

DOI: 10.25629/SMW.2026.01.06

УДК: 614.84, 614.841, 614.842

Седнев В.А., доктор технических наук, Финансовый университет при Правительстве РФ
Sednev V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation

Схема гарантированного электроснабжения водонапорных башен сельского населенного пункта в условиях воздействия природных пожаров

Аннотация

Обоснована схема электроснабжения потребителей водонапорных башен, обеспечивающая гарантированное противопожарное водоснабжение сельских населенных пунктов в условиях воздействия природных пожаров. Разработано три варианта сопряжения источников электрической энергии и потребителей водонапорных башен. Первый вариант предполагает сопряжение источника электрической энергии и потребителей с использованием разделительного трансформатора, второй предусматривает перевод стационарных потребителей в режим работы с изолированной нейтралью, третий – перевод источника электрической энергии в режим работы с глухозаземленной нейтралью.

Ключевые слова

населенный пункт, противопожарное водоснабжение, автономный источник электрической энергии

Guaranteed power supply scheme water towers in rural localities in conditions of exposure to wildfires

Abstract

The scheme of power supply to consumers of water towers is substantiated, providing guaranteed fire-fighting water supply to rural settlements under the influence of wildfires. Three options for coupling electric energy sources and consumers of water towers have been developed. The first option involves coupling an electric energy source and consumers using a separation transformer, the second involves switching stationary consumers to an isolated neutral, and the third involves switching an electric energy source to an earthed neutral.

Keywords

locality, fire-fighting water supply, autonomous source of electric energy

Введение

Особенностью водоснабжения сельской местности является малая величина хозяйственно-питьевых расходов по сравнению с расходами для тушения пожара. Создание резервов водоснабжения на случай тушения пожаров ведет к удорожанию водопровода, поэтому в

сельских населенных пунктах устраивается только хозяйственно-производственный водопровод, а воду на противопожарные нужды забирают из противопожарных водоемов и резервуаров, располагаемых параллельно с водопроводом (рис.1), который должен обеспечивать пополнение противопожарных запасов воды.

В качестве водонапорных и противопожарных сооружений в сельских населенных пунктах применяются металлические водонапорные башни-колонны сборочно-блочной конструкции или башни из сборного железобетона. Башни-колонны выпускаются вместимостью 15 и 25 м³, при этом в металлической опоре ее также содержится 14 или 25 м³ воды.

Пожарный объем воды в водонапорных башнях предусматривают в случаях, когда получение необходимого количества воды для тушения пожара из источника водоснабжения (артезианские скважины, очистные сооружения) технически невозможно или экономически нецелесообразно. Для использования этого объема воды при пожаре рекомендуется устанавливать насос-повыситель, что позволяет создавать необходимое давление в противопожарном водопроводе.

При нарушении электроснабжения потребителей водонапорных башен (насоса-повысителя) возникает угроза нарушения противопожарного обеспечения и водоснабжения сельских населенных пунктов.

Результаты и обсуждение

Потребители сельских населенных пунктов, как и электрооборудование водонапорных башен, обеспечиваются электроэнергией (ЭЭ) от Единой национальной энергетической системы, которая должна обеспечивать устойчивое снабжение электроэнергией потребителей. Ведущая роль в обеспечении надёжности электроснабжения своих электроустановок принадлежит потребителю.

Методы повышения устойчивости функционирования объектов экономики различны [1-22]. В соответствии с п. 1.2.13 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [1]: «При выборе независимых взаимно резервируемых источников питания, являющихся объектами энергосистемы, следует учитывать вероятность одновременного зависящего кратковременного снижения или полного исчезновения напряжения на время действия релейной защиты и автоматики при повреждениях в электрической части энергосистемы, а также одновременного длительного исчезновения напряжения на этих источниках при тяжёлых системных авариях».

Таким образом, если потребитель не может допустить даже кратковременного исчезновения питания электроприемников, он должен позаботиться о третьем (собственном) источнике электрической энергии (ИЭЭ).

Уровень надёжности определяют числом и длительностью перерывов питания в течение выбранного промежутка времени и недоотпуском электрической энергии.

В качестве количественной оценки уровней надёжности электроснабжения часто используется ущерб от перерывов подачи электрической энергии [2].

Оценка надёжности электроснабжения потребителей осуществляется на основе рекомендаций ПУЭ, которые не содержат нормативов надёжности, а являются обобщением опыта проектирования и эксплуатации электрических систем, сетей и установок.

Необходимая степень надёжности электроснабжения, в основном, определяется характером потребителей, их ролью, важностью, масштабом ущерба при перерывах электроснабжения.

В отношении надёжности электроснабжения все электроприемники подразделяют на три категории, причем категория относится к виду электроприемника, а не к потребителю в целом, при этом электроприемники 1-й категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых источников и перерыв их электроснабжения может быть допущен только на время автоматического ввода резервного питания.

Для объектов, требующих повышенной надёжности электроснабжения, когда перерыв в электроснабжении электроприемников угрожает жизни людей или может приводить к взрывам и разрушениям технологического оборудования, кроме двух основных источников, может

предусматриваться третий (аварийный), независимый источник, мощность которого должна быть достаточна для безаварийного останова производства, который должен находиться в готовности к немедленному включению и автоматически включаться при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания.

При небольшой мощности электроприемников первой категории в качестве второго (третьего) ИЭЭ могут быть использованы передвижные электростанции, а также электрические связи с ближайшими, нормально для данного объекта не используемыми источниками, имеющими независимое питание с автоматическим включением резерва.

Для электроприемников второй категории допустимы перерывы электроснабжения на время включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной бригады, и допускается питание электроприемников 2-й категории по одной воздушной линии, а при наличии передвижного резервного трансформатора допускается питание от одного трансформатора.

Для электроприемников третьей категории допускаются перерывы электроснабжения на время ремонта поврежденного элемента системы электроснабжения, но не свыше суток.

Надежность схем сетей, питающих потребителей первой группы, оценивается [3]: средней частотой перерывов электроснабжения потребителей и математическим ожиданием суммарной длительности перерывов электроснабжения в течение года;

средней длительностью одного перерыва;

вероятностью возникновения не менее одного перерыва электроснабжения в год.

При наличии нескольких вариантов оптимальный вариант определяется минимумом приведенных затрат.

При оценке надежности схем сетей потребителей второй группы дополнительно определяют величину ожидаемого ущерба от нарушений электроснабжения.

Для обеспечения оптимального уровня надежности энергоснабжения потребителей необходимо создание резерва мощности, а критерием выбора величины резерва является минимум суммарных приведенных затрат: в энергетике – на установку и эксплуатацию дополнительной резервной мощности, у потребителей – на компенсацию ущерба от недоотпуска электрической энергии и отсутствия противопожарного водоснабжения.

Сельские электрические сети характеризуются значительной протяженностью и относительно малой плотностью нагрузок [3].

Таким образом, при прекращении электроснабжения от государственной энергосистемы возникает (или может возникнуть) необходимость перевода потребителей системы противопожарного водоснабжения на автономное электроснабжение с соблюдением мероприятий по обеспечению электробезопасности. Поэтому обоснована схема электроснабжения потребителей водонапорных башен (рис. 1), обеспечивающая устойчивое и гарантированное противопожарное водоснабжение в условиях воздействия природных пожаров на сельские населенные пункты, а также их водоснабжение в повседневной деятельности и при других чрезвычайных ситуациях. В качестве второго (третьего) ИЭЭ можно использовать автономные передвижные электростанции.

В электроустановках до 1000 В применяются два режима работы нейтрали: изолированной и глухозаземленной, причем источники электрической энергии и стационарные потребители имеют различные режимы работы нейтрали, и задача заключается в согласовании режима работы нейтрали со способом защиты от поражения электрическим током.

При этом возможны [22] три варианта сопряжения ИЭЭ и стационарных потребителей.

Первый предполагает использование разделительного трансформатора с коэффициентом трансформации ИЭЭ при сопряжении ИЭЭ с напряжением $U=400$ В, и $\sqrt{3}$ – при сопряжении ИЭЭ с $U=230$ В. В этом случае ИЭЭ подключается к первичной обмотке разделительного трансформатора и работает в режиме с изолированной нейтралью (рис.2).

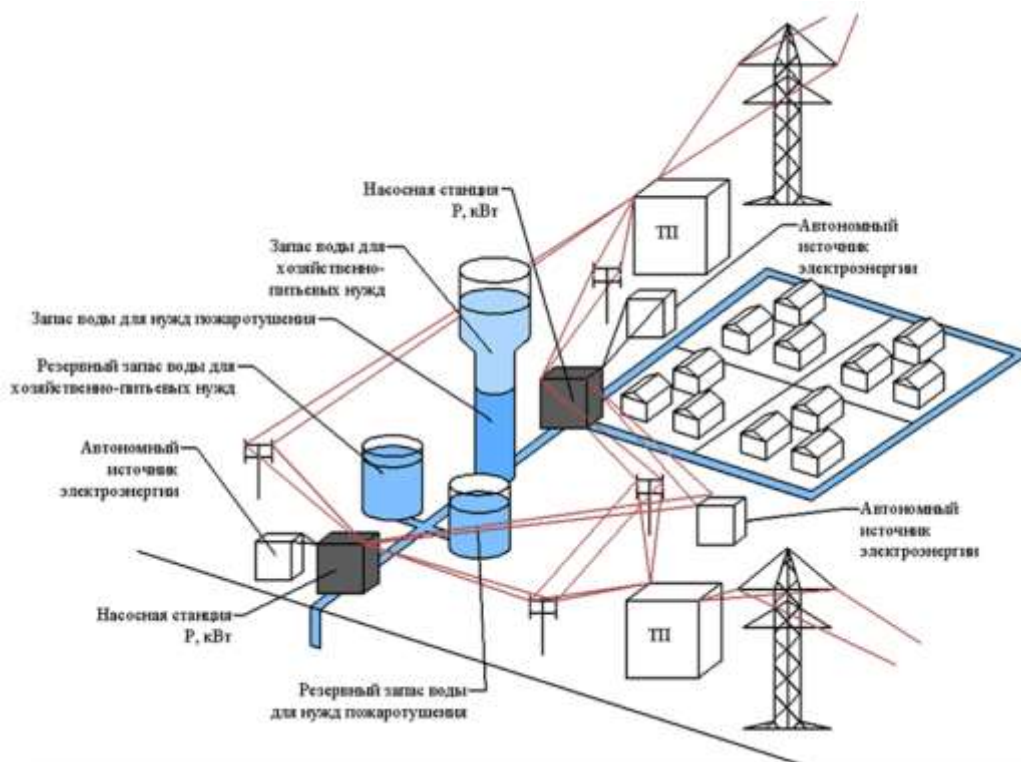


Рисунок 1 – Предлагаемая схема электроснабжения водонапорных башен населенного пункта

Для защиты персонала со стороны ИЭЭ используется основная или вспомогательная система технических способов защиты. Нейтраль вторичной обмотки разделительного трансформатора глухо заземляется; защита персонала у потребителей, подключенных к вторичной обмотке разделительного трансформатора, осуществляется средствами, предусмотренными у стационарных потребителей для штатного режима работы.

Второй вариант предусматривает перевод потребителей в режим работы с изолированной нейтралью, при этом нулевой провод потребителей отключают от заземления трансформаторной подстанции (ТП) и подключают к изолированной нейтрали ИЭЭ (рис. 3). От нулевого провода потребителей должны быть отсоединены повторные заземления. Если после этого сопротивление изоляции относительно земли отвечает требованиям, то вариант принимается к использованию. Для обеспечения безопасности применяются штатные технические способы защиты, предусмотренные для ИЭЭ. Этот вариант требует относительно продолжительного подготовительного периода и целесообразен при хорошем состоянии изоляции сети и потребителя.

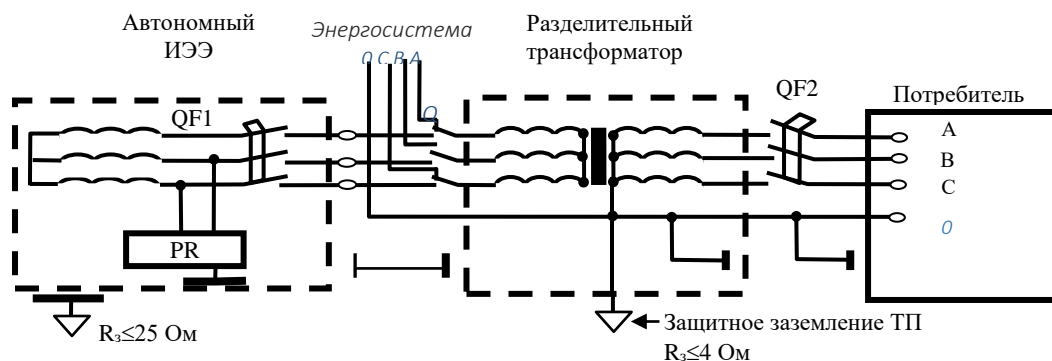


Рисунок 2 – Схема сопряжения ИЭЭ и стационарных потребителей с использованием разделительного трансформатора

приемы эксплуатации. Лицам, прошедшим проверку, присваивается квалификационная группа с выдачей удостоверения.

После проверки знаний обучаемые допускаются к стажированию на рабочем месте продолжительностью не менее 2 недель (не менее 50 часов). По окончании стажировки обучающийся допускается к самостоятельной работе и закрепляется за источником электрической энергии.

Выполнение технических мероприятий имеет целью подготовить потребители и передвижные источники электрической энергии к эксплуатации в условиях автономного электроснабжения, обеспечить электробезопасность и сократить время перехода в режим автономного электроснабжения.

На источниках электрической энергии, находящихся в эксплуатации, должно быть проведено очередное техническое обслуживание. Особое внимание необходимо обратить на сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 0,5 МОм.

Заблаговременно следует проверить порядок чередования фаз на передвижном источнике электрической энергии и у потребителя в месте подключения. При несовпадении порядка чередования фаз меняют местами две фазы генератора.

В месте подключения источника электрической энергии должен быть установлен двухпозиционный переключатель, обеспечивающий подключение потребителей к энергосистеме или к автономному источнику электрической энергии. Все потребители должны быть проверены на надежность присоединения зануляющих проводников.

Подключившись к нулевому проводу в точке присоединения источника электрической энергии, измеряют сопротивление заземления, величина которого не должна превышать 4 Ом, - в противном случае следует сооружать дополнительное защитное заземление на площадке, где будут развешиваться источники электрической энергии.

Для обеспечения электробезопасности измеряется сопротивление петли фаза – нуль. Это сопротивление измеряется дважды у потребителя наибольшей мощности: первое измерение проводится для случая питания от энергосистемы; второе – для случая питания от автономного источника электрической энергии. Если сопротивление петли фаза – нуль по первому измерению больше, чем по второму, то, в случае повреждения изоляции, время срабатывания защиты обеспечит безопасность.

При использовании третьего варианта сопряжения источника электрической энергии и потребителя нулевой вывод источника электрической энергии необходимо соединить с корпусом источника, а четвертую жилу соединительного кабеля – с нулем стационарной сети.

Выводы

Применение предлагаемой схемы электроснабжения потребителей водонапорных ба-шен обеспечит устойчивое и гарантированное противопожарное водоснабжение сельских населенных пунктов в условиях воздействия природных пожаров, а также их водоснабжение в повседневной деятельности и при других чрезвычайных ситуациях.

При заблаговременной подготовке перевода потребителей водонапорных и противопожарных сооружений населенных пунктов на автономное электроснабжение предпочтительны первый и второй варианты перевода, обеспечивающие наибольшую безопасность людей, а при срочном переходе целесообразно использовать менее трудоемкий третий вариант.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. 2002.
2. Комплексный анализ эффективности технических решений в энергетике / Ю.Б. Гук, П.П. Долгов, В.Р. Огороков и др. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985. – 176 с.
3. Электротехнический справочник / Под ред. П.Г. Грудинского, М.Г. Чиликина и др. – М.: «Энергия», 1972. – 4-е изд., перераб. – 816 с.

4. Седнев А.В. О создании системы информационной безопасности организационной структуры. В сборнике: 75-летие Великой Победы: исторический опыт и современные проблемы военной безопасности России. Материалы 5-й Международной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук: в 2 т. Т. 1. Москва, 2020. С. 45-351.

5. Седнев А.В. Особенности информационно-аналитического обеспечения принятия решений в территориальных органах управления. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4-х частях. Ч. III. 2021. С. 283-293.

6. Седнев В.А., Седнев А.В. Моделирование выполнения задачи по оборудованию и содержанию пункта полевого водоснабжения. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2021. №3. С.58-76.

7. Седнев В.А., Седнев А.В. Применение метода статистических испытаний для решения инженерных задач и инженерного обеспечения действий спасательных формирований. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. №4. 2021. С.44-63.

8. Voronov S.I., Popov E.V., Sednev V.A., Voronov O.S. Public safety conditions under radiological emergencies monitoring comprehensive system mobile facilities application. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex"" 2021. С. 012049. 843 (2021). 012049, pp. 1–9.

9. Voronov O.S., Popov E.V., Sednev V.A., Voronov S.I. Management of information processes under a radiation emergency. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex"" 2021. С. 012054. 843 (2021) 012054, pp. 1–7.

10. Седнев В.А., Седнев А.В., Седнев Ал.В. Применение стохастических методов в математическом моделировании действий и при обосновании решений. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. №5. 2022. С.45-60.

11. Седнев Ан.В. Методы информационно-аналитического обеспечения принятия решений должностными лицами органов управления. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. Москва, 2023. Ч. II. С.338-349.

12. Седнев Ал.В. Информационная модель системы управления организационной структуры. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Москва, 2023. Ч. II. С.142-151.

13. Sednev V.A., Kopnyshev S.L., Sednev A.V. Determination of camouflet explosion parameters. Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2023. Т. 64. № 6. С. 972-978.

14. Седнев Ан.В., Седнев Ал.В. Информационно-аналитическое обеспечение автоматического формирования актуальности модели угроз объекта. В книге: Военная безопасность России: взгляд в будущее. Материалы 9-ой Международной межведомственной научно-практической конференции научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук: в 3 т. Москва, 2024. С. 453-457.

15. Седнев Ан.В., Седнев Ал.В. Информационно-аналитическое обеспечение машинного обучения. В сборнике: Военная безопасность России: взгляд в будущее. 9-я Международная межведомственная научно-практическая конференция научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук: материалы конференции: в 3 т. Москва, 2024. С. 311-317.

16. Седнев Ан.В., Седнев Ал.В. Обоснование и методические основы разработки информационных и расчетных модулей для обеспечения функционирования системы управления организационной структуры. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Москва, 2024. Часть II. С.279-289.

17. Седнев Ал.В., Седнев Ан.В. Методы информационно-аналитического обеспечения принятия управленческих решений. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Москва, 2024. Часть II. С.316-322.

18. Седнев Ал.В. Особенности создания информационных хранилищ для поддержки принятия решений. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Москва, 2025. Часть II. С. 72-82.

19. Седнев Ал.В. О повышении эффективности управления и обработки информации в организационной структуре. В сборнике: 80-летие Великой Победы: исторический опыт и современные проблемы военной безопасности России. Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2025. В 3 т. Т. 1. С. 401-406.

20. Седнев В.А. Особенности проведения учений и тренировок в области защиты от чрезвычайных ситуаций. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Москва, 2025. Часть II. С. 45-51.

21. Седнев В.А. Научно-методические подходы оценки устойчивости функционирования экономики. В сборнике: 80-летие Великой Победы: исторический опыт и современные проблемы военной безопасности России. Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2025. В 3 т. Т. 1. С.407-413.

22. Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В: справочник. – М.: Воениздат, 1988. – 128 с.

Поступила в редакцию: 17.01.26

Принята к публикации: 20.03.26