



Столыпинский  
вестник

Научная статья  
Original article  
УДК 620.9

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ  
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ**

**ELECTRIC SUPPLY OF DECENTRALIZED AGRICULTURAL  
OBJECTS BASED ON PHOTOVOLTAIC MODULES**

**А.Н. Канахина**, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна», Дубна

**Н.А. Глазунов**, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна», Дубна

**П.Д. Зайцев**, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна», Дубна

**М.И. Зорин**, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Университет «Дубна», Дубна

**A.N. Kanakhina**, Dubna State University, Dubna

**N.A. Glazunov**, Dubna State University, Dubna

**P.D. Zaitsev**, Dubna State University, Dubna

**M.I. Zorin**, Dubna State University, Dubna

**Аннотация.** Значительная доля сельскохозяйственных объектов находится в децентрализованных зонах электроснабжения. Электрификация таких зон осуществляется с помощью дизельных установок. Для обеспечения

стабильной работы дизельных установок необходимо дизельное топливо, доставка которого затруднена. Статья предлагает оценку возможностей возобновляемой энергетики в повышении энергетической эффективности децентрализованных систем электроснабжения и решения проблем их развития на основе фотоэлектрических модулей. В статье приведен анализ динамики цен на дизельное топливо за последние 10 лет. Рассмотрены конфигурации систем электроснабжения с интеграцией возобновляемых источников энергии в децентрализованную систему с технико-экономическим сравнением возможных вариантов.

**Abstract.** A significant proportion of agricultural objects are located in decentralized power supply zones. Electrification of such zones supplies with the help of diesel plants. Diesel fuel is necessary for the stable operation of diesel plants, transportation is difficult. The article offers evaluation of the potential of renewable energy in improving the energy efficiency of decentralized power supply systems and solving the problems of their development based on photovoltaic modules. The article provides an analysis of the dynamics of prices for diesel fuel over the past 10 years. The authors considered the configurations of power supply systems with the integration of renewable energy sources into a decentralized system with a technical and economic comparison of possible options.

**Ключевые слова:** электроснабжение, децентрализованные сельскохозяйственные объекты, возобновляемые источники энергии, фотоэлектрические модули, дизельные установки, распределенная энергетика

**Keywords:** power supply, decentralized agricultural objects, renewable energy sources, photovoltaic modules, diesel plant, distributed energy

Значительная часть территории России с сельскохозяйственными объектами не имеет централизованного энергоснабжения. Подключение к централизованным электрическим системам затруднено из-за больших капитальных затрат и тарифов и несоответствия класса напряжения линий электропередачи передаваемой мощности ввиду больших расстояний и малых

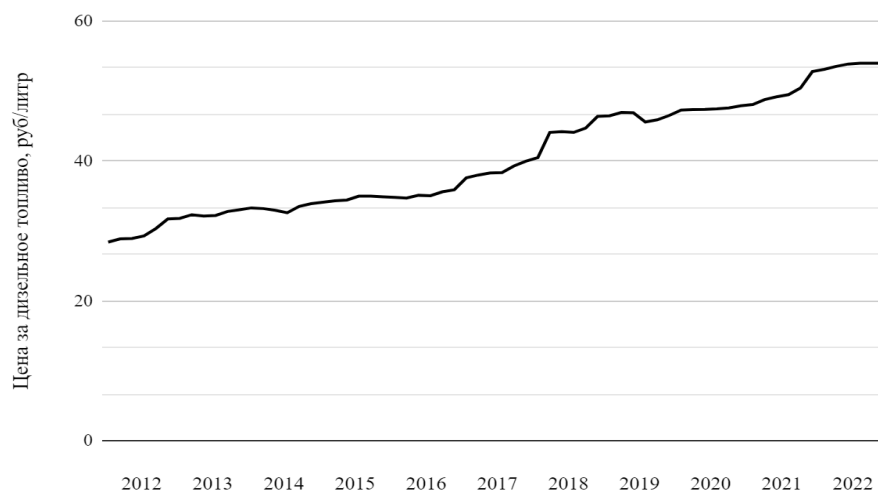
потребностей в электроэнергии, поскольку в настоящее время на 67% децентрализованной территории проживает всего 14% населения страны [1]. Это означает, что обеспечить электропитанием сельскохозяйственные комплексы, расположенные в децентрализованных зонах, целесообразно с помощью систем и оборудования автономной, малой энергетики [2].

Вопросы электроснабжения на таких объектах решаются установкой дизельных установок (ДЭУ), но это далеко не всегда оптимальный вариант, если учесть удаленность и труднодоступность многих сельскохозяйственных объектов и соответственно дороговизну и сложность доставки топлива.

Кроме высокой стоимости доставки в удаленные районы, наблюдается и устойчивый рост цен дизельного топлива на рынке [3, 4]. Динамика цен на дизельное топливо в России приведена на рисунке 1.

Важным направлением энергосбережения на сельскохозяйственных объектах является развитие систем и средств распределенной энергетики в первую очередь на базе использования возобновляемых источников энергии [5].

В России имеются большие территории, расположенные в децентрализованной зоне электроснабжения (Крайний Север, Восточные окраины, горная местность и др.). Эти территории можно использовать для развития возобновляемых источников электроэнергии, что позволит экономить значительные объемы дефицитных традиционных энергоресурсов и перейти на более экологичное производство электроэнергии.



**Рис. 1.** Динамика цен на дизельное топливо в России с 2012 по 2022 гг.

**Fig. 1.** Dynamics of diesel fuel prices in Russia from 2012 to 2022

Доля нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в энергобалансе сельскохозяйственных объектов составляет до 1,5%. Ставится задача довести объем использования НВИЭ в этом энергобалансе к 2030 г. до 8% [2].

Важное значение в связи с этим приобретает реализация систем распределенной энергетики на базе комбинированных источников энергоснабжения с использованием фотоэлектрических модулей (ФЭМ) [6,7].

Следует отметить, что возможности электрификации автономного объекта только от возобновляемых источников в большинстве случаев существенно ограничены временной нестабильностью потенциала НВИЭ.

Обычно схемные решения гибридных солнечно-дизельных установок строятся по двум основным вариантам взаимодействия: раздельная или параллельная работа энергоустановок на нагрузку [8].

Введение в дизельную систему фотоэлектрических установок даст возможность покрывать в определенные периоды времени потребность электрической нагрузки и позволит замещать дизельную генерацию, тем самым обеспечив экономию дизельного топлива и срок эксплуатации ДЭУ, однако увеличит стоимость энергетического оборудования гибридной

системы, повлияет на надежность и режимы работы элементов энергетического комплекса.

Существует две основные конфигурации гибридных систем электроснабжения, предусматривающие объединение источников энергии на шине переменного тока. Структурные схемы систем приведены на рисунке 2, где ДЭУ – дизельная электроустановка; ФЭУ – фотоэлектрическая установка; АКБ – аккумуляторные батареи; АИ – автономный инвертор; СИ – сетевой инвертор; Н – нагрузка; U – шина переменного тока.

В период времени, когда возобновляемый источник энергии имеет наибольший потенциал, ДЭУ отключается. Использование запасов энергии в аккумуляторах позволяет уменьшать количество запусков ДЭУ.

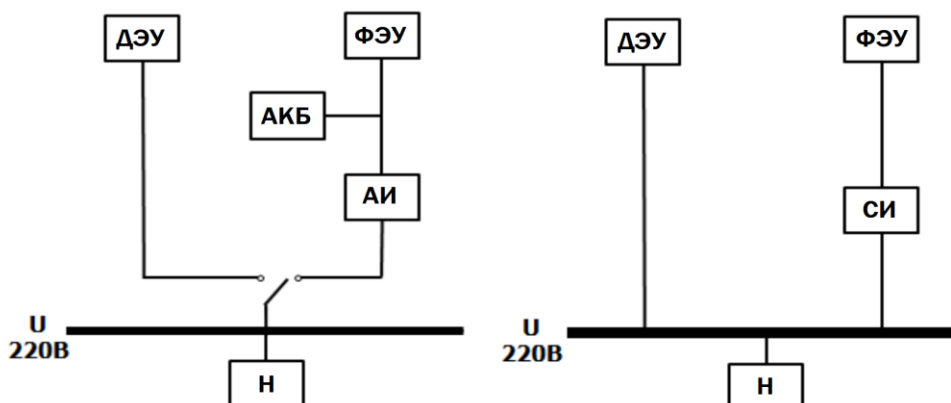
В зависимости от установленных мощностей ДЭУ и НВИЭ в гибридной системе электроснабжения может предусматриваться как отдельная работа энергоисточников, так и параллельная работа на общую нагрузку [9].

Отдельная работа ФЭУ и ДЭУ (рис. 1а) обеспечивает максимальную экономию дизельного топлива за счет выработки ФЭУ без ограничений ее установленной мощности, тем самым продлевая срок службы дизельных агрегатов. Такая схема обычно применяется для фотодизельных энергетических комплексов относительно небольшой мощности, до 100-120 кВт [10]. Влияние на установленную мощность будет оказывать высокая стоимость и ограничения по эксплуатации аккумуляторных батарей.

Параллельная работа ФЭУ и ДЭУ (рис. 1б) предусматривает постоянную работу ДЭУ с замещением части дизельной генерации энергией ФЭУ. Достоинством данной схемы является возможность максимального использования установленной мощности ФЭУ без хранения энергии, что позволяет экономить на оборудовании, и получить более надежную энергетическую систему.

Недостаток совместной работы дизельной и солнечной установок на нагрузку заключается в необходимости ограничения мощности инвертора и,

соответственно, генерации ФЭУ относительно генерации ДЭУ гибридного энергетического комплекса.



**Рис. 2 а, б.** Структурные схемы построения гибридных систем электроснабжения фотодизельных энергетических комплексов

**Fig. 2 a, b.** Structural diagrams of hybrid power supply systems of photo-diesel energy complexes

Также существует частный вариант построения данной энергетической системы с использованием гибридного инвертора. Такая конфигурация представляет некий гибрид упомянутых схем электроснабжения. Стоит отметить, что гибридный инвертор выступает в роли автоматического ввода резерва (АВР) между энергоисточниками в системе.

При снижении затрат на топливо и обеспечении электроэнергией децентрализованные объекты с помощью комбинированных систем электроснабжения следует учесть, что окупаемость может составлять более 10 лет с момента ввода в эксплуатацию. Срок окупаемости будет складываться из цены и долговечности используемого оборудования, а также уровня инсоляции в месте эксплуатации системы.

Внедрение в энергетический комплекс с дизельной системой фотоэлектрических модулей и современной интеллектуальной системы управления его элементами будет способствовать экономии дизельного топлива, улучшению экологической обстановки и снижению затрат на распределение и транспортировку энергии и топлива, а также возникающих при этом потерь.

### Литература

1. Б.В. Лукутин, Д.И. Муравьев Перспективы децентрализованных систем электроснабжения постоянного тока с распределенной солнечной генерацией. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. Т. 331. № 6. С. 184-196.
2. Д.А. Тихомиров, А.В. Тихомиров Состояние энергообеспечения объектов АПК и перспективы развития децентрализованных систем, сетей и оборудования // Инновации в сельском хозяйстве - 2019. – С. 10-12.
3. В.Н. Акимов Анализ динамики цен на моторные топлива на российском рынке в 2000-2020 гг. в свете налоговой политики в нефтяной отрасли Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, (18) – С. 157-185.
4. Суржикова О.А. Проблемы и основные направления развития электроснабжения удаленных и малонаселенных потребителей России // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 3 (4). – С. 103-108.
5. Kharchenko V., Gusarov V., Bolshev V. Reliable Electricity Generation in RES-Based Microgrids // Handbook of Research on Smart Power System Operation and Control. – IGI Global, 2019. – С. 162-187.
6. Большев В.Е., Виноградов А.В. Обзор зарубежных источников по теме повышения эффективности систем электроснабжения // Агротехника и энергообеспечение. - 2017. - №2 (15) – С. 21-25.
7. П.В. Князев, Т.Б. Лещинская Разработка модели для систем сельского электроснабжения // Электрика. - №12.- 2004. – С. 27-30.
8. В.Н. Дмитриенко Исследование и оптимизация структуры и состава фотодизельных электростанций северных поселков: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/ ТПУ. – Томск, 2018. – 25 с.
9. Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 128 с.

10. Б.В. Лукутин, В.Р. Киушкина Влияние возобновляемой энергетики на энергетическую безопасность децентрализованных систем электроснабжения – Красноярск: Изд-во Сибирского федерального университета, 2020. – С. 632-642.

#### Literature

1. B.V. Lukutin, D.I. Muravyev Prospects of decentralized DC power supply systems with distributed solar generation. – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2020. Vol. 331. No. 6. pp. 184-196.
2. D.A. Tikhomirov, A.V. Tikhomirov The state of energy supply of agricultural facilities and prospects for the development of decentralized systems, networks and equipment // Innovations in agriculture - 2019. – pp. 10-12.
3. V.N. Akimov Analysis of the dynamics of prices for motor fuels on the Russian market in 2000-2020 in the light of tax policy in the oil industry Scientific papers: Institute of National Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, (18) – pp. 157-185.
4. Surzhikova O.A. Problems and main directions of development of power supply to remote and sparsely populated consumers of Russia // Bulletin of Science Siberia. – 2012. – № 3 (4). – Pp. 103-108.
5. Kharchenko V., Gusarov V., Bolshev V. Reliable Electricity Generation in RES-Based Microgrids // Handbook of Research on Smart Power System Operation and Control. – IGI Global, 2019. – pp. 162-187.
6. Bolshev V.E., Vinogradov A.V. Review of foreign sources on improving the efficiency of power supply systems // Agrotechnics and energy supply. - 2017. - №2 (15) – Pp. 21-25.
7. P.V. Knyazev, T.B. Leshchinskaya Development of a model for rural power supply systems // Electrician. - No. 12.- 2004. – pp. 27-30.
8. V.N. Dmitrienko Research and optimization of the structure and composition of photo-diesel power plants of northern settlements: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences/ TPU. – Tomsk, 2018. – 25 p.



9. B.V. Lukutin, I.O. Muravlev, I.A. Plotnikov Power supply systems with wind and solar power plants – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2015. – 128 p.
10. B.V. Lukutin, V.R. Kiushkina The impact of renewable energy on the energy security of decentralized power supply systems – Krasnoyarsk: Publishing House of the Siberian Federal University, 2020. – pp. 632-642.

*© А.Н. Канахина, Н.А. Глазунов, П.Д. Зайцев, М.И. Зорин 2022 Научный сетевой журнал «СтолЫпинский вестник» №4/2022*

**Для цитирования:** А.Н. Канахина, Н.А. Глазунов, П.Д. Зайцев, М.И. Зорин ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ// Научный сетевой журнал «СтолЫпинский вестник» №4/2022