

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 (2023)

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/YBCY7199>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *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

<https://doi.org/10.48081/UKDE4219>

А. В. Мануковский¹, *А. Б. Сағындық², О. М. Талипов³

^{1,2,3}Торайғыров Университет, Республика Казахстан, г.Павлодар;

e-mail: aiko_90@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО РАДИОКАНАЛА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ «ЗЕЛЕНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

В настоящей статье представлены результаты испытания разработанного авторами оборудования для организации помехоустойчивой передачи данных в аппаратной «зеленой энергетики» Торайғыров университета по радиоканалу. Наличие такого оборудования необходимо для организации мониторинга работы солнечно-ветровой электростанции (СВЭС) на основе беспроводных технологий. Перед началом разработки была экспериментально исследована сигнально-помеховая обстановка в помещении аппаратной на частотах в диапазоне до 1 ГГц, не подлежащих государственному лицензированию. Исследования с помощью панорамного USB-приемника показали, что в диапазонах 315, 433 и 868 МГц степень загрузки эфира примерно одинакова. Для организации помехоустойчивой передачи данных были спроектированы и изготовлены экспериментальные микроконтроллерные передатчик и приёмник с использованием стандартных радиомодулей цифровых передатчиков мощностью 10 мВт и приёмников чувствительностью –106 дВм в диапазоне 433 МГц. Предложены структурные схемы аппаратной части приёмника и передатчика и описан принцип их работы во взаимодействии. Разработано программное обеспечение для микроконтроллеров, управляющих процессами передачи, отображения и протоколирования принятых данных. Приведены заложенные в программы алгоритмы передачи и приёма цифровых данных с элементами отстройки от помех, позволяющие записывать принятые по радиоканалу данные на жёсткий диск персонального компьютера (ПК) и отображать их на мониторе ПК и на экране жидко-кристаллического индикатора (ЖКИ).

В статье приведены также фрагменты записей длительных экспериментов по передаче данных с помощью разработанных пар «передатчик-приёмник». Их анализ показывает, что предложенное оборудование и программное обеспечение позволяет организовать надёжный радиоканал для организации мониторинга основных параметров работы СВЭС в аппаратной «Зеленой энергетики».

Ключевые слова: передатчик, приемник, микроконтроллер, сигнально-помеховая обстановка, помехоустойчивый радиоканал, солнечно-ветровая электростанция.

Введение

Необходимость мониторинга солнечно-ветровых электростанций (СВЭС), как и любого другого технологического оборудования, сегодня ни у кого не вызывает сомнений [1-4]. Для сбора информации о текущих значениях ключевых параметров работы СВЭС необходимо выбрать наиболее подходящие методы передачи данных в зависимости от конкретных обстоятельств. Режимы передачи делятся на проводные и беспроводные [5].

В аппаратной «Зеленой энергетики» расстояние передачи находится в пределах 5 м, и передаваемые пакеты данных короткие. Учитывая также требование минимального вмешательства в область монтажа силовой проводки, в нашем случае выгоднее выбрать беспроводной способ передачи [6]. В большинстве стран есть правительственные агентства, отвечающие за распределение и контроль использования диапазона радиочастот для беспроводной передачи данных. Спектр выделяется в лицензионных полосах частот (которые регулирующие органы выделяют для отдельных операторов) или в нелицензируемых полосах (которые могут использоваться любыми субъектами рынка в соответствии с определенными системными требованиями). В РК нелицензируемыми являются диапазоны частот 315, 433 и 868 МГц [7]. При организации проектировании радиолинии следует изучить радиопомеховую обстановку в точке приема [8-10], которая образуется как от естественных (прогнозируемых), так и от случайных (непрогнозируемых) источников.

Материалы и методы

Исследование помеховой обстановки в аппаратной «Зеленой энергетики» было проведено двумя способами:

1) с помощью панорамного приёмника MSi.SDR с интерфейсом USB, внешний вид и структурная схема которого приведены на рисунке 1. Частотный диапазон этого приёмника ограничен величиной 1 ГГц.

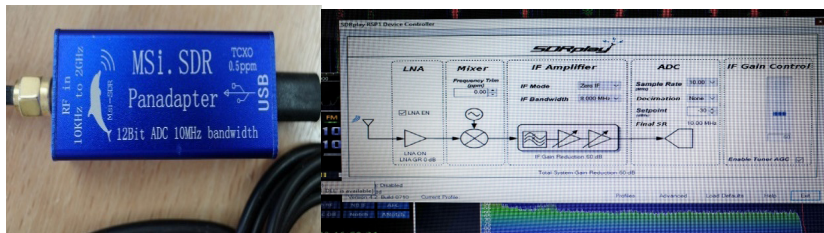


Рисунок 1 – Внешний вид и структурная схема панорамного приемника MSi-SDR

2) с помощью специально изготовленных пар «передатчик-приёмник». И передатчик, и приемник управляются микроконтроллерами. Внешний вид и структурная схема передатчика приведена на рисунке 2.

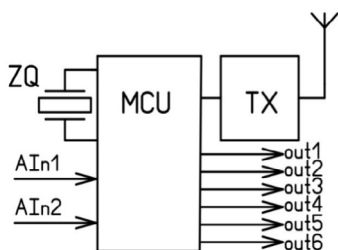


Рисунок 2 – Структурная схема и внешний вид опытного образца передатчика

Микроконтроллер передатчика MCU, частота тактового генератора которого стабилизирована кварцевым резонатором ZQ, с помощью встроенного АЦП измеряет напряжения, подаваемые на разъёмы (рис. 2), а также считывает состояние шести выходов порта Out1...Out6, индицируя его светодиодами. Эти данные упаковываются в 5 байт, к ним добавляются два байта контрольной суммы, и с помощью радиопередающего модуля TX мощностью 10 мВт с периодичностью в две секунды отправляются в эфир на частоте 433 МГц в виде пяти одинаковых посылок в коде Manchester II. Алгоритм, заложенный в программу передатчика, показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Алгоритм программы передатчика

На приёмной стороне (рисунок 4) микроконтроллер МК подсчитывает контрольную сумму (КС) посылки, и в случае совпадения контрольных сумм на стороне передачи и приёма принятый код расшифровывается. Принятая информация, дополненная информацией о текущем времени из часов реального времени (RTC), каждые 2 секунды отображается на экране двухстрочного жидкокристаллического индикатора приёмника (LCD), и один раз в 10 секунд отправляется через преобразователь UART–USB на USB-порт персонального компьютера (ПК). Информация из виртуального COM-порта ПК отображалась на экране его монитора и одновременно записывалась в Log-файл на жёстком диске компьютера. Часы реального времени RTC связаны с микроконтроллером по интерфейсу I2C линиями SCL и SDA.

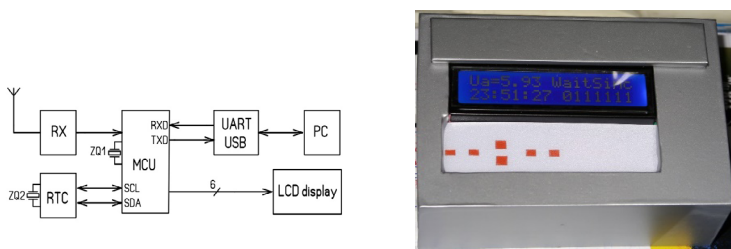


Рисунок 4 – Структурная схема и внешний вид приемника
Резонатор ZQ1 применяется для повышения стабильности расшифровки
кода Manchester II, а ZQ2 обеспечивает точность хода часов реального

времени.

Алгоритм программы приемника приведён на рисунке 5.

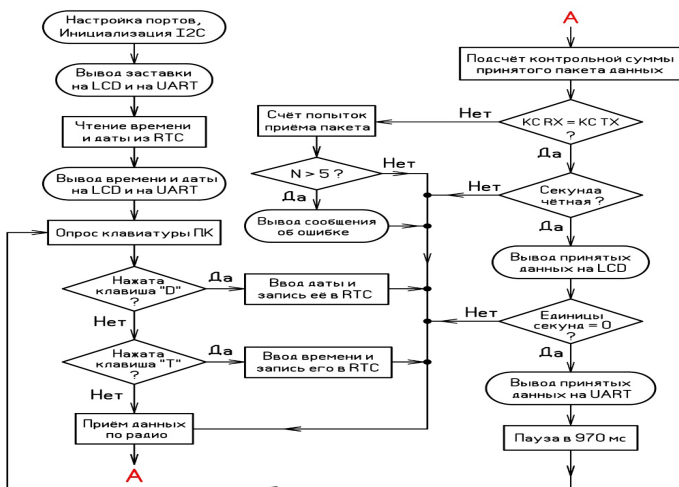


Рисунок 5 – Алгоритм программы приемника

Результаты и обсуждение

Результаты исследования помеховой обстановки на нелицензируемых частотах в аппаратной «Зеленой энергетики» приведены на рисунках 5-7.

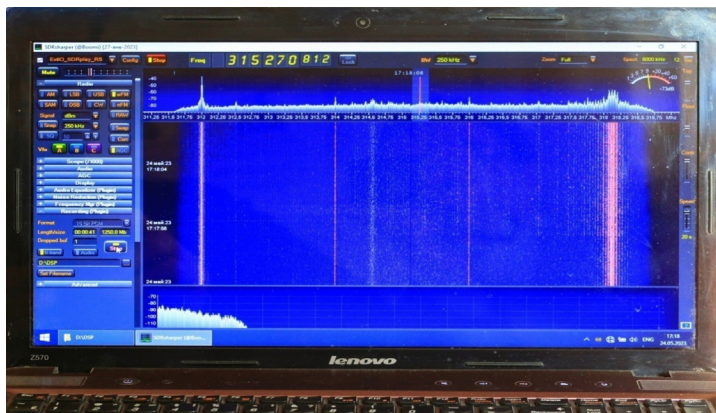


Рисунок 5 – Сигнально-помеховая обстановка в аппаратной «зеленой энергетики» на частоте 315 МГц

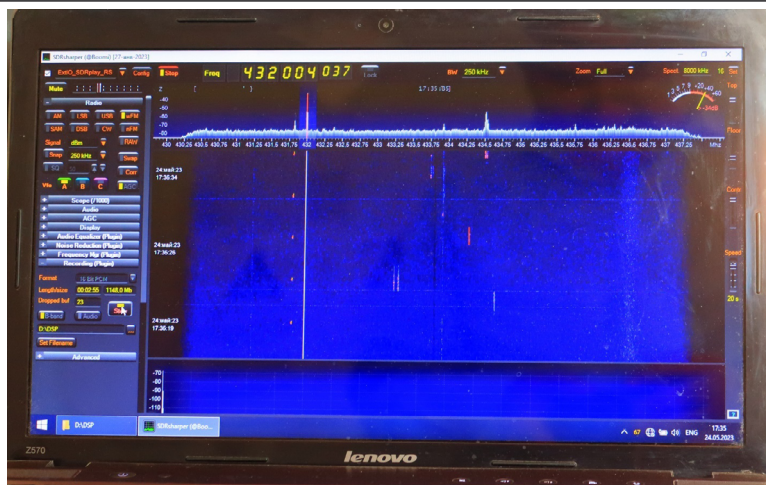


Рисунок 6 – Сигнально-помеховая обстановка в аппаратной «зеленой энергетики» на частоте 433 МГц

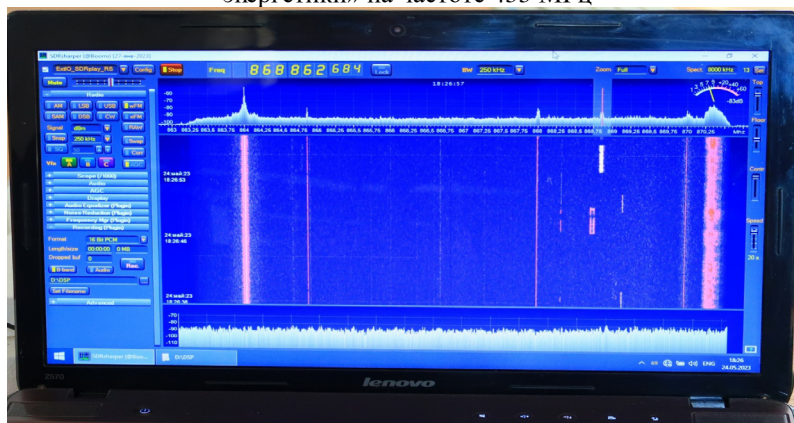


Рисунок 7 – Сигнально-помеховая обстановка в аппаратной «зеленой энергетики» на частоте 868 МГц

Из сравнения рисунков 5–7 видно, что все три нелегализованных радиодиапазона загружены примерно одинаково. Для экспериментальной проверки возможности надёжной передачи данных в аппаратной «Зеленой энергетики» был выбран диапазон 433 МГц, и были спроектированы и изготовлены вышеописанные приёмник и передатчик. Для проверки помехоустойчивости проводились длительные испытания разработанного

оборудования, в процессе которых на диск ПК с частотой, в 150 раз превышающей реально необходимую, непрерывно записывались в Log-файл как принятые данные, так и сообщения о помехах, препятствующих пересылке отдельных пакетов данных. Начальные фрагменты этих записей приведены на рисунке 8.

В Log-файлах фиксируются напряжение питания передатчика, напряжение имитатора солнечной батареи, состояние выходов Out1...Out6 и электрических нагрузок Big и Small, привязанные к текущим времени и дате. Зафиксированные в Log-файле на рисунке 8 помехи случались в начале испытания, когда мы находились с сотовыми телефонами в непосредственной близости от приёмника, а также в моменты постановки и снятия с сигнализации припаркованных вблизи автомобилей перед началом и после окончания рабочего дня. Стоит отметить, что следствием помех в подавляющем большинстве случаев были лишь кратковременные пропуски приёма передаваемых пакетов, и их действие не приводило к искажению принятой информации. Анализ сотен остальных записанных фрагментов Log-файлов, не приведенных в статье из-за ограничения её объёма, показывает, что сбои передачи очень редки и составляют приблизительно 1 случай на 10000.

```

Файл  Правка  Вид  Кодировка  Справка
Monitoring Data & Status by Green Power Station Ver.03.7.2 Normal Speed
Press <T> for Setting of the current Time or <D> for Setting of the Date!
Press Button <Right> on Arduino for Setting Sec = 00!
Date [MM/DD/YY]: 06/01/23  T= 18:11:47

T - Time, St - Status, Ua - Accumulator Voltage
Ug - GreenPower Voltage, Big - Big Power Load, Sml - Small Power Load

T= 18:12:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:12:10 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:12:20 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:12:30 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:12:50 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:13:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:13:20 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:13:30 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:13:40 St: 00000000 Ua= 0.00, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =Off
к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к
T= 18:14:40 St: 00000000 Ua= 0.00, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =Off
к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к к
T= 18:14:50 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:15:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:15:10 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:15:30 St: 00000000 Ua= 0.00, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =Off
к
T= 18:15:40 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:16:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к к к к к к
T= 18:16:20 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к
T= 18:16:30 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
к к к к
T= 18:16:50 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:17:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:17:10 St: 00111111 Ua= 9.63, Ug= 0.02 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:17:20 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:17:30 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:17:40 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
Date: 01-06-23
T= 18:17:50 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:18:00 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:18:10 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:18:20 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On
T= 18:18:30 St: 00111111 Ua= 8.26, Ug= 0.00 U, Big =Off, Sml =On

```

T= 18:18:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:18:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:18:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:19:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:20:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:21:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:21:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:21:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:21:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:21:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
Date: 01-06-23					
T= 18:21:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:22:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:22:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:22:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:22:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:22:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:23:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:23:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:23:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:23:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:24:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:24:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:24:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:24:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:24:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:25:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:25:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:25:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:25:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:25:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:26:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:26:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:26:30	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:26:40	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
Date: 01-06-23					
T= 18:26:50	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:27:00	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:27:10	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On
T= 18:27:20	St: 00111111	Ua= 8.26	Ug= 0.00 U.	Big =Off.	Sml =On

Рисунок 8 – Результаты испытаний разработанной пары «передатчик-приёмник»

При оценке реальной помехоустойчивости разработанного радиоканала следует учесть, что частота передачи информационных пакетов в режиме испытаний была специально завышена в 150 раз. Вместо 1 раза в 5 минут, необходимого для мониторинга работы реальной СВЭС, при испытаниях они передавались 1 раз в 2 секунды. Поэтому в реальности ожидаемая частота сбоев не превысит 1 на $(10000 \cdot 150 =)$ 1,5 миллиона переданных пакетов.

Информация о финансировании

В статью включены результаты исследований, выполненных в рамках грантового финансирования молодых ученых по проекту «Жас галым» на 2022-2024 годы по проекту ИРН АР15473220 «Совершенствование алгоритмов работы солнечно-ветровой электростанции», финансируемого Комитетом Науки МНВО РК.

Выводы

Описанные в статье приёмник и передатчик с микроконтроллерным управлением позволяют организовать на их основе помехоустойчивый радиоканал для сбора информации об основных параметрах работы СВЭС в аппаратной «Зеленой энергетики» ТоУ.

Во всех исследованных диапазонах до 1 ГГц сигнально-помеховая обстановка оказалась примерно одинаковой. Описание аналогичных

исследований в диапазоне 2,4 ГГц выходит за рамки ограничений по объёму данной статьи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Мануковский А. В., Сагындык А.Б.** Выбор датчиков тока для мониторинга работы солнечно-ветровых электростанций // Вестник Торайгыров университета. – 2022. – №4. – С. 212–225.

2 **Biegańska, M.** IoT-Based Decentralized Energy Systems // *Energies*. – 2022. – № 21(15). – 7830. [https:// doi.org/10.3390/en15217830](https://doi.org/10.3390/en15217830)

3 **Drikakis, D., Dbouk, T.** The Role of Computational Science in Wind and Solar Energy: A Critical Review // *Energies*. – 2022. – №24(15). – 9609. <https://doi.org/10.3390/en15249609>

4 **Jaen-Cuellar, A. Y., Elvira-Ortiz, D. A., Osornio-Rios, R. A., Antonino-Daviu, J. A.** Advances in Fault Condition Monitoring for Solar Photovoltaic and Wind Turbine Energy Generation: A Review // *Energies*. – 2022. – №15(15). – 5404. [Electronic resource] – <https://doi.org/10.3390/en15155404>

5 **Абилов, А. В.** Сети связи и системы коммутации: учебное пособие для вузов. – М. : Радио и связь, 2004. – 288 с.

6 **Goussevskaia, O., Pignolet, Y.-A., Wattenhofer, R.** Efficiency of Wireless Networks: Approximation Algorithms for the Physical Interference Model // *Foundations and Trends® in Networking*. – 2010. – Vol. 4. – №3. – P. 313-420. [Electronic resource] – <http://dx.doi.org/10.1561/1300000019>

7 [Electronic resource] – <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010730>

8 **Козубцов, И. Н.** Дистанционный подход к построению системы сбора, анализа частотной и помеховой обстановки коротковолнового диапазона частот // Научное обозрение. – 2018. – № 2. – С. 5–10.

9 **Jafar, S. A.** Interference Alignment — A New Look at Signal Dimensions in a Communication Network // *Foundations and Trends® in Communications and Information Theory*. – 2011. – Vol. 7. – № 1. – P. 1–134. [Electronic resource] – <http://dx.doi.org/10.1561/01000000047>

10 **Габриэльян, Д. Д., Звездина, М. Ю., Безуглов, Е. Д., Новиков, А. Н.** Оптимальный метод обработки сигналов в сложной сигнально-помеховой обстановке // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. – 2011. – № 4. – Т. 7 – С. 19–23.

REFERENCES

1 **Manukovskij, A. V., Sagyndyk, A. B.** Vybory datchikov toka dlya monitoringa raboty solnechno-ventrovyykh elektrostancij [Selection of current sensors

for monitoring of working of solar-wind power plants] //Vestnik Torajgyrov universiteta. – 2022. – № 4. – P. 212–225.

2 **Biegańska, M.** IoT-Based Decentralized Energy Systems // Energies. – 2022. – № 21(15). – 7830. [Electronic resource] – <https://doi.org/10.3390/en15217830>

3 **Drikakis, D., Dbouk, T.** The Role of Computational Science in Wind and Solar Energy : A Critical Review // Energies. – 2022. – № 24(15). – 9609. [Electronic resource] – <https://doi.org/10.3390/en15249609>

4 **Jaen-Cuellar, A. Y., Elvira-Ortiz, D. A., Osornio-Rios, R. A., Antonino-Daviu, J. A.** Advances in Fault Condition Monitoring for Solar Photovoltaic and Wind Turbine Energy Generation: A Review // Energies. – 2022. – № 15(15). – 5404. [Electronic resource] – <https://doi.org/10.3390/en15155404>

5 **Abilov, A. V.** Seti svyazi i sistemy kommutacii [Communication networks and switching systems] : uchebnoe posobie dlya vuzov. – Moscow : Radio i svyaz', 2004. – 288 p.

6 **Goussevskaia, O., Pignolet, Y.-A., Wattenhofer, R.** Efficiency of Wireless Networks: Approximation Algorithms for the Physical Interference Model // Foundations and Trends® in Networking. – 2010. – Vol. 4. – № 3. – P. 313–420. [Electronic resource] – <http://dx.doi.org/10.1561/13000000019>

7 [Electronic resource] – <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010730>

8 **Kozubcov, I. N.** Distancionnyj podhod k postroeniyu sistemy sbora, analiza chastotnoj i pomexhovej obstanovki korotkovolnovogo diapazona chastot [Remote approach to building a system for collecting, analyzing the frequency and noise environment of the short-wave frequency range] // Nauchnoe obozrenie. – 2018. – № 2. – P. 5-10.

9 **Jafar, S. A.** Interference Alignment — A New Look at Signal Dimensions in a Communication Network // Foundations and Trends® in Communications and Information Theory. – 2011. – Vol. 7. – № 1. – P. 1-134. [Electronic resource] – <http://dx.doi.org/10.1561/01000000047>

10 **Gabriel'yan, D. D., Zvezdina, M. YU., Bezuglov, E. D., Novikov, A. N.** Optimal'nyj metod obrabotki signalov v slozhnoj signal'no-pomexhovej obstanovke [The optimal signal processing method in a complex signal-interference environment] // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. – 2011. – № 4. – T. 7 – P. 19–23.

Принято к изданию 18.09.23.

А. В. Мануковский¹, *Ә. Б. Сағындық², О. М. Талипов³

^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Басып шығаруға 18.09.23 қабылданды.

«ЖАСЫЛ ЭНЕРГИЯ» ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНДА МОНИТОРИНГ ҰЙЫМДАСТЫРУ ҮШІН КЕДЕРГІГЕ ТӨЗІМДІ РАДИО АРНА ӘЗІРЛЕУ

Бұл мақалада Торайғыров университетінің «жасыл энергия» аппараттық құралында радиоарна арқылы кедергіге төзімді деректерді таратуды ұйымдастыруға арналған авторлармен әзірлеген құралдың сынақ нәтижелері берілген. Мұндай құралдың болуы сымсыз технологиялар негізінде күн-жел электр станциясының (КЖЭС) жұмысын бақылауды ұйымдастыру үшін қажет. Құралды әзірлеуді бастамас бұрын аппараттық бөлмедегі мемлекеттік лицензиялауға жатпайтын 1 ГГц-ке дейінгі диапазондағы жиіліктерде радиокедергілер ортасы эксперименталды түрде зерттелді. Панорамалық USB ресиверін пайдаланған зерттеулер 315, 433 және 868 МГц диапазонында эфирдің кептелу дәрежесі шамамен бірдей екенін көрсетті. Кедергіге төзімді деректерді беруді ұйымдастыру үшін 433 МГц диапазонында қуаты 10 мВт цифрлық таратқыштар мен сезімталдығы –106 дБм қабылдағыштардың стандартты радиомодульдерін қолдану арқылы тәжірибелік микроконтроллер таратқышы мен қабылдағышы жобаланған және жасалған. Қабылдағыш пен таратқыштың аппараттық құралдарының құрылымдық сұлбалары ұсынылған және олардың өзара әрекеттесудегі жұмыс істеу принципі сипатталған. Қабылданған мәліметтерді беру, көрсету және тіркеу процестерін басқаратын микроконтроллерлер үшін бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді. Радиоарна арқылы алынған деректерді дербес компьютердің (ДК) қатты дискісінде жазуға және оларды ДК мониторында, сонымен қатар сұйық кристалды дисплейде (СКД) көрсетуге мүмкіндік беретін бағдарламаларға енгізілген кедергіге қарсы элементтері бар цифрлық деректерді беру және қабылдау алгоритмдері ұсынылған.

Мақалада сондай-ақ әзірленген таратқыш-қабылдағыш жұптары арқылы деректерді беру бойынша ұзақ мерзімді эксперименттердің жазбаларының фрагменттері бар. Олардың талдауы ұсынылған жабдық пен бағдарламалық қамтамасыз ету «жасыл энергетика» бөлмесінде КЖЭС жұмысының негізгі параметрлерінің мониторингін

ұйымдастыру үшін сенімді радиоарнаны ұйымдастыруға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Кілтті сөздер: таратқыш, қабылдағыш, микроконтроллер, сигнал-кедергі ортасы, кедергіге төзімді радиоарна, күн-әсел электр станциясы.

*A. V. Manukovsky¹, *A. B. Sagyndyk², O. M. Talipov³*

^{1,2,3}Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Accepted for publication on 18.09.23

DEVELOPMENT OF AN interference-resistant RADIO CHANNEL TO ORGANIZE MONITORING OF THE OPERATION OF THE «GREEN ENERGY» POWER PLANT

This article presents the results of testing the equipment developed by the authors for organizing interference-resistant data transmission in the hardware «green energy» of Toraigyrov University via radio. The presence of such equipment is necessary for organizing monitoring of the operation of a solar-wind power plant (SWPP) based on wireless technologies. Before the start of development, the radio interference environment in the control room was experimentally studied at frequencies in the range up to 1 GHz, which are not subject to state licensing. Studies using a panoramic USB receiver showed that in the ranges of 315, 433 and 868 MHz, the degree of ether congestion is approximately the same. To organize interference-resistant data transmission, experimental microcontroller transmitter and receiver were designed and manufactured using standard radio modules of digital transmitters with a power of 10 mW and receivers with a sensitivity of -106 dBm in the 433 MHz band. Block diagrams of the hardware of the receiver and transmitter are proposed and the principle of their operation in interaction is described. Software has been developed for microcontrollers that control the processes of transmission, display and logging of received data. Algorithms for transmitting and receiving digital data with anti-interference elements embedded in the programs are presented, which allow recording the data received over the radio channel on the hard disk of a personal computer (PC) and displaying them on a PC monitor and on a liquid crystal display (LCD).

The article also contains fragments of recordings of long-term experiments on data transmission using the developed transmitter-receiver pairs. Their analysis shows that the proposed equipment and software

makes it possible to organize a reliable radio channel for organizing monitoring of the main parameters of the SWPP operation in the «Green Energy» control room.

Keywords: transmitter, receiver, microcontroller, signal-interference environment, interference-resistant radio channel, solar-wind power plant.

Теруге 18.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

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

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4140

Сдано в набор 18.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

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

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4140

«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