

–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

№ 1 (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/KOTB8442>

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)

Кошкеков 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

МРНТИ 47.63.00

<https://doi.org/10.48081/JNLN8048>

***А. Б. Сағындық¹, А. В. Мануковский²,
А. А. Мануковский³**

Торайғыров Университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО ДАТЧИКА ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНО-ВЕТРЯНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Необходимость разработки беспроводных датчиков тока и напряжения для мониторинга работы солнечно-ветряной электростанции (СВЭС) неоднократно обосновывалась ранее, например, в [1], [2], [3]. Настоящая статья является продолжением и развитием публикаций [1] и [11]. В ней рассматриваются вопросы разработки беспроводного цифрового датчика тока и напряжения, обеспечивающего аппаратную защиту от постороннего вмешательства в процесс дистанционного обмена данными. Предлагается структурная схема датчика, разработанная на основе производимых серийно датчика тока и напряжения, модуля радиопередатчика, модуля приёмника кодовых посылок инфракрасного излучения и недорогого экономичного восьмиразрядного микроконтроллера широкого применения. Выбирается оптимальный первичный датчик тока и напряжения, рассчитываются параметры его конфигурации. Решаются вопросы гальванической развязки цепей питания предлагаемых датчиков от силовых цепей СВЭС. Описывается два режима работы разработанного датчика. Первый – (основной) режим измерения и передачи данных по запросам от генератора инфракрасных кодовых посылок – используется по умолчанию с целью обеспечения сбора данных от нескольких беспроводных датчиков. Второй режим предназначен для оперативной дистанционной диагностики исправности датчиков и контроля

основных параметров их настройки без отключения датчиков от цепей СВЭС и без их извлечения из корпусов.

Ключевые слова Датчик тока, датчик напряжения, беспроводной датчик, микроконтроллер, радиомодуль, приёмник инфракрасного излучения.

Введение

Информация о токе и напряжении необходима для обеспечения работоспособности системы мониторинга солнечно-ветряной электростанции [1], [2] и [3]. В настоящее время ни у кого не вызывает сомнений, что измерения и передача данных должны осуществляться в цифровой форме. Методы получения информации о токе подробно рассмотрены нами в [1]. Применению для измерения постоянного напряжения в силовых цепях СВЭС пригодных для этой цели электрооптических датчиков препятствуют дрейф их параметров в течение срока службы и ограничения по удобству монтажа [4]. Типовым решением в нашем случае является применение АЦП, входящих в состав современных микроконтроллеров (МК). Поскольку опорное напряжение в таких АЦП обычно не превышает 5 В, для приведения относительно высоких уровней напряжений в цепях СВЭС к диапазону входного напряжения АЦП приходится применять резистивные делители напряжения. При измерении тока для измерения малых напряжений на шунтах или датчиках Холла нельзя обойтись без дополнительных усилителей постоянного тока, подверженных дрейфу нуля на их выходах и требующих биполярного источника питания. Наряду с понижением разрешающей способности и точности всё это усложняет схему датчика. Подход к выбору оборудования для измерения постоянного тока и напряжения в корне изменяет появление в широкой продаже [5] недорогих интеллектуальных датчиков в интегральном исполнении.

Материалы и методы

Для получения первичной информации о токе и напряжении непосредственно в цифровой форме наиболее подходящими оказались датчики INA219 [1], позволяющие одновременно измерять не только напряжение, но и силу, и мощность постоянного тока. Эти датчики уже содержат внутри кристалла коммутатор режимов измерения (ток/напряжение), предварительный усилитель и встроенный 12-разрядный АЦП, который обеспечивает гораздо более высокие метрологические и скоростные параметры, чем 10-разрядные АЦП большинства широко распространённых микроконтроллеров [6]. Кроме того, они очень компактны и экономичны, потребляют по цепи питания мощность не более 1 милливатта. С помощью одного такого датчика можно

с высокой точностью одновременно измерить напряжение до 26 В, ток до 3.2 А и мощность до 83 Вт. Измерение тока осуществляется с помощью встроенного шунта с точностью 1 % (выводы Vin+ и Vin-). Микросхема путём усреднения заданного количества выборок АЦП измеряет напряжение на выводах для подключения напряжения и падение напряжения на шунте, затем по законам электротехники рассчитывает ток и мощность и заносит их в свои внутренние регистры. Содержимое регистров может быть считано из микросхемы по интерфейсу I2C менее чем за 1 мс. Для расширения пределов измерения по току и мощности авторами применён внешний шунт.

Расчёт содержимого регистров INA219 выполнен в среде BasCom-AVR по программе, составленной на основе методики, изложенной в Datasheet модуля INA219 [6]. В результате расчёта для датчиков, измеряющих ток с внешним шунтом 15 А, 75 мВ получены значения регистра Config=2EEF (Hex), (усреднение из 32+32 выборок АЦП за 34 мс), а регистра Calibr=7A44. Для датчиков, измеряющих только напряжение, Config=2EEE (усреднение из 32 выборок АЦП за 17 мс, АЦП не тратит время на измерение тока), Calibr=0000. Выбранные параметры настройки датчиков обеспечивают максимальный отображаемый ток 32,8 А и отсутствие «дрожания» показаний между повторными измерениями. Полученные значения заносятся микроконтроллером в регистры INA219 при каждом старте управляющей программы. Возможность настройки количества усредняемых выборок АЦП в INA219 в сочетании с выдачей результата в цифровом виде позволяет использовать для управления процессом измерения недорогой экономичный МК без АЦП с небольшим объёмом памяти программ, например, Attiny2313A фирмы Atmel [7]. Этот МК выбран авторами из-за его способности нормально работать при понижении напряжения питания вплоть до 1,8 Вольта и из-за малого тока потребления. При тактовой частоте 4 МГц потребляемый им ток при напряжении питания 3,3 В не превышает 2 мА.

По аналогичным соображениям для построения беспроводного датчика авторами применён инфракрасный приёмник TSOP31236 фирмы Vishay, способный безошибочно принимать кодовые послышки ИК-излучения на расстоянии до 24 метров даже при снижении напряжения питания до 2,5 Вольта [8].

Для передачи измеренных значений тока и напряжения по радио нами применён трансивер JDY-40 [9]. Этот радиомодуль выбран из-за его способности обеспечивать дальность передачи в условиях прямой видимости до 120 метров при низких напряжениях питания от 2,2 до 3,6 В и из-за низкого потребления тока в спящем режиме (не более 5 мкА), а также из-за удобства подключения к микроконтроллеру по интерфейсу UART.

Для питания датчиков принято решение использовать автономные гальванические источники питания. Выбор никель-цинковых аккумуляторов РКCELL типоразмера AA [10] обусловлен их повышенным номинальным напряжением 1,6...1,7 В и отсутствием в их составе импульсных преобразователей. Такие аккумуляторы не являются источниками дополнительных электромагнитных помех для приёмника инфракрасного излучения, входящего в состав разработанного датчика, равно как и для других цепей управления и измерения СВЭС. Номинальное напряжение батареи из двух таких элементов равно 3,3 В и идеально подходит для питания всех составных частей датчика. Время непрерывной работы датчика от одного комплекта аккумуляторов составляет, как минимум, 1 месяц. При разряде источника питания до напряжения ниже 3,05 В (т.е., приблизительно за двое суток до нарушения работоспособности самого критичного к питанию узла) датчик автоматически включает сигнал «Supply is low» в состав байта информации о номере датчика. Этот факт непрерывно индицируется и протоколируется на приёмном конце радиолинии вместе с данными измерений и метками времени. Замена источника питания производится в паузе между импульсами опроса за 1...2 с и не приводит к нарушению процесса мониторинга.

Структурная схема разработанного датчика тока и напряжения показана на рисунке 1.

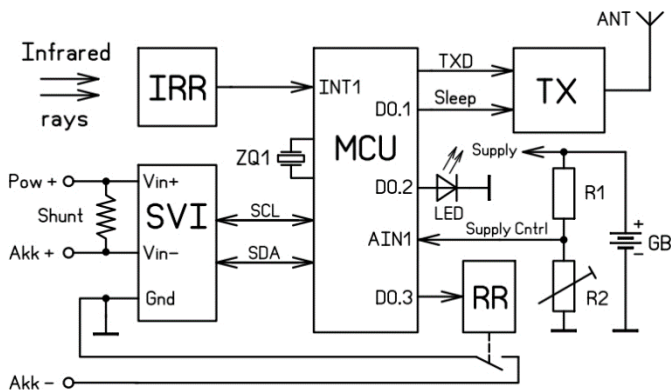


Рисунок 1 – Структурная схема беспроводного датчика тока и напряжения

Обозначения на этом рисунке: IRR – инфракрасный приёмник, Pow+ – клемма для подключения общей точки выхода источников природной энергии и нагрузки, Akk+ и Akk– – клеммы для подключения силового аккумулятора, Shunt – внешний шунт для измерения тока в силовой цепи.

На всю цепочку из последовательно соединённых аккумуляторов устанавливается один шунт, датчики остальных аккумуляторов измеряют только напряжение, и их клеммы Pow+ оставляются неподключенными. SVI – первичный датчик напряжения и тока, ZQ1 – кварцевый резонатор, MCU – микроконтроллер, LED – индикаторный светодиод, TX – радиопередатчик, RR – герконовое реле. Делитель из резисторов R1 и R2, выход которого подключён ко входу AIN1 аналогового компаратора МК, и внутренний источник образцового напряжения, подключённый внутри МК ко второму входу аналогового компаратора, образуют узел контроля напряжения питания МК. Величина порога срабатывания узла контроля устанавливается при помощи прецизионного построечного резистора R2. Внешний вид датчика со снятым корпусом приведён на рисунке 2.

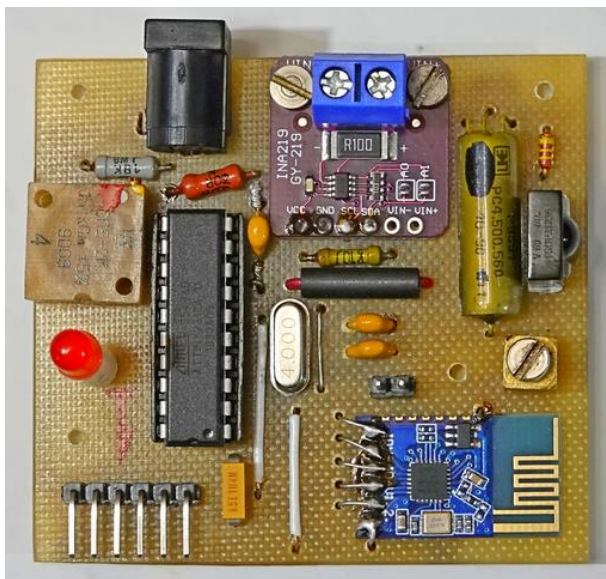


Рисунок 2 – Внешний вид беспроводного датчика тока и напряжения.

Датчик может работать в основном и диагностическом режимах. В основном режиме датчик работает следующим образом. Большую часть времени наиболее энергоёмкий модуль датчика TX находится в спящем режиме, а контакт реле RR разомкнут. Благодаря этому средний потребляемый датчиком ток не превышает 2,4 мА, а измерительная цепь напряжения не потребляет ток от силового аккумулятора. Управляющий датчиком МК через порт INT1 циклически опрашивает инфракрасный приёмник, подавая в конце цикла импульсы сброса на встроенный в МК

сторожевой таймер (WDT). Поэтому в нормальном режиме WDT не вмешивается в работу датчика. В случае зависания МК, например, от действия сильных электромагнитных помех, WDT дорабатывает установленное время (в нашем случае – 512 мс) и перезапускает МК. Его работа по программе автоматически возобновляется. При поступлении запроса от специального ИК-генератора импульсов запроса (ИК-ГИЗ) или от ИК-пульта приёмник IRR принимает, а МК расшифровывает его код. В случае приёма кода, соответствующего запросу на инициализацию процесса измерения *i*-го датчика, МК контактами реле RR_{*i*} подключает этот датчик к аккумулятору на время порядка 15...50 мс и считывает ток и напряжение из регистров *I*-го SVI. Затем МК запрошенного датчика формирует посылку ответа, содержащую байт номера датчика, два байта напряжения, два байта тока и байт контрольной суммы посылки. После чего несколько раз подряд передаёт пакет из нескольких таких посылок в радиэфир. Для передачи пакета передатчик на время 200...300 мс выводится из состояния сна. На время процесса измерения и передачи пакета загорается светодиод LED, визуализирующий ответ датчика. Остальные датчики беспроводной сети игнорируют не предназначенный им запрос. Неоднократная передача информационных посылок и их контрольной суммы позволяет организовать на приёмной стороне программную отстройку от ошибок приёма при наличии помех в радиоканале. Экспериментальным путём установлено, что при использовании трансиверов JDY-40 для организации бесперебойного процесса сбора данных на скорости 9600 бод в помещении аппаратной СВЭС ТоУ достаточно иметь 3-4 посылки в пакете. Организация помехоустойчивого радиоканала подробно описана авторами в [11].

В случае понижения напряжения питания датчика ниже установленного порога сигнал на выходе узла контроля напряжения питания изменяется, и МК передатчика прибавляет к номеру датчика число 100. Сформированный таким образом сигнал о понижении напряжения питания легко выделяется МК на приёмной стороне радиоканала.

В случае приёма кода, соответствующего запросу перехода в диагностический режим, МК инициирует передачу по радио диагностических данных. Диагностический режим предназначен для оперативной дистанционной диагностики исправности датчиков и контроля основных параметров их настройки без отключения датчиков от цепей СВЭС и без их извлечения из корпусов. Он инициируется отдельно для каждого датчика с помощью стандартного инфракрасного пульта дистанционного управления в паузах между импульсами опроса датчиков от ИК-ГИЗ либо при временном выключении последнего. Результаты диагностики принимаются дистанционно с помощью стандартного радиомодуля и отображаются на экране ноутбука при посредстве

стандартного TTL-USB адаптера или на экране смартфона при посредстве Bluetooth модуля. Пример ответа датчика на запрос диагностических данных приведён ниже.

Sender_2,4 V.4.9 for Sensor #4 & Shunt= 15A

Press 4-th button in the penultimate Row of the IR-Pult for output U4 & I4!

Config_4: 2EEF, Calibr= 7A44 10U= -1 mV Low Supply Voltage!

В приведённом примере напряжение питания датчика №4 составило меньше 3,05 Вольт, что и зафиксировано в последней строке его ответа.

ИК-ГИЗ выполнен на базе недорогого МК AT90S2313 и содержит ИК-светодиод, усилитель тока для него, индикаторы опрашиваемого в текущий момент датчика, узлы установки периода и регулировки мощности импульсов запроса, а также индикатор паузы в генерации импульсов. Более подробное описание ИК-ГИЗ не укладывается в рамки настоящей статьи.

Результаты и обсуждение

В результате проведённой работы авторами разработан беспроводной интеллектуальный датчик тока и напряжения, пригодный для организации мониторинга работы СВЭС Торайгыров университета (ТоУ) в помещении аппаратной «Зелёной энергетики». Кроме решения главной задачи по организации беспроводного сбора данных авторам удалось обеспечить множество дополнительных полезных функций, позволяющей в будущем превратить систему сбора данных в автоматическую систему управления (АСУ) работой СВЭС с функциями защиты основных элементов СВЭС от повреждений и ненормальных режимов эксплуатации (ЗПНРЭ).

– Построение датчиков и остального оборудования на основе серийно производимых широкодоступных электронных компонентов и модулей облегчает организацию их серийного производства.

– Питание датчиков от автономных источников, гальванически не привязанных к силовым цепям, равно как и беспроводной способ передачи информации, позволяет избежать «паутины» из проводов вблизи силовых цепей СВЭС и таким образом минимизировать их влияние на измерительные цепи и регистрирующую аппаратуру.

– Применение автономных источников питания для датчиков значительно расширяет свободу выбора мест их установки в силовых цепях СВЭС, находящихся под разным потенциалом по отношению к общему проводу, что особенно актуально, например, для последовательно соединённых аккумуляторов СВЭС.

– Подключение измерительных цепей напряжения датчиков к аккумуляторам только на время измерения автоматически снимает проблему предотвращения порчи аккумуляторов СВЭС вследствие их

глубокого разряда при длительном дефиците солнечной и ветровой энергии или при временной консервации СВЭС. Ресурс герконовых реле позволяет в нашем случае осуществлять такую коммутацию в течение десятков лет [12].

– Встроенная в датчики и в ИК-ГИЗ аппаратная защита от «зависания» предотвращает нарушения процессов мониторинга, работы АСУ и ЗПНРЭ из-за действия помех, возникающих при переключениях в силовых цепях СВЭС.

– Разработанные датчики содержат средства оперативной диагностики их исправности и контроля основных параметров их настройки. Процесс диагностики может быть инициирован практически в любой момент с помощью дистанционного ручного пульта управления. Для этого не требуется отключение датчиков от цепей СВЭС и подключение к ним дополнительных проводов.

– Современный уровень развития технологий для дистанционного вмешательства в работу систем управления (как пример – центрифуги в Иране) привёл авторов к выводу, что надёжную защиту от вредоносных воздействий следует обеспечивать путём разработки аппаратуры, функционирование которой аппаратно не зависит от Интернета. Более того, в предлагаемой авторами системе процесс дистанционного обмена данными защищён от постороннего вмешательства за счёт отказа от обмена критичной с точки зрения взлома информацией по любым радиоканалам. Передача запросов на датчики и управляющих воздействий на силовое оборудование производится исключительно по ИК-каналу. При таком подходе даже забивка радиоканала мощными помехами средствами РЭБ лишь приостановит процесс мониторинга, но не приведёт к выдаче ложных управляющих воздействий на силовое оборудование СВЭС.

Информация о финансировании

В статью включены результаты исследований, выполненных в рамках грантового финансирования молодых ученых по проекту «Жас ғалым» на 2022-2024 годы по проекту ИРН AP15473220 «Совершенствование алгоритмов работы солнечно-ветровой электростанции», финансируемого Комитетом Науки МНВО РК.

Выводы

В настоящей статье авторами на основе использования современной широкодоступной элементной базы решена задача разработки интеллектуального беспроводного датчика тока и напряжения, пригодного для организации мониторинга работы СВЭС Торайгыров университета. Успешные испытания изготовленных в лаборатории прикладной электроники ТоУ нескольких экземпляров датчиков и оборудования для приёма и регистрации переданных датчиками данных доказывают

правильность заложенных в их основу принципов построения и технических решений.

Принципы и методы, описанные в статье, пригодны для реализации беспроводных датчиков практически любых физических величин, поэтому область применения разработанного датчика может быть значительно более широкой.

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 **Atika, Z., Leow, W. Z., Iszaidy, I., Irwan, Y. M., Safwati, I., Irwanto, M., Wafi, N. M., Saw, S. X.** Development A Portable Solar Energy Measurement System // The 1st International Conference on Engineering and Technology (ICoEngTech). – 2021. – №1962.

3 **Ogidan, O. K., Amusan, A. A., Nkanga, I. E.** Monitoring of photovoltaic panel in a solar-powered lab scale smart irrigation system // LAUTECH Journal of Engineering and Technology. – 2020. – № 14 (1). – P. 8–20.

4 **Parker, D. M., McCollough, N. D.** Medium-voltage sensors for the smart grid: Lessons learned // IEEE Power and Energy Society General Meeting. – 2011. – P. 1–7.

5 Двухнаправленный модуль источника питания постоянного тока SOT23 INA219 [Электронный ресурс]. – URL: https://aliexpress.ru/item/1005003041425999.html?spm=a2g2w.orderdetail.0.0.4b3b4aa6Zk74w0&sku_id=12000023402820342 (Дата обращения: 1.03.2024)

6 INA219 Datasheet (PDF) - Texas Instruments [Electronic resource]. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/249609/TI/INA219.html> (Date conversion: 01.03.2024).

7 8-bit Microcontroller with 2/4K Bytes In-System Programmable Flash [Electronic resource]. – URL: https://www.keysemi.com/upload/data_sheet/attiny2313a-pu.pdf (Date conversion: 01.03.2024).

8 TSOP31236 Datasheet (PDF) - Vishay Siliconix [Electronic resource]. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/252281/VISHAY/TSOP31236.html> (Date conversion: 01.03.2024).

9 JDY-40-datasheet [Electronic resource]. – URL: <https://www.rcscomponents.com/datasheets/JDY-40-datasheet.pdf> (Date conversion: 01.03.2024).

10 Polymer Li-ion Battery Technology Specification [Electronic resource]. – URL: <https://www.infinite-electronic.ru/datasheet/66-1781.pdf> (Date conversion: 01.03.2024).

11 **Мануковский, А. В., Сагындык, А. Б., Талипов, О. М.** Разработка помехоустойчивого радиоканала для организации мониторинга работы электростанции «зеленой энергетики» // Вестник Торайгыров университета. – 2023. – №3. – С. 184–196.

12 **Клецель М. Я., Алишев Ж. Р., Мусин В. В., Мануковский А. В.** Свойства герконов, применяемых в релейной защите // Электричество. – 1993. – №9. – С. 18–21.

REFERENCES

1 **Manukovskij, A. V., Sagyndyk, A. B.** Vybor datchikov toka dlya monitoringa raboty solnechno-vetrovyh elektrostanciy [Selection of current sensors for monitoring of working of solar-wind power plants] // Vestnik Torajgyrov universiteta. – 2022. – №4. – P. 212–225.

2 **Atika, Z., Leow, W. Z., Iszaidy, I., Irwan, Y. M., Safwati, I., Irwanto, M., Wafi, N. M., Saw, S. X.** Development A Portable Solar Energy Measurement System // The 1st International Conference on Engineering and Technology (ICoEngTech). – 2021. – №1962.

3 **Ogidan, O. K., Amusan, A. A., Nkanga, I. E.** Monitoring of photovoltaic panel in a solar-powered lab scale smart irrigation system // LAUTECH Journal of Engineering and Technology. – 2020. – № 14 (1). – P. 8–20.

4 **Parker, D. M., McCollough, N. D.** Medium-voltage sensors for the smart grid: Lessons learned // IEEE Power and Energy Society General Meeting. – 2011. – pp. 1–7.

5 Dvunapravlenyj modul' istochnika pitaniya postoyannogo toka SOT23 INA219 [Bidirectional DC Power Supply Module SOT23 INA219] [Электронный ресурс]. – URL: https://aliexpress.ru/item/1005003041425999.html?spm=a2g2w.orderdetail.0.0.4b3b4aa6Zk74w0&sku_id=12000023402820342 (Date conversion: 01.03.2024).

6 INA219 Datasheet (PDF) - Texas Instruments [Electronic resource]. – URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/249609/TI/INA219.html> (Date conversion: 01.03.2024).

7 8-bit Microcontroller with 2/4K Bytes In-System Programmable Flash [Electronic resource]. – URL: https://www.keysemi.com/upload/data_sheet/attiny2313a-pu.pdf (Date conversion: 01.03.2024).

8 TSOP31236 Datasheet (PDF) - Vishay Siliconix [Electronic resource].
– URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/252281/VISHAY/TSOP31236.html> (Date conversion: 01.03.2024).

9 JDY-40-datasheet [Electronic resource]. – URL: <https://www.rcscomponents.com/datasheets/JDY-40-datasheet.pdf> (Date conversion: 01.03.2024).

10 Polymer Li-ion Battery Technology Specification [Electronic resource]. – URL: <https://www.infinite-electronic.ru/datasheet/66-1781.pdf> (Date conversion: 01.03.2024).

11 **Manukovskij, A. V., Sagyndyk, A. B., Talipov, O. M.** Razrabotka pomekhoustoychivogo radiokanala dlya organizacii monitoringa raboty elektrostancii «zelenoj energetiki» [development of an interference-resistant radio channel to organize monitoring of the operation of the «green energy» power plant] // Vestnik Torajgyrov universiteta. – 2023. – №3. – P. 184–196.

12 **Kletsel, M. Y., Musin V. V., Alishev Z. R., Manukovskij, A. V.** Svoystva gerkonov, primenyayemykh v releynoy zaschite [Properties of reed switches used in relay protection] // Elektrichestvo. – 1993. – №9. – P. 18–21.

Поступило в редакцию 10.02.24.

Поступило с исправлениями 10.02.24.

Принято в печать 04.03.24.

*Ә. Б. Сағындық, А. В. Мануковский, А. А. Мануковский

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

10.02.24 ж. баспаға түсті.

10.02.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.03.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

КҮН-ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫ ҮШІН СЫМСЫЗ ТОК ЖӘНЕ КЕРНЕУ СЕНСОРЫН ӘЗІРЛЕУ

Күн-жел электр станциясының (КЖЭС) жұмысын бақылау үшін сымсыз ток және кернеу датчиктерін жасау қажеттілігі бұрын бірнеше рет дәлелденген, мысалы, [1], [2], [3]. Бұл мақала [1] және [11] басылымдарының жалғасы және дамуы болып табылады. Ол қашықтан деректер алмасу процесінде сыртқы кедергілерден аппараттық қорғанысты қамтамасыз ететін

сымсыз цифрлық ток және кернеу сенсорын әзірлеуді талқылайды. Коммерциялық өндірілген ток және кернеу датчигі, радиотаратқыш модулі, инфрақызыл сәулелену кодының қабылдағыш модулі және кең қолдану үшін арзан, үнемді сегіз разрядты микроконтроллер негізінде әзірленген датчиктің құрылымдық схемасы ұсынылған. Оңтайлы бастапқы ток және кернеу сенсоры таңдалады, оның конфигурация параметрлері есептелінген. Ұсынылған датчиктердің қуат тізбектерін КЖЭС қуат тізбектерінен гальваникалық оқшаулау мәселелерін шешу қарастырылған. Әзірленген сенсордың екі жұмыс режимі сипатталған. Бірінші – (негізгі) инфрақызыл код генераторынан сұраулар бойынша деректерді өлшеу және беру режимі - бірнеше сымсыз сенсорлардан деректерді жинауды қамтамасыз ету үшін әдепкі бойынша пайдаланылады. Екінші режим сенсорларды КЖЭС тізбектерінен ажыратпай және оларды корпусардан шығармай-ақ датчиктердің жарамдылығын онлайн қашықтықтан диагностикалауға және олардың бағытталуының негізгі параметрлерін бақылауға арналған.

Кілтті сөздер: Ток датчигі, кернеу датчигі, сымсыз датчик, микроконтроллер, радиомодуль, инфрақызыл қабылдағышы.

**A. B. Sagyndyk, A. V. Manukovsky, A. A. Manukovsky
Toraigyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.*

Received 10.02.24.

Received in revised form 10.02.24.

Accepted for publication 04.03.24.

DEVELOPMENT OF A WIRELESS CURRENT AND VOLTAGE SENSOR FOR SOLAR-WIND POWER PLANT

The need to develop wireless current and voltage sensors for monitoring the operation of a solar-wind power plant (SWPP) has been repeatedly substantiated earlier, for example, in [1], [2], [3]. This article is a continuation and development of publications [1] and [11]. It discusses the development of a wireless digital current and voltage sensor

that provides hardware protection against outside interference in the process of remote data exchange. A block diagram of the sensor is proposed, developed on the basis of a commercially produced current and voltage sensor, a radio transmitter module, an infrared radiation code receiver module and an inexpensive, economical eight-bit microcontroller for wide application. The optimal primary current and voltage sensor is selected, and its configuration parameters are calculated. The issues of galvanic isolation of the power circuits of the proposed sensors from the power circuits of the SWPP are being resolved. Two modes of operation of the developed sensor are described. The first – (main) mode of measuring and transmitting data on requests from an infrared code generator – is used by default to ensure the collection of data from several wireless sensors. The second mode is intended for on-line remote diagnostics of the sensor serviceability and monitoring of the main parameters of their settings without disconnecting the sensors from the SWPP circuits and without removing them from the housings.

Keywords: Current sensor, voltage sensor, wireless sensor, microcontroller, radio module, infrared radiation receiver.

Теруге 06.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

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

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс №4204

Сдано в набор 06.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 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

Заказ № 4204

«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