

УДК 621.314

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО
ТОКА НА ПРИМЕРЕ СОЛНЕЧНОГО
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Д. О. Петренко, А. В. Левшов

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

В работе рассмотрено устройство для измерения параметров электрической цепи постоянного тока на примере солнечного фотоэлектрического преобразователя.

Ключевые слова: ФЭП, солнечная панель, Arduino, ток, напряжение, мощность, энергия, время.

The paper considers a device for measuring the parameters of a DC electric circuit on the example of a solar photovoltaic cell.

Keywords: photovoltaic cell, solar panel, Arduino, current, voltage, power, electricity, time.

Актуальность. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) находят все более широкое применение. Одним из наиболее действенных и эффективных видов ВИЭ является солнечное излучение. Для прямого преобразования энергии солнечной радиации используют фотоэлектрические преобразователи, например, на базе кремниевых планарных полупроводниковых структур.

Для оперативного контроля и автоматизации работы солнечных электростанций (СЭС) необходимо иметь информацию о величинах генерируемого тока и напряжения солнечной панели в цифровом виде, что позволяет в полной мере использовать компьютерные технологии для решения поставленных задач.

Цель работы. Разработать устройство для измерения параметров СЭС с возможностью вычисления мощности и величины электроэнергии.

Задача состоит в том, чтобы измерить значения тока I , напряжения U , посчитать мощность P и вывести их на LCD дисплей, а так же определить генерируемую мощность и записать эти параметры для сохранения информации на энергонезависимый носитель информации. Кроме того, необходимо предоставить пользователю возможность узнать сгенерированную электроэнергию за выбранный им промежуток времени.

Известны различные способы измерения параметров цепей постоянного тока (ПТ): датчики холла, шунты, делители и др. В случае измерения величины постоянного тока, самым дешевым и простым способом является шунт. Недостатком данного способа является отсутствие гальванической развязки между измерительной и силовой цепью, неидеальность материала шунта приводит к искажению результатов измерения из-за воздействия тепловых и других физических параметров, а так же, при больших токах, шунт рассеивает некоторую часть энергии в виде тепла, что уменьшает эффективность измерения. Все эти недостатки нивелируются датчиками тока на эффекте Холла, которые имеют гальваническую развязку силовой и измерительной цепи, низкое сопротивление (десятые и сотые доли Ома), низкую погрешность измерений в широких диапазонах температур. С учетом указанных преимуществ, для измерения тока был выбран датчик на основе эффекта Холла.

Для измерения постоянного напряжения используют: делители напряжения или датчики с гальванической развязкой. Делители, при правильном их расчете, имеют лишь один недостаток: отсутствие гальванической развязки. Не смотря на то, что датчики лишены этого недостатка, они значительно дороже, поэтому для измерения напряжения был выбран делитель.

Принципиальная схема разработанного устройства показана на рис. 1 и содержит:

1. Arduino Nano – плата разработки на базе микроконтроллера ATmega328p, выполняющая все основные вычислительные функции и алгоритмы отображения и записи данных;

2. Solar cell – солнечная панель, на выход которой подключена нагрузка Rload и делитель напряжения из резисторов R3, R4 для АЦП Arduino.

3. DS1302 – модуль часов реального времени [2], позволяет вести счет времени независимо от основного контроллера, имеет автономный источник питания, благодаря чему счет времени не остановится, даже при обрыве питания контроллера;

4. LCD – дисплей для визуализации процессов измерения, на него выводятся I, U, P и другие параметры цепи, кроме того служит для отображения вводимых данных в контроллер, имеет разрешением 16 на 2 символов [3];

5. SD – модуль с SD картой [4], обеспечивает энергонезависимое хранение данных, запись которых ведется один раз в секунду;

6. ACS 712 – датчик тока с максимальным пределом в 30А [5], с него снимаются данные о текущем значении тока в цепи;

7. Клавиатура – служит для ввода данных в микроконтроллер, выполнена со срабатыванием по уровню, поэтому имеет всего 3 выхода и подключена к АЦП контроллера.

На выходе датчика тока формируется сигнал U_{out} , пропорциональный току в измеряемой цепи. При нулевом токе в цепи сигнал U_{out} равен половине напряжения питания $U_{cc}=5В$. Заявленная чувствительность датчика – 66мВ/А, а разрядность АЦП – 8 бит или 1024 значения с опорным напряжением $U_{cc}=5 В$, поэтому начальное значение АЦП входа А5 соединенного с датчиком тока равно 512.

Значение тока вычисляется в соответствии с выражением:

$$I = \frac{ADC(I) - 512}{0.066} \cdot \frac{V_{cc}}{1024},$$

где $ADC(I)$ – значение, считываемое АЦП с входа А5.

Значение напряжения, получаемого с делителя, вычисляется следующим образом:

$$U = ADC(U) \cdot \frac{V_{cc}}{1024} \cdot Kd,$$

где Kd – коэффициент делителя;

$ADC(U)$ – значение, считываемое АЦП с входа А6.

После получения напряжения и тока по известному выражению [1] вычисляется мощность:

$$P=UI.$$

Значение P и соответствующий момент времени записываются на SD карту с дискретностью в 1 секунду.

На рисунке 2 представлена блок-схема основного алгоритма работы устройства, а на рисунке 3 – блок-схема прерывания.

Так как запись значений происходит каждую секунду в программном прерывании, интегрирование значительно упрощается. Для определения мощности генерируемой СЭС можно воспользоваться формулой:

$$E = \frac{\sum_{i=t_{st}}^{t_{end}} P_i \cdot t_i}{3600},$$

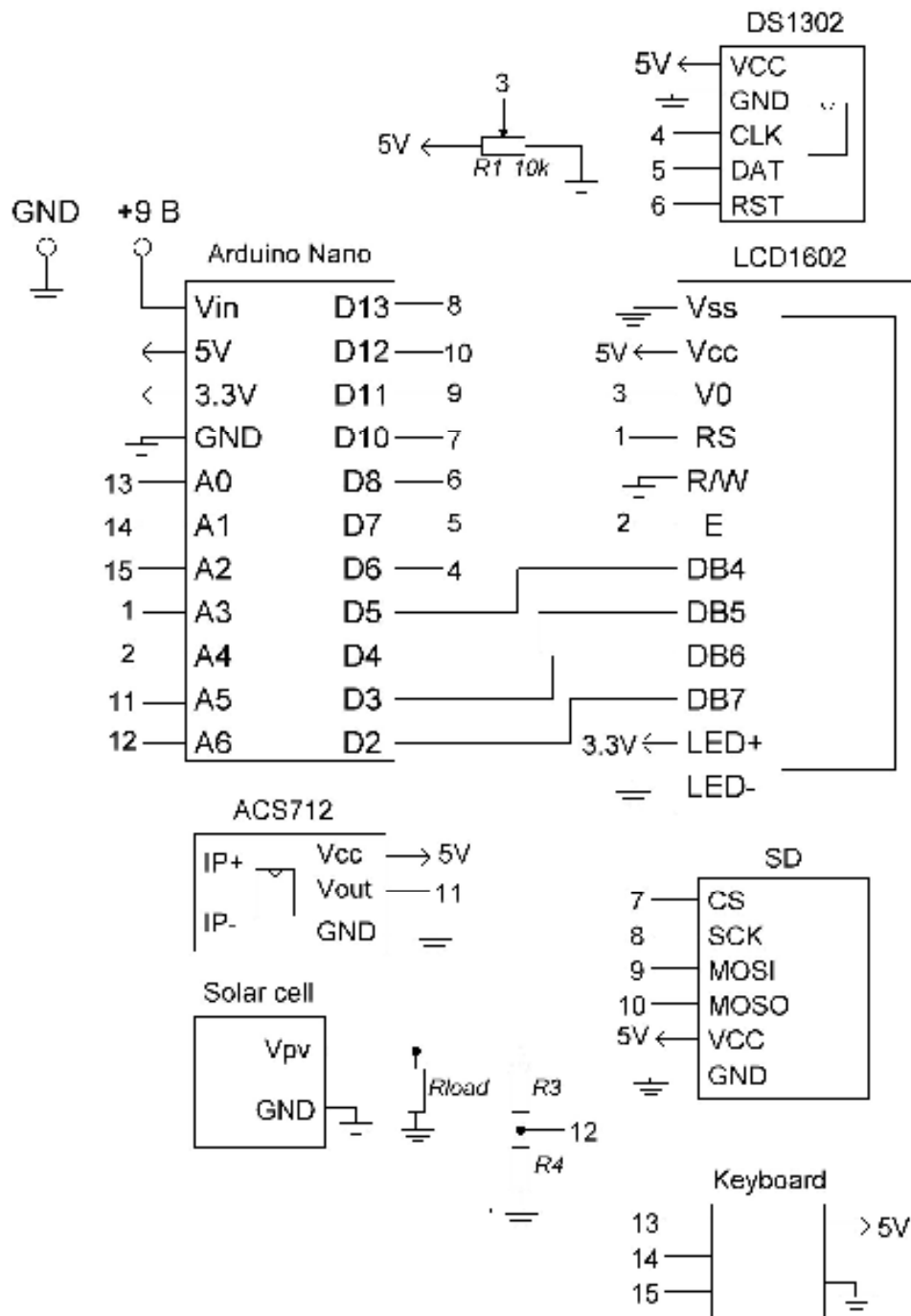


Рис. 1 – Принципиальная схема установки

где E – электроэнергия, Вт · час;

P_i – мгновенная мощность в i -ю секунду, Вт;

t_i – i -я секунда, с;

t_{st} – начальное время;

t_{end} – конечное время ;

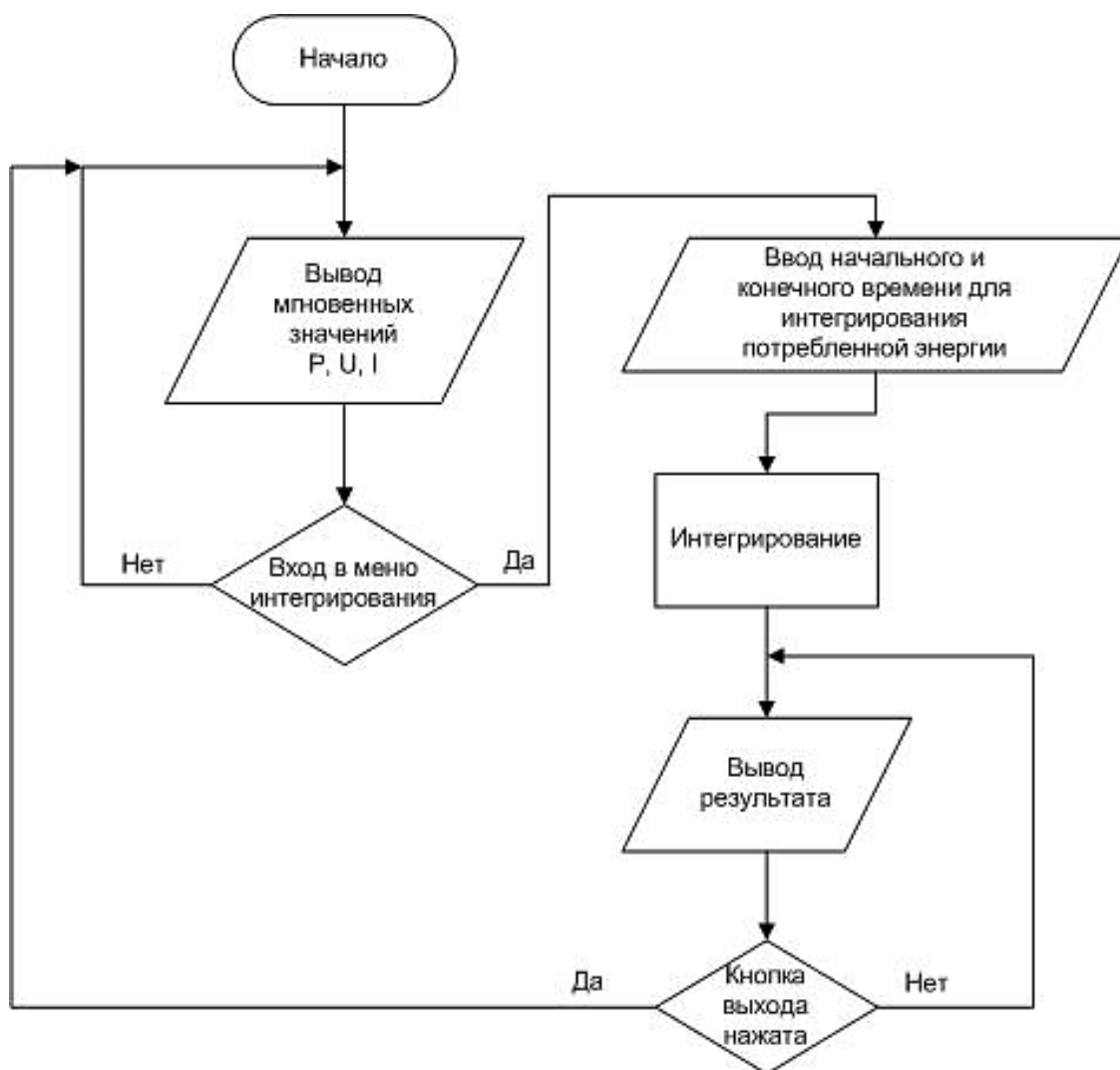


Рис. 2 – Блок-схема основного алгоритма

Для примера пусть начальное время в формате (ЧЧ:ММ:СС) равно $t_{st} = 00:00:10$, а конечное $t_{end}=00:02:10$. То есть, время, за которое нужно проинтегрировать энергию – 2 минуты или 120 секунд и соответствующие им 120 значений P .

На рисунке 4 приведено содержимое файла с записанным временем и мощностью. Формат записи данных выглядит так: ЧЧ:ММ:СС/МОЩНОСТЬ;(конец строки).

Это сделано для упрощения обработки текста алгоритмом программы.

Испытание работы лабораторного образца устройства производилось при изменении напряжения и тока на выходе блока питания постоянного тока, имитирующего СЭС. Было получено 37 точек (за 37 секунд) мгновенной мощности P с дискретностью в 1 секунду. Результат представлен на рисунке 5.



Рис. 3 – Блок-схема прерывания

Выводы

Было разработано и изготовлено цифровое устройство для измерения параметров работы цепи ПТ СЭС (I, U, P, E). В устройстве используется плата Arduino на базе микроконтроллера ATmega328p. Устройство позволяет измерять параметры цепи с интервалом в 1 секунду и обеспечивать их хранение длительный период времени.

Перечень ссылок

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - М.: Высшая школа, 1978.
2. DS1302 – схема подключения к Arduino // Электронный ресурс.- Режим доступа: <https://voltiq.ru/ds1302-rtc-and-arduino/>
3. Подключаем LCD-дисплей на базе HD44780 к Arduino // Электронный ресурс.- Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/arduino/503.html>
4. Подключение sd карты к ардуино // Электронный ресурс.- Режим доступа: <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/podklyuchenie-sd-karty-k-arduino/>
5. ACS712 datasheet // Электронный ресурс.- Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ,
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ**

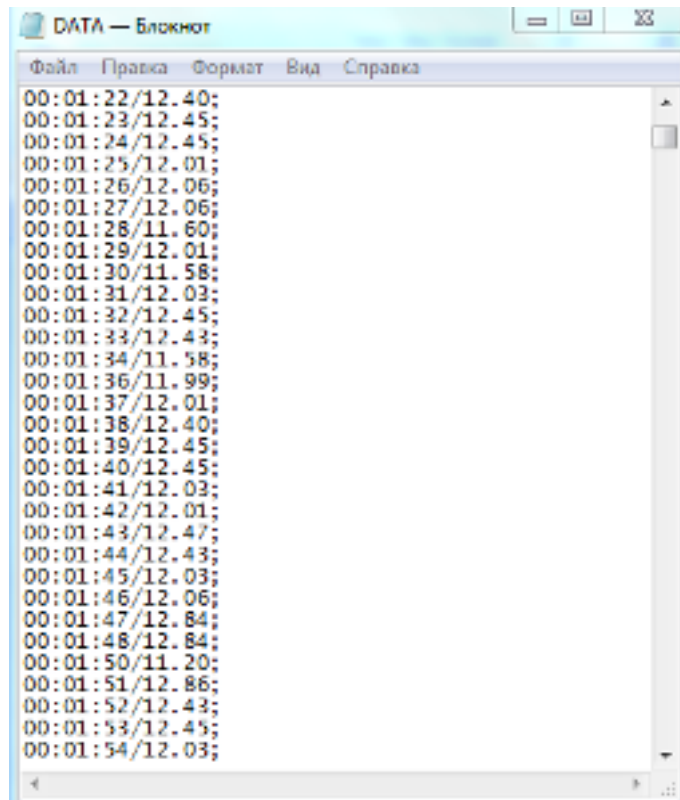


Рис. 4 – Фрагмент файла с записанным временем и мощностью

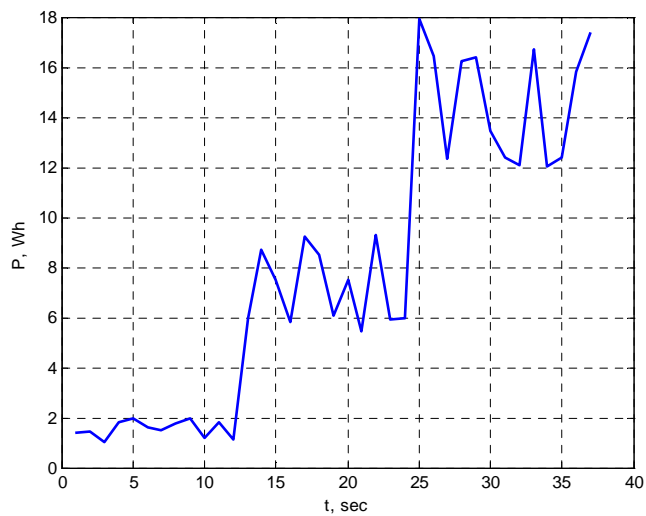


Рис. 5 – График мгновенной мощности