

DOI: 10.47026/1810-1909-2023-2-112-120

УДК 621.311.6+621.311.8

ББК 328-082.03+3252

Г.А. КРАВЧЕНКО, Э.Л. ЛЬВОВА, Н.В. СТЕПАНОВ

## ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННЫХ ГРУПП ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

**Ключевые слова:** объекты системы электроснабжения, источники питания, аварийное и бесперебойное электроснабжение.

Участки производства, требующие повышенной надежности энергообеспечения, должны быть защищены от перебоев в снабжении электроэнергией, так как аварийная остановка электропитания может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, расстройство сложного технологического процесса и привести к значительному материальному ущербу.

**Целью исследования** является создание системы резервного электроснабжения предприятия с использованием источников аварийного и бесперебойного электроснабжения, таких как встроенные аккумуляторы, источники бесперебойного питания, дизель-генераторные станции, на примере нефтеперерабатывающего завода. При возникновении аварийной ситуации применяемые источники за короткое время должны обеспечить нормальную работу ответственных объектов (котельной, водозабора, компьютерной системы, системы пожаротушения и т.д.) от резервных источников электроэнергии.

**Материалы и методы исследования.** При разработке технического решения по электроснабжению промышленного предприятия руководствовались действующими нормативными документами. При выполнении схем использовался программный продукт КОМПАС.

**Результаты.** В работе приведена система электроснабжения нефтеперерабатывающего завода с возможностью применения дизель-генераторной станции в качестве безаварийного источника питания. Дизель-генераторные станции полностью соответствуют требованиям надежности для аварийного поддержания сети на время более 24 часов. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей особой группы первой категории в качестве автономных источников питания предложены инверторно-аккумуляторные системы.

Разработан алгоритм ввода резервного источника питания как техническое решение, представляющее практический интерес при проектировании схем электроснабжения ответственных групп электроприемников. Представлена организация автоматического ввода резерва при перебоях электропитания от основных вводов.

**Выводы.** Рассмотренная система электроснабжения от независимых источников питания с использованием дизель-генераторных установок и источников бесперебойного питания в комплексе с устройствами автоматического включения резервного питания позволяет повысить надежность электроснабжения ответственных потребителей и предотвратить аварийные ситуации, связанные с отключением электропитания.

В процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, а также технологической части проекта определяются категории электроприемников по надежности электроснабжения.

Электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения, относятся к первой категории по надежности электроснабжения [2, 3].

Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования. Ответственные объекты, для которых неприемлемо даже секундное прерывание в электропитании, выделяются в критическую группу.

Некоторые процессы на производстве должны продолжаться вне зависимости от внешних обстоятельств и требуют корректного завершения во избежание потери и искажения данных, для сохранения работоспособности технологического оборудования, обрабатываемых изделий, процессов и программ.

В нефтегазовой промышленности к объектам первой категории надежности относятся: объекты добычи, переработки, транспортировки газа и нефтепродуктов, буровые установки, подземные хранилища, газораспределительные станции, автоматические газонаполнительные компрессорные станции, системы контрольно-измерительных приборов и автоматики, электрохимзащиты и связи, котельные установки и вспомогательные объекты.

Последствия перерывов электроснабжения данных объектов могут привести к размораживанию водоводов, переполнению емкостей, прекращению транспорта газа и нефтепродуктов, аварийному повышению температуры на станциях, неработоспособности систем пожаротушения и т.п.

С развитием микропроцессорной техники увеличилась роль компьютерного управления различными процессами и системами. Особая роль этих ответственных потребителей ставит задачу повышения надежности, бесперебойности электроснабжения, так и безаварийности их работы. В данных условиях необходимо применение аварийных автономных источников питания.

Необходимость и правила применения аварийных автономных источников питания определены в ГОСТ 50571.28<sup>1</sup>. Распределительные питающие сети должны быть спроектированы и выполнены так, чтобы было обеспечено автоматическое переключение особо важного оборудования с основной распределительной питающей сети на аварийную.

Существует несколько видов источников аварийного и бесперебойного электроснабжения: встроенные аккумуляторы, источники бесперебойного питания (ИБП), дизель-генераторные станции (ДГС) [4, 5].

На рис. 1 представлена структурная схема электроснабжения предприятия, позволяющая обеспечить питание ответственных потребителей в аварийном режиме [2]. В штатном режиме электроснабжение всех потребителей происходит от промышленной сети. При этом система бесперебойного электропитания (СБЭП) постоянно осуществляет слежение за сетью. Для ответственных потребителей система корректирует отклонения напряжения от нормы, производит фильтрацию импульсных помех, осуществляет тестирование и подзаряд собственных аккумуляторных батарей (АБ). При чрезмерных отклонениях и исчезновении напряжения в сети СБЭП безотрывно переводит на себя питание

<sup>1</sup> ГОСТ Р 50571.28-2006 Электроустановки зданий. Часть 7. Требования к специальным электроустановкам. Введ. 2008-01-01. М.: Стандартинформ, 2007. 16 с.

потребителей. Через некоторое заданное время, необходимое для запуска и выхода на рабочий режим ДГС, или в случае критического разряда АБ начинается резервное электроснабжение от ДГС.

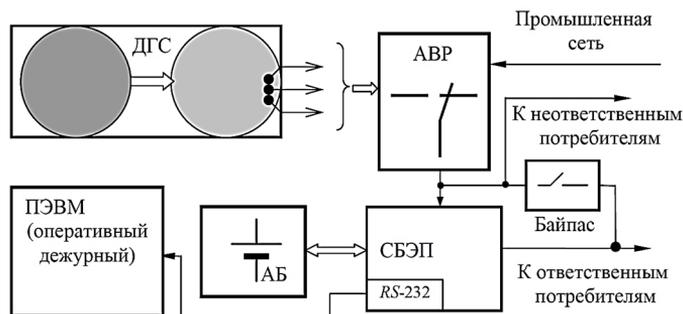


Рис. 1. Структурная схема электроснабжения потребителей различной категории надежности [2]

Дизель-генераторные станции незаменимы для аварийного поддержания сети большой мощности на время более 24 ч. Современные ДГС позволяют обеспечить автоматический запуск и поддержание сети за время менее 15 с.

Несмотря на то, что в последнее время рассматриваются вопросы применения возобновляемых источников питания (солнечных и ветроэнергетических станций), дизель-генераторные станции остаются обязательным оборудованием систем энергообеспечения ответственных объектов [6, 7], так как наиболее соответствуют требованиям к надежности энергообеспечения [1, 9].

**Целью исследования** является создание системы резервного электроснабжения предприятий с использованием источников аварийного и бесперебойного электроснабжения, таких как встроенные аккумуляторы, источники бесперебойного питания, дизель-генераторные станции. При возникновении аварийной ситуации применяемые источники за короткое время должны обеспечить нормальную работу ответственных объектов (котельной, водозабора, компьютерной системы, системы пожаротушения и т.д.) от резервных источников электроэнергии.

**Материалы и методы исследования.** В работе рассматривается система электроснабжения нефтеперерабатывающего завода с возможностью применения дизель-генераторной станции в качестве безаварийного источника питания. Также для особых категорий потребителей предусмотрена система бесперебойного питания.

При проектировании системы электроснабжения руководствовались действующими нормативными документами. Расчет нагрузок проводился согласно РТМ 36.18.32.4-92 «Указаниям по расчету электрических нагрузок»<sup>1</sup>, который разработан ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» г. Москва.

**Результаты исследования.** Предварительный выбор числа и мощности трансформаторных подстанций (ТП) завода осуществлен на основании требуемой

<sup>1</sup> РТМ 36.18.32.4-92 «Указаниям по расчету электрических нагрузок» [Электронный ресурс]. URL: <http://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf>.

степени надежности электроснабжения и распределения между ТП потребителей электроэнергии до 1 кВ. На заводе имеется оборудование, относящееся к потребителям первой и второй категории и требующее высокой надежности питания, поэтому ТП выполняются с двумя рабочими трансформаторами.

В нормальном режиме трансформаторы работают отдельно. Такой режим позволяет уменьшить токи короткого замыкания и дает возможность применять более легкую и дешевую аппаратуру на стороне низкого напряжения трансформаторов.

Номинальная мощность трансформаторов наливной станции выбирается по расчетной мощности, исходя из условия экономичной работы трансформаторов 70% в нормальном режиме и при допустимой 40%-ной перегрузке в послеаварийном режиме.

На рис. 2 показана схема электроснабжения наливной станции нефтеперерабатывающего завода с двумя основными сетевыми вводами и одним аварийным от независимого дизель-генератора с двумя секциями потребителей и секционированием.

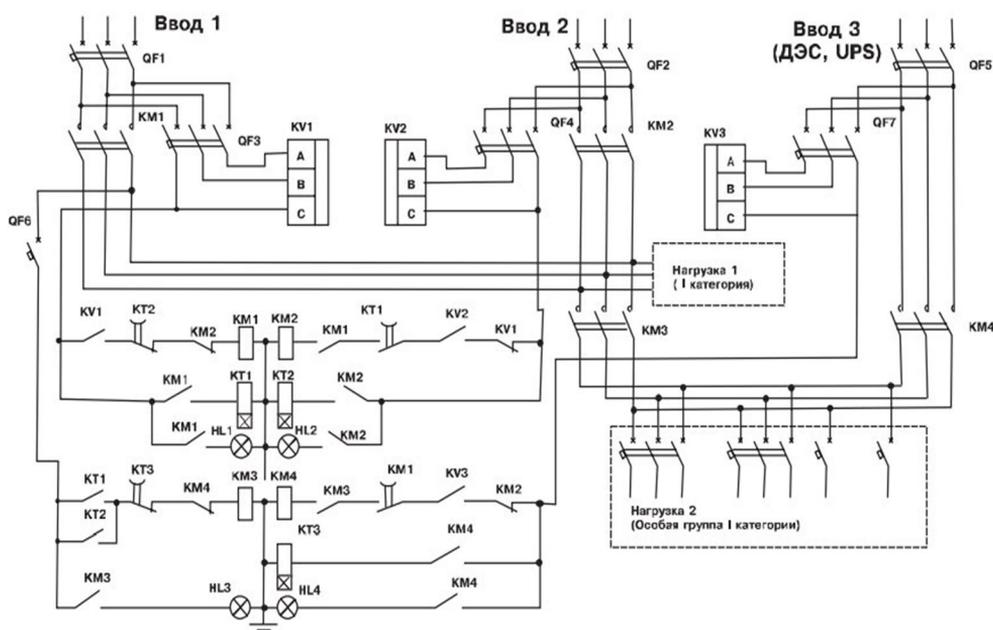


Рис. 2. Схема АВР на три ввода

В нормальном режиме каждая секция питается от своего ввода. При аварии осуществляется переключение на рабочий ввод секционным выключателем. При отсутствии питания на обоих вводах запускается ДЭС, которая становится аварийным источником питания. При восстановлении нормального режима электроснабжения происходит возврат питания потребителей на свой основной ввод. Разработанный алгоритм работы ввода резервного источника питания (АВР) представлен на рис. 3.

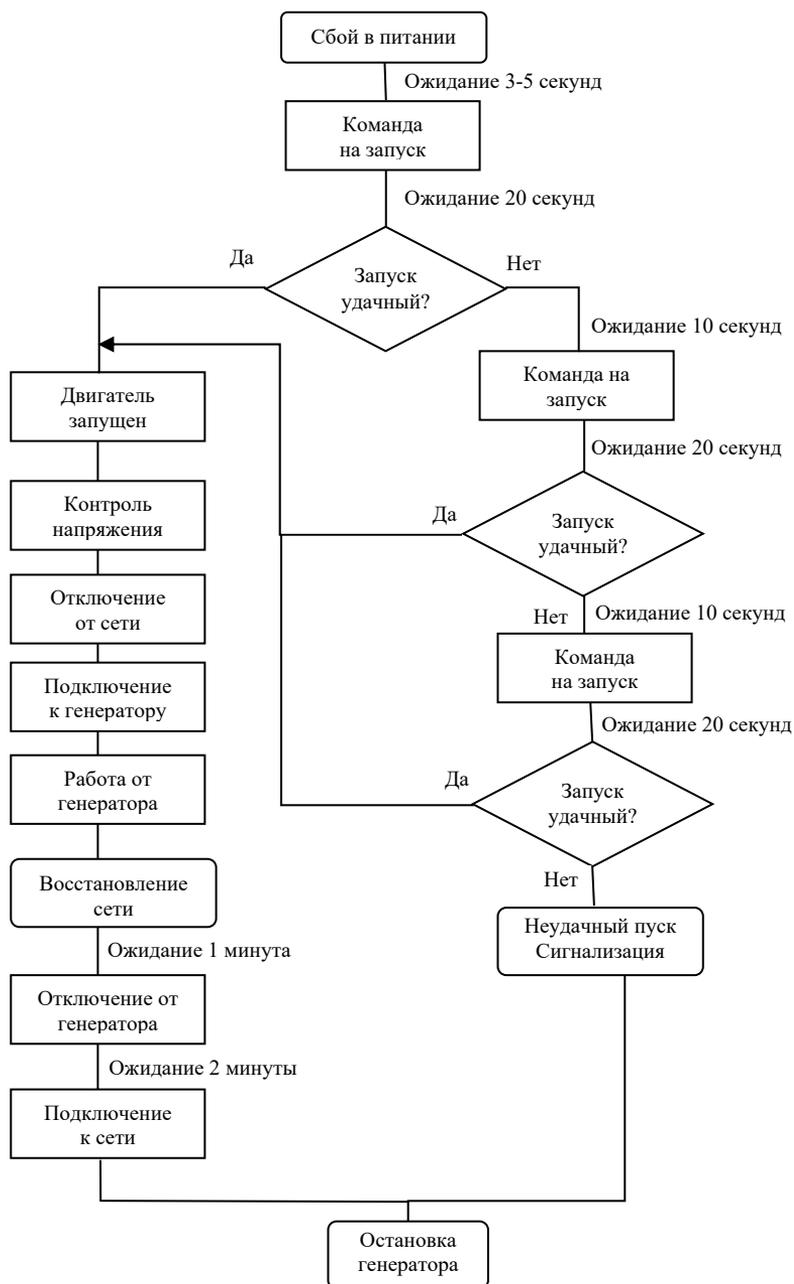


Рис. 3. Алгоритм работы АВР

В зависимости от сложности устройства блока АВР и автоматизированного оснащения дизельные электростанции могут иметь различные возможности от оперативных до сложного набора функций (контроль качества электроэнергии, отслеживание уровня топлива и масла в емкостях, дистанционное уведомление о запуске аварийного электропитания и другие).

Для бесперебойного электроснабжения потребителей особой группы первой категории в качестве автономных источников питания могут использоваться инверторно-аккумуляторные системы, работающие в режиме постоянного подзаряда в комплекте с выпрямителем и распределительным щитом.

Для подключения резервного дизельного генератора применяется стандартная схема с учетом выходного напряжения, на которое рассчитан генератор, наличия или отсутствия панели автоматического включения резерва, места расположения блока контроля состояния внешней сети и др.

Наименее критичной группой являются потребители II и III категории, которые питаются только от внешней сети, и их энергоснабжение резервируется переключением между двумя сетевыми вводами.

Потребители I категории и электроприемники, выделенные в особую группу, помимо двух сетевых вводов резервируются дизель-генераторными станциями, которые запускаются в случае отсутствия основного энергоснабжения по обоим вводам. Потребителей критической группы резервируют не только ДГС, но и источники бесперебойного питания, которые обеспечивают непрерывное энергоснабжение на время запуска резервной электростанции (рис. 4).

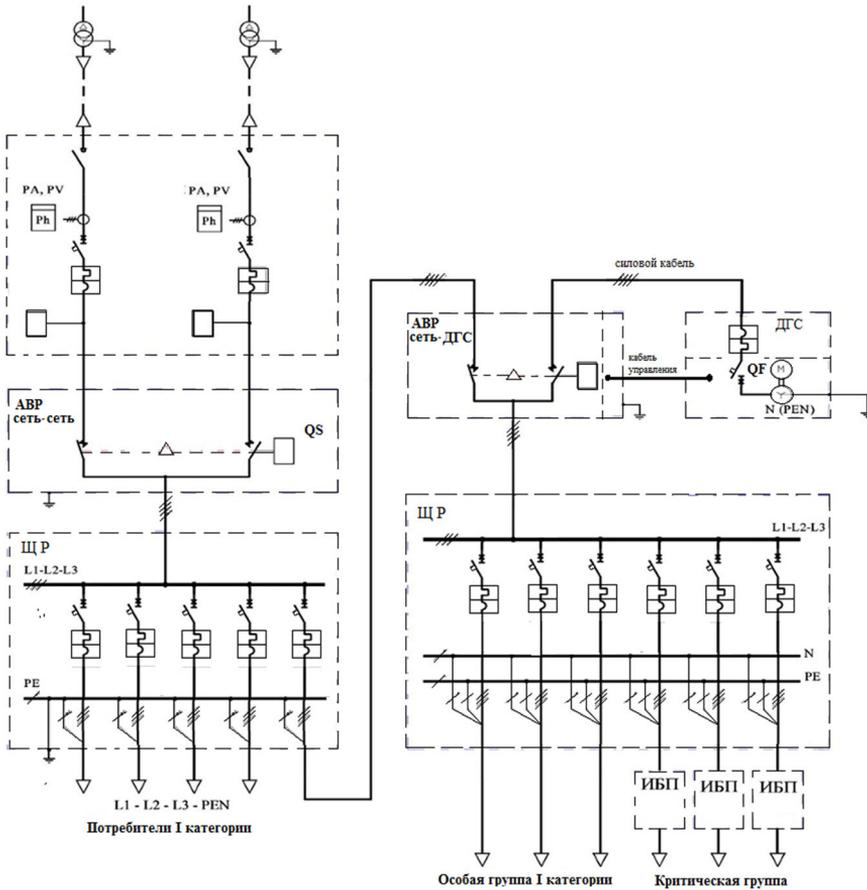


Рис. 4. Схема аварийного электроснабжения потребителей особой группы I категории и критической группы нагрузки

В шкафах АВР комплектных трансформаторных подстанций, где при необходимости происходит секционирование шин, устанавливаются собственные АВ для управления цепями оперативного тока, электроснабжения микроконтроллеров, которые, в свою очередь, управляют выключателями ввода № 1, секционного, ввода № 2 и выключателем от ДГС.

ИБП являются единственными источниками питания для корректной работы оперативных цепей при отсутствии основного напряжения по обоим вводам. ИБП обеспечивают контроль электрических характеристик аккумуляторных батарей, что позволяет в режиме реального времени следить за их состоянием.

Таким образом, ДГС обеспечивают бесперебойную работу вводов и работу потребителей, относящихся к различным категориям электроснабжения. При отключениях основного питания наличие ДГС необходимо для положительного исхода аварийной ситуации на промышленных предприятиях.

**Выводы.** Организация ввода электрической энергии от независимых источников питания с использованием дизель-генераторных установок и ИБП в комплексе с устройствами автоматического включения резервного питания позволяет повысить надежность электроснабжения ответственных потребителей и предотвратить аварийные ситуации, связанные с отключением электропитания.

ИБП обеспечивают непрерывную защиту критически важного оборудования при проблемах с электроснабжением.

Приведенный в работе алгоритм ввода резервного источника питания представляет практический интерес при проектировании схем электроснабжения ответственных групп электроприемников и организации ввода АВР при перебоях электропитания.

Вышеуказанные источники питания в схеме электроснабжения наливной станции нефтеперерабатывающего завода дают возможность нормальной работы силового, слаботочного оборудования и обеспечения надежности и бесперебойности работы электроснабжения в целом.

Предложенная схема может быть применена к другим объектам, требующим непрерывного электроснабжения.

#### Литература

1. Аминов Р. З., Кузнецов Д. Ю. Оценка надежности дизель-генераторов и резервирование каналов АЭС // Энергобезопасность и энергосбережение. 2018. № 3. С. 36–39.
2. Гарганеев А.Г. Системы аварийного электроснабжения ответственных потребителей переменного тока. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2009. 228 с.
3. Миронова А.Н., Львова Э.Л. Электрооборудование промышленных предприятий и городских сетей. Чебоксары: Изд-во Чуваш ун-та, 2015. 246 с.
4. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2020. 469 с.
5. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с дополнениями по состоянию на 1 февраля 2015 г. М.: Кнорус, 2015. 506 с.
6. Сулов К.В., Шушпанов И.Н., Воронцов Д.В. Использование возобновляемых источников энергии для питания собственных нужд нефтепровода // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 1-2. С. 70–79.
7. Филимонова Н.Д., Ермоленко Б.В. Гибридные системы энергоснабжения нефтеперерабатывающих станций магистральных нефтепроводов // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. 30, № 9(178). С. 58–61.

8. Цылёв П.Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли. Пермь: Изд-во Перм. нац.-исслед. политехн. ун-та, 2015. 192 с.

9. Шахтанов С.В., Сорокин И.А., Анализ и рекомендации резервного электроснабжения узлов и объектов связи с использованием дизель-генераторов // Вестник НГИЭИ. 2016. № 2 (57). С. 120–125.

---

**КРАВЧЕНКО ГАЛИНА АЛЕКСЕЕВНА** – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств, Чувашский государственный университет, Чебоксары, Россия (krav68@bk.ru).

**ЛЬВОВА ЭЛЬВИРА ЛЬВОВНА** – старший преподаватель кафедры электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств, Чувашский государственный университет, Чебоксары, Россия (elyalvov1@yandex.ru).

**СТЕПАНОВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ** – электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования, АО «Транснефть – Верхняя Волга», Россия, Московская область (meta1mang@mail.ru).

---

Galina A. KRAVCHENKO, Elvira L. LVOVA, Nikolai V. STEPANOV

#### POWER SUPPLY OF RESPONSIBLE GROUPS OF ELECTRIC RECEIVERS

**Key words:** objects of the power supply system, power sources, emergency and uninterrupted power supply.

*Production sites that require increased reliability of energy supply should be protected from power supply interruptions, since an emergency shutdown of the power supply can lead to danger to people's lives, a threat to the security of the state, disruption of a complex technological process and significant material damage.*

**The purpose of the study** is to create a backup power supply system for an enterprise, using emergency and uninterrupted power supply sources, such as built-in batteries, uninterruptible power supplies, diesel generator stations, on the example of an oil refinery. In the event of an emergency, the sources used in a short time must ensure the normal operation of critical facilities (boiler house, water intake, computer system, fire extinguishing system, etc.) from backup power sources.

**Materials and methods of research.** When developing a technical solution for the power supply of an industrial enterprise, the authors were guided by the regulatory documents. The COMPASS software product was used in the construction of the schemes.

**Results.** The paper presents the power supply system of an oil refinery with the possibility of using a diesel generator station as a trouble-free power source. Diesel generator stations fully meet the reliability requirements for emergency maintenance of the network for more than 24 hours. To ensure uninterrupted power supply to consumers of a special group of the first category, inverter-battery systems are proposed as autonomous power sources.

An algorithm to provide backup power supply has been developed as a technical solution of practical interest in the design of power supply schemes for responsible groups of electrical receivers. The organization of automatic input of the reserve in case of power outages from the main inputs is presented.

**Conclusions.** The considered system of power supply from independent power sources using diesel generator sets and uninterruptible power supplies in combination with devices for automatic switching on of backup power makes it possible to increase the reliability of power supply to responsible consumers and prevent emergencies associated with power outages.

#### References

1. Aminov R.Z., Kuznetsov D.Yu. *Otsenka nadezhnosti dizel'-generatorov i rezervirovanie kanalov AES* [Reliability of auxiliary diesel generators and safety channels at nuclear power plants]. *Energobezопасnost' i energosberezhenie*, 2018, no. 3. pp. 36–39.

2. Garganeev A.G. *Sistemy avariinogo elektroснабzheniya otvetstvennykh potrebitel'ei perezmennoy toka* [Emergency power systems for responsible ac users]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2009, 228 p.
3. Mironova A.N., L'vova E.L. *Elektrooborudovanie promyshlennykh predpriyatii i gorodskikh setei* [Electrical equipment of industrial enterprises and city networks], Cheboksary, Chuvash State University Publ., 2015, 246 p.
4. Mironova A.N., Mironov Yu.M. *Elektrooborudovanie i elektroснабzhenie elektrotekhnologicheskikh ustanovok* [Electrical equipment and power supply for electrical installations]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020, 469 p.
5. *Pravila ustroystva elektroustanovok. Vse deistvuyushchie razdely shestogo i sed'mogo izdaniya s dopolneniyami po sostoyaniyu na 1 fevralya 2015 g.* [electrical installation regulations]. Moscow, Knorus Publ., 2015, 506 p.
6. Suslov K.V., Shushpanov I.N., Vorontsov D.V. *Ispol'zovanie vozobnovlyaemykh istochnikov energii dlya pitaniya sobstvennykh nuzhd nefteprovoda* [Use of renewable sources of energy for nutrition of own requirements of oil pipeline]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki*, 2018, vol. 20, no. 1-2, pp. 70–79.
7. Filimonova N.D., Ermolenko B.V. *Gibridnye sistemy energosnabzheniya nefteperkachi-vayushchikh stantsii magistral'nykh nefteprovodov* [Power supply hybrid systems of oil pumping stations of main pipelines]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2016, vol. 30, no. 9(178), pp. 58–61.
8. Tsylev P.N. *Elektroprivod i elektrooborudovanie tekhnologicheskikh ob"ektov neftegazovoi otrasli* [Electric drive and electrical equipment of technological facilities of the oil and gas industry]. Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ., 2015, 192 p.
9. Shakhtanov S.V., Sorokin I.A., *Analiz i rekomendatsii rezervnogo elektroснабzheniya uzlov i ob"ektov svyazi s ispol'zovaniem dizel'-generatorov* [Analysis and recommendations backup power units and communication facilities using diesel generators]. *Vestnik NGIEI*, 2016, no. 2(57), pp. 120–125.

---

**GALINA A. KRAVCHENKO** – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Electrotechnology, Electrical Equipment and Automated Production, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (krav68@bk.ru).

**ELVIRA L. LVOVA** – Senior Lecturer, Departments of Electrical Engineering, Electrical Equipment and Automated Production, Chuvash State University, Russia, Cheboksary (elyalvov1@yandex.ru).

**NIKOLAI V. STEPANOV** – Electrician for the Repair and Maintenance of Electrical Equipment, Transneft Upper Volga JSC, Russia, Moscow Region (meta1mang@mail.ru).

---

**Формат цитирования:** Кравченко Г.А., Львова Э.Л., Степанов Н.В. Электроснабжение ответственных групп электроприемников // Вестник Чувашского университета. – 2023. – № 2. – С. 112–120. DOI: 10.47026/1810-1909-2023-2-112-120.