

Конференция «Юные техники и изобретатели»

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Станция юных техников»
(МБУ ДО «СЮТ»)

ГЕЛИОСТАТ

Выполнил:

Уткин М. В.,
Муниципальное бюджетное учреждение
дополнительного образования
«Станция юных техников»
(МБУ ДО «СЮТ»)

Руководитель:

Бабанов Д. А.,
педагог дополнительного образования МБУ ДО «СЮТ»

Консультант:

Васильцова И. К.,
методист МБУ ДО «СЮТ»

Железногорск - 2015

Оглавление

Оглавление	2
Аннотация	3
Введение.....	4
Основная часть	5
Этапы реализации проекта	5
1 Этап. Подбор информации	6
Принцип работы солнечной батареи	6
Технические характеристики солнечных батарей	7
Эксперимент.....	8
2 Этап. Проектирование схемы гелиостата	10
3 Этап. Сборка гелиостата.....	13
4 Этап. Проверка работоспособности и демонстрация работы гелиостата ..	14
Заключение	15
Список использованных ресурсов.....	17
Приложения	18

Аннотация

С целью сбережения энергии проектируются различные устройства на альтернативных источниках энергии, в частности солнечные батареи и комплексы управления этими батареями. Преобразование солнечной энергии в электрическую имеет недостатки, связанные с неподвижностью солнечной батареи. Предлагаемое устройство позволяет ориентировать солнечную батарею в течение всего светового дня по траектории движения Солнца по двум осям «север - юг», «запад - восток». Цель: спроектировать действующую модель гелиостата. Представленное в работе устройство состоит из электронного блока и механического блока вращения батареи. Механический блок имеет две степени свободы и позволяет ориентировать солнечную батарею по траектории движения солнца. Электронный блок включает в себя микроконтроллер, который регулирует положение солнечной батареи, фотодатчики и электронные компоненты, обеспечивающие работу этих устройств. Результаты: Спроектирована принципиальная электрическая схема и механическая часть для вращения солнечной батареи гелиостата. Проведены тестовые испытания, показавшие эффективность использования установки. Собранный гелиостат может применяться как в частных, так и в промышленных масштабах. Новизна работы: за счёт простоты схемотехнической реализации удалось достичь минимальных габаритов и массы устройства, снизить его себестоимость. В перспективе планируется доработка данной системы путём введения блока питания гелиостата непосредственно от солнечной батареи.

Объем работы - 25 стр., количество таблиц - 5, рисунков и иллюстраций - 7, использованных Интернет-ресурсов и литературных источников – 5, приложений – 9.

Введение

В наше время большое внимание уделяется сбережению энергии. Рост числа энергопотребителей заставляет человека искать всё новые и новые способы получения энергии. Для этих целей проектируются различные устройства. К числу таких устройств относятся и устройства на альтернативных источниках энергии, в частности солнечные батареи и комплексы управления этими батареями.

Преобразование солнечной энергии в электрическую имеет недостатки, связанные, в первую очередь, с неподвижностью солнечной батареи.

Предлагаемое устройство позволяет ориентировать солнечную батарею в течение всего светового дня. В связи с тем, что в различных частях планеты солнце имеет различную траекторию движения, ориентирование солнечной батареи производится по двум осям «север - юг», «запад - восток».

Цель работы: спроектировать действующую модель гелиостата, устройства, позволяющего ориентировать солнечные батареи на солнце.

Задачи:

1. Провести эксперимент и анализ информации;
2. Спроектировать принципиальную электрическую схему устройства;
3. Спроектировать механическое устройство вращения солнечной батареи;
4. Собрать готовое устройство;
5. Провести тестовые испытания.

Методы: работа с информационными источниками, экспериментальный метод, проектирование и сборка электрических схем и печатных плат, тестирование устройства и анализ информации.

Основная часть

Этапы реализации проекта

Название этапов	Сроки	Цель	Средства	Проектная стоимость	Результат
Подбор информации	Октябрь 2014 г.	Подобрать необходимую информацию.	Литература, Интернет-ресурсы	250 руб. – стоимость Интернет трафика	Найдена необходимая информация для разработки устройства.
Проектирование схемы гелиостата	Ноябрь-декабрь 2014г.	Разработать схему гелиостата.	Литература, Интернет-ресурсы, расчёты.	Бесплатно	Разработана схема гелиостата.
Сборка устройства	Январь 2015 г.	Разработать и собрать готовый гелиостат.	Односторонне фольгированный стеклотекстолит, специальная бумага, утюг, хлорное железо, конденсаторы, резисторы, микроконтроллер, стабилизатор питания, диоды, фотодиоды, серводвигатели, болты, гайки.	1045 руб.	Собран готовый гелиостат.
Проверка работоспособности и демонстрация гелиостата	Февраль 2015 г.	Проверить работоспособность и продемонстрировать гелиостат.	Готовый гелиостат.	Исходя из предыдущих этапов	Проверена работоспособность гелиостата и проведена его демонстрация.

Итоговая проектная стоимость – 1295 рублей.

1 Этап. Подбор информации

На сегодняшний день известен ряд устройств, позволяющих ориентировать солнечную батарею на солнце в течение всего светового дня. К числу таких устройств относятся гелиостаты, электронная схема управления которых построена на так называемой «жесткой логике». Существуют также гелиостаты, которые ориентируют солнечную батарею на солнце по заранее написанной программе. Эта программа позволяет двигать солнечную батарею по заданной траектории. Однако такие системы имеют ряд ограничений в использовании: они имеют большие габариты и дороги в изготовлении. К примеру, предназначенная для работы на экваторе установка не будет работать правильно в Сибири, так как траектория движения солнца в каждой местности отличается.

Кроме того, даже в одной местности в разное время года такое устройство будет передвигать солнечную батарею по одинаковой траектории, что неправильно, так как в разное время года траектория движения солнца отличается. Предлагаемый гелиостат является универсальным в использовании, как для любой местности, так и в любое время года, поскольку ориентация осуществляется за счет разницы освещенности фотодатчиков. Кроме того, предлагаемый гелиостат не требует дорогих деталей. Использование микроконтроллера позволяет значительно уменьшить габариты конструкции.

Для реализации данной конструкции потребовалась информация о принципе работы солнечных батарей и устройствах, которые обеспечивают увеличение эффективности работы солнечных батарей.

Принцип работы солнечной батареи

По принципу работы солнечная батарея представляет собой фотоэлектрический генератор постоянного тока, который использует эффект преобразования энергии солнечных лучей в электрическую [3]. В солнечных батареях использовано свойство полупроводников на основе кристаллов кремния. Кванты света, попадая на пластину полупроводника, выбивают электрон с внешней орбиты атома данного химического элемента, что создаёт

достаточное количество свободных электронов для возникновения электрического тока. Однако для того, чтобы напряжения и мощности такого источника было достаточно для применения в хозяйственных целях, одного или двух кремневых элементов недостаточно, поэтому их собирают в цельные панели, где соединяют параллельно или последовательно. При этом площадь таких панелей может составлять от нескольких квадратных сантиметров до нескольких квадратных метров. Увеличивая количество панелей, можно добиться больше производимой мощности солнечной батареи.

Однако производительность солнечной батареи зависит не только от площади, но и от интенсивности солнечного света и угла падения лучей. Следовательно, производительность солнечной батареи зависит от местности и географической широты, от погоды и времени года, от времени суток.

Кроме того, чтобы система из солнечных батарей работала и подавала энергию в сеть, нужно установить ряд дополнительных электроприборов, в частности:

- Инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный;
- Аккумуляторную батарею, роль которой накапливать энергию и сглаживать перепады напряжения из-за изменения освещённости;
- Контроллер заряда аккумулятора, который не позволяет аккумулятору перезарядиться или разрядиться раньше времени.

Структурная схема такой системы приведена в *Приложении 1*.

Технические характеристики солнечных батарей

Как и любое техническое устройство, солнечная батарея имеет свои эксплуатационные и технические характеристики. Поскольку такие характеристики отличаются для разных моделей солнечных батарей, ниже идёт речь о средних значениях таких характеристик.

Интенсивность солнечного света на уровне моря составляет 1...3 кВт на квадратный метр. КПД лучших солнечных батарей составляет от 12% до 18%. С учетом КПД преобразование энергии солнечных лучей с помощью

фотопреобразователей позволяет получить с одного квадратного метра около 500 Вт мощности.

Эксперимент

Приведенное в предыдущем пункте значение мощности, получаемой солнечной батареей, будет именно таким в случае, если солнечный свет на солнечную батарею падает под углом, близким к 90° . Но в силу того, что в течение всего светового дня солнце меняет свою траекторию движения, угол освещения солнечной батареи будет значительно меняться.

Изменение угла освещения солнечной батареи должно приводить к изменению вырабатываемой мощности, а именно: к уменьшению этой мощности при отклонении угла падения света на плоскость солнечной батареи от нормали к этой плоскости. Как известно, энергия и мощность связаны формулой:

$$E = P \times t,$$

где P – мощность, выделяемая на нагрузке; t – время прохождения тока через нагрузку.

Следовательно, отклонение угла падения света на поверхность солнечной батареи от нормали должно приводить и к уменьшению энергии, которую вырабатывает батарея.

На основании вышесказанного можно сформулировать две гипотезы.

Гипотеза 1.

При изменении угла падения света на поверхность солнечной батареи мощность, отдаваемая батареей, будет изменяться, и будет максимальна при угле падения света на поверхность солнечной батареи равном 90° .

Гипотеза 2.

При падении света на поверхность солнечной батареи в течение некоторого времени под углом 90° на батарея будет отдавать большее количество энергии, чем при изменяющемся угле.

Для подтверждения этих гипотез проведен эксперимент, который заключался в следующем. Была взята солнечная батарея прямоугольной формы размерами 10*6 см.

На поверхность солнечной батареи в течение 60 секунд направлялся свет от яркого фонарика, при этом угол фонарика над воображаемым горизонтом изменялся, имитируя движение солнца в течение светового дня. При этом измерялось напряжение на нагрузке и ток, текущий через неё. После этого была вычислена мощность. Мощность была определена по формуле:

$$P = U \times I,$$

где U – напряжение на нагрузке; I – ток, протекающий через нагрузку. Таблица с результатами измерений приведены в *Приложении 2*.

После определения значений мощности был построен график зависимости мощности, выделяемой на нагрузке (выраженной в милливаттах), от угла (выраженного в градусах). Графики были построены в программе MathCAD. Графики приведены в *Приложении 3*.

По графику видно, что при изменении угла падения света на поверхность солнечной батареи изменяется мощность, а максимальное значение мощности достигается при угле равном 90° . Это значение показано пунктирной линией.

Таким образом, пунктирная линия – это график зависимости мощности от времени в том случае, если бы солнечная батарея была закреплена на гелиостат.

Так как угол падения света на солнечную батарею линейно зависит от времени, то площадь под графиками будет равна энергии, выделяемой на нагрузке за определённое время. Так как площадь под графиком прямой больше площади под графиком кривой, то при угле падения света на солнечную батарею равном 90° на нагрузке выделяется большее количество энергии, чем при изменяющемся угле.

Таким образом, все гипотезы были подтверждены экспериментально. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что использование гелиостата будет рационально с точки зрения энергоэффективности.

2 Этап. Проектирование схемы гелиостата

На основании информации, полученной из различных источников и с помощью исследования, была спроектирована схема устройства.

Структурная схема устройства приведена в *Приложении 4*.

Гелиостат состоит из электронного блока управления, рулевого устройства вращения солнечной батареи, приводимого в движение двумя серводвигателями и непосредственно батареей.

Для проектирования схемы и печатной платы устройства была использована система автоматизированного проектирования.

Принципиальная электрическая схема устройства приведена в *Приложении 5*. Она состоит из стабилизатора питания, микроконтроллера [5] и схемы согласования. Стабилизатор питания построен на микросхеме DA1. Схема согласования состоит из резисторов R3-R6 [1] и непосредственно фотодатчиков. Конденсаторы C2, C4 [2] и резистор R1 образуют фильтр питания.

При изменении освещённости фотодатчика изменяется его сопротивление, и, следовательно, напряжение на делителе напряжения. Поскольку выходы A1-A4 делителя напряжения соединены с соответствующими входами микроконтроллера, изменение напряжения приводит к изменению кода на выходе аналого-цифрового преобразователя, содержащегося в микроконтроллере. Программа, записанная в микроконтроллер, выполняет обработку кодов, полученных в результате изменения освещённости фотодатчиков. После обработки кодов программа выдаёт сигналы на соответствующие серводвигатели, что, в свою очередь, приводит в движение рулевое устройство вращения солнечной батареи. При этом происходит ориентация солнечной батареи на солнце. При движении солнца в течение всего светового дня такой алгоритм повторяется.

Для проектирования корпуса и рулевого устройства была использована программа AutoCAD. Чертеж развёртки корпуса и рулевого устройства приведён в *Приложении 6*.

Следует отметить, что в предлагаемой конструкции питание будет осуществляться от внешнего источника (стабилизированного блока питания с выходным напряжением 9 В). Это связано с высокой стоимостью солнечных батарей и, как следствие, использованием имитатора солнечной батареи. Однако при использовании предлагаемой конструкции в реальной системе питание гелиостата будет осуществляться от той же солнечной батареи и от резервного аккумулятора, который также будет заряжаться от солнечной батареи. Следовательно, в такой системе, будут предусмотрено устройство аккумулятора и инвертор, о роли которого говорилось ранее.

Структурная схема такой системы приведена в *Приложении 7*. На гелиостат крепится солнечная батарея, что обеспечивает её ориентацию на солнце. Постоянный ток, вырабатываемый на солнечной батарее, поступает на устройство заряда аккумулятора, который обеспечивает зарядку аккумулятора до определённого значения. Параллельно с солнечной батареей ток поступает на инвертор, который преобразует постоянный ток в переменный, пригодный для промышленного применения, то есть с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. После преобразования ток поступает на различные бытовые устройства.

Кроме того, ток с солнечной батареи поступает на блок питания гелиостата. В тёмное время суток питание гелиостата в ждущем режиме обеспечивается за счёт тока, взятого с аккумулятора и преобразованного в блоке питания.

Для предложенной системы можно использовать солнечную батарею прямоугольной формы размерами 3*3 м. Поэтому исходя из того, что квадратный метр батареи в среднем вырабатывает ток мощностью 500 Вт, такая система выработает 1500 Вт.

Для питания гелиостата необходимо 300 Вт при движении системы и 50 Вт в режиме ожидания. В среднем движение системы составляет 10% всего времени работы. На работу инвертора расходуется 20 Вт энергии, а на работу контроллера заряда батареи 5 Вт. На заряд батареи расходуется 100 Вт [4].

Таким образом, при максимальном потреблении всех устройств с одной системы подобного типа в сеть выдаётся 1 кВт. Этого достаточно, чтобы включить электроплиту с мощностью до 1 кВт или, к примеру, телевизор.

Следовательно, при установке достаточного количества таких систем, либо одной системы, способной удерживать солнечную батарею большой площади, можно заменить использование источников центрального электроснабжения на использование солнечной батареи с гелиостатом.

3 Этап. Сборка гелиостата

После проектирования схемы гелиостата была произведена его сборка.

Для сборки принципиальной электрической схемы была изготовлена печатная плата.

Изготовление печатной платы осуществлялось гальваническим методом. Сначала чертёж платы был распечатан на специальной бумаге, затем с помощью утюга перенесён на односторонний фольгированный стеклотекстолит. С помощью хлорного железа было произведено травление платы.

После изготовления печатной платы на ней была собрана электрическая схема. Для сборки схемы использовалась паяльная станция.

Детали для корпуса и рулевого устройства вращения солнечной батареи были вырезаны на станке лазерной резки, а затем склеены.

После сборки рулевого устройства к нему были прикреплены на винты серводвигатели. Эта система прикрепляется к нижней крышке корпуса. В силу дороговизны солнечных батарей большой площади в предлагаемой конструкции был использован имитатор солнечной батареи, который представляет собой покрашенную фанеру прямоугольной формы со сторонами 25*25 см.

4 Этап. Проверка работоспособности и демонстрация работы гелиостата

После сборки гелиостата было проведено его тестирование. Испытания проводились в два этапа.

На первом этапе с помощью яркого фонарика имитировалось движение солнца. При этом устройство успешно ориентирует макет солнечной батареи на свет фонарика. Это доказывает работоспособность устройства и возможность его применения непосредственно для ориентации солнечной батареи на солнце.

На втором этапе необходимо было проверить, соответствуют ли результаты эксперимента по определению эффективности использования гелиостата результатам такого же эксперимента, но проведённого уже с собранной моделью. В данном эксперименте все измерения и расчёты проводились аналогично первому эксперименту. То есть были измерены значения тока и напряжения на нагрузке 470 кОм, посчитана мощность. Таблица результатов измерений приведены в *Приложении 8*.

Затем был построен график зависимости мощности от угла солнца над воображаемым горизонтом в случае, если солнечная батарея закреплена на гелиостате. При этом пунктиром обозначен график, который соответствует максимальному значению полученной мощности в первом эксперименте. Графики приведены в *Приложении 9*.

При этом можно заметить, что графики приближённо совпадают. Из этого можно сделать вывод о том, что использование гелиостата позволяет получать максимальную мощность и энергию с солнечной батареи.

Проведённый эксперимент доказал эффективность использования гелиостата в системах солнечных батарей.

Заключение

Предлагаемая в работе модель гелиостата позволяет ориентировать солнечную батарею на солнце, что будет рационально с точки зрения энергоэффективности. Это было подтверждено экспериментально.

Установка имеет низкую себестоимость, проста в изготовлении и использовании.

Следует отметить, что на различных этапах работы возникли определённые риски. Подробное описание таких рисков и способов их устранения приведено в таблице.

Название этапа	Риски	Предотвращение риска
Подбор информации	Найденный вариант решения окажется неработоспособным	Провести моделирование решения
	Результаты эксперимента не будут соответствовать выдвинутой гипотезе	Приблизить эксперимент к реальной ситуации.
Проектирование схемы гелиостата	Ошибка в расчётах	Смоделировать работу схемы с помощью компьютера и исправить ошибку
	Неправильно выбраны элементы	
	Ошибка в проектировании развёртки корпуса и рулевого механизма	Провести моделирование в 3D режиме и исправить ошибки
Сборка гелиостата	Ошибка в сборке электрической схемы	Провести тестирование схемы и исправить ошибку
	Перегрев контактных площадок печатной платы и выводов радиоэлементов	Выбрать оптимальную температуру нагрева и время пайки
Проверка работоспособности и демонстрация работы гелиостата	Несоответствие работы гелиостата заявленным требованиям	Тестирование и отладка основных узлов гелиостата

Выводы:

1. Проведён эксперимент и анализ информации
2. Спроектирована принципиальная электрическая схема устройства
3. Спроектировано механическое устройство вращения солнечной батареи
4. Собрано готовое устройство
5. Проведены тестовые испытания, показавшие работоспособность собранной установки и эффективность её использования
6. В перспективе планируется доработка данной системы путём введения блока питания гелиостата непосредственно от солнечной батареи.

Расчет проектной стоимости

Позиция	Цена, рублей	Количество	Стоимость, рублей
Серводвигатели	215	2	430
Диоды	15	1	15
Конденсаторы	10	7	70
Резисторы	5	5	25
Микроконтроллер	270	1	270
Микросхемы	35	1	35
Стеклотекстолит	50	1	50
Хлорное железо	150	1	150
Интернет-трафик	250	1	250
Итого			1295

Список использованных ресурсов

Литература

1. Горячева Г.А. Справочник Конденсаторы / Г.А. Горячева- Радио и связь, 1984.-88 с.
2. Справочная книга радиолюбителя-конструктора / А.А. Бокуняев, Н.М. Борисов, Р.Г. Варламов и др.; Под ред. Н.И. Чистякова.-М.: Радио и связь,1990.-524 с.

Интернет - ресурсы

3. Солнечные батареи для дома –
(<http://www.windsolar diy.com/fabrichnie-solnechnie-batarei/solnechnie-batarei-dlya-doma.html>)
4. Система снабжения от автономных источников –
(<http://khd2.narod.ru/gratis/autonet.htm#NECESSARY>)
5. Описание микроконтроллера ATMEGA8 на сайте производителя -
(<http://www.atmel.com/devices/atmega8.aspx>)

Материалы и оборудование:

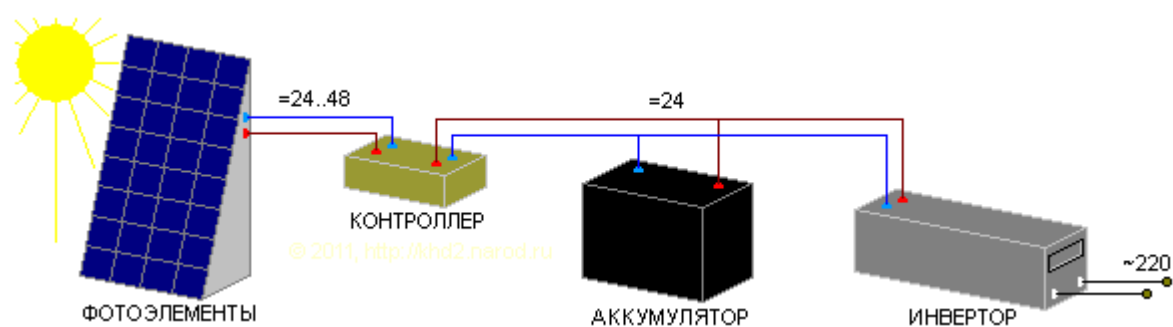
1. Станок лазерной резки;
2. Персональный компьютер;
3. Паяльная станция;
4. Акрил;
5. Радиоэлементы;
6. Материалы для пайки (припой, канифоль);
7. Односторонне фольгированный стеклотекстолит;
8. Болты, гайки;

Программное обеспечение: AutoCAD; программа автоматизированного проектирования.

Приложения

Приложение 1

Структурная схема системы питания от солнечной батареи



Приложение 2

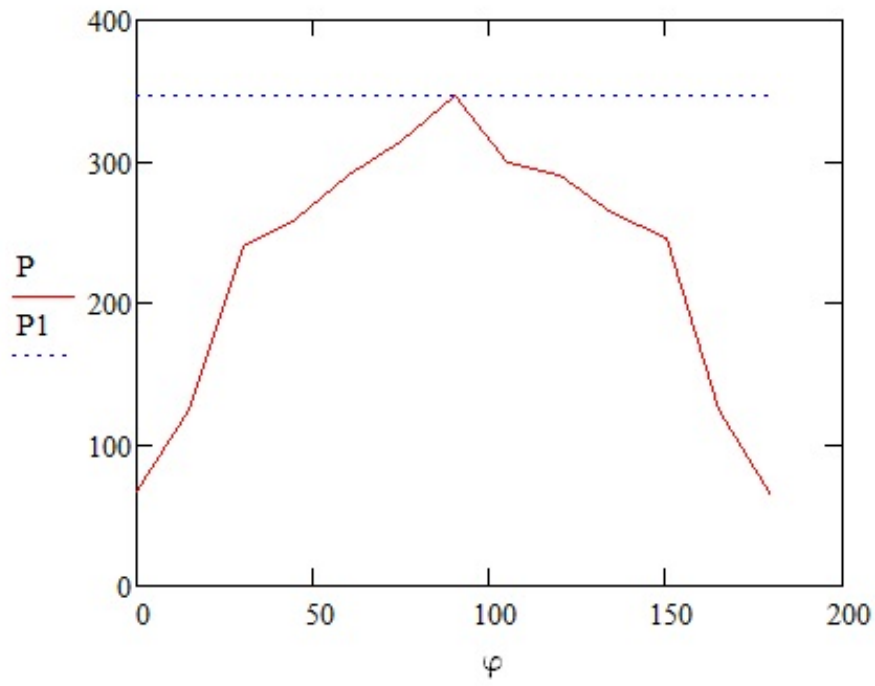
Результаты измерений Эксперимента №1

Измерения при изменяющемся угле падения света

Время t, с	Угол φ , °	Напряжение U, В	Ток I, мкА	Мощность P, мкВт
0	0	1,35	50	67
5	15	1,82	67	124
10	30	2,55	94	240
15	45	2,65	98	260
20	60	2,8	103	290
25	75	2,91	107	314
30	90	3,06	114	346
35	105	2,85	105	300
40	120	2,8	103	290
45	135	2,67	98	264
50	150	2,58	95	246
55	165	1,84	68	125
60	180	1,31	48	63

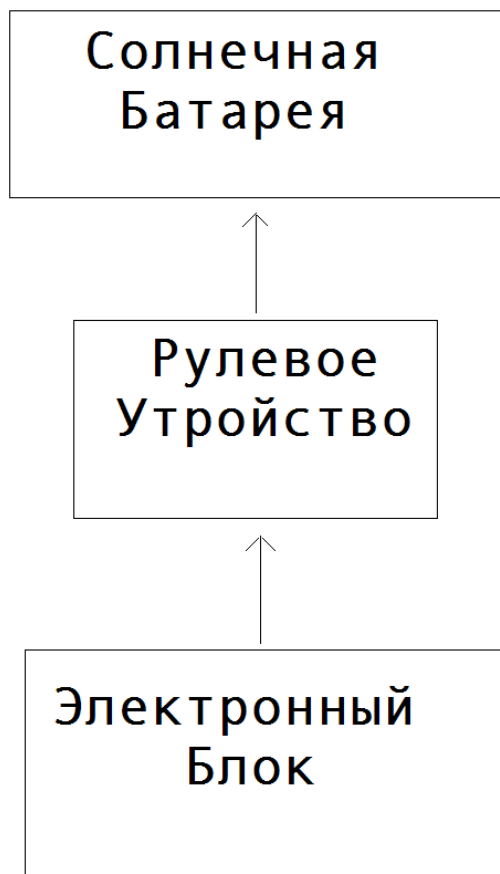
Приложение 3

Графики к Эксперименту №1



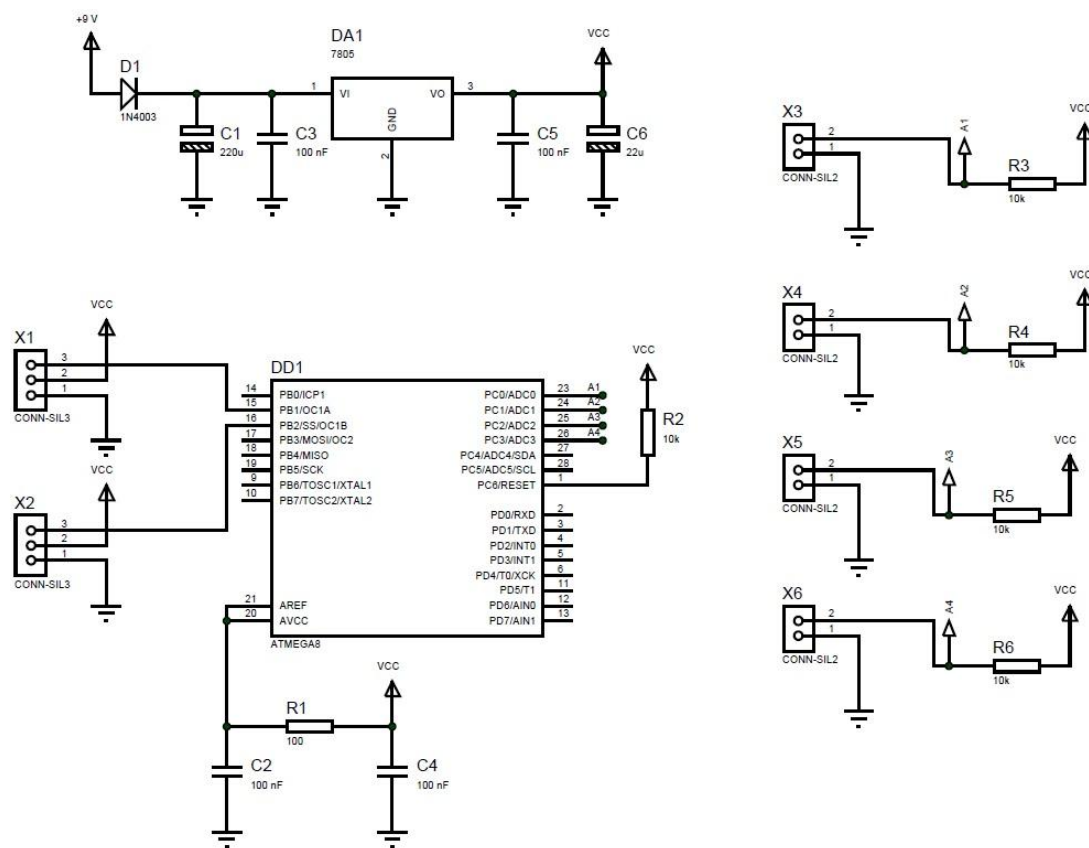
Приложение 4

Структурная схема устройства



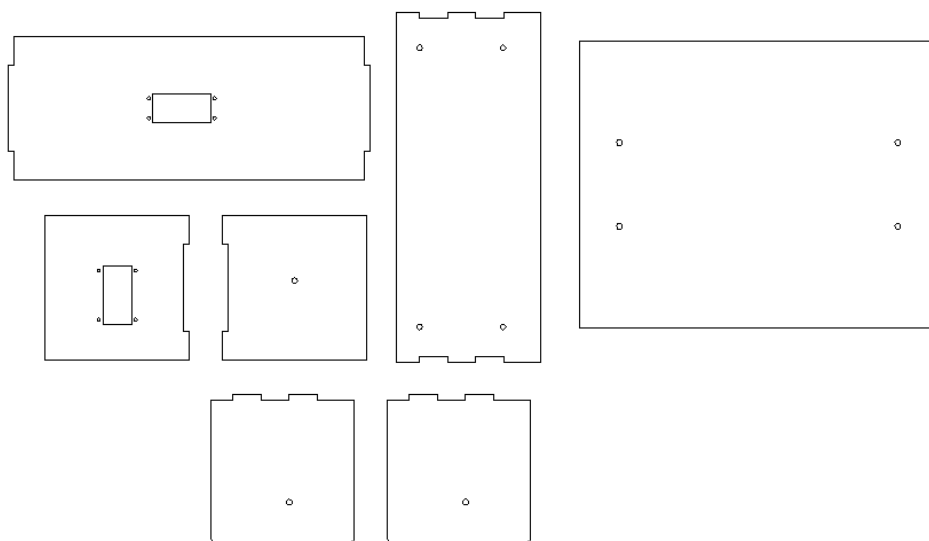
Приложение 5

Принципиальная электрическая схема устройства



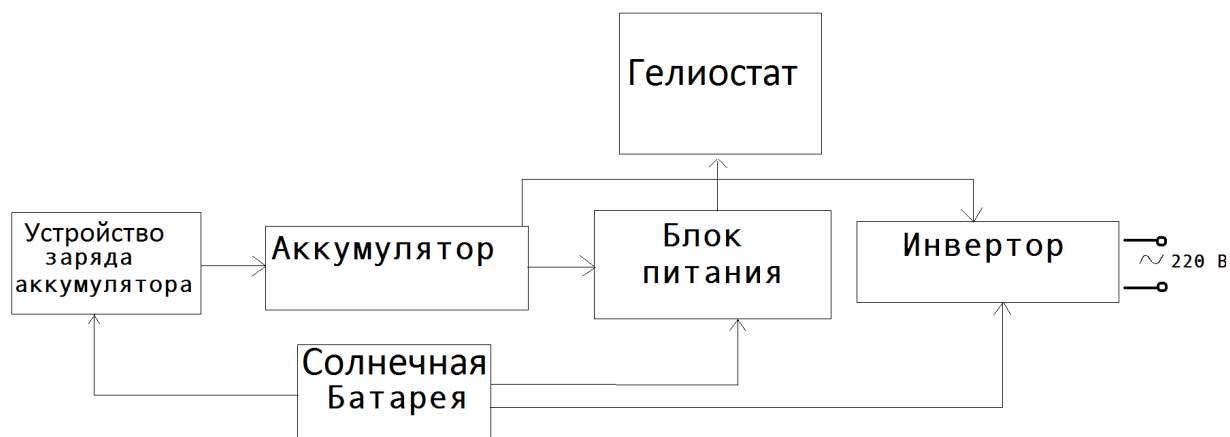
Приложение 6

Чертеж развёртки корпуса и рулевого устройства



Приложение 7

Структурная схема системы электропитания на солнечной батарее и гелиостате



Приложение 8

Результаты измерений Эксперимента №2

Измерения при использовании гелиостата

Время t, с	Угол φ , °	Напряжение U, В	Ток I, мкА	Мощность P, нВт
0	0	3,06	114	346
5	15	3,01	111	335
10	30	3,06	114	346
15	45	3,05	112	344
20	60	3,06	114	346
25	75	3,02	111	337
30	90	3,05	112	344
35	105	3,06	114	346
40	120	3,03	112	340
45	135	3,04	112	342
50	150	3,06	114	346
55	165	3,05	112	344
60	180	3,06	114	346

Приложение 9

График к Эксперименту №2 Тестирование гелиостата

