf> (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

17. The International Renewable Energy Agency (IRENA). RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2018. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA\\_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_Renewable-Power-Generations-Costs-in-2018.pdf) (Access date 10.04.2020) (In Eng.)

18. Pamir (AES) [Pamir (NPP)]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%80\\_\(%D0%90%D0%AD%D0%A1\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%80_(%D0%90%D0%AD%D0%A1)) (Access date 10.04.2020) (In Rus.)

19. Kharchenko V.V., Gusarov V.A. Polozheniya i printsiipy formirovaniya generiruyushhego kompleksa mikrosetey na osnove VIE [Provisions and principles of forming a generating complex of microgrids based on RES]. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*, 2015; 32: 71-83. (In Rus.)

20. Vinogradov A.V. Tipy mul'tikontaknykh kommutatsionnykh sistem [Types of multi-contact switching systems]. *Agricultural Machinery and Power Supply*. 2019; 2(23): 12-26. (In Rus.)

21. Vinogradov A.V. Konceptsiya postroyeniya intellektual'nykh elektricheskikh setey na baze primeneniya mul'tikontaknykh kommutatsionnykh sistem. Aktual'nye voprosy energetiki v APK [Concept of designing intelligent power grids based on the use of multi-contact switching systems. Topical issues of energy production for agriculture]. In: *Proceedings of the All-Russian scientific and practical Conference with international participation (27 Feb. 2019)*, Blagoveshchensk: 2019: 109-115 (In Rus.)

22. Vinogradov A.V., Vasiliev A.N. Potrebnosti i zadachi realizatsii proyektov raspredelennoy energetike v agroholdinгах [Needs and challenges of implementing distributed energy projects in agricultural holdings]. *Bulletin of Kazan State Energy University*. 2019; 3(43): 13-23. (In Rus.)

## Критерии авторства

Виноградов А.В. осуществлял научное руководство, сформулировал основные концепции исследования, принимал участие в разработке способов и схемных решений, осуществлял критический анализ и доработку текста. Сейфуллин А.Ю. участвовал в разработке способов и схемных решений, в подготовке текста статьи, выполнил поиск аналитических материалов в отечественных и зарубежных источниках, участвовал в обсуждении материалов статьи, выполнил анализ полученных результатов. Виноградов А.В., Сейфуллин А.Ю. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 10.06.2020

Опубликована 31.08.2020

## Contribution

A.V. Vinogradov provided scientific guidance, formulated the main research concepts, participated in the development of methods and schematic design solutions, carried out critical analysis and revision of the text. A. Yu. Seyfullin participated in the development of methods, schematic designing, and the preparation of the paper text; he performed a search for analytical materials in the domestic and foreign sources, participated in the discussion of the paper, and analyzed the obtained results. A.V., Vinogradov A.Yu. Seyfullin possess copyrights relating to the paper and bear responsibility for plagiarism.

## Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on June 10, 2020

Published 31.08.2020