

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2024)

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/MEBG1583>

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.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

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

МРНТИ 44.29.31

<https://doi.org/10.48081/MIZU7402>

***А. В. Нефтисов¹, И. М. Казамбаев², Д. Б. Уразаев³,
К.М. Жакупова⁴, Н.Ж. Сагадатова⁵**

^{1,2,3,4,5} Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана

*e-mail: shurik-neftisov@mail.ru

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-8008>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0850-7490>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4542-2691>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9835-5285>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2349-6465>

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОТОТИП МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТКРЫТЫМИ СТАНДАРТАМИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Координация работы релейных защит является важным аспектом при возникновении серьезных неисправностей и должна обеспечивать быстрое выключение. Одним из решений является использование интернета вещей. Объектом данного исследования является архитектура системы релейной защиты, в которой используется только локальный интернет, а в открытом доступе – глобальный. Целью исследования является оценка эффективности использования интернета в релейной защите, а также актуальности её архитектуры. Эта архитектура передачи, сбора, анализа данных релейной защиты, конкретных протоколов своевременного подключения и безопасности данных является справедливой процессуальной единицей. Качество релейной защиты обеспечивает хорошо организованная структура для точного и эффективного сбора, передачи и анализа данных. Для исследовательских целей были проведены эксперименты, чтобы подтвердить возможность гипотезы. Эксперимент был проведен

для нескольких устройств, чтобы определить наиболее эффективные из предложенных. Полученный результат представлен в виде таблицы и содержит значения как для беспрепятственных условий, так и для препятствий в виде стен. Выбран протокол данных ESP-now, который является открытым. Условия также предназначены для определения основных параметров радиоволн, в первую очередь скорости передачи в общее время работы релейной защиты, а также количества пакетов на тысячу с разной памятью. Было обнаружено, что наличие стены в качестве барьера приводит к потере мешков. При выполнении одного из условий исследования интернет вещей может использоваться в релейной защите.

Ключевые слова: релейная защита, скорость срабатывания, магнитный датчик, магнитное поле, открытые стандарты, промышленный интернет вещей, эксперимент.

Введение

Архитектура системы релейной защиты играет важную роль в том, как система реагирует в стандартных и аварийных ситуациях. В настоящее время системы релейной защиты общего назначения действуют как самоцентричные узлы, которые считывают только локальные данные и связываются с соседними узлами релейной защиты по кабелям. Следовательно, один узел включает в себя множество функций, что в свою очередь увеличивает сложность системы. При этом защита обеспечивается сложной системой таймеров, которая каскадом сбрасывается с поврежденного узла. Причем, чем дальше от узла, тем больше времени требуется для выключения. По данной причине существует несколько сложностей:

- таймеры должны быть откалиброваны при монтаже и требуют короткого временного интервала, что затрудняет процесс;
- узлы с большими параметрами таймера проводят больше времени в состоянии короткого замыкания в аварийной ситуации. Это приводит к увеличению вероятности повреждения электросети с течением времени;
- невозможно точно выявить проблемы электросети без изучения путей разветвления;

- необходимо вручную собирать данные для проверки состояния тех или иных узлов релейной защиты.

Современные требования к энергетическим системам, в том числе интеграция альтернативных и возобновляемых источников энергии, сложность сетевых структур, повышение эффективности и снижение эксплуатационных расходов требуют совершенствования классических систем релейной защиты. [1] Одним из направлений исследований является замена металлоемкого трансформатора тока (ТТ) на элемент альтернативного размера. В работе [2] в качестве измерительного прибора показана релейная защита двухцепных сетей 6-35 кВ на основе герконов. Система защиты состоит из двадцати четырех герконов и основана на контроле их времени работы и последовательности. Одним из недостатков герконов является наличие дребезга, требующего компенсации за надежную работу такого устройства. Альтернативным решением является использование катушки Роговского вместо трансформатора тока [3]. В статье предложена система датчиков внешней электросети, в которой для измерения тока [4] используется катушка Роговского со сумматором и емкостной делитель для измерения напряжения. Тем не менее, авторы статьи отметили, что текущий шум системы, основанной на катушках Роговского, выше, чем у традиционных ТТ из-за широкого диапазона.

Еще одним направлением модернизации релейной защиты является внедрение трендовых технологий [5]. В работе показаны преимущества внедрения интернета вещей (IoT) в электроэнергетику и энергосистемы (EPES), включая улучшение управления энергопотреблением, сокращение отходов и повышение эффективности и надежности системы. Тем не менее, в документе признаются трудности развертывания IoT в EPES. В другом исследовании [6] выделяется несколько причин для использования технологии IoT. Он позволяет в режиме реального времени контролировать электрические параметры в микросетях, обеспечивает быстрое обнаружение неисправностей и автоматическое реагирование. [7] Недавно была внедрена система управления питанием на основе IoT для решения проблем с технологией интеллектуальных сетей, включая регулирование тока и напряжения, обнаружение неисправностей и уведомления потребителей в микросетях. Основное внимание уделяется передовым технологиям для Интернета вещей и эффективному управлению данными

для повышения надежности и эффективности электросети за счет непрерывного мониторинга тока и напряжения в разрывах малых сетей для быстрого обнаружения и устранения проблем. Одним из важнейших показателей при использовании облачных технологий и IoT в релейной защите является скорость и производительность. В исследовании [8] показана значительная разница в производительности, которая наблюдается в эффективном облачном хранилище для промежуточных файлов по сравнению с локальной памятью. Этот разрыв приводит к удивительному падению производительности на 400%, когда промежуточные данные управляются в облачной среде, а не хранятся локально. Чтобы эмпирически оценить влияние конфигураций IoT на производительность рабочего процесса, авторы использовали в качестве бенчмарка рабочий процесс Installation. Следует отметить, что некоторые решения, в том числе промышленные, используют IoT только как инструмент для аналитики и мониторинга, но не для принятия решений в рамках системы релейной защиты.

Разработка систем релейной защиты на основе открытой архитектуры также может стать новым перспективным направлением в промышленности. В статье [9] изложена практика внедрения принципов открытой архитектуры в телекоммуникационном секторе, основные принципы открытой архитектуры и спецификации парадигмы Open Radio Access Network (RAN). В работе [10] уже представлена структурная модель микропроцессорной системы релейной защиты, основанная на использовании открытой архитектуры. Использование открытых стандартов в системах защиты энергосистем позволяет подключать, обновлять или модифицировать компоненты системы с использованием оборудования разных производителей, упрощая интеграцию и обмен данными, что в свою очередь оптимизирует и снижает затраты.

Предлагаемое исследование является продолжением [11;12] и представляет собой разработку междисциплинарной архитектуры координированной работы систем релейной защиты на базе IoT и микропроцессора с открытыми стандартами.

Материалы и методы

В nRF24L01 и других радиомодулях Nordic Semitransmittor используется модуляция GFSK, что означает ключевую модуляцию

переключателя частоты по Гауссу. Он представляет 0 и 1 в двоичном массиве как часть нижней (0) и высокой (1) частоты волны с сохранением той же амплитуды. Аналогичный метод использует Bluetooth-радио.

1) Модуляция сигнала: способ распределения сигнала можно охарактеризовать косинусной линией, ее основной функцией:

$$s(t) = A \cos(\omega_{IF} t + \varphi(t)) \quad (6)$$

Амплитуда здесь (A) стабильна, а фаза (φ) является единственной переменной, которая также определяется по [9]:

$$\varphi(t) = h\pi \int_{-\infty}^t \sum_i a_i \gamma(\tau - iT) d\tau \quad (7)$$

В двоичной строке, которую нам нужно отправить, данные помечаются '1' как двоичная 1 и '-1' как двоичная 0, сопоставленная с массивом. Здесь h — индекс модуляции, обычно равный 0,5 и представляющий импульс частоты $\gamma(y)$. Соответственно, формула создает волну прямоугольной формы, которую можно прикрепить к ней с помощью фильтра Гаусса [9]:

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{\sigma}\right)^2} \quad (8)$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2\pi B} \quad (9)$$

Демодуляция сигнала: Демодуляция сигнала GFSK обычно выполняется косвенно, и существует несколько методов, которые могут быть использованы для демодуляции GFSK [10]: Дискриминатор Фостера-Сили (преобразование FM-AM), фазовый детектор, обнаружение нулевого пересечения, частотная обратная связь.

Одним из наиболее распространенных методов демодуляции сигнала GFSK является применение преобразования задержки и умножения на отфильтрованный несущий сигнал с нулевой частотой [9]. Результирующее уравнение сигнала выглядит следующим образом:

$$s(t) = A \cos((\omega_{IF} + \omega_d)t) \quad (10)$$

В этом уравнении ω_d -мгновенное смещение, если оно изначально было $\omega_d < 0$, то цифровое значение будет '0', а если $\omega_d > 0$, цифровое значение будет '1'. Удаление (вмешательство) ω_{IF} с немодулированным синусом и косинусом дает фазовые и квадратурные компоненты:

$$i_m(t) = s(t) \cos(\omega_{IF}t) = \frac{A}{2} (\cos((2\omega_{IF} + \omega_d)t) + \cos(\omega_d t)); \quad (11)$$

$$q_m(t) = -s(t) \sin(\omega_{IF}t) = \frac{A}{2} (\sin(\omega_d t) - \sin((2\omega_{IF} + \omega_d)t)); \quad (12)$$

Две формулы содержат два требуемых сигнала: частота вокруг центра 0 и центр $2\omega_{IF}$. Низкочастотная фильтрация $2\omega_{IF}$, удаляет единственный оставшийся сигнал:

$$i_m(t) = \frac{A}{2} \cos(\omega_d t), \quad (13)$$

$$q_m(t) = \frac{A}{2} \sin(\omega_d t). \quad (14)$$

Используя классический метод задержки и воспроизведения FM-демодуляции, сигнал можно описать следующим образом:

$$d_t = q_t(t)i_t(t - \Delta T) - i_t(t)q_t(t - \Delta T) = \frac{A^2}{4} \sin(\omega_d \Delta T). \quad (15)$$

Зная время, необходимое для получения одного бита информации, выбирая сигнал через определенные промежутки времени, мы получаем необходимый массив разрядов, соответствующий нашей информации.

Результаты и обсуждение

На схеме предлагаемой архитектуры системы, которая показана на рисунке 1, представлены три основных слоя системы. Они включают в себя локальный уровень передачи, уровень фильтрации и анализа данных, а также уровень базы данных. Каждый из них более подробно описан далее.

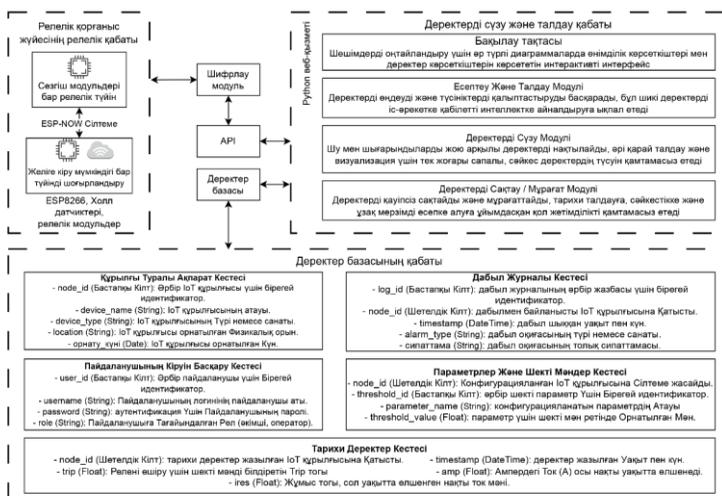


Рисунок 1 – Концептуальная модель системы релейной защиты

Локальный уровень передачи данных реагирует на локальные действия системы, а также на действия, которые должны быть выполнены, если наборы данных и/или значения не соответствуют нормальной работе сети. Этот слой имеет звездообразную топологию, сосредоточенную вокруг релейного концентратора. Единственное устройство, которое имеет доступ к сети и, соответственно, к другим слоям – это концентраторный узел, который случайным образом выступает в роли шлюза для узлов передачи данных. Данные с датчиков в коридоре или аналогичного сенсорного оборудования поступают на удаленные релейные узлы и доставляются на консолидирующее устройство через ESP-NOW или

протокол беспроводной связи с низкой задержкой. В случае, если соединение ESP-NOW неактивно из-за потери повторяющихся пакетов или оттока шлюза, узлы передачи данных программируются на принятие локального решения без необходимости вмешательства остальной части системы.

Таблица 1. Тест обратной связи ESP-NOW

Тесты	Количество пакетов	Среднее время	Дисперсия	stAut
Тест 1	1000	2.37	2.94	1.71
Тест 2	1000	2.26	2.86	1.69
Тест 3	1000	2.24	4.85	2.20
Тест 4	1000	2.20	1.54	1.24
Тест 5	1000	2.31	5.71	2.39
Тест 6	1000	2.45	4.27	2.07
Тест 7	1000	2.16	1.20	1.10
Тест 8	1000	2.21	3.91	1.98
Тест 9	1000	2.18	2.46	1.57
Тест 10	1000	2.23	2.30	1.52
Среднее:	1000	2.261	3.204	1.747

Таблица 2. ESP-NOW тест обратной связи через стену

Тесты	Количество пакетов	Среднее время	Дисперсия	stAut
Тест 1	349	2.02	0.44	0.67
Тест 2	470	2.06	0.73	0.85
Тест 3	142	2.01	0.44	0.66
Тест 4	1000	2.24	4.12	2.03
Тест 5	1000	2.20	3.69	1.92
Тест 6	927	2.30	3.53	1.88
Тест 7	476	2.32	2.50	1.58
Тест 8	443	2.35	2.39	1.55
Тест 9	291	2.14	5.07	2.25
Тест 10	341	2.09	1.55	1.24
Среднее:	543.9	2.173	2.446	1.463

Время обратного цикла для инициатора-получателя-инициатора подтверждает, что оно составляет менее 2,5 мс и независимо от количества

пакетов, полученных во время эксперимента. Было замечено, что максимальное время, затрачиваемое на ожидание пакета, составляет около 20 мс, что соответствует спецификации ESP-NOW, при условии, что повторная отправка пакета может достигать 20 мс, если последуют сбои. Однако, согласно данным об отклонениях, такие случаи встречаются редко. Во-первых, предполагалось, что стена снизит силу восприятия модулей. Данные частично подтвердили эту гипотезу, хотя в некоторых циклах объем полученного пакета составлял 1000.

Как показано на рисунке 1, схема базы данных, предоставляемая MongoDB для релейной защиты, включает информацию об устройстве, журналы аварийных сигналов, контроль доступа пользователей, настройки и пороговые значения, а также таблицы для исторических данных. Эти таблицы взаимосвязаны для управления данными устройств и используются для обработки и обеспечения целостности данных в режиме реального времени в целях обеспечения эффективности релейной защиты.

Х. Наваз, Д. Жюве, Р. Ф. Да Силва и Э. Дилман [7] сосредоточились на оценке производительности рабочего процесса с интенсивным вводом/выводом, выполняемого на двух выдающихся коммерческих облачных платформах, а именно Google Cloud и Amazon Web Services. В частности, исследование показывает существенную разницу в производительности облачных хранилищ, которая благоприятна для промежуточных файлов по сравнению с локальной памятью. Этот разрыв приводит к удивительному падению производительности на 400%, когда промежуточные данные управляются в облачной среде, а не хранятся локально. Чтобы эмпирически оценить влияние конфигураций IoT на производительность рабочего процесса, авторы использовали в качестве бенчмарка рабочий процесс Installation. Результаты эксперимента показывают явные различия в производительности между Amazon и Google, причем Amazon превосходит Google по численности до 44%. Среднее время миграции для конфигурации облачного хранилища Google составляет 56,3 секунды, а Amazon — 31,2 секунды. Анализ также показывает ключевую роль операций переноса данных и шаблон быстрого доступа, присущий рабочему процессу установки. Важным результатом исследования является рекомендация по выбору хранения локальных данных в сочетании с использованием механизмов параллельной

миграции. Такой подход значительно повышает эффективность научного процесса. Если данные рабочего процесса хранятся локально, важно учитывать, что производительность основного диска, непосредственно подключенного к виртуальной машине, оказывает значительное влияние на продолжительность рабочего процесса. Использование этой стратегии эффективно скрывает накладные расходы, что приводит к значительному повышению производительности выполнения рабочего процесса.

Как правило, решения о состоянии реле принимаются локально между узлами ретрансляции, а облачные данные используются для анализа данных и прогнозируемого обслуживания.

Информация о финансировании

Работа написана в рамках государственного заказа на реализацию научной программы по бюджетной программе 217 «Развитие науки» Республики Казахстан, подпрограммы 101 «Программно-целевое финансирование научной и/или научно-технической деятельности за счет бюджетных средств» AP13067967 «Разработка технологии создания устройств релейной защиты, экономящих микропроцессорные ресурсы на основе открытой архитектуры»

Выводы

В этом исследовании была представлена модель открытой архитектуры, которая была улучшена с помощью компонентов IoT. Облачные вычисления играют важную роль в анализе, удаленном мониторинге, масштабировании и обеспечении безопасности данных в режиме реального времени, в то время как кластеры на базе независимого компьютера в облачной инфраструктуре обеспечивают потенциальную экономию. Устойчивость к ошибкам обеспечивается за счет параллельной обработки и копирования данных в облаке. Собранные данные доступны для дальнейшего анализа. Интеграция Интернета вещей в предлагаемую архитектуру оптимизирует релейную защиту, сбор данных, анализ, связь в режиме реального времени и безопасную миграцию данных. Использование микроконтроллера ESP8266 с протоколом ESP-NOW или серии STM32 с приемниками nRF24L01 гарантирует обмен данными с низкой задержкой, а AWS является наиболее эффективным облачным сервисом благодаря своим универсальным виртуальным машинам и мощным инструментам анализа данных, которые вместе повышают

производительность системы релейной защиты. Он обещает высокую надежность и операционную эффективность в промышленных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Ustinov, D., Aysar, A.** Analysis of the Impact of the Distributed Generation Facilities on Protection Systems and Voltage Mode: Review // Occupational Safety in Industry. – 2023. – P. 15–20.

2 **Kletsel, M. Ya., Mashrapov, B. E., Mashrapova, R. M.** Reed switch protection of double-circuit lines without current and voltage transformers // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2023. – Т. 154. 109457. ISSN 0142-0615.

3 **Broderick, S., Pestell, C., Kumar, N., Payne, J.** Design and Use of Protection-Class Rogowski Coils for Medium-Voltage Switchgear // 2023 IEEE IAS Petroleum and Chemical Industry Technical Conference (PCIC). New Orleans, LA, USA. – 2023. P. 67–76.

4 **Piesciorovsky, E. C., Warmack, R. J. B., Polsky, Y.** Medium-Voltage Testbed for Comparing Advanced Power Line Sensors vs. Measurement Transformers with Electrical Grid Events // Energies. – 2023. – Т. 16. – № 13. 4944.

5 **Bedi, G., Venayagamoorthy, G. K., Singh, R., Brooks, R. R., Wang, K.-C.** Review of Internet of Things (IoT) in electric power and energy systems // IEEE Internet of Things Journal. 2018. – Т. 5. – № 2. P. 847–870.

6 **Sujeeth, S., Swathika, O.G.** IoT based automated protection and control of DC microgrids // 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC). 2018. C. 1422–1426.

7 **Pattanaik, B., Taye, A., Umer, A.A., Henok, G.** IoT based over current protection control system using for micro grids // 2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT). 2021. P. 235–239.

8 **Nawaz, H., Juve, G., Da Silva, R.F., Deelman, E.** Performance analysis of I/O-intensive workflow executing on Google cloud and Amazon Web Services // 2016 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW). – 2016. P. 535–544.

9 **Neftissov, A., Sarinova, A., Kazambayev, I., Kirichenko, L., Kuchanskiy, O., Faizullin, A.** Determination of the speed of a microprocessor

relay protection device of open architecture with a reed switch and the industrial internet of things // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Т. 2. – № 9 (122). – P. 20–30. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276588>.

10 **Polese, M., Bonati, L., D’Oro, S., Basagni, S., Melodia, T.** Understanding O-RAN: Architecture, Interfaces, Algorithms, Security, and Research Challenges // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2023. Т. 25. № 2. P. 1376–1411.

11 **Neftissov, A., Kazambayev, I., Kirichenko, L., Zhakupova, K., Urabayev, D.** An Interaction Model of Relay Protection Measuring Transducers with Computing Systems via IIoT Technology // Bulletin of Toraighyrov University. Energetics series. 2023. P. 279–291.

Поступило в редакцию 02.08.24

Поступило с исправлениями 12.08.24

Принято в печать 05.09.24

* *А. В. Нефтисов*¹, *И. М. Казамбаев*², *Д. Б. Уразаев*³,

*К. М. Жақупова*⁴, *Н.Ж. Сагадатова*⁵

Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

02.08.24 ж. баспаға түсті.

12.08.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

АШЫҚ ИНТЕРНЕТ СТАНДАРТТАРЫ БАР МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ РЕЛЕЛІК САҚТАНДЫРҒЫШТЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАЛЫҚ ПРОТОТИПІ

Релелік қорғаныстарды үйлестіру елеулі ақаулар туындаған кезде маңызды аспект болып табылады және тез ошiрудi қамтамасыз етуi керек. Шешiмдердiң бiрi-заттар интернетiн пайдалану. Бұл зерттеудiң объектiсi-тек жергiлiктi интернеттi пайдаланатын релелiк қорғаныс жүйесiнiң архитектурасы, ал жалпыға қол жетiмдi-Фаламдық. Зерттеудiң мақсаты-релелiк қорғаныста интернеттi пайдалану тиiмдiлiгiн, сондай-ақ оның

архитектурасының өзектілігін бағалау. Бұл релелік қорғаныс деректерін беру, жинау, талдау архитектурасы, нақты уақытылы қосылу хаттамалары және деректер қауіпсіздігі әділ процесс бірлігі болып табылады. Релелік қорғаныс сапасы деректерді дәл және тиімді жинау, беру және талдау үшін жақсы ұйымдастырылған құрылымды қамтамасыз етеді. Зерттеу мақсатында гипотеза мүмкіндігін растау үшін эксперименттер жүргізілді. Ұсынылған ең тиімдісін анықтау үшін эксперимент бірнеше құрылғылар үшін жүргізілді. Алынған нәтиже кесте түрінде ұсынылған және кедергісіз жағдайлар үшін де, қабырғалар түріндегі кедергілер үшін де мәндерді қамтиды. ESP-pow деректер протоколы таңдалды, ол ашық. Шарттар сонымен қатар радиотолқындардың негізгі параметрлерін, ең алдымен Релелік қорғаныстың жалпы жұмыс уақытындағы берілу жылдамдығын, сондай-ақ әр түрлі жады бар мың пакеттің санын анықтауға арналған. Тосқауыл ретінде қабырғаның болуы сөмкелердің жоғалуына әкелетіні анықталды. Зерттеу шарттарының бірін орындау кезінде мен заттардың интернетін релелік қорғаныстардың қосымшаларында қолдана алуға болады.

Кілтті сөздер: релелік қорғаныс, іске қосу жылдамдығы, магниттік сенсор, магнит өрісі, ашық стандарттар, өнеркәсіптік заттары интернет, эксперимент.

* A. V. Neftissov ¹, I. M. Kazambayev ², D. B. Urazayev ³,
K. M. Zhakupova ⁴, N. Zh. Sagadatova ⁵

Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana c.

Received 02.08.24

Received in revised form 12.08.24

Accepted for publication 05.09.24

The coordination of relay protection is an important aspect in the event of serious malfunctions and should ensure a quick shutdown. One solution is to use the Internet of Things. The object of this study is the architecture of a relay protection system, which uses only the local

Internet, and the global one in open access. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of using the Internet in relay protection, as well as the relevance of its architecture. This architecture of transmission, collection, analysis of relay protection data, specific protocols for timely connection and data security is a fair procedural unit. The quality of relay protection is ensured by a well-organized structure for accurate and efficient data collection, transmission and analysis. For research purposes, experiments were conducted to confirm the possibility of the hypothesis. An experiment was conducted for several devices to determine the most effective of the proposed ones. The result is presented in the form of a table and contains values for both unobstructed conditions and obstacles in the form of walls. The ESP-now data protocol is selected, which is open. The conditions are also designed to determine the main parameters of radio waves, primarily the transmission rate during the total operation time of the relay protection, as well as the number of packets per thousand with different memory. It was found that having a wall as a barrier leads to the loss of bags. If one of the research conditions was met, Internet of things in relay protection applications can be possible.

Keywords: relay protection, speed, magnetic sensor, magnetic field, open standards, industrial Internet of Things, experiment.

Теруге 10.09.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржиқова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4277

Сдано в набор 10.09.2024 г. Подписано в печать 30.09.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржиқова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4277

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz