

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

---

№ 4 (2022)

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/UJEG4973>

---

**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 алкасы – 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

[doi.org/10.48081/ALVT9033](https://doi.org/10.48081/ALVT9033)**\*А. В. Мануковский<sup>1</sup>, А. Б. Сағындық<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Торайғыров Университет, Республика Казахстан, г.Павлодар;

## **ВЫБОР ДАТЧИКОВ ТОКА ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

*В мире в благоприятных с точки зрения обилия «зелёной энергии» местах успешно функционируют целые плантации солнечных и ветровых электростанций. В то же время, как показывает опыт длительной эксплуатации нескольких солнечно-ветровых электростанций (СВЭС) расположенных в городах, автоматика, управляющая их работой, не обеспечивает их долговременной стабильной работы в автоматическом режиме, что приводит к выходу из строя дорогостоящего оборудования. Поэтому проблема совершенствования алгоритмов, заложенных в контроллеры управления СВЭС, работающих совместно с источниками централизованного электроснабжения, до сих пор является актуальной. Для поиска путей совершенствования алгоритмов управления работой таких СВЭС, очевидно, необходим мониторинг и анализ ключевых параметров их работы в течение длительного периода. Цель настоящей работы – определение ключевых параметров, подлежащих мониторингу, и выбор принципов построения измерительных цепей. Для измерения токов в СВЭС Торайғыров университета (ТоУ) нужны датчики на токи в сотни Ампер, оказывающие минимальное влияние на силовые цепи. В статье предложена структурная схема построения беспроводного цифрового датчика, проведён обзор серийно выпускаемых первичных датчиков постоянного тока, кратко описаны их достоинства и недостатки, обоснована необходимость оцифровки их выходных сигналов, выбраны конструкции, наиболее пригодные для практического использования на СВЭС ТоУ.*

*Ключевые слова: солнечно-ветровая электростанция, мониторинг параметров, АЦП, микроконтроллер, интерфейсы, датчики постоянного тока*

## **Введение**

В наши дни всё большую популярность приобретают возобновляемые источники энергии. В мире в благоприятных с точки зрения обилия «зелёной энергии» местах успешно функционируют целые плантации солнечных и ветровых электростанций. Их главными достоинствами являются экологическая безопасность и неисчерпаемость запасов природного «топлива».

Однако, как показывает опыт длительной эксплуатации в городских условиях солнечно-ветровых электростанций (СВЭС) небольшой мощности (10...50 кВт), оборудованных серийно выпускаемыми контроллерами управления, попытки применения стандартных алгоритмов автоматического управления в тех местах установки, где требуется сопряжение работы СВЭС с системой централизованного электроснабжения, приводят к отрицательным результатам. В частности, на СВЭС Инновационного Евразийского Университета (ИнеУ) и ТоУ с разными наборами оборудования и введенных в эксплуатацию разными фирмами в разные годы, систематически преждевременно выходили из строя аккумуляторные батареи – один из самых дорогих функциональных узлов СВЭС. В обоих случаях это приводило к полной потере работоспособности СВЭС. Многочисленность публикаций на тему совершенствования архитектуры и автоматизации управления работой СВЭС [1]–[6] ещё раз доказывает актуальность темы. Очевидно, что для поиска причин выхода из строя аккумуляторов и путей совершенствования алгоритмов управления СВЭС, установленных в населенных пунктах, необходимы объективные исходные данные, которые могут быть получены только в результате длительного (как минимум, на протяжении четырёх времен года) мониторинга и последующего анализа этих данных. Перед началом этого процесса следует определить ключевые параметры, подлежащие непрерывной фиксации на конкретной СВЭС. В качестве объекта исследования выбрана СВЭС на базе ТОУ (рисунок 1).

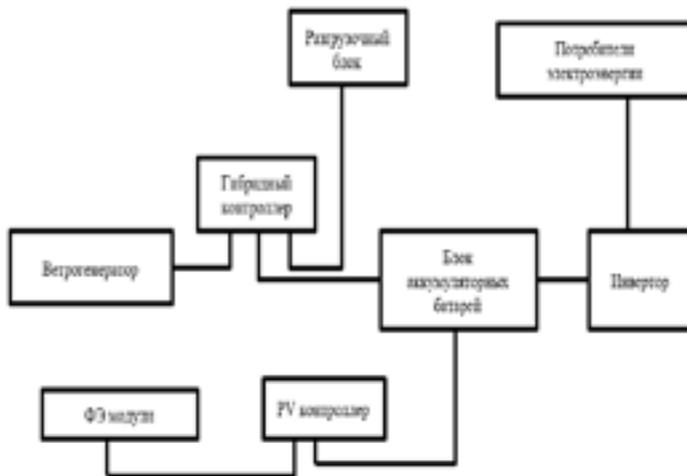


Рисунок 1 – Функциональная схема СВЭС ТОУ

В таблице 1 представлены ключевые параметры, выбранные нами для мониторинга в течение 4-х времен года.

Таблица 1 – Перечень ключевых параметров и измерительных приборов

Параметры	Наименование приборов
– ток от солнечных батарей; – ток от ветрогенераторов; – токи заряда и разряда аккумуляторной батареи.	Датчики постоянного тока
– напряжение солнечных батарей; – напряжение ветрогенераторов; – напряжение аккумуляторной батареи.	Измерительный орган напряжения с цепями сопряжения и защиты АЦП
– Уровень солнечной радиации.	Датчик уровня солнечной радиации
– Параметры направления и скорости ветра.	Датчик для измерения направления ветра и анемометр

### Материалы и методы

Осуществить сбор информации о текущих значениях ключевых параметров работы СВЭС непосредственно из штатных контроллеров

солнечных батарей и ветрогенераторов на практике не представляется возможным ввиду отсутствия информации от производителей указанного оборудования о применяемых для этого протоколах и способах входа в служебные меню. Кроме того, такой кажущийся очевидным способ не позволит измерить все необходимые для мониторинга параметры. Поэтому для сбора первичной информации необходимо установить дополнительные датчики, перевести их показания в цифровую форму и организовать регистрацию собранных данных. Перевод показаний в цифровую форму позволяет относительно просто решить сразу несколько задач:

- упростить передачу текущих показаний в центральный контроллер сбора данных за счёт использования беспроводной передачи с помощью цифровых приёмопередатчиков;

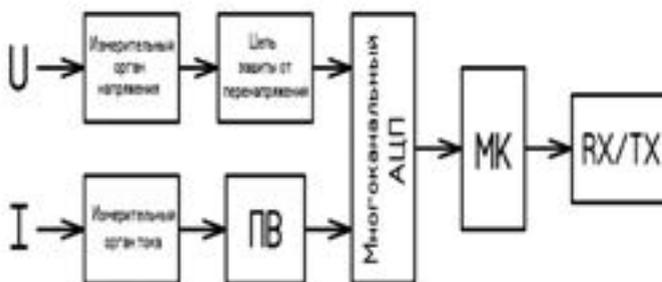
- уменьшить количество дополнительных проводов в аппаратной «Зелёной энергетике»;

- организовать регистрацию собранных данных;

- при необходимости легко скорректировать коэффициенты преобразования любых датчиков программным путём.

Оптимальный вариант решения вышеперечисленных задач – применение микроконтроллеров (МК) семейства Atmel AVR с встроенными АЦП. Использование МК ввиду наличия в их составе типовых аппаратных интерфейсов для обмена информацией упрощает также процессы записи и хранения текущих параметров и организацию передачи данных на расстояние без проводов, например, с целью гальванического отделения датчиков от силовой схемы СВЭС. Зарегистрированное таким образом изменение вышеперечисленных параметров во времени будет служить объективным исходным материалом как для анализа работы СВЭС в целом, так и для выявления недостатков управляющих алгоритмов.

Ввиду пространственной разнесённости ключевых точек во избежание «паутины» из проводов измерение напряжения и тока в каждой характерной точке целесообразно выполнять одним совмещённым беспроводным датчиком тока и напряжения, передающим собранные данные на головной контроллер. Такие датчики с возможностью кастомной настройки именно для нужд СВЭС ТоУ, могут быть построены по структурной схеме, показанной на рисунке 2.



ПВ – прецизионный выпрямитель;

МК – микроконтроллер;

RX/TX – приёмопередатчик (трансивер).

Рисунок 2 – Структурная схема построения беспроводных комбинированных датчиков постоянного тока и напряжения

Измерительных органов (ИО) напряжения и тока в каждом таком датчике может быть несколько.

Для выбора датчиков постоянного тока вначале рассмотрим возможность использования традиционного способа, основанного на измерении падения напряжения на шунте, включённом в разрыв провода с силовым током. Рассчитаем максимальные токи и мощности рассеяния датчиков. При пиковой мощности СВЭС ТООУ 17,5 кВт датчик тока заряда аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 48 В должен быть рассчитан на пиковый ток

$$I_d = P/U_{\text{ном}} = 17500/48 = 364,5 \text{ А.}$$

При таком токе максимальная мощность, рассеиваемая на шунте при стандартном падении напряжения на нём 75мВ, составит

$$P_{\text{ш}} = I_{\text{ш}} \cdot U_{\text{ш}} = 364,5 \text{ А} \cdot 0,075 \text{ В} \approx 27 \text{ Вт,}$$

что может привести не только к оплавлению, но и к обугливанию изоляции провода, в разрыв которого он включён.

Аккумуляторы Challenger G12-200 ёмкостью 200 А·ч соединены в батарею из 7 параллельных групп по 4 аккумулятора последовательно. Их общая ёмкость составит  $C=7 \cdot 200=1400 \text{ А} \cdot \text{ч}$ . При токе 364,5А новые аккумуляторы разрядятся за 3 часа 50 минут. С учётом минимального времени работы СВЭС на осветительную нагрузку в зимний период с 18 часов до 8

утра следующего дня реальный ток нагрузки (т.е., ток разряда аккумулятора) составит  $\approx 100\text{А}$ . При таком токе максимальная мощность, рассеиваемая на шунте при стандартном падении напряжения на нём  $75\text{ мВ}$ , составит  $\approx 7,5\text{ Вт}$ . Ток через шунт для измерения суммарного пикового тока солнечных батарей будет равен:

$$I_{\text{ШСБ}} = N_{\text{СБ}} \cdot P_{\text{СБ}} / U_{\text{ном}} = (96 \cdot 120 \text{ Вт}) / 48\text{В} = 240 \text{ А},$$

где  $N_{\text{СБ}}$  – количество солнечных панелей в батарее,

$P_{\text{СБ}}$  – мощность одной панели.

Результаты расчёта и выбора шунтов для измерения тока в цепях СВЭС традиционным способом приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта и выбора шунтов для измерения тока в цепях СВЭС традиционным способом

Цепь	Пиковый ток в цепи, Ампер	Необходимое количество шунтов и их номинальные токи, Ампер	Получаемое падение напряжения при максимальном токе, мВ	Мощность на шунте после оптимизации, Вт
Ток заряда аккумуляторной батареи	364,5	3x1000	9,11	3,3
Ток разряда аккумуляторной батареи	100	1x200	37,5	3,75
Суммарный ток от солнечных батарей	240	1x1000	18,0	4,3
Суммарный ток от ветрогенераторов	125	1x400	23,44	2,9

Для уменьшения нагрева шунтов их сопротивления пришлось снизить путём выбора к установке шунтов с номинальными токами, превышающими расчётные. Рассеиваемая мощность и падение напряжения на них при этом уменьшится до значений, указанных в правой половине таблицы. Такие малые значения падения напряжения на шунтах могут быть с достаточной точностью измерены с помощью АЦП микроконтроллера только после их предварительного усиления с помощью специально разработанной для этого случая схемы [7, рисунок 4.79].

В последние несколько лет вследствие бурного развития микроэлектроники на рынке появилось множество разновидностей датчиков

постоянного тока, выполненных в виде модулей с встроенными усилителями. На рисунке 3 представлен серийно производимый датчик такого типа INA219.

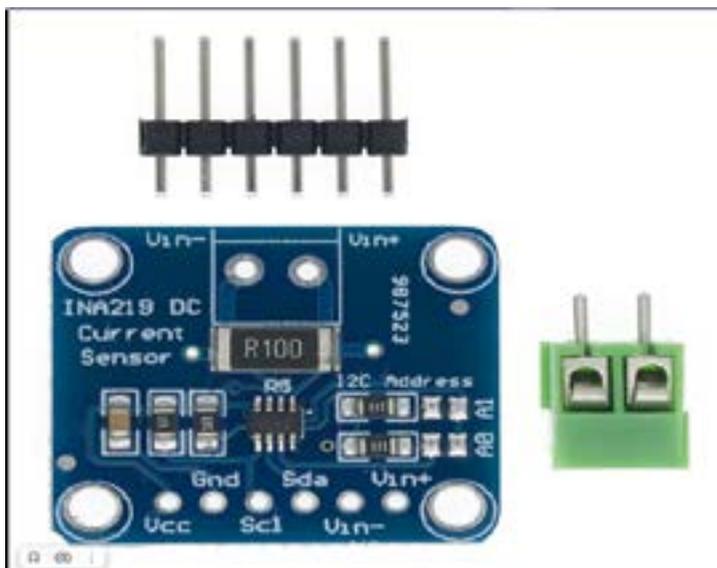


Рисунок 3 – Двухнаправленный датчик постоянного тока с встроенным операционным усилителем и цифровым интерфейсом

Преимущества датчика INA219 – однополярное питание и вывод информации о силе и направлении измеряемого тока в цифровом виде по интерфейсу I<sup>2</sup>C. Это позволяет исключить из предложенной нами структурной схемы беспроводного датчика (рисунок 2), прецизионный выпрямитель и АЦП и упростить цепи его питания. Однако из-за ограниченной мощности рассеяния встроенного шунта измерение больших токов с его помощью возможно только с внешним шунтом и последующим программным вычислением коэффициента преобразования в микроконтроллере.

Примеры выполнения модулей датчиков постоянного тока на основе эффекта Холла с встроенными усилителями [8] приведены на рисунках 4, 5 и 6. Многообразие конструкций позволяет выбрать датчик практически для любых условий применения.



Рисунок 4 – Модуль с датчиком Холла D-K3T с прямоугольным окном магнитопровода

Достоинствами такой конструкции датчика являются гальваническое разделение силовой и измерительной цепи, а также возможность надевания на измеряемый провод без снятия и последующего обжима клеммного наконечника.



Рисунок 5 – Модуль с датчиками Холла D-C2T с разъемным магнитопроводом

Преимущества этой конструкции – возможность монтажа на провод без разборки силовой схемы и полная гальваническая развязка.

При питании от биполярного источника  $\pm 12$  Вольт вышепоказанные модули выдают информацию о силе тока и о его направлении в виде напряжения величиной  $\pm 4$  Вольта со знаком. Напряжения на выходе

при нулевом и при максимальном токе могут настраиваться с помощью построечных резисторов (триммеров). Принцип работы таких датчиков поясняет схема на рисунке 20 из [9]. Перед вводом в АЦП биполярные сигналы таких датчиков должны быть сначала преобразованы в однополярные с помощью прецизионного выпрямителя, выполненного, например, по схеме на рисунке 20.18 из [10].

Особый интерес представляет датчик на основе эффекта Холла Allegro ACS754 (рисунок 6), выдающий на выходе однополярный сигнал, пригодный для непосредственного ввода в АЦП. Его использование позволило бы упростить предложенную нами на рисунке 2 схему за счёт исключения из неё прецизионного выпрямителя.

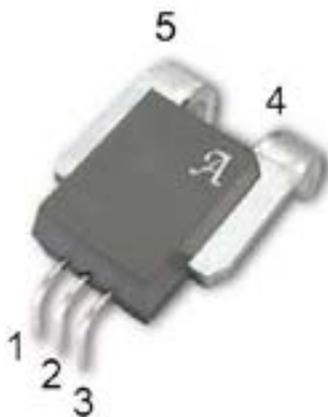


Рисунок 6 – Датчик Холла с однополярным выходным сигналом

Выпускается на токи от 30 до 200 Ампер. Однако подключение таких датчиков требует вмешательства в силовые цепи СВЭС и не обеспечивает гальванической развязки.

### **Результаты и обсуждение**

Для поиска причин преждевременного выхода из строя оборудования и совершенствования алгоритмов управления СВЭС, установленных в населенных пунктах, предложено получать необходимые для этого объективные исходные данные путём длительной (как минимум, на протяжении четырёх времен года) фиксации ключевых параметров работы СВЭС и последующего анализа записанных данных. Сбор информации для мониторинга нами предлагается осуществить путём установки в ключевых точках схемы беспроводных цифровых датчиков и последующей передачи их данных в центральный контроллер и далее – для записи на цифровой

носитель. На рисунке 2 предложена структурная схема такого датчика, пригодная для аппаратной реализации в условиях ТоУ. Проанализированы возможности построения измерительных органов на основе различных методов измерения постоянного тока.

Показано, что использование традиционного метода измерения с использованием шунтов для наших целей без принятия специальных мер, предотвращающих повреждение изоляции силовых проводов из-за высокого нагрева шунтов, нежелательно. А необходимость применения дополнительного усилителя и вмешательства в силовую схему и вовсе делает применение этого способа нецелесообразным.

В результате проведённого анализа достоинств и недостатков новых серийно выпускаемых первичных датчиков постоянного тока как наиболее подходящие для использования в измерительных органах тока (рис.2) и для монтажа в аппаратной СВЭС ТоУ нами выбраны модули с разъёмным магнитопроводом D-C2T, допускающие их монтаж без разрыва силовой цепи и обеспечивающие гальваническую развязку.

Из-за ограниченного объёма статьи описание подробностей построения канала измерения напряжения и фиксации погодных параметров в настоящей статье не приводится.

### **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 АР15473220 «Совершенствование алгоритмов работы солнечно-ветровой электростанции», финансируемого Комитетом Науки МНВО РК.**

### **Выводы**

В статье обоснована необходимость мониторинга параметров работы СВЭС, работающих в местах установки, в которых требуется сопряжение их работы с системой централизованного электроснабжения. Выбраны ключевые параметры, подлежащие мониторингу. Разработана структурная схема построения беспроводных цифровых датчиков постоянного тока и напряжения, позволяющая в дальнейшем с её помощью организовать дистанционный сбор текущих данных в реальном времени и их фиксацию. Выбраны подходящие для её аппаратной реализации серийно выпускаемые первичные датчики постоянного тока силой до 400 А.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **V. V. Cheboxarov, B. A. Yakimovich, N. V. Lyamina.** Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University // *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, №. 4, P. 256–259.

2. **S. V. Vologdin, B. A. Yakimovich, V.V. Kuvshinov.** Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta // *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, №. 4, P. 229-234.

3. **V. V. Cheboxarov, B. A. Yakimovich, L. M. Abd Ali.** An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea // *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, P. 260-264.

4. **Б. Мухамбедьяров.** Управление автономной гибридной электростанцией: магистерская диссертация. СПб, 2017. 81 с.

5. Д. В. Воротынцев, О. В. Ануфриев, Р. Э. Теряев, К. П. Стеценко. Повышение эффективности работы солнечной панели при помощи солнечного трекера // *Современные проблемы управления и регулирования: теория, методология, практика.* Пенза, 2017. С. 39–43.

6. **Л. М. Абд Али, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов.** Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок // *Энергетические установки и технологии.* 2019. Т. 5, No 2. С. 61–68.

7. **П. Хоровиц, У. Хилл.** Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ, 2014. – 704 с., ил

8. [https://aliexpress.ru/item/1005001367453644.html?sku\\_id=12000015829453540&spm=a2g2w.productlist.list.8.461d43b0LS2AMz](https://aliexpress.ru/item/1005001367453644.html?sku_id=12000015829453540&spm=a2g2w.productlist.list.8.461d43b0LS2AMz).

9. <https://habr.com/ru/post/260639/> Датчики и микроконтроллеры.

10. **У. Титце, К. Шенк.** Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд., Том II: Пер. с нем. – Москва: LVR Пресс, 2007 – 942 с.: ил.

## REFERENCES

1. **V. V. Cheboxarov, B. A. Yakimovich, N. V. Lyamina.** Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University // *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, №. 4, P. 256-259.

2. **S. V. Vologdin, B. A. Yakimovich, V.V. Kuvshinov.** Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta // *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, №. 4, P. 229-234.

3. **V. V. Cheboxarov, B. A. Yakimovich, L. M. Abd Ali.** An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea // Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, №. 4, P. 260-264.

4. **B. Muhambedyarov.** Upravlenie avtonomnoi gibridnoi elektrostanciei [Autonomous hybrid power plant control]: Master's dissertation. SPb, 2017. 81 p.

5. **D. V. Vorotincev, O. V. Anufriev, R. E. Teryaev, K. P. Stecenko.** Povishenie effektivnosti raboty solnechnoi paneli pri pomoschi solnechnogo trekera [Improving Solar Panel Efficiency with a Solar Tracker] // Sovremennye problemi upravleniya i regulirovaniya: teoriya, metodologiya, praktika. Penza, 2017. P. 39–43.

6. **L. M. Abd Ali, F. M. Al-Rufai, B. A. Yakimovich, V. V. Kuvshinov.** Analiz proizvoditelnosti gibridnyh foto-vetro elektricheskikh ustanovok [Performance Analysis of Hybrid Photo-Wind Power Plants] // Energeticheskie ustanovki i tehnologii. 2019. Vol. 5, No 2. P. 61–68.

7. **P. Horovic, U. Hill.** Iskusstvo shemotehniki [The art of circuitry]: Per. s angl. - Izd. 2-e. - Moscow: Izdatelstvo BINOM, 2014. – 704 P.: ill.

8. [https://aliexpress.ru/item/1005001367453644.html?sku\\_id=12000015829453540&spm=a2g2w.productlist.list.8.461d43b0LS2AMz](https://aliexpress.ru/item/1005001367453644.html?sku_id=12000015829453540&spm=a2g2w.productlist.list.8.461d43b0LS2AMz).

9. <https://habr.com/ru/post/260639/> Datchiki i mikrokontrollery [Sensors and microcontrollers].

10. **U. Titce, K. Shenk.** Poluprovodnikovaya shemotehnika [Semiconductor circuitry]. 12-e izd. Vol II: Per. s nem. – Moscow: LVR Press, 2007 – 942 P. : ill.

Материал поступил в редакцию 15.12.22.

\**А. В. Мануковский<sup>1</sup>, Ә. Б. Сағындық<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал баспаға 15.12.22 түсті.

## КҮН-ЖЕЛ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНЫҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІН БАҚЫЛАУ ҮШІН ТОҚ ДАТЧИКТЕРІН ТАҢДАУ

*Әлемде «жасыл энергияның» молдығы тұрғысынан қолайлы жерлерде күн және жел электр станцияларының тұтас плантациялары сәтті жұмыс істеуде. Сонымен қатар, қалаларда орналасқан бірнеше күн-жел электр станцияларын (КЖЭС) ұзақ мерзімді пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, олардың жұмысын бақылайтын автоматтандыру олардың автоматты режимде*

ұзақ мерзімді тұрақты жұмысын қамтамасыз етпейді, бұл қымбат жабдықтың істен шығуына алып келеді. Сондықтан орталықтандырылған электрмен жабдықтау көздерімен бірлесе жұмыс істейтін КЖЭС басқару контроллерлеріне енгізілген алгоритмдерді жетілдіру мәселесі әлі де өзекті. Мұндай КЖЭС жұмысын басқару алгоритмдерін жетілдіру жолдарын табу үшін ұзақ уақыт бойы олардың жұмысының негізгі параметрлерін бақылау және талдау қажет екені анық. Бұл жұмыстың мақсаты бақылауға жататын негізгі параметрлерді анықтау және өлшеу тізбектерін құру принциптерін таңдау болып табылады. Торайғыров университетіндегі (ТоU) КЖЭС-да токтарды өлшеу үшін қуат тізбектеріне ең аз әсер ететін жүздеген ампер токтарына арналған датчиктер қажет. Мақалада сымсыз сандық сенсорды құрудың блок-схемасы ұсынылады, коммерциялық қол жетімді бастапқы тұрақты ток датчиктері қарастырылады, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қысқаша сипатталады, олардың шығыс сигналдарын цифрлау қажеттілігі негізделеді және ТоU-дағы КЖЭС-да практикалық қолдану үшін ең қолайлы конструкциялар таңдалады.

*Кілтті сөздер:* күн-жел электр станциясы, параметрлерді бақылау, АСТ, микроконтроллер, интерфейсстер тұрақты ток сенсорлары.

\*А. V. Manukovskii<sup>1</sup>, А.В. Sagyndyk<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

Material received on 15.12.22

## SELECTION OF CURRENT SENSORS FOR MONITORING OF WORKING OF SOLAR-WIND POWER PLANTS

*In the world, in favorable places from the point of view of the abundance of “green energy”, entire plantations of solar and wind power plants are successfully operating. At the same time, as the experience of long-term operation of several solar-wind power plants (SWPP) located in cities shows, the automation that controls their operation does not ensure their long-term stable operation in automatic mode, which leads to the failure of expensive equipment. Therefore, the problem of improving the algorithms embedded in the SWPP control controllers, working in conjunction with centralized power supply sources, is still relevant. To find ways to improve the algorithms for managing the operation of such SWPP, it is obviously necessary to monitor and analyze the key parameters of their*

*operation over a long period. The purpose of this work is to determine the key parameters to be monitored and to choose the principles for constructing measuring circuits. To measure currents in SWPP Toraigyrov University (ToU), sensors for currents of hundreds of amperes are needed, which have a minimal effect on power circuits. The article proposes a block diagram for constructing a wireless digital sensor; reviews commercially available primary direct current sensors, briefly describes their advantages and selects designs that are most suitable for practical use at SWPP ToU.*

*Keywords: solar-wind power plant, parameter monitoring, ADC, microcontroller, interfaces, direct current sensors.*

Теруге 15.12.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4019

Сдано в набор 15.12.2022 г. Подписано в печать 30.12.2022 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4019

«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](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)