Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады

ВЕСТНИК Торайгыров университета

Энергетическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№3 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж
выдано
Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

---

https://doi.org/10.48081/BTOUEn3.2026/2710-3420

Бас редакторы – главный редактор
Талипов О. М.
доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора — Калтаев А.Г., *доктор PhD*
Ответственный секретарь — Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	*д.т.н., профессор*
Никифоров А. С.,	*д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н.,	*д.т.н., профессор*
Алиферов А. И.,	*д.т.н., профессор (Российская Федерация)*
Кошеков К. Т.,	*д.т.н., профессор*
Приходько Е. В.,	*к.т.н., профессор*
Кислов А. П.,	*к.т.н., доцент*
Нефтисов А. В.,	*доктор PhD*
Шерьязов С. К.	т.ғ.д., *профессор (Российская Федерация)*
Искакова З. С.	*технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 44.29.31

https://doi.org/10.48081/BTOUEn3.2026/310-321

Ж. Б. Исабеков[1], *Б. Б. Исабекова[2], А. А. Шимпф[3], Л. Н. Есмаханова[4], Б. Е. Ордабаев[5]

[1,2,3,5]Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;
[4]Таразский университет имени М. Х. Дулати,
Республика Казахстан, г. Тараз.
[1]ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3980-1617
[2]ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5044-3211
[3]ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4203-9117
[4]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3308-9676
[5]ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5457-3490
*e-mail: asbizh@mail.ru

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В работе приведено описание технологии интернета вещей, рассмотрены основные элементы системы программно-аппаратного комплекса. Наибольшее внимание уделено технологиям обеспечения связи с удаленными устройствами, поскольку они в наибольшей степени варьируются в зависимости от эксплуатационных условий и определяют особенности построения систем. Рассмотрены примеры применения интернета вещей в системах диспетчерского управления, варианты внедрения её в системы мониторинга и управления оборудованием существующих распределительных сетей, а также в составе интеллектуальных сетей постоянного тока, работающих совместно с возобновляемыми источниками энергии. На основании анализа технологий показана экономичность применения микропроцессорных устройств, отмечена целесообразность реализации функций защиты в программах полевых устройств, а также перспективность применения технологий интернета вещей для задач мониторинга оборудования и построения систем диспетчеризации.

Представлен метод идентификации однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в кабельных сетях с изолированной нейтралью.

В основе подхода лежит применение магнитоуправляемых контактов (герконов) для выявления токов нулевой последовательности, возникающих при повреждении, и последующей передачи данных в диспетчерскую службу по беспроводным каналам связи на базе технологий Интернета вещей (IoT). Такая интеграция в систему позволяет значительно сократить время поиска и ликвидации аварий, что способствует быстрому восстановлению штатного режима работы кабельной сети.

Ключевые слова: Интернет вещи, однофазные замыкания на землю, кабельные сети, магнитоуправляемые контакты, ток нулевой последовательности, мониторинг.

Введение

Интернет вещей является одной из наиболее активно развивающихся технологий последних лет. Количество посвященных этой теме публикаций только в системе SCOPUS за последние десять лет возросло в 24 раза. Стремительная актуализация связанных с ним вопросов связана с развитием всех ключевых составляющих технологии: повышения уровня проникновения интернета и скорости передачи данных во всех областях, позволивших выполнять хранение и обработку данных на удаленных серверах.

В результате стало возможным создание распределенных систем управления с обменом данными по сети интернет для широкого спектра отраслей промышленности. Был предложен ряд систем интернета вещей для решения широкого круга задач в области электроэнергетики. Опыт их создания и внедрения ставит новые научные вопросы. Чтобы повысить эффективность применения технологии интернета вещей в системах управления, защиты и автоматики для электроэнергетических систем, необходимо выполнить анализ и систематизацию задач; сформулировать критерии распределения функций между локальным полевым и удаленным оборудованием; определить принципы выбора технологий связи, так как требования к коммуникационным способностям являются одним из основных критериев выбора контроллеров в системах управления.

Материалы и методы

Интернет вещей, объединяя множество людей, устройств и процессов, обеспечивает их взаимодействие друг с другом в удобной форме. Его применение может улучшить технологии, сделав процессы более измеримыми путем сбора и переработки больших объемов данных. Применение интернета вещей обеспечивает повышение качества управления технологическими процессами и системами за счет создания возможностей

для автоматизированного принятия решений в режиме реального времени и упрощения инструментов для оптимизации таких решений [1; 2; 3].

Областью применения интернета вещей является любая техническая система, использующая его для обмена данными. Устройства интернета вещей в её составе могут являться интеллектуальными датчиками, исполнительными устройствами, шлюзами для обмена данными с промышленными системами и т.д. Протоколы связи обеспечивают передачу данных по сетям Ethernet в удобном виде, обеспечивающем малый размер сообщения, гибкость формата представления данных и надежность доставки информации. Применение интернета вещей требует хранения и обработки больших объемов информации, что выполняется при помощи специализированных хранилищ (баз данных). Анализ собранных данных требуется для принятия управляющих решений и может выполняться как в режиме реального времени, так и автономно, после сохранения данных, после чего принятые решения возвращаются устройствам [4].

В работах [5; 6] предложены прототипы распределенных систем контроля мощности солнечных панелей. Их основной задачей является дистанционный контроль освещенности, напряжения, тока и мощности панелей. В то же время, встроенный микроконтроллер дает возможность реализовать автономно действующие алгоритмы защиты от перегрузки по отдаваемой мощности, т.е. реализовать гибкое изменение уставки тока при различном выходном напряжении источника. Для связи используются типовые интерфейсные платы, обеспечивающие связь по технологиям Xbee, Wi-Fi либо Bluetooth.

Например, прототип системы управления, предложенный в [6], способен обеспечить защиту нагрузки в случае, если мощность, отдаваемая источником, превышает заданную уставку. Система мониторинга и защиты использует беспроводную связь при помощи модуля Wi-Fi ESP 8266, доступ к которому можно получить через веб-сайт. Устройство способно считывать токи до 5А с погрешностью 2,4 % и напряжения до 30В с погрешностью 0,073 %. Данные, считанные микроконтроллером, хранятся на карте памяти, а часть их отправляется в облачную базу данных. Система защиты в инструменте использует реле, причем задержка выдачи сигнала на его отключение составляет 54 нс. Эту систему можно использовать для механизмов контроля и защиты будущих интеллектуальных сетей на базе IoT (Интернета вещей) в составе «интеллектуальных сетей».

В работе [7] рассматривается замена системы релейной автоматики распределительной подстанции одноплатной ЭВМ Raspberry Pi. Для программирования ЭВМ авторы используют реализацию языков стандарта

МЭК 61331-3 в среде CoDeSys. Использование одноплатной ЭВМ дает системе дополнительные возможности, в частности, упрощается задача передачи данных с использованием одного из интерфейсов IoT для решения задач телеуправления и сбора диагностической информации. В то же время, задачи защиты реализуются алгоритмом работы микроЭВМ непосредственно.

Авторы отмечают такие преимущества предложенного решения, как высокое быстродействие и низкая стоимость оборудования. В то же время, недостатком работы является отсутствие сравнительного анализа электромагнитной совместимости в условиях близости силового оборудования, а также надежности программного обеспечения и цепей ввода-вывода данных для ПЛК и одноплатной ЭВМ. Можно ожидать, что в условиях малых объемов производства оборудования (тысячи единиц и менее) целесообразным решением будет применение ПЛК с установкой модулей связи для мониторинга режимов их работы по интерфейсам IoT.

В работе предложено использование модели Бержерона для линий электропередачи [8; 9; 10] с целью устранения емкостных эффектов и обеспечения отсутствия ложных срабатываний дифференциального реле.

Для реализации защиты используется интерфейс связи LoRaWAN, поскольку он обладает такими преимуществами, как двунаправленность, безопасность, мобильность и точность локализации, которые другие технологии не могут обеспечить. Предложен алгоритм ANFIS-PSO для распознавания неисправных линий и повторного подключения исправных линий на основе восстановления максимальной нагрузки и минимизации потерь мощности. Эффективность предложенного алгоритма защиты подтверждена авторами на математической модели, реализованной в среде MATLAB/Simulink [7].

В нашем случае была спроектирована экспериментальная установка с использованием микроконтроллера Arduino UNO для обработки данных и подготовки к отправке/приему на чипе ATmega 328. Радиомодуль Ra-02 на платформе SX1278 с частотой 433 МГц с использованием технологии LoRaWAN. И датчик тока ACS712 5A, аналоговый датчик.

Спроектированная установка имеет двухузловую архитектуру и состоит из передающего и приемного модулей на базе микроконтроллеров Arduino UNO. Функциональность узлов разделена: передающий модуль отвечает за проведение измерений и отправку данных, в то время как принимающий модуль специализируется на приеме, анализе и управлении подключенными устройствами.

Модуль передачи данных основан на плате Arduino UNO с микроконтроллером ATmega328P. Для сбора данных используются два датчика: аналоговый датчик ACS712, работающий по принципу эффекта Холла, обеспечивает измерение тока до 5 А, а для измерения напряжения используется резистивный делитель. Сигналы, снимаемые с датчиков, поступают на аналоговые входы A0 и A1, где встроенный 10-разрядный АЦП преобразует их в цифровую форму.

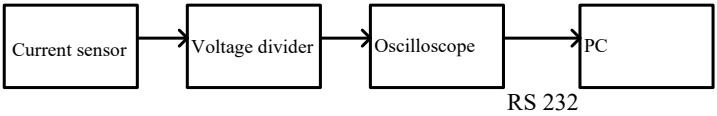
Написанная на C/C++ в среде Arduino IDE, программа организует непрерывный сбор текущих показаний в режиме реального времени. Полученные данные регулярно обновляются и упаковываются в цифровые пакеты для передачи по радиоканалу. В решении для беспроводной связи используется модуль Ra-02 на чипе SX1278, который использует технологию LoRa для передачи данных на частоте 433 МГц. Эта технология гарантирует стабильную и помехоустойчивую связь на больших расстояниях при низком энергопотреблении, что критически важно для систем удаленного мониторинга.

Принимающая сторона использует ту же плату Arduino UNO с модулем Ra-02, который отвечает за прием, декодирование и анализ входящих данных. Полученные значения тока и напряжения выводятся на монитор последовательного порта компьютера и могут быть сохранены в файл для дальнейшей обработки. Система отслеживает изменения параметров в режиме реального времени, гарантируя, что все отклонения от нормального режима работы будут зафиксированы.

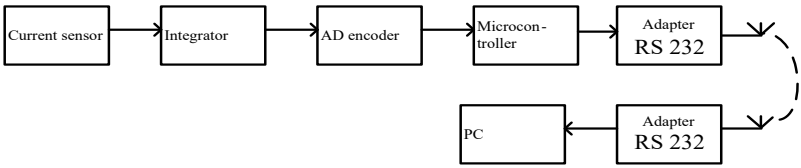
На рисунке 1а показана схема снятия сигнала с датчика тока, при этом осциллограф и ПК расположены в непосредственной близости от места измерения. Если необходимо обработать сигнал от датчика на некотором расстоянии от места установки, можно использовать беспроводную передачу данных через Интернет вещей с использованием беспроводных технологий Bluetooth (рис. 1б) [5]. Как видно из схемы, он разделен на мобильную часть (датчик тока – интегратор – кодировщик AD – микроконтроллер – BT) и стационарную часть (BT-PC). Следует отметить, что в степной зоне радиосигналы могут передаваться на расстояние не более 50 м. При использовании технологии передачи данных LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) расстояние в городских условиях может достигать 15 км. При использовании технологии NB-IoT (узкополосный интернет вещей) обеспечиваются низкие затраты на передачу данных и высокая чувствительность.

Предварительная обработка сигналов от датчиков тока непосредственно на месте (например, на устройстве регистрации датчика тока трансформатора) снижает нагрузку на центральные серверы.

Платформы SCADA/EMS IoT с облачным доступом предлагают преимущества сбора и визуализации данных в режиме реального времени со всех кабельных линий, а также возможность удаленного мониторинга состояния кабельной сети.



а)



б)



с)

Рисунок 1 – Схема снятия сигнала с датчика тока трансформатора:
(a) – схема снятия сигнала с датчика тока,
(b) – передача данных с использование IoT, (c) – установка.

Для передачи данных был разработан датчик тока, использующий магнитный контакт – геркон. Конструкция трансформаторного датчика тока с герконовым переключателем показана на рисунке 2. В его основе лежит кольцеобразный ферромагнитный направляющий магнитный поток 1 с поперечным воздушным зазором 2 и перпендикулярным к нему тангенциальным сквозным отверстием 3. В тангенциальном отверстии закреплен геркон с магнитным контактом 4 таким образом, что воздушный зазор его контактов совпадает с серединой поперечного зазора 2. Измерительная обмотка датчика тока трансформатора 5 используется для намагничивания (смещения). Эта обмотка подключена к источнику рабочего тока через регулировочный резистор. Таким образом, ток в обмотке намагничивания можно регулировать, изменяя значение этого резистора. Контакты магнитоуправляемого контакта 4 подключены к цепи отключения автоматического выключателя.

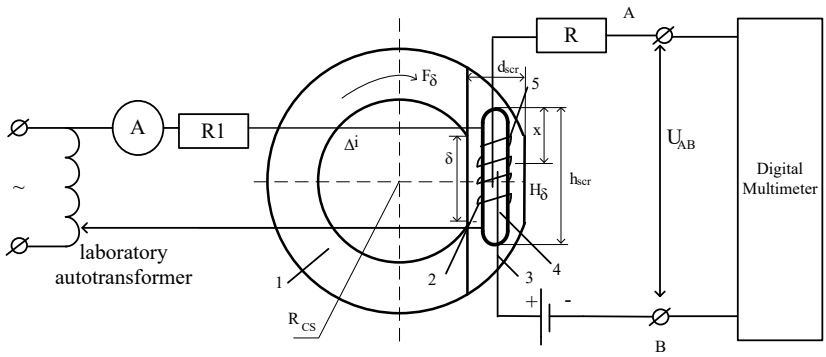


Рисунок 2 – Датчик измерения тока с магнитным контактом

Результаты и обсуждение

Предлагаемый датчик тока (рисунок 2) на основе магнитоуправляемого контакта (геркона) предназначен для регистрации тока нулевой последовательности (рисунок 3), возникающего при ОЗЗ, с последующей передачей данных по беспроводной сети Интернета вещей. Это дает возможность следить за состоянием кабельной сети с изолированной нейтралью напряжением 6-35 кВ в режиме реального времени. Использование этого датчика тока и передача данных через Интернет вещей повышают скорость обнаружения и точность локализации ОЗЗ, сокращают время восстановления электропитания и повышают надежность кабельных сетей.

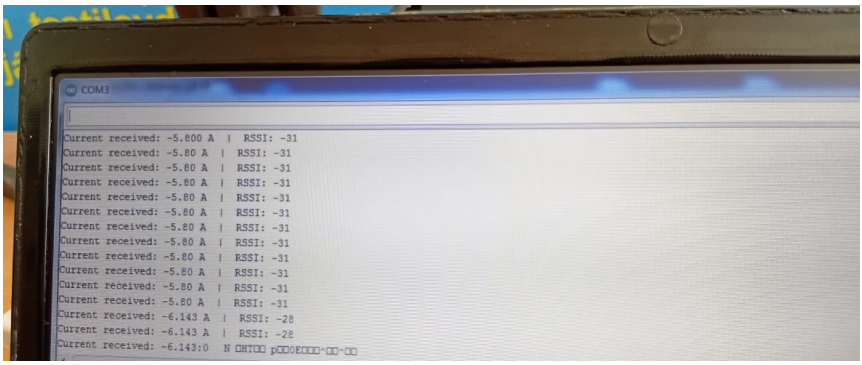


Рисунок 3 – Данные регистрации тока нулевой последовательности

Отличительной особенностью IoT является географическое разделение системы управления с датчиками и исполнительными устройствами с обеспечением связи между ними как по сети интернет, так и на части пути по специализированным каналам.

Такое решение имеет очевидные недостатки, связанные с тем, что передача данных на большое расстояние может занимать сравнительно большое время, иметь относительно низкую надежность, а также требовать дополнительных затрат энергии, что может быть существенно для систем малой мощности. По этим причинам принятие управляющих решений с высокими требованиями по быстродействию и надежности – в частности, по переключениям, связанным с необходимостью защиты от коротких замыканий – как правило, выполняется непосредственно полевыми устройствами.

В то же время, применение интернета вещей позволяет автоматизировать и персонализировать задачи мониторинга и управления устройствами благодаря переносу обработки данных на специализированный сервер, обслуживающий большое количество потребителей. Индивидуализация и автоматизация управления позволяет контролировать большое количество устройств в едином центре. Использование IoT чрезвычайно перспективно для решения задач автоматической диспетчеризации интеллектуальных сетей, включающих ВИЭ и накопительные устройства. Другим перспективным направлением использования IoT является анализ массивов данных для выявления неравномерностей нагрузки, а также прогнозирования отказов оборудования.

Информация о финансировании.

Исследование финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP23486411).

Выводы

Быстрое взаимодействие датчиков с облачной платформой для удаленного мониторинга и анализа событий дает возможность определять ОЗЗ и ликвидировать его последствия. Практическая значимость работы подтверждается результатами моделирования. Быстрая ликвидация повреждения ведет к снижению ключевых показателей надежности: уменьшается средняя продолжительность перерывов электроснабжения (SAIDI), снижается риск каскадных отклонений и, как следствие, улучшается показатель частоты перерывов (SAIFI). Кроме того, автоматизация сбора данных повышает оперативность работы диспетчерских служб и ремонтных бригад, напрямую влияет на экономическую эффективность и коэффициент готовности сети.

REFERENCES

1 **Motlagh, N. H., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., Zakeri, B.** Internet of things (IoT) and the energy sector // Energies. – 2020. – Vol. 13(2). – 494. – https://doi.org/10.3390/en13020494

2 **Shrouf, F., Ordieres, J., Miragliotta, G.** Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm // Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Selangor Darul Ehsan, Malaysia. – 2014. – P. 697–701. – https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728

3 **Bandyopadhyay, D., Sen, J.** Internet of Things : Applications and Challenges in Technology and Standardization // Wireless Personal Communications. – 2011. – Vol. 58. – P. 49–69. – https://doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5

4 **Jia, M., Komeily, A., Wang, Y., Srinivasan, R. S.** Adopting Internet of Things for the development of smart buildings : A review of enabling technologies and applications // Automated Construction. – 2019. – Vol. 101. – P. 111–126. – https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.01.023

5 **Rajeshwar, R. K., Arabelli, R. R., Rajababu, D., Mahender, K.** Solar power generation system with IOT based monitoring and controlling using different sensors and protection devices to continuous power supply // IOP Conference

Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 981(3). – 032017. – https://doi.org/10.1088/1757-899X/981/3/032017

6 **Pramono, S. H., Sari, S. N., Maulana, E.** Internet-based monitoring and protection on PV smart grid system // Proceedings of 2017 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology, SIET 2017. – 2017. – P. 448–453. – https://doi.org/10.1109/SIET.2017.8304180

7 **John, A., Varghese, R., Krishnan, S. S., Thomas, S., Swayambu, T. A., Thasneem, P.** Automation of 11 kV substation using Raspberry pi // 2017 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), Kollam, India. – 2017. – P. 1–5. – https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2017.8074264

8 **Shah, M. H., Khan, S., Khan, A., Khan, I., Eldin, S. M.** Sustainable energy management using the Internet of Things (IoT) // PLoS ONE. – 2023. – Vol. 6(18). – e0283754. – https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283754

9 **Trivedi, M. A., Dalvi, S., Devaiya, R., Raju, R., Modi, Y.** Transformer Protection using PLC and GSM Technology // Global Journal of Researches in Engineering: Part F : Electrical and Electronic Engineering. – 2019. – Vol. 19(F2). – P. 23–26.

10 **Arabelli, R. R., Rajababu, D.** Transformer Optimal Protection using Internet of Things // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. – 2019. – Vol. 8(11). – P. 2169–2172. – http://doi.org/10.35940/ijitee.K2032.0981119

Поступило в редакцию 22.04.26.
Поступило с исправлениями 29.04.26.
Принято в печать 31.08.26.

Ж. Б. Исабеков[1], **Б. Б. Исабекова*[2], *А. А. Шимпф*[3],
Л. Н. Есмаханова[4], *Б. Е. Ордабаев*[5]
[1,2,3,5]Торайғыров университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;
[4]М. Х. Дулати атындағы Тараз университеті,
Қазақстан Республикасы, Тараз қ.
22.04.26 ж. баспаға түсті.
29.04.26 ж. түзетулерімен түсті.
31.08.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БІР ФАЗАЛЫ ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛУДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСІ

Жұмыста Заттар интернеті технологиясының сипаттамасы келтірілген, багдарламалық-аппараттық кешен жүйесінің негізгі элементтері қарастырылған. Қашықтағы құрылғылармен байланысты қамтамасыз ету технологияларына көп көңіл бөлінеді, өйткені олар жұмыс жағдайларына байланысты әр түрлі болады және жүйелерді құру ерекшеліктерін анықтайды. Диспетчерлік басқару жүйелерінде заттар интернетін қолдану мысалдары, оны қолданыстағы тарату желілерінің жабдықтарын бақылау және басқару жүйелеріне енгізу нұсқалары, сондай-ақ жаңартылатын энергия көздерімен бірлесіп жұмыс істейтін интеллектуалды тұрақты ток желілерінің бөлігі ретінде қарастырылады. Технологияларды талдау негізінде микропроцессорлық құрылғыларды қолданудың тиімділігі көрсетілген, далалық құрылғылар багдарламаларында қорғаныс функцияларын жүзеге асырудың орындылығы, сондай-ақ жабдықты бақылау және диспетчерлік жүйелерді құру міндеттері үшін заттар интернеті технологияларын қолдану перспективасы көрсетілген.

Оқшауланған бейтарап кабельдік желілерде бір фазалы жерге тұйықталуды анықтау әдісі ұсынылған. Бұл тәсіл зақымдану кезінде пайда болатын нөлдік тізбектегі токтарды анықтау үшін магнитті басқарылатын контактілерді (қамыс қосқыштарын) қолдануға және кейіннен интернет заттары (IoT) технологиялары негізінде сымсыз байланыс арналары арқылы диспетчерлік қызметке деректерді жіберуге негізделген. Жүйеге мұндай интеграция апаттарды іздеу және жою уақытын едәуір қысқартуға мүмкіндік береді, бұл кабельдік желінің штаттық жұмыс режимін тез қалпына келтіруге ықпал етеді.

Кілтті сөздер: Интернет заттары, бір фазалы жерге тұйықталу, кабельдік желілер, магнитті басқарылатын контактілер, нөлдік реттілік тогы, бақылау.

*Zh. B. Issabekov[1], *B. B. Issabekov[2], A. A. Shimpf[3],*
L. N. Yesmakhanova[4], B. E. Ordabayev[5]
[1,2,3,5]Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar;
[4]M. Kh. Dulaty Taraz University,
Republic of Kazakhstan, Taraz.
Received 22.04.26.
Received in revised form 29.04.26.
Accepted for publication 31.08.26.

A METHOD FOR DETERMINING SINGLE-PHASE EARTH FAULTS USING INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES

The paper describes the technology of the Internet of Things, considers the main elements of the system of the software and hardware complex. The greatest attention is paid to technologies for providing communication with remote devices, since they vary most depending on operating conditions and determine the specifics of building systems. Examples of the use of the Internet of Things in dispatch control systems, options for its implementation in systems for monitoring and controlling equipment of existing distribution networks, as well as as part of intelligent DC networks operating in conjunction with renewable energy sources, are considered. Based on the technology analysis, the cost-effectiveness of using microprocessor devices is shown, the expediency of implementing protection functions in field device programs is noted, as well as the prospects for using Internet of Things technologies for monitoring equipment and building dispatching systems.

A method for identifying single-phase ground faults in cable networks with an isolated neutral is presented. The approach is based on the use of magnetically controlled contacts (reed switches) to detect zero-sequence currents that occur during damage and then transmit data to the dispatch service via wireless communication channels based on Internet of Things (IoT) technologies. This integration into the system significantly reduces the time needed to find and eliminate accidents, which helps to quickly restore the normal operation of the cable network.

Keywords: Internet of Things, single-phase earth faults, cable networks, magnetically controlled contacts, zero-sequence current, monitoring.

Теруге 07.09.2026 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2026 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
19,0 Mb RAM
Шартты баспа табағы 34,4. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: Шукитова А. Б.
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Тапсырыс № 4601

Сдано в набор 07.09.2026 г. Подписано в печать 30.09.2026 г.
Электронное издание
19,0 Mb RAM
Усл. печ. л. 34,4. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: Шукитова А. Б.
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Заказ № 4601

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz