

4. А.С. 37716 РК 2001г. Прибор для измерения теплового потока. Кусаиынов К., Гладков В.Е., Карабекова Д.Ж.
5. Nussupbekov B.R., Karabekova D.Zh., Zhargakova S.S. Nondestructive testing for diagnostics of pipelines. Physical technical journal. – 2012. Vol 9. - №2(18).-P.13-18.
6. Kurytnik I, Nussupbekov B, Karabekova D, Zhargakova S. Thermal control method for the diagnosis of underground heating systems. Vestnik of the Karaganda State University named after EA Buketova. -2014.-Vol. 74.-No.2. –P.52-55

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Овчинников В.А., аспирант*; Завгородний А.В., магистрант**

*Томский политехнический университет

г. Томск, Российская Федерация;

**Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова

г. Караганда, Республика Казахстан

В работе приведены результаты разработки и тестирования работы устройства для измерения вольт-амперных характеристик солнечных элементов. Устройство разработано на основе отладочной платы STM32VLDISCOVERY. Измерение напряжения и тока производится на отрицательном полюсе нагрузки.

Ключевые слова: измерение мощности, отладочная микроконтроллерная плата, вольт-амперная характеристика.

Проблема дефицита энергоресурсов возникает в связи с тем, что бурное развитие экономики, вызванное достижениями научно-технического прогресса, приводит к соответствующему росту энергозатрат. Главной причиной возникновения энергетической проблемы принято считать постоянно растущее потребление минерального топлива, притом, что запасы сырья для производства большей части энергии в мире, являются ограниченными. Предполагается, что к 2020 году мировое энергопотребление возрастет в несколько раз. На данный момент проблема энергодефицита и способы ее решения, являются одними из самых обсуждаемых вопросов в мире [1, 2]. Альтернативные источники энергии принято считать практически неисчерпаемыми по сравнению с традиционными источниками электроэнергии. Например, солнце будет светить еще много миллиардов лет, отдавая нам свою энергию. Во-вторых, применение альтернативных источников энергии гораздо безопаснее для окружающей среды, чем использование традиционных. Соответственно снижается угроза для здоровья людей. Наиболее перспективными направлениями развития альтернативной энергетики на территории Казахстана являются: гидроэнергетика, ветроэнергетика и солнечная энергетика.

Для развития альтернативной энергетики в Казахстане необходимо вести не только разработку новых эффективных солнечных элементов, но и вести опытно-конструкторские работы для массового внедрения промышленно-выпускаемых видов солнечных элементов. Важными параметрами солнечных элементов являются их вольт-амперные характеристики и КПД преобразования световой энергии в электрическую. В данной работе приведены результаты разработки устройства для измерения вольт-амперных характеристик солнечных ячеек. Для возможности быстрой модернизации алгоритма и элементов измерительной системы были приняты решение использовать для построения измерительного устройства микроконтроллер с возможностью многократной перезаписи кода программы.

Компания STMicroelectronics выпускает недорогие отладочные платы STM32VLDISCOVERY. Самая первая плата семейства STM контроллеров называлась STM32DISCOVERY. Именно с неё началась экспансия фирмы ST на рынок дешёвых и мощных микроконтроллеров общего назначения, этим объясняется её сверхнизкая цена — демпинг цен на эту плату принёс ST прибыль в виде множества новых покупателей и пользователей [3-5].

Внешний вид отладочной платы STM32VLDISCOVERY представлен на рисунке 1.

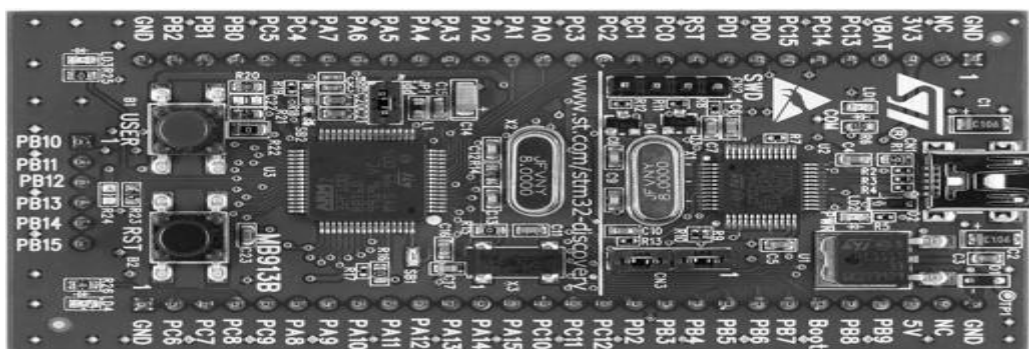


Рисунок 1. Внешний вид платы STM32VLDISCOVERY

Приведенная на рисунке 1 отладочная плата содержит большое количество элементов, таких, как:

- Отладчик — ST-Link, SWD-коннектор выведены на внешнюю часть платы;
- Процессор — STM32F100RBT6 (24МГц, 128кБ Flash-памяти, 48кБ RAM);
- 2 кнопки — кнопка пользователя и кнопка сброса;
- 2 светодиода;
- сменный кварцевый резонатор;
- кварцевый резонатор, используемый для работы временных таймеров и часов (32768 Гц);
- 62 контакта на гребёнке выводов, из них 51 контакт ввода-вывода;
- перемычка для определения потребляемого тока.

Было принято решение для измерения вольт-амперных характеристик кремниевых панелей использовать данный отладочный модуль. Принципиальная электрическая схема измерительного устройства приведена на рисунке 2.

Напряжение солнечной батареи может варьироваться от нескольких милливольт до 12В. Стабильное напряжение работы STM32VLDISCOVERY составляет 5В, поэтому необходимо применить 5-вольтовый стабилизатор напряжения U_2 , построенный на микросхеме L7805. Сглаживающие конденсаторы C_1 - C_4 используются для подавления перепадов напряжения на входе и выходе стабилизатора.

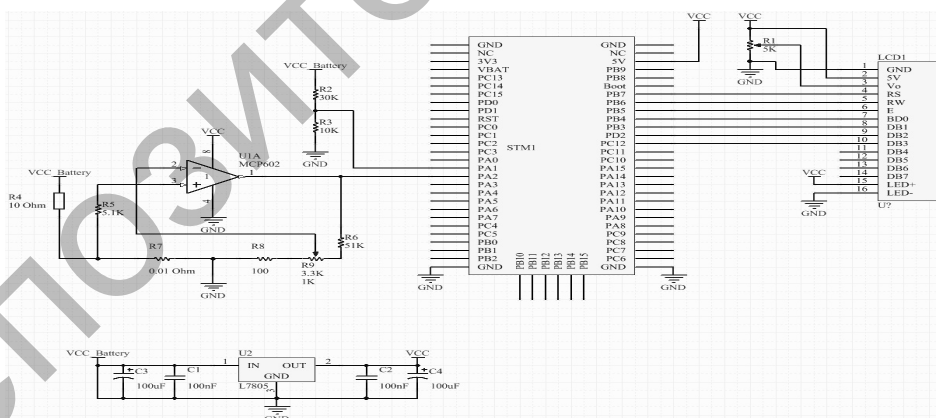


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема измерительного устройства

Преобразователи ток — напряжение. Один из самых простых способов измерения тока в электрической цепи - это измерение падения напряжения на резисторе R_7 , включенном последовательно с нагрузкой R_4 (рисунок 2). Но при прохождении тока через резистор R_7 , на нем выделяется бесполезная мощность в виде тепла, поэтому он выбирается минимально возможной величины, что в свою очередь влечет за собой последующее усиление сигнала. Резистор R_9 необходим для более точной подстройки обратной отрицательной связи операционного усилителя. Следует отметить, что приведенная выше схема позволяют контролировать не только постоянный, но и импульсный ток, правда, с соответствующими искажениями, определяемыми полосой пропускания усилительных элементов.

Измерение тока в отрицательном полюсе нагрузки. Схема измерения тока нагрузки в отрицательном полюсе так же представлена на рисунке 2. Преимущества проведения измерений в отрицательном полюсе включает ряд пунктов, таких как:

- низкое входное синфазное напряжение;
- входной и выходной сигнал имеют общую «землю»;
- простота реализации с одним источником питания.

Имеется так же ряд недостатков:

- нагрузка не имеет непосредственной связи с «землей»;
- отсутствует возможность коммутации нагрузки ключом в отрицательном полюсе;
- возможность выхода из строя измерительной схемы при коротком замыкании в нагрузке.

Измерение тока в отрицательном полюсе нагрузки не представляет сложности. Для этой цели подходит различные виды операционных усилителей (ОУ). Главное требование к ним возможность работы с однополярным питанием. В данном случае используется операционный усилитель МСР602 (микросхема U1A, рисунок 2). Выбор конкретного типа усилителя определяется требуемой точностью и необходимым быстродействием схемы. На эти параметры в основном влияют смещение нуля усилителя, его температурный дрейф и погрешность установки усиления. В начале шкалы неизбежна значительная погрешность преобразования, вызванная ненулевым значением минимального выходного напряжения усилителя, что для большинства практических применений несущественно.

Разность потенциалов с резистивного делителя напряжения (R_2 и R_3) поступает на АЦП микроконтроллера для измерения напряжения солнечной панели. Т.к. порты микроконтроллера STM32 рассчитаны на максимальное входное напряжение 5В, необходимо применить делитель напряжения на входе цифрового порта АЦП.

Расчет делителя напряжения производился в соответствии с формулой:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} * R_1 / (R_1 + R_2).$$

Предположим, что максимально выходное напряжение солнечной панели не будет превышать 12В. Возьмем коэффициент делителя равным 3. Следовательно, максимальное входное напряжение на порту АЦП составит максимум около 4В (с учетом погрешности элементов). Этого вполне достаточно для надежной работы порта.

Формула для измерения напряжения выглядит следующим образом:

$$\text{ADC_mV} = ((\text{ADC} * 3300) / 4095) * \text{coeff}, \quad (1)$$

где:

- ADC_mV - рассчитанное значение напряжения, мВ;
- ADC - измеренное значение АЦП (от 0 до 4095 мВ);
- coeff - коэффициент резистивного делителя на плате;
- 3300 - опорное напряжение АЦП микроконтроллера, мВ.

Для измерения тока солнечной панели так же используется вышеприведенная схема (рисунок 2). Величина тока определялась по формуле:

$$\text{ADC_mA} = (\text{ADC} * 100) / 4095, \quad (2)$$

где ADC_mA - рассчитанное значение тока в мА.

Алгоритм работы контроллера содержит ряд основных этапов работы. При первоначальном включении устройства микроконтроллер выполняет инициализацию. Процедура заключается в следующем:

- переключение с внутреннего RC-генератора на высокоточный внешний кварцевый резонатор;
- настройка системы тактирования (выбор коэффициента умножителя частоты);
- включение тактирования блока АЦП, а так же настройка портов АЦП;
- калибровка АЦП;
- настройка портов управления дисплеем;
- инициализация дисплея.

После вышеприведенных действий начинается опрос каналов АЦП и последующая оцифровкой значений тока и напряжения с периодичностью около 0,5с. Измеренные значения каналов АЦП

преобразуются в значение тока (формула 2), напряжения (формула 1) и рассчитывается мощность. Полученные данные отображаются на символьном LCD дисплее.

В устройстве есть возможность длительного измерения с последующим расчетом средних значений. Время данного измерения устанавливается пользователем.

Для проведения измерений был использованы кремниевые солнечные элементы фирмы Surface NG квадратной формы с размерами ячейки 156x156мм (рисунок 3).

Основные технические характеристики ячейки приведены в таблице 1.

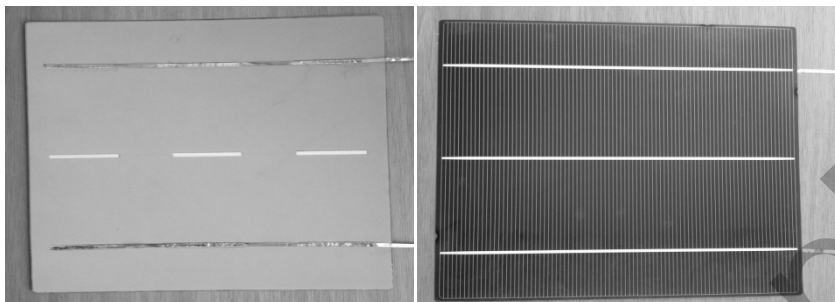


Рисунок 3. Внешний вид солнечной ячейки

Таблица 1. Основные технические характеристики солнечной ячейки

Наименование параметра	Величина
Номинальное выходное напряжение	0,5 В
Средняя мощность (Вт)	3,2 Вт
Средний ток (А)	6,4 I_{\max}
Эффективность	13,2%
Размер	6x6" (156x156mm)

В нашей работе была собрана батарея из 9 ячеек последовательно соединенных между собой, позволяющая получить напряжение около 4,5 В. Производилось измерение вольт-амперных характеристик солнечной батареи. Измерения проводились при разных значениях нагрузки сопротивления (рисунок 4).

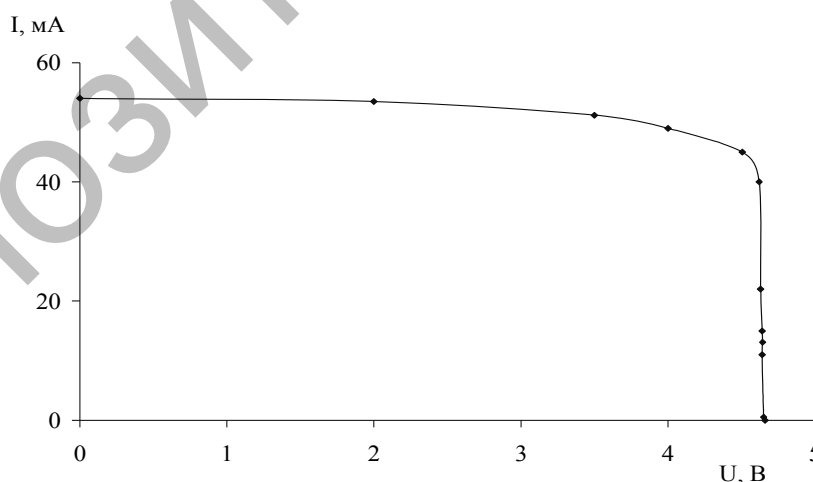


Рисунок 4. Вольт-амперная характеристика солнечной панели

Из рисунка 4 видно, что солнечная батарея имеет хорошие показатели преобразования световой энергии в электрическую с формой вольт-амперной кривой, характерной для высококачественных солнечных ячеек.

Измерение тока при помощи операционного усилителя дает возможность сделать эффективный измеритель напряжения, тока и мощности. Использование отладочная плата STM32 Discovery позволило создать гибкое измерительное устройство.

Литература:

1. Бурдаков В. Е., Хазановский П.И. Энергия, век двадцать первый. М: Знание, 1998.
2. Алферов Ж.И. Фотоэлектрическая солнечная энергетика / В сб.: Будущее науки. - М.: Знание, 1978. С. 92 - 101.
3. Бугаев В.И., Мусиенко М.П., Крайнык Я.М. Лабораторный практикум по изучению микроконтроллеров STM32 на базе отладочного модуля STM32F3 Discovery. - Москва-Николаев: МФТИ-ЧГУ, 2014. - 33 с.
4. Бугаев В.И., Мусиенко М.П., Крайнык Я.М. Лабораторный практикум для изучения микроконтроллеров архитектуры ARM Cortex-M4 на базе отладочного модуля STM32F4 Discovery. - Москва-Николаев: МФТИ-ЧГУ, 2013. – 71 с.
5. Бугаев В.И., Мусиенко М.П., Крайнык Я.М. Лабораторный практикум по изучению микроконтроллеров STM32 на базе отладочного модуля STM32F3 Discovery и STM32F4 Discovery. - Москва-Николаев: МФТИ-ЧГУ, 2014. – 26 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧИСЕЛ ПЕРЕНОСА ИОНОВ МЕДИ, НИКЕЛЯ, АММОНИЯ В АММИАЧНЫХ СРЕДАХ ЧЕРЕЗ КАТИОНИТОВУЮ МЕМБРАНУ

Омаров Х.Б., д.т.н., профессор проректор по научной работе;
Омаров Н.Х., студент физико-технического факультета
Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

Переработка растворов, выводимых из цикла электролитического рафинирования меди, важна как с точки зрения охраны окружающей среды, но и в плане извлечения из них различных ценных компонентов (медь, никель) в товарную продукцию. Поэтому настоящая работа посвящена изучению переноса ионов в многокомпонентных системах Cu^{2+} - Ni^{2+} - NH_4^+ через катионитовые мембраны, установлению оптимальных условий мембранного электролиза при которых обеспечивается совместное осаждение на катоде меди и никеля.

Ключевые слова: медь, никель, аммиачная среда, катионитовая мембрана, числа переноса.

Методика проведения эксперимента

Для проведения работ была собрана установка, состоящая из электролизера, выпрямителя, амперметра, медного кулометра, напорных и приемных емкостей рабочего раствора.

Числа переноса Cu^{2+} , Ni^{2+} , NH_4^+ определяли в ячейке (рисунок 1), имеющей 4 камеры, разделенные катионитовой МК-40 или МФ-4СК и двумя анионитовыми МК-41 мембранами. Мембраны зажимались между блоками из оргстекла, а прокладками между ними служили резиновые листы толщиной 1мм. Рабочая площадь каждой мембраны составляла 16 см². Анодом служила свинцовая пластинка, а катодом - медная. В первую камеру заливали раствор щелочи (40 г/л), а в третью и четвертую камеры - раствор серной кислоты (50 г/л). Вторая камера - проточная, в ней циркулирует рабочий раствор, содержащий определяемые ионы Cu^{2+} , Ni^{2+} , NH_4^+ . На протяжении всего эксперимента состав циркулирующего раствора практически не меняется, так как его объем в 20-30 раз превышает объем растворов 1,3,4 камер. Третья камера является исследуемой на содержание перенесенных через мембрану катионов Cu^{2+} , Ni^{2+} , NH_4^+ . В нее заливают точный объем серной кислоты (50 мл) и после окончания опыта определяют числа переноса по уравнениям:

$$t_{\text{NH}_4^+} = V_{\text{p-ра}} \cdot C_{\text{NH}_4^+} \cdot 1,78 / a_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$t_{\text{Cu}^{2+}} = V_{\text{p-ра}} \cdot C_{\text{Cu}^{2+}} / a_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$t_{\text{Ni}^{2+}} = V_{\text{p-ра}} \cdot C_{\text{Ni}^{2+}} \cdot 1,09 / a_{\text{Cu}^{2+}}$$

$V_{\text{p-ра}}$ – объем раствора в третьей камере; C - концентрация Cu^{2+} , Ni^{2+} , NH_4^+ г/л; $a_{\text{Cu}^{2+}}$ - привес медного катода после опыта; 1,09- пересчетный коэффициент Ni^{2+} ; 1,78- пересчетный коэффициент NH_4^+ .

Аналитическое определение никеля проводили трилометрическим методом, меди - иодометрическим и аммония-методом отгонки [1].

В работе использовались ионитовые мембраны гетерогенного типа (МК-40, МФ-4СК). В качестве связующего материала для обоих марок применялся полиэтилен. Анионитовая мембрана армирована лавсановой, а катионитовая - капроновой тканью. Для приготовления рабочих растворов