

Научная статья
УДК 621.311
doi:10.35694/YARCX.2024.68.4.017

СБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ПОТРЕБЛЯЕМЫХ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ В АГРАРНОМ ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ, ПУТЁМ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В. В. Морозов¹, Н. Ю. Махаева², Г. М. Зюзин³, Д. А. Васиков⁴, М. Г. Волкова⁵

^{1, 2, 3}Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

^{4, 5}Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Ярославль, Россия

Автор, ответственный за переписку: Дмитрий Александрович Васиков, zoomd@yandex.ru

Реферат. Управление процессом генерирования электроэнергии – один из способов увеличения энергоэффективности дизельных электростанций при переменном характере нагрузок. Достигается изменением количества потребителей в зависимости от величины текущей нагрузки с учётом временного графика работы оборудования. В статье рассмотрены способы, повышающие энергоэффективность дизельных электростанций за счёт выравнивания графиков нагрузок, а именно, аккумулярование энергии в специальных накопителях и изменение технологических режимов работы потребителей электрической энергии. Рассмотрены способы выравнивания графиков нагрузок, изменяющие величину потребляемой электроэнергии. Показано, что выравнивание графиков нагрузок автономных источников изделий наиболее целесообразно осуществлять с помощью потребителей-регуляторов.

Ключевые слова: генерирование электроэнергии, силовые агрегаты, нагрузочные реостаты, потребитель-регулятор

SAVING ENERGY RESOURCES CONSUMED BY THE DIESEL POWER STATION IN THE AGRICULTURAL INDUSTRIAL COMPLEX BY CHANGING THE OPERATING MODES OF CONSUMERS

Vadim V. Morozov¹, Natalya Yu. Makhaeva², G. M. Zyuzin³, D. A. Vasikov⁴, M. G. Volkova⁵

^{1, 2, 3}Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

^{4, 5}Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense, Yaroslavl, Russia

Author responsible for correspondence: Dmitriy A. Vasikov, zoomd@yandex.ru

Abstract. Management of the process of electric power generation is one of the ways to increase the energy efficiency of diesel power stations with variable loads character. It is achieved by changing the number of consumers depending on the value of the current load, taking into account the time schedule of the equipment operation. The article discusses methods increasing the energy efficiency of diesel power stations by leveling load-graphs, namely, energy accumulation in special storage devices and changing the technological modes of operation of electric energy consumers. Methods of leveling load-graphs changing the amount of consumed electricity are considered. It has been shown that it is most expedient to level load-graphs of autonomous sources of products using load-controlled consumers.

Keywords: electric power generation, power units, load rheostats, load-controlled consumer

Введение. Развитие промышленного и аграрного производства неотъемлемо связано с большим потреблением экономических и природных ресурсов. Причём количество использованных ресурсов в аграрных промышленных комплексах (АПК) напрямую связано с уровнем реализации современных технологий, повсеместного внедрения их в технологический процесс. Справедливо будет утверждение, что чем выше уровень технологий, используемых в АПК, тем меньше зависимость его от различных факторов природного характера, внешних факторов. Большое значение для производства в АПК играет уровень развития ресурсной базы, где эффективное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) является основой сельского хозяйства. Сокращение количества потребления

ТЭР в АПК сегодня является основной задачей как для производств, так и для науки. Существует острая необходимость, используя имеющиеся наработки в области энергоэффективности, создать технологии, способы, которые позволят существенно уменьшить потребление ТЭР. Прорыв в данной области возможен, так как из-за больших сырьевых богатств и объёмов переработки ТЭР наша страна за прошедший век развивала АПК, в основном тиражируя уже имеющиеся технологии путём расширения производств на новые территории. На современном этапе развития АПК сокращение количества использования ТЭР является одним из основных направлений. Имеющийся потенциал в сфере энергоэффективности систем электроснабжения даёт возможность по разработке новых способов и принципов

Сбережение энергоресурсов, потребляемых дизельной электростанцией в аграрном промышленном комплексе, путём изменения режимов работы потребителей

пов в организации работы энергосилового оборудования с возможностью более эффективного использования ТЭР.

Традиционно в области АПК используется большое количество дизельных электростанций (ДЭС). Большое распространение ДЭС получили из-за высокой производительности, относительно небольшой стоимости оборудования, компактности, надёжности, мобильности, большой линейки моделей отечественных производителей. Как и любое сложное энергосиловое оборудование ДЭС имеют ряд недостатков. Уровень шума, загрязнение окружающей среды, небольшое время непрерывной работы без дозаправки и высокая стоимость ТЭР являются основными недостатками при использовании ДЭС [1; 2].

Анализ многолетнего опыта эксплуатации энергосилового оборудования ДЭС показывает, что низкая эффективность использования ТЭР связана с разбалансированностью между временем работы, характером и значением потребляемой мощности (переменный характер нагрузки) потребителей АПК.

Высокая надёжность энергосилового оборудования ДЭС, с одной стороны, и большое потребление ТЭР, с другой, приводят к дискуссиям в области энергоэффективности, что является оправданным и указывает на направление по их развитию и модернизации. Целью данной работы является устранение возникшего противоречия за счёт нового подхода, основанного на изменении количества потребляемой электроэнергии потребителями с течением времени.

Методика. Для увеличения энергоэффективности энергосилового оборудования ДЭС при работе на изменяющуюся с течением времени нагрузку предлагается управлять процессом генерирования электроэнергии. Сегодня известны такие способы, как изменение количества и мощностных характеристик силовых агрегатов (СА) ДЭС [3]. Анализ же данного опыта показал, что попытки добиться нужной комбинации и параметров СА ДЭС приводят к большому количеству их пусков и остановкам, что не всегда оправдано.

Если пойти по пути увеличения количества СА ДЭС, что возможно при делении общей расчётной мощности потребителей АПК добиться улучшения показателей энергоэффективности, то цена такого решения будет неприемлемой. Так же увеличение числа СА ДЭС неизменно приведёт к усложнению распределительных устройств, их алгоритмов работы, обеспечивающих ещё и параллельную работу, что усложнит как эксплуатацию, так и обслуживание в целом.

Другим способом повышения энергоэффективности энергосилового оборудования ДЭС при работе на нагрузку ниже номинальной мощности является использование нагрузочных реостатов. Использование нагрузочных реостатов позволяет сохранить ресурс ДЭС при работе на малых нагрузках вследствие увеличения количества нагрузки во время её небольших значений от потребителей АПК. Необходимость включения в состав ДЭС нагрузочных реостатов повысит их стоимость, усложнит алгоритмы и схемы коммутации устройств распределения, обслуживание, а энергия, потребляемая нагрузочными реостатами, будет выделяться в окружающее пространство в виде тепла.

Целесообразнее пойти по пути выравнивания графиков нагрузки на ДЭС, и для этого можно использовать следующие способы:

- аккумулярование энергии в специальных накопителях;
- изменение технологического режима работы потребителей АПК.

Использование способов первой группы достаточно сложное и дорогое. Накопители электроэнергии имеют большие массогабаритные размеры и очень сложный процесс утилизации. Необходимость двойного преобразования электроэнергии, с изменением параметров тока с переменного на постоянный и обратно, приводит к большим потерям электроэнергии, что, на наш взгляд, противоречит самой цели энергоэффективности. Следует учитывать, что в АПК, как правило, отсутствует оборудование с возможностью непосредственного запасаания электрической энергии – накопители. Способы же второй группы имеют практическую значимость из-за возможности снижать в часы максимальных нагрузок потребление электроэнергии и компенсировать повышенным потреблением электроэнергии в часы минимальных нагрузок. Потребители, за счёт которых происходит перераспределение нагрузки на ДЭС, называются потребители-регуляторы (ПР). Никакого нового оборудования не требуется, а необходимо иметь информацию об изменении нагрузки с течением времени во время всего технологического цикла производства.

Потребитель-регулятор – это устройство, которое подобно накопителю электроэнергии способно аккумулировать энергию за счёт создания технологического задела на основе своих аккумулирующих свойств, и в соответствии с графиком нагрузок на энергосиловое оборудование ДЭС способно увеличивать или уменьшать потребление электроэнергии [3; 4].

Из вышесказанного следует, что в случае, если в проектируемых объектах АПК не предусматривается применение накопителей энергии, то выравнивание графиков нагрузки автономных источников целесообразнее выполнять способами второй группы, используя ПР.

К ПР могут быть отнесены устройства или системы, имеющие в своём составе такое электротехническое оборудование, как: электрическое освещение, системы вентиляции, системы воздушного охлаждения, подзарядки аккумуляторных батарей, компрессорные установки, печки, электронагреватели и т.д., которые могут быть использованы с целью выравнивания графиков нагрузки на энергосиловое оборудование ДЭС.

Примерная мощность таких ПР, по анализу имеющихся объектов в АПК, составляет от 35 до 43 процентов от всей установленной максимальной мощности в зависимости от назначения. В имеющихся энергосистемах АПК временные графики работы ПР технических систем определяются выполняемым ими технологическим процессом, что и приводит, в свою очередь, к неравномерности графиков нагрузок на энергосиловое оборудование ДЭС.

Идея применения ПР для выравнивания графиков нагрузки состоит в определении моментов, длительности по времени и количеству как отключения, так и включения электротехнических устройств. Основной

целью таких манипуляций является обеспечение максимального баланса между генерацией и потреблением электроэнергии в АПК.

Обсуждение и выводы. Проведённый анализ эксплуатации ДЭС в АПК показал, что повышение энергоэффективности энергетических систем целесообразнее проводить за счёт способов, обеспечивающих выравнивание графиков нагрузки, изменения технологического режима работы потребителей АПК, т.е. использования аккумулирующих свойств, имеющихся ПР, создаваемого ими технологического задела.

Применение данного способа требует соответствующей степени автоматизации процессом управления работой ПР. Имеющиеся системы автоматизации производств в АПК управляют отдельными группами потребителей и реализуют их работу в рамках имеющегося технологического процесса. Несбалансированность по времени работы и количеству потребляемой мощности электромеханических устройств в АПК приводит к неравномерности нагрузки на энергосиловое оборудование ДЭС. Работа потребителей электроэнергии не согласуется между собой и не рассматривается с позиции обеспечения наиболее энергоэффективного режима работы ДЭС. В созданных системах управления отсутствует информация о режимах работы, текущих значениях нагрузки и созданного технологического задела имеющимися потенциальными ПР. Ввиду всего вышеизложенного сегодня потребители АПК «навязывают» свои требования к энергосиловому оборудованию ДЭС, что, в свою очередь, приводит к низкой энергоэффективности при их эксплуатации.

Внедрение новых алгоритмов работы в зачастую уже имеющиеся системы управления или разработка новых систем автоматизации, что на имеющемся этапе их развития больших сложностей не представляет, позволяет рассматривать данное направление как перспективную базу для развития способов и решения проблем сбережения ТЭР в АПК.

Если мы будем иметь в системах автоматизации информацию о режимах работы и параметрах технологических процессов, а значит и вместе с этим возможность оперативного управления ими, то это позволит на основе системного подхода реализовать расчёт и согласование сбалансированной работы за счёт ПР с целью выравнивания графиков нагрузок и, как следствие, повышения энергоэффективности в АПК.

Для достижения поставленной цели и сбалансированного согласования режимов работы отдельных электромеханических устройств необходимо выявить ограничения, устанавливаемые на технологические процессы ряда потребителей.

Если ограничения характеризуются назначением основных технологических процессов как первая категория электроснабжения и обязаны выполняться в приоритетном порядке, то они являются безусловными. Указанные ограничения применяются зачастую на технологические процессы электропитания систем АПК, непосредственно поддерживающих штатное функционирование электротехнических систем.

Современный уровень развития систем автоматизации информации позволяет обеспечить названные ограничения и выполнить цель по существенному повышению энергоэффективности АПК и снижения потребления ТЭР, за счёт сбалансированной совместной работы потребителей, посредством использования технологического задела системы создаваемого ПР.

Анализ результатов применения данного способа показал, что имеет возможность:

- снижения удельного эффективного расхода топлива на 6–12%;
- снижения расходов условного топлива на 4–8%;
- повышения сроков автономности на 7–10%.

Таким образом, разработка и внедрение способов повышения энергоэффективности за счёт изменения технологического режима работы потребителей АПК является наиболее перспективным направлением совершенствования энергообеспечения, при использовании различных видов ДЭС.

Сбережение энергоресурсов в АПК является актуальной проблемой, успешное решение которой во многом будет зависеть от возможности снижения неравномерности графиков нагрузки на ДЭС. Способы, рассмотренные выше, использующие аккумуляцию энергии и изменяющие технологические режимы работы ТС, позволяют снизить неравномерность графиков нагрузки и являются перспективными. Для внедрения данных способов необходимо включить в систему электропитания системы автоматизации информации о потребителях. Предложенные в статье способы позволяют в значительной мере уменьшить расход ТЭР, существенно повысить энергоэффективность энергосилового оборудования ДЭС в АПК.

Список источников

1. Соснина Е. Н., Шалухо А. В., Липужин И. А., Александрова Т. А. Техно-экономический анализ применения ветро-дизельных электростанций для электроснабжения энергоудаленных поселений // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2016. № 1 (112). С. 65–72. EDN VZDUXR.
2. Лукутин Б. В., Шандарова Е. Б. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. С. 139. EDN RXUODR.
3. Васиков Д. А. Возможность сбережения энергоресурсов, потребляемых дизельной электростанцией, в системе электроснабжения зенитных ракетных систем путем изменения режимов работы потребителей // Сборник научных трудов: ПАО «НПО «Алмаз». М., 2018. С. 29–36.
4. Кухарчук А. В. Потребитель-регулятор и продукция, как аккумулятор электрической энергии на целлюлозно-бумажных комбинатах // Оригинальные исследования. 2019. Т. 9, № 8. С. 50–56. EDN HKRZNR.

References

1. Sosnina E. N., Shalukho A. V., Lipuzhin I. A., Aleksandrova T. A. Tehniko-jekonomicheskij analiz primenenija vetro-dizel'nyh jelektrostancij dlja jelektrosnabzhenija jenergoudalennyh poselenij // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. 2016. № 1 (112). С. 65–72. EDN VZDUXR.

2. Lukutin B. V., Shandarova E. B. Sposoby snizhenija rashoda topliva dizel'nyh jelektrostantsij // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2013. № 2. S. 139. EDN RXUODR.

3. Vasikov D. A. Vozmozhnost' sberezhenija jenergoresursov, potrebljaemyh dizel'noj jelektrostantsiej, v sisteme jelektrosnabzhenija zenitnyh raketnyh sistem putem izmenenija rezhimov raboty potrebitelej // *Sbornik nauchnyh trudov: PAO «NPO «Almaz»*. M., 2018. S. 29–36.

4. Kukharchuk A. V. Potrebitel'-reguljator i produkcija, kak akumuljator jelektricheskoj jenerгии na celljulozno-bumazhnyh kombinatah // *Original'nye issledovanija*. 2019. T. 9, № 8. S. 50–56. EDN HKRZNR.

Информация об авторах

Вадим Владимирович Морозов – кандидат физико-математических наук, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, и.о. заведующего кафедрой электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 2150-3745.

Наталья Юрьевна Махаева – проректор по учебной и воспитательной работе, молодежной политике, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Глеб Максимович Зюзин – обучающийся агротехнологического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет».

Дмитрий Александрович Василов – кандидат технических наук, преподаватель кафедры командных пунктов зенитных ракетных систем, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны Российской Федерации, spin-код: 2619-5730.

Марина Геннадьевна Волкова – кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры физики, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны Российской Федерации, spin-код: 7603-9720.

Information about the authors

Vadim V. Morozov – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector for Research and Digital Transformation, Acting Head of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2150-3745.

Natalya Yu. Makhaeva – Vice-Rector for Academic and Educational Work, Youth Policy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Gleb M. Zyuzin – student of the Agrotechnological Faculty, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University".

Dmitriy A. Vasikov – Candidate of Technical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Command posts of Anti-aircraft Missile Systems, Federal Educational institution of higher professional education "Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, spin-code: 2619-5730.

Marina G. Volkova – Candidate of Psychological Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Physics, Federal Educational institution of higher professional education "Yaroslavl Higher Military Institute of the Air Defense" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, spin-code: 7603-9720.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.