



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2013, Том 4, № 2, С. 21 – 29

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
<http://ejournal.khstu.ru/>
ejournal@khstu.ru

УДК 620.9:658.011.56

© 2013 г. **Е. А. Зайцев,**
Д. А. Теличенко, канд. техн. наук
(Амурский государственный университет, Благовещенск)
**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ
ГЕНЕРАТОРОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ¹**

В статье решена задача построения микроконтроллерной системы для управления электрогенератором. Система предназначена для работы с ветрогенератором и солнечной батареей установленной в Амурском государственном университете.

Ключевые слова: ветрогенератор, солнечная батарея, микроконтроллер, система управления.

E. A. Zaytsev, D. A. Telichenko
**CONTROL SYSTEM OF INTEGRATED GENERATOR
OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE SOURCES**

The article solves the problem of constructing system controlling an electric generator with the microcontroller. The system is designed for use with wind turbines and solar panels installed in the Amur State University.

Keywords: wind generator, solar battery, microcontroller, control system.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта АмГУ «Использование возобновляемых источников энергии в Амурской области»

Введение

Общепринятое понятие возобновляемых ресурсов основывается на том, что это природные ресурсы, запасы которых или восстанавливаются быстрее, чем используются, или не зависят от того используются они или нет. То, что относят к возобновляемым источникам энергии, не восстанавливается, и когда-нибудь все же будет достигнута граница их использования. Однако открывающиеся перспективы здесь огромны. В настоящее время существуют и другие синонимы к термину «возобновляемые источники энергии» – нетрадиционные или альтернативные (энергия ветра, солнца моря, биоэнергия и т.п.), но учитывая постоянный рост объема использования их в мире, вряд ли они могут быть названы нетрадиционными, как впрочем, и альтернативными для некоторых из стран [1].

В работе рассмотрено два типа возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а именно: энергия ветра и солнца. Считается, что такой «союз» наиболее удачен, потому как размещение системы генерации из них энергии совершенно не требовательно к географическому положению, если только это не пещера или толща океана. Существуют лишь рекомендации по установке в том или ином месте, исходя из климатических особенностей территории.

Здесь и далее под системой управления ВЭУ понимается исключительно программно-аппаратная часть, которая и будет разрабатываться. В виду ограниченного объема статьи многообразие видов таких систем, типы исполнения генерирующих элементов, а так же особенности технологии их монтажа и использования здесь не рассмотрены.

Цель работы заключается в проектировании аппаратной части гибридной системы на микроконтроллере (МК) для использования энергии солнца и ветра.

Настоящая работа является продолжением исследований [2] и заключается в доработке ранее предложенной системы, расширении ее функциональных возможностей, при удешевлении стоимости разработки. Основными требованиями к системе помимо дешевизны и простоты, является: реализация задач создания системы учета и мониторинга энергии солнца и ветра, передача полученных параметров в систему верхнего уровня (на персональный компьютер).

Проектирование аппаратной части

Система управления возобновляемыми энергоресурсами (СУВЭР) не должна быть жестко закреплена за конкретными типами используемых в ее составе генераторов. Такой подход обеспечит универсальность применения готового решения. Условие должно выполняться не только в аппаратной, но еще и в программной реализации.

В результате проведенных работ, с учетом ранее имеющихся решений [2] была разработана принципиальная схема, представленная на рис. 1.

Как можно заметить, центральным устройством здесь, в отличие от ранее разрабатываемого варианта является МК типа ATmega48. Такой МК производителен и экономичен. Имеет хорошую функциональность и объемы памяти, позволяющие реализовать достаточно серьезные проекты. Семейство идентичных микроконтроллеров допускает увеличение функций устройства, не меняя схемы. При этом достаточно лишь заменить его тип. Помимо этого МК на основе ядра ATmega имеют возможность поддержки как языков программирования высокого уровня (Си), так и обладают необходимым функционалом – см. табл. 1, [3].

Таблица 1

Технические характеристики АТМega48

Обозначение	Память программ (FLASH) [Кбайт]	Память данных [байт]		Внешнее ОЗУ	Количество команд	Количество линий ввода/вывода	Прерывания		Таймеры			Часы реального времени
		EEPROM	SRAM				Всего векторов	Кол-во источ. внеш.	8-битные	16-битные	сторожевой	
АТmega48-XXXX	4	256	512	-	131	23	25	25	2	1	+	+
Обозначение	Интерфейсы			Аналоговый компаратор	АЦП (10-разр.)	Встроенный RC-генератор	Схема BOD	Внутрисхемное программ-ие	Частота [МГц]	Напряжение питания [В]	Корпус	
	SPI	TWI	USART								тип	кол-во выводов
АТmega48-XXXX	1	1	1	+	8	+	+	+	0-20	2.7-5.5	DIP TQFP MLF	28 32 32

Рассмотрим основные технические решения, используемые в разработке.

Ветер, в точности, как и солнце не постоянен, как следствие, в шине питания (ШП) уровень напряжения будет разным.

Если в случае низкого, либо номинального значения напряжение проблем не возникнет, то при превышении рабочего напряжении необходимо отключить потребителей и нагрузить установку электронагревателем (ТЭНом). Можно пойти другим путем, взяв за основу полевой транзистор (МОП), изготовленный по технологии MOSFET IRF1405Z, и с помощью ШИМ открывать, либо закрывать его. В результате не будет необходимости отключения нагрузки при больших порывах ветра, и обеспечится работа установки в номинальном режиме. Полевой транзистор VT6 устанавливаются в цепь питания инвертора и ТЭНа рис. 2.

На схеме рис. 3 вывод 14 (DS) является входом данных. Когда уровень на выводе 11 (SH_CP) переходит из низкого состояния в высокое, значение на выводе DS сохраняется в сдвиговом регистре, при этом данные сдвигаются на один разряд, чтобы предоставить место для нового бита. Затем значения поступают на выводы Q0...Q7. Пока на выводе 12 (ST_CP) низкий уровень, данные записываются в регистр сдвига [5].

Выходы SH_CP, DS, ST_CP (см. рис.3) – это три линии управления, соединяющие микроконтроллер и регистр сдвига. При этом соединение организовано следующим образом: PB3 к SH_CP, PB4 к DS, PB5 к ST_CP. Заметим что соединение других элементов схемы типично для МК АТМega48. Номиналы C1, C2, X1, R1 выбраны согласно технической документации [6].

Дисплей LCD предназначен для отображения информации заряда АКБ, напряжения ШП и устанавливается по месту. Резистор R2 номиналом 1кОм необходим для изменения контраста отображаемой информации.

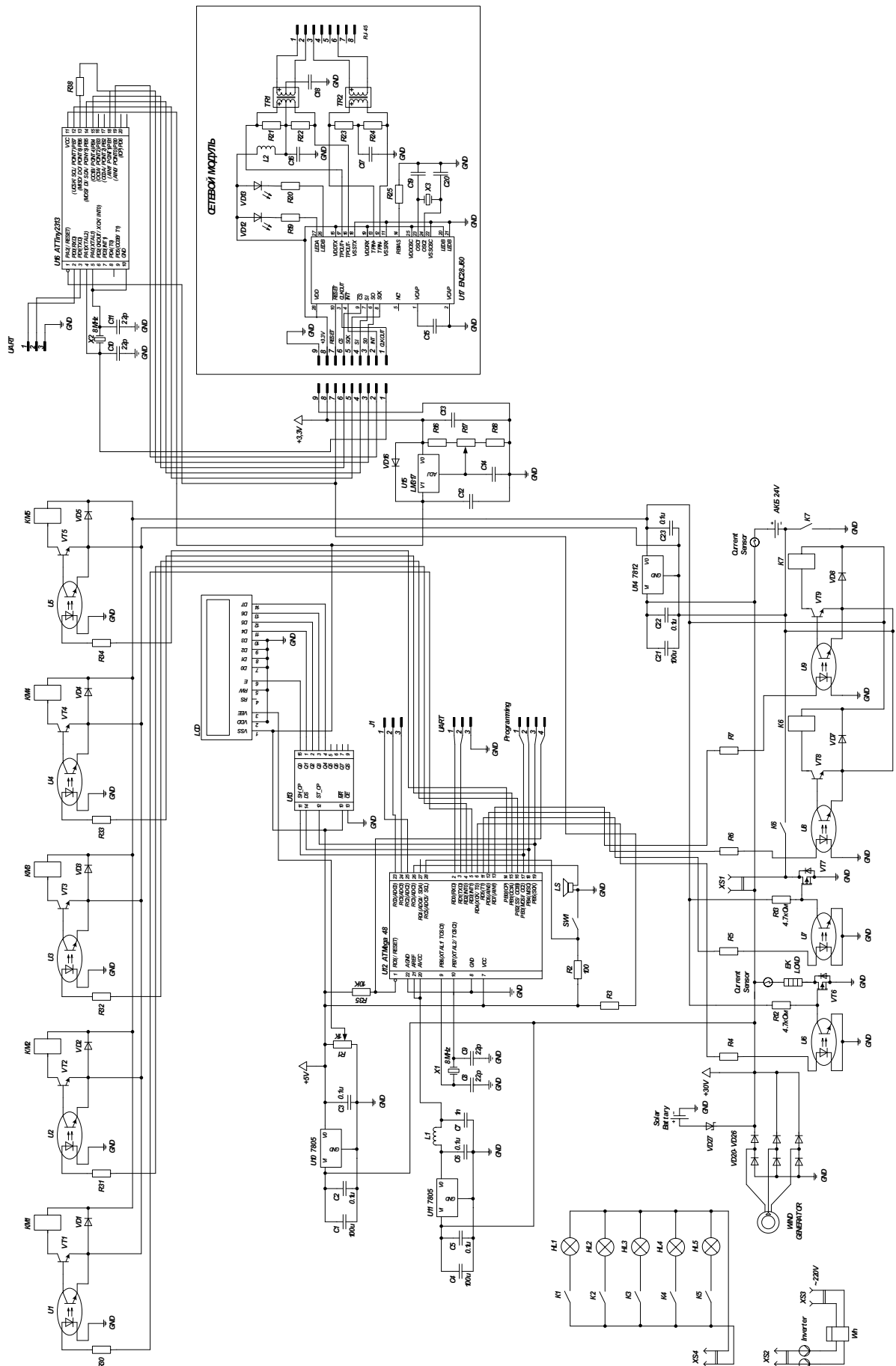


Рис. 1. Принципиальная схема СУВЕР

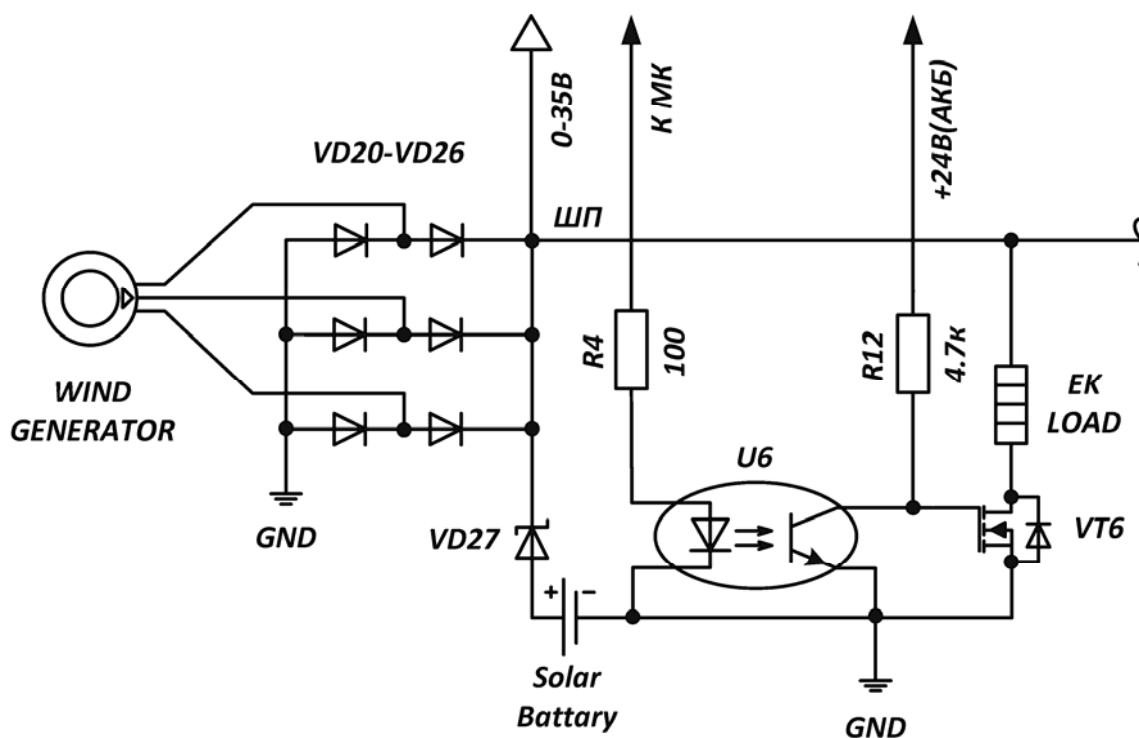


Рис. 2. Схема подключения IRF1405Z

Подключение ТЭНа обозначенного на схеме ЕК, происходит с помощью транзистора VT6, который может осуществлять коммутацию цепи с землей, замыкая при этом электрическую цепь. Номинал резистора R4 выбран в соответствии с документацией оптрона U6 [4]. Резистор R12 подтягивающий, его сопротивление необходимо выбрать из диапазона 3 – 10 кОм. Соединение выпрямительных диодов VD20 – VD27 осуществлено по схеме моста Ларионова, VD27 является диодом Шоттки.

Для расширения функциональных возможностей и увеличения количества дискретных выводов, которые можно, например, использовать для подключения светодиодов и индикации или организации подключения дискретных исполнительных или указательных устройств, в разработке используются расширители портов на регистрах. Данные последовательно передаются в сдвиговый регистр, затем фиксируются в регистре хранения. Восемьразрядный сдвиговый регистр U13, типа 74hc595 с последовательной загрузкой и параллельными выходами хорош тем, что у него почти все выходы на одной стороне корпуса, это облегчает разводку платы, в нашем случае под ЖК-дисплей (LCD). Схема подключения регистра к МК и дисплея представлена на рис. 3.

Подключение реле осуществляется посредством использования транзистора VT1 2N5551-Y, который работает как усилитель сигнала оптрона U1 в управляющей цепи катушки реле. Параллельно катушке устанавливается диод VD1, предназначенный для того что бы после снятия напряжения с нее, вследствие явления самоиндукции, импульс, амплитудой выше приложенного напряжения был погашен. Отметим, что без диода возможен выход из строя ключевого транзистора VT1. В случае же где отсутствует ключевой полупроводниковый элемент – диод может не устанавливаться.

Рассмотренное реле производит силовую коммутацию, а именно, подключает лампы накаливания. Для разработки было выбрано реле KM1 типа HJR4102 с одной группой контактов на переключение, схема подключения которого показана на рис. 4. Здесь, как только питание попадает на катушку реле KM1, замыкается контакт K1, тем самым замыкая цепь лампы HL1.

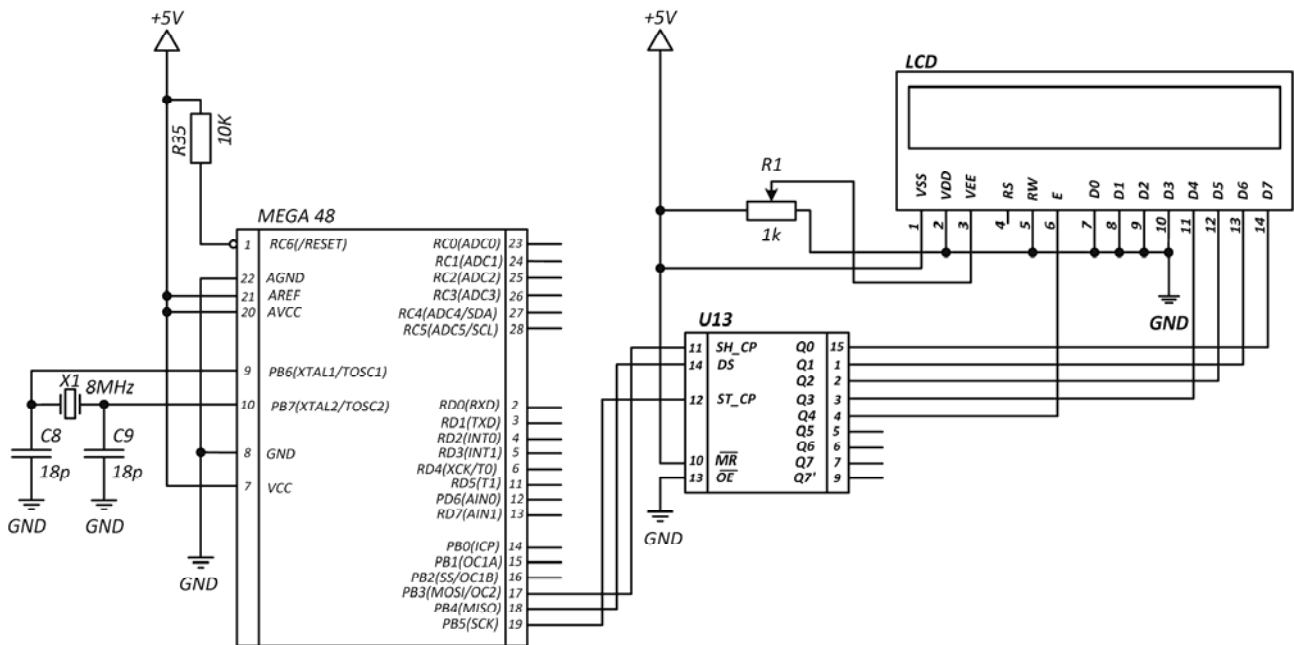


Рис. 3. Схема подключения 74hc595 и LCD

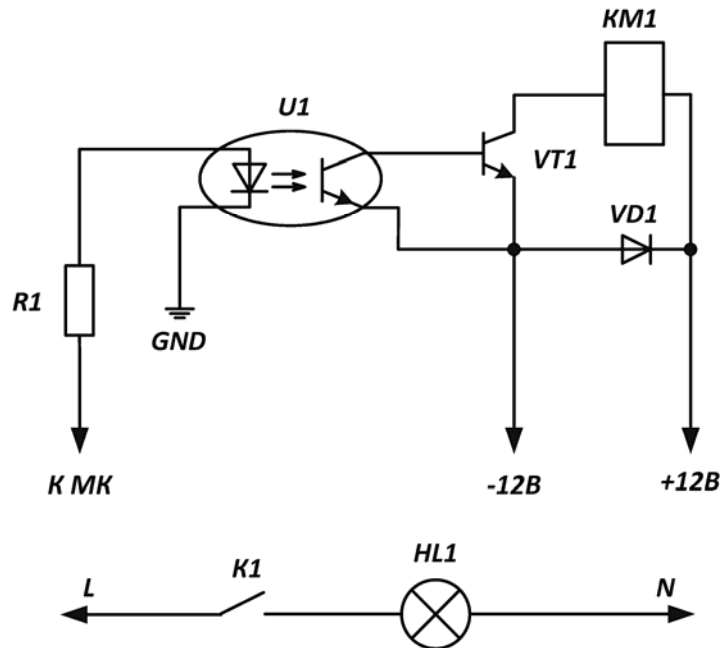


Рис. 4. Схема подключения NJR4102

Для работы реле необходим источник питания 12В. Для этих целей был создан блок питания на микросхеме 7812, подключаемый параллельно аккумуляторной батарее АКБ, как показано на рис. 5.

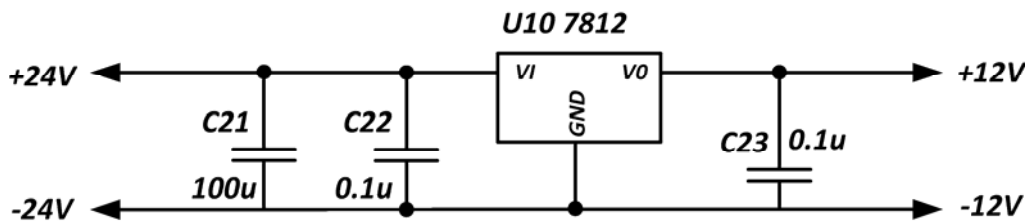


Рис. 5. Схема подключения стабилизатора 7812

На рис. 5 микросхема U10 является стабилизатором, C21 это электролитический конденсатор емкостью 100 – 470 мкФ, C22, C23 – керамические конденсаторы емкостью 0.1мкФ [7]. Конденсаторы исполняют роль фильтра, устраняют нелинейности питающего напряжения.

В системе используются два типа реле. Как уже было сказано, NJR4102 ставится в цепь ламп накаливания, мощность которых невелика. В случае необходимости коммутации больших токов, например для задач работы с ТЭНом или инвертором используется реле 841-S-1A-D, K6, K7 – см. рис. 2. Управление реле организовано от цепи 12 VDC, при этом коммутируемые токи и напряжение соответственно 30А и 220 VAC, а реле имеет одну группу контактов на замыкание [8].

В связи с большим количеством прерываний и задач центрального микроконтроллера использование его непосредственно с сетевым модулем не представляется возможным. Поэтому в состав разрабатываемого устройства добавлен микроконтроллер ATtiny2313 в роли посредника между центральным МК и ENC28J60. Между обоими микроконтроллерами связь обеспечивается по UART-протоколу. При этом МК ATtiny2313 имеет минимум вспомогательных элементов обеспечивающих его работу: кварцевый резонатор X2, пара керамических конденсаторов и, конечно же, питание. Отдельно установлен UART-модуль для связи с Mega48 [9].

В целом алгоритм работы системы основывается на определенных уровнях напряжения, как для задач коммутации, так и замера и преобразования. Для целей работы с аналоговыми сигналами используется три аналогово-цифровых-преобразователя (АЦП) для работы с напряжением шины, напряжением АКБ и током инвертора.

В МК ATmega48 имеется встроенный 10-битный АЦП, т.е. входное напряжение от GND до U_{vх} будет линейно разбито на 2^{10} частей. В аппаратном исполнении это одно АЦП, которое с помощью мультиплексора расширяется до шести каналов. Таким образом, если подается на вывод AREF напряжение X вольт, то можно организовать измерения от 0 до 5 В с шагом: $X/1024$ с точностью: $\pm(X * 2 / 1024)$.

В случае если максимальное входное напряжение на входе МК составляет 5В, значит, шаг измерения составляет $5/1024=0.0049$, т.е. 4.9мВ. При этом подключение схемы должно быть следующим:

AVCC, питание АЦП, для которого напряжение не должно отличаться от VCC более чем на 0.3 вольта;

AGND, "аналоговая земля", является нижним пределом диапазона измерения, у нас 0 В;

AREF требует подачи напряжения соответствующего максимуму из требуемого диапазона; код такого или большего напряжения будет равен 1023 или 11 1111 1111.

Для организации подключения датчиков напряжения и тока необходимо обеспечить их стабильным опорным напряжением. Использовать питание от микросхемы 7805 не самый лучший вариант, т.к. возможны «провалы» несмотря на наличие конденсаторов в цепи. Поэтому был использован отдельный источник напряжения, работающий только на АЦП.

Полная спецификация всех используемых элементов разработанной схемы (см. рис. 1) показана в табл. 2.

Заключение

Таким образом, можно с уверенностью сделать вывод, что все поставленные задачи разработки выполнены. Полученная система имеет возможность работы, как с энергией солнца, так и ветра, построена на недорогих элементах и обеспечивает надеж-

ное управление установкой, а так же возможность осуществления функций мониторинга на персональном компьютере.

Таблица 2

Спецификация к используемым элементам

Обозначение	Наименование	Кол-во
U1-U9	Оптрон	9
KM1-KM5	Реле 220В, 1.5А	5
VT1-VT5	Транзистор 2N5551-Y	5
VD1-VD7	Диод 1А	7
R30-R34, R4-R7, R38	Резистор 100 Ом	10
U10, U11	Микросхема 7805	2
C1, C4, C21	Конденсатор 100 мкФ	3
C2, C3, C5, C6, C22, C23	Конденсатор 0.1 мкФ	6
C8, C9, C10, C11	Конденсатор 22 пФ	4
L1	Индуктивность 10 мкГн	1
X1, X2	Кварцевый резонатор 8 МГц	2
R1	Резистор подстроечный 1 кОм	1
R35, R3	Резистор 10 кОм	1
LCD	ЖКИ-дисплей	1
U12	МК ATmega 48	1
U13	Регистр 74НС595N	1
U14	Стабилизатор 7812	1
K6, K7	Реле 220В, 30А	2
U7	Микросхема LM317	1
VD20-VD26	Выпрямительные диоды 30А	6
VT6, VT7	МОП Транзистор	2
R12, R13	Резистор 4.7 кОм	2
EK	ТЭН	1
VT8, VT9	Транзистор КТ817	2
WH	Счетчик электрический	1
HL1-HL2	Лампы накаливания 220В, 95Вт	5
U16	АТТiny 2313	1
U17	Микросхема ENC28J60	1

Список литературы

- [1] Нетрадиционные источники энергии в мире [Электронный ресурс] / Кафедра международных комплексных проблем природопользования и экологии МГИМО; сост. Е.В. Тарасьянц. – Режим доступа: <http://www.mgimo.ru/study/faculty/mier/kmkppeso/docs/world/>. – Загл. С экрана. – Яз. рус.
- [2] Теличенко, Д.А. Микроконтроллерная система на ARM-ядре для ветроэнергетической установки / Д.А. Теличенко, Е.А. Зайцев // Вестник АмГУ. – 2012. – Вып. 59. – С.68-74.
- [3] Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.
- [4] Техническая документация оптрона TLP621 [Электронный ресурс] / Сайт ЧИП-НН. – Режим доступа: <http://chip-nn.ru/doc/optron/tlp621/tlp621.zip>. – Яз. англ.
- [5] Динамический ввод и вывод на 74НС595 [Электронный ресурс] / Сообщество easyelectronics. – Режим доступа: <http://we.easyelectronics.ru/CyberCat/dinamicheskiy-vvod-i-vyvod-na-74hc595.html>. – Яз. рус.

- [6] Техническая документация МК АТМega48. [Электронный ресурс] / Сайт технического описания устройств. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/83740/ATMEL/ATMEGA48.html>. – Яз. англ.
- [7] Техническая документация микросхемы 7805. [Электронный ресурс] / Сайт технического описания устройств. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=7805>. – Яз. англ.
- [8] Техническая документация микросхемы реле 841-S-1A-D. [Электронный ресурс] / Сайт технического описания устройств. – Режим доступа: <http://www.datasheetdir.com/841-S-1A-D+Solid-State-Relays>. – Яз. англ.
- [9] Ethernet – устройство на микроконтроллере AVR. [Электронный ресурс] / Сайт Радио Лоцман. – Режим доступа: <http://chip-nn.ru/doc/all/3486/3486.zip>. – Яз. англ.

E-mail:

Зайцев Е.А. – ea.zaicev@gmail.com

Теличенко Д.А. – telichenko@yandex.ru