

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES

2.4.3. Электроэнергетика

Научная статья

УДК 62-52

<https://doi.org/10.37493/2307-907X.2024.6.1>



РАЗРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ЛЭП

Азамат Ахмедович Акбаев¹, Арсен Гумарович Шидов^{2*}, Владимир Михайлович
Кожевников³, Беслан Гумарович Шидов⁴, Индира Хасанбиевна Мурзаканова⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Северо-Кавказский федеральный университет (д. 1, ул. Пушкина, Ставрополь, 355017, Российская Федерация)

¹ akbaev-aa@kbr.rossetisk.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9992-0491>

² shidovarsen@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8777-4680>

³ vkozhevnikov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1189-1083>

⁴ beslanchok007@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-4675-2536>

⁵ murzakanovai@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0003-1524-5596>

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация. Введение. В данной статье рассматривается современный метод мониторинга линий электропередачи (ЛЭП) с использованием датчиков на базе Arduino. **Цель.** Целью данной работы является разработка устройства с интегрированными сенсорами для сбора и передачи данных о состоянии линий электропередач в реальном времени, что в свою очередь способствует предотвращению аварийных ситуаций и обеспечению устойчивого энергоснабжения. **Материалы и методы.** Устройство было собрано из компонентов на базе Arduino ESP32 NODEMCU, Модуль WLAN WiFi Bluetooth 30pin CP2102 на макетной плате. На плате собраны такие датчики как, ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04, датчик температуры DS18B20, датчик температуры DS18B20, датчик вибрации SW-420. **Результаты и обсуждение.** В статье подчеркивается необходимость создания базы данных, куда будут поступать все измеренные параметры. Наличие такой базы позволяет не только собирать статистику, но и использовать аналитические инструменты для предсказания и предотвращения возможных аварий. Каждый датчик передает данные с заданной частотой, что предоставляет необходимую оперативность в ситуациях, требующих мгновенного реагирования. Содержание работы акцентирует внимание на практической значимости разработанного метода. Система способна сокращать время реагирования на аварии, тем самым уменьшая простои в электроснабжении и финансовые потери. Данное решение также позволяет мониторить условия, способствующие образованию гололедов, что превентивно устраняет потенциальные угрозы. **Заключение.** В целом, статья представляет собой обстоятельный анализ применения современных технологий для мониторинга ЛЭП, демонстрируя эффективность и экономическую целесообразность внедрения таких систем в сфере энергетики.

Ключевые слова: мониторинг ЛЭП, высоковольтные линии, датчик слежения за параметрами, беспроводной мониторинг.

Для цитирования: Акбаев А. А., Шидов А. Г., Кожевников В. М., Шидов Б. Г., Мурзаканова И. Х. Разработка и перспективы применения устройств мониторинга ЛЭП // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2024. № 6 (105). С. 9–15. <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2024.6.1>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 16.09.2024;

одобрена после рецензирования 22.10.2024;

принята к публикации 30.10.2024.

Research article

DEVELOPMENT AND PROSPECTS FOR THE USE OF POWER LINE MONITORING DEVICES

Azamat A. Akbaev¹, Arsen G. Shidov^{2*}, Vladimir M. Kozhevnikov³, Beslan G. Shidov⁴,
Indira Kh. Murzakanova⁵

^{1,2,3,4,5} North-Caucasus Federal University (1, Pushkin str., Stavropol, 355017, Russian Federation)

¹ akbaev-aa@kbr.rossetisk.ru; <https://orcid.org/0009-0009-9992-0491>

² shidovarsen@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-8777-4680>

³ vkozhevnikov@ncfu.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1189-1083>

⁴ beslanchok007@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-4675-2536>

⁵ murzakanovai@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0003-1524-5596>

* Corresponding author

Abstract. Introduction. This article discusses a modern method of monitoring power transmission lines (power lines) using Arduino-based sensors. **Goal.** The main idea is that the integration of various sensors allows you to collect and transmit data on the condition of lines in real time, which in turn helps to prevent emergencies and ensure sustainable energy supply. **Materials and methods.** The device was assembled from components based on the Arduino ESP32 NODEMCU, the WLAN WiFi Bluetooth 30pin CP2102 module on the breadboard. Sensors such as HC-SR04 ultrasonic distance sensor, DS18B20 temperature sensor, DS18B20 temperature sensor, SW-420 vibration sensor are assembled on the board. **Results and discussion.** The article emphasizes the need to create a database where all measured parameters will be received. The presence of such a database allows not only to collect statistics, but also to use analytical tools to predict and prevent possible accidents. Each sensor transmits data at a preset frequency, which provides the necessary responsiveness in situations requiring instant response. The content of the work focuses on the practical significance of the developed method. The system is able to reduce the response time to accidents, thereby reducing power outages and financial losses. This solution also allows you to monitor conditions that contribute to the formation of ice, which proactively eliminates potential threats. **Conclusion.** In general, the article presents a thorough analysis of the application of modern technologies for monitoring power lines, demonstrating the effectiveness and economic feasibility of implementing such systems in the energy sector.

Keywords: power line monitoring, high voltage lines, parameter tracking sensor, wireless monitoring.

For citation: Akbaev AA, Shidov AG, Kozhevnikov VM, Shidov BG, Murzakanova IH. Development and prospects for the use of power line monitoring devices. Newsletter of North-Caucasus Federal University. 2024;6(105):9-15. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2307-907X.2024.6.1>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 16.09.2024;

approved after reviewing 22.10.2024;

accepted for publication 30.10.2024.

Введение / Introduction. В данный момент в большинстве воздушных линий электропередач отсутствуют системы мониторинга, в связи с чем контролировать погодные условия окружающей среды приходится выездным бригадам районных электрических сетей. Информация о параметрах окружающей среды передается с помощью средств коммуникации. [1] Члены выездной бригады измеряют диаметр гололедной муфты, уровень равномерности гололедных отложений на проводах, тип отложений, направление и скорость ветра. Согласно статистике, менее 15% всех проверок проводятся, когда отложения и ветер могут нанести существенный ущерб ЛЭП. Остальные проверки, составляющие примерно 85 %, являются перестраховочными и предупредительными. Однако, проведение большого количества проверок не предотвращают разрушение опор и падение ЛЭП.

Исходя из вышеизложенного, необходимо перейти от качественных оценок влияний на элементы ВЛ к количественной. Только на основе анализа мониторинга постоянных и точных измерений параметров метеорологических воздействий и силового воздействия на элементы конструкций ВЛ можно достоверно оценить существующую опасность и принять обоснованное решение о проведении плавки гололеда. Из-за того слишком большой удаленности от места появления отложений на ВЛ, возникает необходимость проведения максимально быстрого измерения параметров метеорологических воздействий и передачи значений этих величин диспетчеру сетей для принятия своевременного и обоснованного решения. [2] Поэтому, необходимо, чтобы

контроллеры имели специализированную систему мониторинга информации и измерений, способную предоставлять данные в режиме реального времени о текущих условиях работы, воздействии погоды на элементы ЛЭП и их динамических изменениях. Эта система должна облегчить беспроводную передачу, обработку и демонстрацию этой информации обслуживающим персоналам электрической сети.

Также стоит отметить, что в периоды максимальной и минимальной температуры окружающей среды происходит перегрев проводов и грозотросов, что вызывает нарушение кристаллической структуры металлов, которое приводит к необратимому расширению материала провода, или его полному разрушению.

В периоды низкой температуры и сопутствующим гололедообразованием происходит плавка гололеда, однако не всегда эта плавка осуществляется вовремя и теми параметрами, необходимыми для оценки отложений. Отсюда следует, что изменение метода мониторинга ЛЭП может привести к увеличению надежности электроэнергетических систем. [3,6,7]

Материалы и методы исследований / Materials and methods of research. Для обеспечения мониторинга ЛЭП, предлагается использовать метод использования датчиков, основными компонентами для датчиков являются датчики Arduino. Эти компоненты позволяют собирать и передавать данные о состоянии линий электропередачи в реальном времени, обеспечивая оперативное реагирование на любые отклонения и предотвращая возможные аварийные ситуации. Благодаря современным технологиям и возможностям автоматизации, мониторинг ЛЭП становится более эффективным и надежным, что важно для обеспечения бесперебойного энергоснабжения и безопасности энергетических систем. [4]

Ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 – датчик, измеряющий расстояние между датчик расстояния с помощью эхолокации. Они пользуются большим спросом в робототехнических проектах из-за их относительной простоты, достаточной точности и доступности.

Ключевыми компонентами датчика служат температурный датчик, датчик высоты и датчик ударов.

Датчик удара – это устройство, которое регистрирует физическое воздействие и определяет, имело ли место физическое столкновение и какой оно было интенсивности. Большинство датчиков имеют двоичные выходные сигналы и иногда называются устройствами ударной перегрузки.[5]

Датчик температуры DS18B20 — это полноценный цифровой датчик температуры, обладающий способностью производить измерение температуры в пределах от -55 до +125 градусов Цельсия. Фактически, данный датчик представляет собой целый микроконтроллер, обладающий способностью сохранять данные измерений, уведомлять о превышении установленных пределов температуры (которые можно настраивать), определять способ взаимодействия с контроллером и многое другое. Все эти возможности умещаются в компактном корпусе, который, кроме того, выполнена в водонепроницаемом исполнении [9].

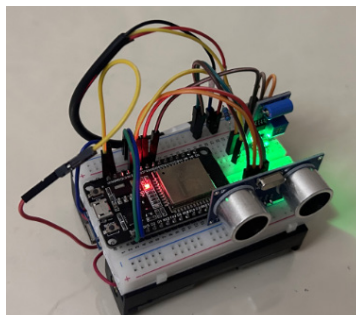


Рис. 1. Устройство мониторинга ЛЭП / Fig. 1. Power line monitoring device

Погрешность измерения DS18B20 не больше 0,5 С (для температур от -10С до +85С). Это позволяет с высокой точностью определить значение температуры. К тому же, для работы датчика не требуется дополнительная калибровка.

Температурный диапазон измерений лежит в пределах от -55 С до +125 градусов по Цельсию. Датчик питается напряжением от 3,3В до 5В.

Датчик удара (вибрации) – датчик вибрации Arduino (также называемый датчиком аварийной сигнализации) применяется для обнаружения вибрационного внешнего воздействия. Также датчик широко используется в противоугонных автомобильных системах, различных охранных сигнализациях, может обнаруживать вибрацию при возникновении землетрясения.

Блок мониторинга представляет собой устройство Arduino, передающий информацию с частотой передачи равной одной секунды (можно изменить, и большую, и в меньшую сторону), но этого вполне достаточно для конкретной ситуации. Все измеренные величины можно направить в созданную базу данных, в результате чего можно уже делать статистику и более детально настроить программу для оповещения предаварийных ситуаций. [8]

Результаты исследований и их обсуждение / Research results and their discussion. Иллюстрация планируемого варианта передачи информации с устройства мониторинга ЛЭП в диспетчерскую службу изображено на рисунке 2.

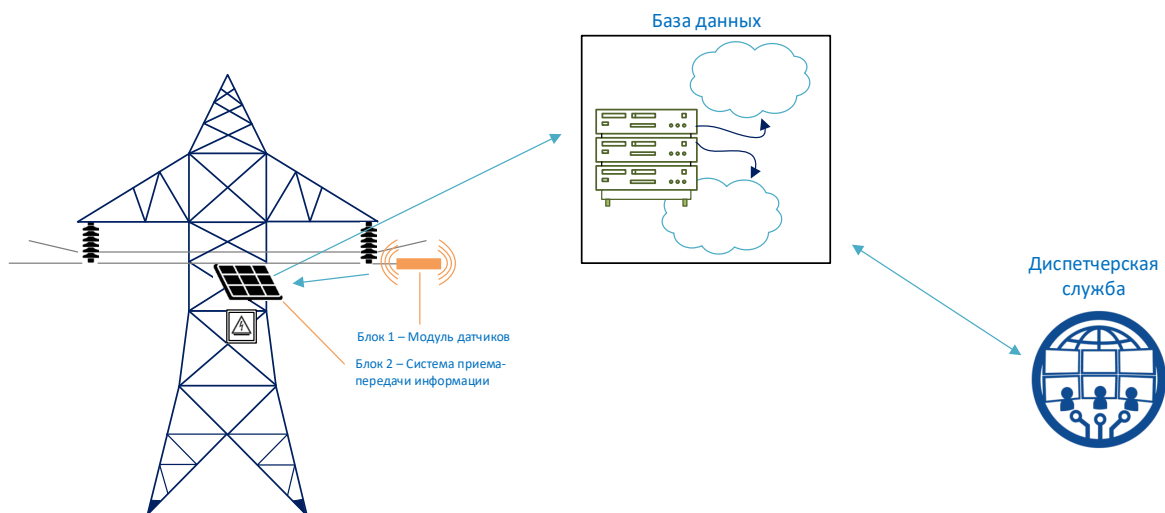


Рис. 2. Иллюстрация возможного варианта передачи информации через Internet / Fig. 2. An illustration of a possible option for transmitting information via the Internet

Основной принцип работы устройства заключается в том, что модуль датчиков (блок 1) считывает параметры окружающей среды и передает его через канал wi-fi системе приема-передачи информации (блок 2). Подробная блок-схема модулей показана на рисунке 3.

Система приема-передачи информации, в свою очередь, конструктивно питается от аккумулятора, заряжаемая от солнечной энергии, передает полученные параметры в облачное хранилище, доступ к которому имеется у диспетчерской службы. После получения данных, у диспетчерской службы формируется наглядный образ состояния окружающей среды рядом с ЛЭП. Помимо этого, так как в модуль датчиков встроены датчик высоты и датчик удара, в случае возникновения аварийной ситуации, например обрыва проводов, у диспетчерской службы появляется возможность оперативно выявлять его местонахождение, тем самым, значительно сокращая поиск места возникновения аварийной ситуации.

На сегодняшний день его питание осуществляется через постоянный источник энергии. В условиях эксплуатации, когда прокладка проводов между опорой и датчиком невозможна из-

за опасения их повреждения или короткого замыкания, может быть применено альтернативное решение – использование солнечной панели, установленной на корпусе датчика. Это позволяет батарее работать в режиме постоянного заряда и разряда. Так как для работы и передачи информации необходим источник интернета на самой опоре предлагается установка щитка внутри которого устанавливается оборудование для выхода в интернет, а также устройство раздачи Wi-fi. Блоки внутри щитка также можно запитать от солнечной панели.

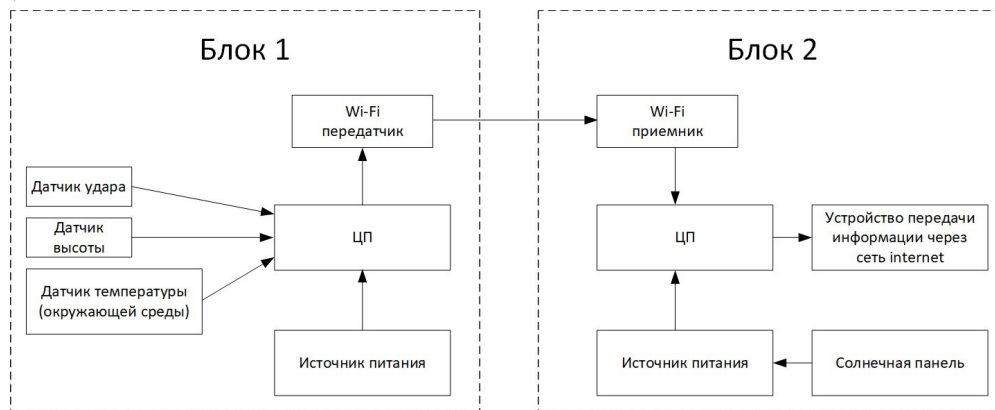


Рис. 3. Блок-схема модуля датчиков и модуля системы приема-передачи информации / Fig. 3. Block diagram of the sensor module and the module of the information reception and transmission system

Также можно использовать данный метод с использованием и других датчиков, например барометра или установить датчик скорости ветра установив его на опоре, рядом с щитом питания блока интернета. И в дальнейшем уже обслуживающему персоналу не требуется обращение в гидрометцентры, так как все параметры уже будут известны контролирующей службе организаций. Также при установке дополнительно еще одного температурного датчика, который будет соприкасаться с проводом, можно определить превышение тока. К сожалению, данный метод не даст численных показателей значения тока, но при сравнении температуры окружающей среды и температуры провода, полученные данные можно уже использовать для дальнейшего анализа.

Закключение / Conclusion. В ходе проведенной работы был создан один из возможных методов отслеживания за пассивными параметрами ЛЭП, который можно использовать линиях классом напряжения 10 кВ и выше. Также его можно использовать на класс напряжения 0,4 кВ, но это экономически не целесообразно. В результате использования данного варианта, в дальнейшем обслуживающий персонал может быстрее найти место аварии, затратив меньшее количество времени. В результате которого, соответственно уменьшается время перебоя электроэнергии. В связи с этим увеличивается надежность электрической сети, а также уменьшается финансовые затраты за счет уменьшения времени поиска аварии.

Кроме того, так как модуль снабжен датчиком высоты в случае образования гололедных отложений диспетчера могут провести плавку гололеда, не дожидаясь образования аварийных ситуаций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Левченко И. И., Засыпкин А. С., Аллилуев А. А., Сацук Е. И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 448 с.
2. Кузнецов П. А. Совершенствование мониторинга воздушных линий электропередачи при экстремальных метеорологических воздействиях. Саратов, 2008. 173 с.
3. Панасенко М. В., Брыкин Д. А. Обзор используемых устройств обнаружения отложений для систем мониторинга воздушных линий электропередачи // Воздушные линии. 2012. № 3. С. 79–82.
4. Самарин А. В., Рыгалин Д. Б., Шкляев А. А. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП // Control Engineering. 2013. № 3. С. 90–96.

5. Панасенко М. В. Состав информационно-измерительных систем мониторинга воздушных линий электропередачи // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VIII Всерос. науч.практ. конф. (Камышин, 23 – 25 ноября 2011 г. В 3 т. Т. 1 / ФГБОУ ВПО ВолгГТУ КТИ (филиал) ВолгГТУ.). Волгоград, 2012. С. 145–148.
6. Панасенко М. В., Хромов Н. П. Современные системы мониторинга воздушных линий электропередачи // Электроэнергетика глазами молодежи: науч. тр. IV междунар. науч. техн. конф. (Новочеркасск, 14–18 окт. 2013 г.: Т. 1 / Южно-Российский гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова.). Новочеркасск, 2013. С. 529–532.
7. Диагностика и мониторинг линии электропередач. URL: <https://extxe.com/21508/diagnostirovanie-imonitoring-vozdushnyh-linij-jelektroperedach/> (дата обращения 15.09.2024)
8. Жиленков Н. Новые технологии беспроводной передачи данных // Современная электроника и технологии автоматизации. 2003. № 4. С. 44–47.
9. Авт. свид. № 938345 СССР, МПК H02G 7/16. Устройство для подвески проводов линий электропередачи: № 2901202: заявл. 31.03.1980. опубл. 23.06.1982 / В.Г. Каган, В.Х. Ишкин.; заявитель – Всесоюзный государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт энергетических систем и электрических сетей «Энергосетьпроект».
10. Шидов А. Г., Акбаев А. А. Методы мониторинга линии электропередач // Научный аспект. 2023. № 12. С. 4203–4209. URL: <https://na-journal.ru/12-2023-elektrotehnika/7857-metody-monitoringa-linii-elektroperedach> (дата обращения 14.09.2024)

REFERENCES

1. Levchenko II, Zasyupkin AS, Alliluyev AA, Satsuk EI. Diagnostics, reconstruction and operation of overhead power transmission lines in icy areas. Moscow: Publishing House of MEI; 2007. 448 p. (In Russ.).
2. Kuznetsov PA. Improvement of monitoring of overhead power transmission lines under extreme meteorological influences. Saratov; 2008. 173 p. (In Russ.).
3. Panasenkov MV, Brykin DA. Review of used deposit detection devices for overhead power transmission monitoring systems. Overhead lines. 2012;(3):79-82. (In Russ.).
4. Samarin AV, Rygalin DB, Shklyayev AA. Modern technologies for monitoring overhead power lines. Control Engineering. 2013;(3):90-96. (In Russ.).
5. Panasenkov MV. Composition of information and measurement systems for monitoring overhead power lines. Innovative technologies in training and production: mater. In VIII All-Russian Scientificpractical conf. (Kamyshin, November 23-25, 2011 At 3 t. t. 1. FGOBOU VPO VolgSTU KTI (branch) VolgSTU.). Volgograd; 2012;145-148. (In Russ.).
6. Panasenkov MV, Khromov NP. Modern monitoring systems of overhead power transmission lines. In Electric power industry through the eyes of youth: scientific tr. IV international scientific and Technical Conf. (Novocherkassk, October 14-18, 2013: Vol. 1. South Russian State Polytechnic University. M.I. Platov University (NPI).). Novocherkassk; 2013;529-532. (In Russ.).
7. Diagnostics and monitoring of power lines. Available from: <https://extxe.com/21508/diagnostirovanie-imonitoring-vozdushnyh-linij-jelektroperedach/> [Accessed 15 September 2024] (In Russ.).
8. Zhilenkov N. New technologies of wireless data transmission. Modern electronics and automation technologies. 2003;(4):44-47. (In Russ.).
9. Auth. cert. No. 938345 USSR, IPC H02G 7/16. Device for suspending wires of power transmission lines: No. 2901202: application. 03/31/1980. publ. 06/23/1982 / V.G. Kagan, V.H. Ishkin.; applicant – All-Union State Design and Survey and Research Institute of Energy Systems and Electric Networks "Energosetproekt". (In Russ.).
10. Shidov AG, Akbaev AA. Methods of monitoring power lines. Scientific aspect. 2023;(12):4203-4209. Available from: <https://na-journal.ru/12-2023-elektrotehnika/7857-metody-monitoringa-linii-elektroperedach> [Accessed 14 September 2024] (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Азамат Ахмедович Акбаев – аспирант кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения факультета нефтегазовой инженерии Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: LUY-0642-2024.

Арсен Гумарович Шидов – аспирант кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения факультета нефтегазовой инженерии Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: GQP-6570-2022.

Владимир Михайлович Кожевников – профессор, доктор технических наук, кафедра автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения факультета нефтегазовой инженерии Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: LQK-3296-2024.

Беслан Гумарович Шидов – студент кафедры автоматизированных электроэнергетических систем и электроснабжения факультета нефтегазовой инженерии Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: LUA-0241-2024.

Индира Хасанбиевна Мурзаканова – студент кафедры цифровых бизнес-технологий и систем учёта института экономики и управления Северо-Кавказского федерального университета, Researcher ID: KGK-9117-2024.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Azamat A. Akbayev – Postgraduate Student of Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, Faculty of Oil and Gas Engineering, North-Caucasus Federal University, Researcher ID: LUY-0642-2024.

Arsen G. Shidov – Postgraduate Student of Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, Faculty of Oil and Gas Engineering, North-Caucasus Federal University, Researcher ID: GQP-6570-2022.

Vladimir M. Kozhevnikov – Dr. Sci. (Tech.), Professor, Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, Faculty of Oil and Gas Engineering, North-Caucasus Federal University, Researcher ID: LQK-3296-2024.

Beslan G. Shidov – Student of Department of Automated Electric Power Systems and Power Supply, Faculty of Oil and Gas Engineering, North-Caucasus Federal University, Researcher ID: LUA-0241-2024.

Indira Kh. Murzakanova – Student of Department of Digital Business Technologies and Accounting Systems, Institute of Economics and Management, North-Caucasus Federal University, Researcher ID: KGK-9117-2024.

ВКЛАД АВТОРОВ

Азамат Ахмедович Акбаев. Проведение исследования – интерпретация и анализ полученных данных, сборка устройства. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Арсен Гумарович Шидов. Проведение исследования – сбор и анализ полученных данных, определение необходимых компонентов устройства. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Владимир Михайлович Кожевников. Проведение исследования – определение необходимых компонентов разрабатываемого устройства. Утверждение окончательного варианта – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Беслан Гумарович Шидов. Проведение исследования – анализ современной российской и зарубежной литературы. Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, участие в научном дизайне.

Индира Хасанбиевна Мурзаканова. Подготовка и редактирование текста – составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта, участие в научном дизайне.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Azamat A. Akbayev. Conducting the study – interpreting and analyzing the data obtained, assembling the device. Approval of the final manuscript – acceptance of responsibility for all types of the work, integrity of all parts of the paper and its final version.

Arsen G. Shidov. Conducting the study – interpreting and analyzing the data obtained, determining the necessary device components. Approval of the final manuscript – acceptance of responsibility for all types of the work, integrity of all parts of the paper and its final version.

Vladimir M. Kozhevnikov. Conducting the study – determining the necessary device components. Approval of the final manuscript – acceptance of responsibility for all types of the work, integrity of all parts of the paper and its final version.

Beslan G. Shidov. Conducting research – analysis of modern Russian and foreign literature. Text preparation and editing – drafting of the manuscript and its final version, contribution to the scientific layout.

Indira Kh. Murzakanova. Text preparation and editing – drafting of the manuscript and its final version, contribution to the scientific layout.