

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов
и производств
Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о.зав. кафедрой
О.В. Скрипко
« 28 » июня 2018 г.

БАКАЛАВРАСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной
солнечной установки

Исполнитель студент группы 441об	<u> 28.06.2018</u> (подпись, дата)	Н.С. Колтунов
Руководитель доцент, канд.техн.наук	<u> 28.06.2018</u> (подпись, дата)	А.Н. Рыбалев
Консультант по безопасности и экологичности доцент, канд.техн.наук	<u> 28.06.2018</u> (подпись, дата)	А.Б. Булгаков
Нормоконтроль доцент, д-р техн.наук	<u> 28.06.2018</u> (подпись, дата)	О.В. Скрипко

Благовещенск 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о.зав. кафедрой


подпись
О.В. Скрипко
И. О. Фамилия
« 28 » июня 2018 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента 441 группы Колтунова
Николая Сергеевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной установки.

(утверждена приказом от 23.11.16. № 2530-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной проекта: 25 июня 2018 года.

3. Исходные данные к курсовому проекту: 1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств;
2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Виды солнечных батарей и их характеристики

2) Позиционирование солнечных батарей

3) Алгоритм позиционирования и их программная реализация

4) Удалённое управление солнечной батареей на основе сети GSM

5) Разработка системы экстремального позиционирования

6) Безопасность, экологичность и чрезвычайные ситуации солнечной батареи

5. Перечень материалов приложения (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.):

Лист 1: Функциональная схема солнечной установки и характеристики её элементов;

Лист 2: Структурная схема системы управления;

Лист 3: Принципиальная электрическая схема солнечной установки;

Лист 4: Эксперименты с установкой по изменению освещённостью;

Лист 5: Алгоритмические схемы подпрограмм и режимов программы;

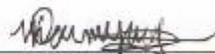
Лист 6 Конфигурационная настройка и удаленное управление солнечной батареей, на базе ПЛК73 и ПМ01.

6. Дата выдачи задания 23 января 2018

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей Николаевич, доцент, канд. тех. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 23 января 2018



(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 102с., 42рисунка, 4 таблицы, 18приложений, 36 источников.

ПЛК,МОДЕМ, СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ, УСТАНОВКА, НАПРЯЖЕНИЕ, ДИСПЕЧЕРИЗАЦИЯ, SMS, ПО, АО ПК, CODESYS, БИБЛИОТЕКИ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА, АЛГОРИТМЫ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА, ЭЛЕКТРОПРИВОД, РЕЛЕ, ЩИТ УПРАВЛЕНИЯ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка алгоритма и программы, которая обеспечивает экстремальное слежение за солнцем на базе лабораторной солнечной установки. Предполагается управление установкой как с пульта управления, так и удалённо, с помощью GSM-модема и мобильного устройства.

Данная лабораторная установка солнечной батареи, была разработана и создана на кафедре автоматизации производственных процессов Амурского государственного университета бывшим аспирантом Зайцевым Е.И. В дальнейшем она была модернизирована выпускниками Дервянко Д.А. и Козыревым А.Ю.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была изучена подробно солнечная установка и её действующая программа, также был проведён комплекс работ по ремонту и улучшению стенда.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Виды солнечных батарей и их характеристики	11
1.1 Виды солнечных батарей.....	11
1.1.1 Солнечные батареи на основе кремния.....	12
1.1.2 Плёночные солнечные батареи	15
1.2 Схема подключения солнечной батареи к потребителю.	16
2 Позиционирование солнечных батарей	21
2.1 Эффективность	21
2.1.1 Суть работы системы слежения за солнцем	21
2.1.2 Виды конструкций солнечных батарей.....	21
2.2 Кинематические схемы.....	23
2.2.1 Схема имеющейся установки	24
2.2.2 Перспективная схема установки	26
2.3 Система позиционирования лабораторной установки	27
2.3.1 Состав солнечной установки.....	27
2.3.2 Система управления солнечной установкой	29
3 Алгоритм позиционирования и их программная реализация.....	30
3.1 Поисковые методы позиционирования.....	30
3.1.1 Первый метод: МРРТ	30
3.2.2 Второй метод: Алгоритм солнечной позиции.....	31
3.2 Алгоритм и программа позиционирования по времени и дате	31
3.3 Система изменения освещённости	32
4 Удаленное управление солнечной батареей на основе сети GSM.....	37
4.1 Системы диспетчеризации	37
4.2 Виды каналов передачи данных	38
4.3 Беспроводная система мониторинга и локального управления удалёнными объектами на основе модема ОБЕН ПМ01	40
4.4 Описание GSM /GPRS модема ОБЕН ПМ01	42
5 Разработка системы экстремального позиционирования солнечной установки ...	44
5.1 Подготовительные работы экстремального позиционирования.....	44

5.2 Разработка программного обеспечения для солнечной установки.....	45
5.2.1 Подпрограмма DISPLAY.....	46
5.2.2 Подпрограмма FOR_VISUALISATION.....	48
5.2.3 Подпрограмма HAND_MODE.....	49
5.2.4 Подпрограмма LOAD_CONFIG.....	49
5.2.5 Подпрограмма PARKING.....	50
5.2.6 Подпрограмма PLC_PRG.....	50
5.2.7 Функция RealToString.....	52
5.2.8 Функциональный блок Regul_Extr.....	53
5.2.9 Функциональный блок SMS_Form.....	54
5.2.10 Подпрограмма SMS_Ochered.....	54
5.2.11 Подпрограмма SMS_Otpravka.....	55
5.2.12 Подпрограмма SMS_Servis.....	55
5.2.13 Настройка пользовательское меню.....	55
5.2.14 Измерения параметров электрической энергии солнечной батареи..	57
6. Безопасность, экологичность и чрезвычайные ситуации солнечной батареи	59
6.1 Безопасность.....	59
6.2 Экологичность.....	61
6.3 Чрезвычайные ситуации.....	65
Заключение.....	67
Библиографический список.....	68
Приложение А - Техническое задание на разработку.....	72
Приложение Б - Функциональная схема солнечной установки.....	83
Приложение В - Программный алгоритм солнечной позиции.....	84
Приложение Г - Программный алгоритм MaximumPowerPointTracking.....	85
Приложение Д - Листинг подпрограммы PLC_PLG.....	86
Приложение Е - Листинг подпрограммы DISPLAY.....	93
Приложение Ж - Листинг подпрограммы FOR_VISUALISATION.....	94
Приложение К - Листинг подпрограммы HAND_MODE.....	95
Приложение Л - Листинг подпрограммы Load_Config.....	96
Приложение М - Листинг подпрограммы PARKING.....	98
Приложение Н - Листинг функцияRealToString.....	99

Приложение О - Листинг функционального блока Regul_Extr.....	100
Приложение П - Листинг функционального блока SMS_Form.....	103
Приложение Р - Листинг подпрограммы SMS_Ochered	104
Приложение С - Листинг подпрограммы SMS_Otpravka	105
Приложение Т - Листинг подпрограммы SMS_Servis.....	106
Приложение У - Листинг подпрограммы Global_Variables.....	108
Приложение Ф - Режимы индикации ЖКИ.....	102

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСП – алгоритм солнечной позиции;

АСУ – автоматизированная система управления;

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;

КЗ – короткое замыкание;

КПД – коэффициент полезного действия;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение;

ОП – огнетушитель порошковый;

СБ – солнечная батарея.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мировое сообщество активно потребляет ископаемое топливо (природный газ, нефть, уголь и тому подобное) для удовлетворения большинства своих энергетических потребностей, из-за этого от нехватки данных ресурсов, может в скором будущем появиться большая проблема для всего человечества. Так как ископаемые виды топлива являются ограниченным ресурсом, и их потребление как правило приводит к загрязнению нашей окружающей среды. Ввиду данных ситуаций и обстоятельств человечество стало искать упорно альтернативные (возобновляемые) источники энергии. ВИЭ – это виды энергии, непрерывно возобновляемые в биосфере нашей планеты [1].

Классифицируются альтернативные источники энергии по следующему принципу: солнечная энергия, ветряная энергия, вода (энергия приливов и отливов, энергия рек), энергия биомассы и биогаз. Их также принято называть в мире «зелёной энергией» [2].

Солнце является самым огромным и мощным источником альтернативной энергии. Поэтому сама идея использования солнечной энергии появилась много сотен лет назад, но тогда не было нужных технологий. Сейчас же изобрели солнечные коллекторы и различные фотоэлектрические батареи, которые преобразовывают солнечную или тепловую энергию в электрическую. Полученная энергия пригодна как для отопительных и охлаждающих процессов, так и обеспечения электроэнергией домов.

Солнечная энергетика - это такая отрасль науки, разрабатывающая теоретические основы, методы и устройства использования солнечного излучения для получения электрической, тепловой или других видов энергии и использования их как в быту, так и промышленных масштабах [3].

Факторы развития солнечной энергетики:

- относительно быстрая окупаемость используемых технологий, которые производят электроэнергию;

- баланс предложения и спроса солнечной электроэнергии;
- отсутствие выброса загрязняющих веществ в окружающую среду;
- имеется возможность присоединения к единой системе централизованного энергоснабжения, с технической точки зрения.

Итак, перечислим, преимущества использования солнечной энергии:

- экологически чистый и неиссякаемый источник энергии;
- можно разместить фотоэлектрические элементы на любой пустующей площади, например, даже на крышах и стенах зданий;
- неограниченное использование в местах отсутствия централизованных электроснабжающих сетей (ЦЭС);
- солнечная установка, как правило не требует трудоёмкого технического обслуживания для поддержания её функционирования.

Система автоматического позиционирования – это автоматическая поворотная конструкция, предназначенная для солнечных батарей, которая динамически ориентируется относительно положения солнца, тем самым обеспечивая оптимальное положение солнечных панелей или модулей. Точное слежение за солнцем достигается за счёт систем с одной или двумя осями слежения. Во многих системах слежения за солнцем применяются измерительные преобразователи освещённости (например, фоторезисторы) и достаточно сложные следящие программы автоматического регулирования, построенные на базе микроконтроллеров [4].

Преимущества использования устройств отслеживания солнца:

- эффективность увеличивается примерно на 20-65%, в зависимости от того, в какой широтной зональности установлена солнечная электростанция;
- необходимое пространство для солнечного парка снижается, при сохранении того же самого же количества электроэнергии;
- срок окупаемости инвестиций уменьшается;
- минимально требуемое обслуживание.

1 ВИДЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

На вопрос «что входит в состав системы электроснабжения, питающейся от солнечной энергии?», первое, что приходит в голову – это солнечные батареи. И это, конечно, окажется верным ответом. Ещё, подобная система содержит не только солнечные панели, но туда ещё есть входят аккумуляторы, контроллеры, инверторы и другие устройства, каждое из которых выполняет свою определённую функцию.

1.1 Виды солнечных батарей

Солнечная панель – это тот элемент, с которого начинается весь процесс накопления и преобразования солнечной энергии. В настоящее время существует великое многообразие типов солнечных батарей.

Сейчас, в данном промежутке времени, на рынке солнечных модулей представлено несколько различных образцов. Отличаются они друг от друга как технологией изготовления, так и материалами из которых их производят. На рисунке ниже приведена классификация солнечных батарей.



Рисунок 1.1 – Виды солнечных батарей

1.1.1 Солнечные батареи на основе кремния

Батареи, основой которым служит кремний, на сей момент являются самыми популярными. Объясняется это широким распространением кремния в земной коре, его относительной дешевизной и высоким показателем производительности, по сравнению с другими видами солнечных батарей. Как видно из рисунка 1.1 - кремниевые батареи производят из моно- и поликристаллов Si и аморфного кремния.

Монокристаллические солнечные батареи представляют собой силиконовые ячейки, скрепленные между собой. Для их изготовления используют максимально чистейший кремний, получаемый по методу Чохральского. После затвердевания готовый монокристалл разрезают на тонкие пластины толщиной 250-300 мкм, которые пронизывают сеткой из металлических электродов. Используемая технология является сравнительно дорогостоящей, поэтому и стоят монокристаллические батареи дороже, чем поликристаллические или аморфные. Выбирают данный вид солнечных батарей за высокий показатель КПД (порядка 17-22 %)[5].

Для получения поликристаллов кремниевый расплав подвергается медленному охлаждению. Такая технология требует меньших энергозатрат, следовательно, и сама себестоимость кремния, полученного с её помощью меньше. Единственный минус: поликристаллические батареи имеют более низкий КПД (12-18%), чем их «собрать-конкурент». Причина кроется в том, что внутри поликристалла образуются области с зернистыми границами, которые уже и приводят к уменьшению эффективности элементов [5].

В таблице 1 приведены основные различия между моно и поли солнечными элементами. В ней приведены различные характеристики солнечных фотоэлементов.

Таблица 1–Характеристики элементов солнечных панелей

Показатель	Моно элементы	Поли элементы
Кристаллическая структура	Зерна кристалла параллельны Кристаллы ориентированы в одну сторону	Зерна кристалла не параллельны Кристаллы ориентированы в разные стороны
Температура производства	1400 °С	800-1000 °С
Стабильность	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Цена	Высокая	Высокая, но меньше, чем у моно
Период окупаемости	2 года	2-3 года

На рисунке 1.2 представлены внешние виды панелей: монокристаллическая и поликристаллическая солнечная панель (слева направо).



Рисунок 1.2 – Кремневые панели солнечных батарей

Если проводить деление в зависимости от используемого материала, то аморфные батареи относятся к кремниевым, а если в зависимости от производственной технологии – к плёночным.

В случае изготовления аморфных панелей, применяется не кристаллический кремний, а силан или кремневодород, который тонким слоем добавляется на материал подложки. КПД таких батарей составляет всего 5-6%, у них очень низкий показатель эффективности, но, несмотря на эти недостатки, они имеют и ряд достоинств:

- показатель оптического поглощения в 20 раз выше, чем у поли- и монокристаллов;
- толщина элементов меньше 1 мкм;
- в сравнении с поли- и монокристаллами имеет более высокую производительность при пасмурной погоде;
- повышенная гибкость.

Помимо описанных выше типов кремниевых солнечных батарей, существуют и их гибриды. Так для более большей стабильности элементов используют двухфазный материал, представляющий собой аморфный кремний с включениями нано- или микрокристаллов. По свойствам полученный материал подобен с поликристаллическим кремнием. Представлен он на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Аморфная панель солнечной батареи

1.1.2 Плёночные солнечные батареи

Разработка плёночных батарей обусловлена:

- потребностями в снижении стоимости солнечных батарей;
- необходимостью в улучшении производительности и технических характеристик.

Исследования CdTe (теллурида кадмия), в качестве светопоглощающего материала для солнечных батарей начались ещё в 70 годах. В то время его рассматривали как один из оптимальных вариантов для использования в космическом пространстве, сегодня же батареи на основе теллурида кадмия являются одними из самых перспективных в земной солнечной энергетике. Так как кадмий является кумулятивным ядом, то дискуссии возникают лишь по единственному вопросу: токсичен или нет? Но исследования показывают, что уровень кадмия, высвобождаемого в атмосферу, ничтожно мал, и опасаться его ущерба не стоит. Значение КПД составляет примерно 11%. Конечно, цифра незначительная, зато стоимость ватта мощности таких батарей на 20-30 % меньше, чем у кремниевых [6].

Солнечные батареи на основе селенида меди-индия - как понятно из названия, в качестве полупроводников используются медь, индий (иногда некоторые элементы индия заменяют галлием) и селен. Такая практика объясняется тем, что большая часть производящегося на сегодня индия требуется для производства плоских мониторов и экранов. Именно поэтому с целью экономии индий замещают на галлий, который имеет подобные свойства. Плёночные солнечные батареи на основе селенида меди-индия имеют КПД равный 15-20%. Ещё, следует иметь в виду, что без использования галлия эффективность солнечных батарей возрастает примерно на 14%.

Разработка полимерного вида батарей началась относительно недавно. В качестве светопоглощающих материалов используются органические полупроводники, такие как полифенилен, углеродные фуллерены, фталоцианин меди и другие. Толщина плёнок составляет 100 нм. Полимерные солнечные батареи

имеют на сегодняшний день КПД всего лишь 5-6% [7]. Но их основными достоинствами считаются:

- низкая стоимость производства;
- лёгкость и доступность;
- отсутствие вредного воздействия на окружающую среду.

Используются полимерные батареи в областях, где наибольшее значение имеет механическая эластичность и экологичность утилизации. В таблице 2 приведены обобщённые данные о КПД разных видов солнечных панелей.

Таблица 2 - КПД различных видов солнечных элементов

Виды солнечных элементов, выпускаемых в производственных масштабах	КПД
Монокристаллические	17-22%
Поликристаллические	12-18%
Аморфные	5-6%
На основе теллурида кадмия	10-12%
На основе селенида меди-индия	15-20%
На основе полимеров	5-6%

1.2 Схема подключения солнечной батареи к потребителю.

Итак, начнём от большего к меньшему: от подключения к потребителю промышленных солнечных электростанций и заканчивая частными (бытовыми) солнечными батареями.

Сетевые промышленные солнечные электростанции являются одним из разновидностей электрических станций, которые создают электроэнергию из преобразованного солнечного света. Данные технологии стали часто применяться не только для частных потребностей, но и в промышленных целях [8].

На рисунке 1.4 отображена схема подключения к потребителю промышленных солнечных электростанций.

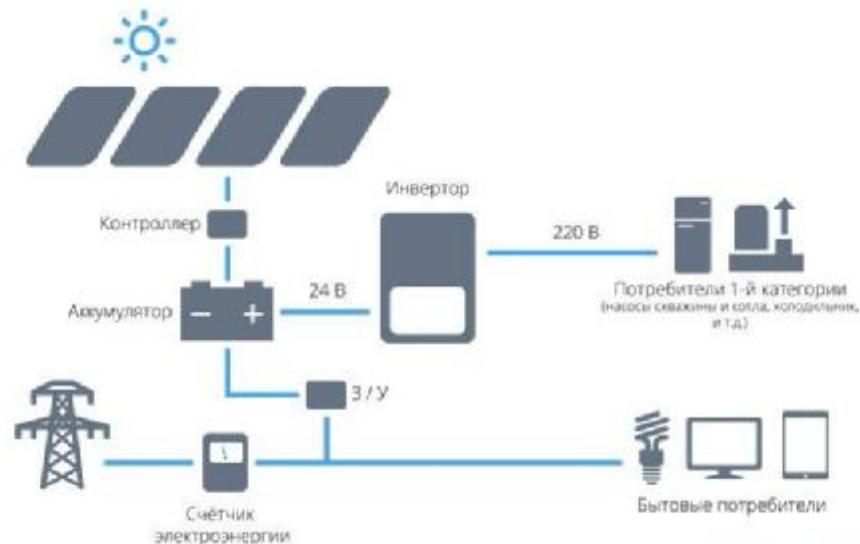


Рисунок 1.4 – Обобщённая схема комплекса солнечной батареи

В состав электростанции входят следующие составляющие:

- солнечные батареи, которые вырабатывают электрический постоянный ток под воздействием излучения солнца;
- сетевые инверторы, выступающие преобразователем постоянного тока в ток переменный;
- электрические счётчики, созданные для отслеживания производительности системы и реализации электрической энергии по так называемому «зелёному» тарифу (экономический механизм, предназначенный для привлечения инвестиций в технологии использования возобновляемых источников энергии) [9];
- система мониторинга, которая позволяет контролировать технические параметры функционирования солнечной электростанции;
- металлоконструкции для поддержания солнечных батарей как на земной поверхности, так и на вершине здания, а также подвижные солнечные трекеры;
- потребители электрической энергии (промышленные приборы);
- централизованная сеть (ЛЭП), подсоединяющая электростанцию.

Стоит перечислить главные преимущества солнечных электростанций, такие как:

1. высокий уровень надёжности такой системы: отсутствие движущихся частей, которые могут изнашиваться и шуметь, в отличие от ветрогенераторов;
2. относительно низкая стоимость затрат на возведение: такие станции абсолютно неприхотливы к территориям, на которых их можно установить (не только поверхность земли, но и крыши, фасады зданий и т.д.);
3. независимость от различных вариантов ископаемого топлива;
4. возможное использование в тех местностях, где нет централизованных электросетей;
5. отсутствие необходимости в трудоёмком техобслуживании;
6. вариант функционирования в рамках «зелёного» тарифа;
7. экологическая безопасность.

Масштабные солнечные станции направлены на выработку электричества в формате промышленного так называемого «зелёного тарифа».

Зелёный тариф – это специальный законопроект, позволяющий частным домохозяйствам и юридическим лицам, продавать в электросеть общего пользования, электрическую энергию, полученную из альтернативных источников [10].

Чтобы генерировать электроэнергию в сети, солнечные панели присоединяют к инверторам, преобразовывающим постоянный ток в переменный. Для подключения инвертора к сети используется трансформатор. Ниже, на рисунке 1.5 отображена схема подключения комплекса автономной солнечной батареи [11].



Рисунок 1.5 – Обобщённая схема комплекса автономной солнечной батареи

Следует знать, что бытовые солнечные электростанции способны обслуживать работу только бытовой электротехники, такой как холодильник, погружного насоса, телевизора, системы освещения и т.п. Чтобы обеспечить энергией функционирование котла или даже микроволновки, потребуется более мощное и очень дорогое оборудование.

Подключение бытового комплекса солнечной батареи, представлена в рисунке 1.6. Существуют и другие, более сложные схемы, однако данное решение является универсальным и наиболее востребованным в быту.

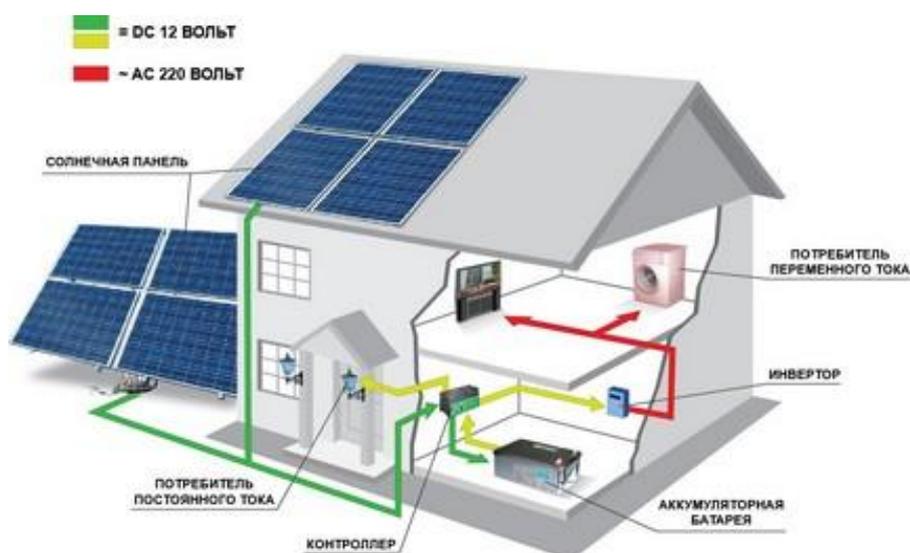


Рисунок 1.6 – Схема комплекса бытовой солнечной батареи

Подключение элементов происходит поэтапно, обычно в следующем порядке: сначала соединяют контроллер с аккумулятором, затем контроллер с солнечными панелями, затем аккумулятор с инвертором, и уже в последнюю очередь делают разводку по нужным потребителям.

Основными конструктивными элементами системы почти также, как и в других видах солнечных батарей выступают:

- 1) солнечная батарея;
- 2) контроллер заряда, который следит за напряжением аккумуляторов (в нашем случае это может быть программируемый контроллер);
- 3) инвертор, преобразующий постоянное электрическое напряжение аккумуляторной батареи в переменное 220В, которое необходимо для

функционирования системы освещения и работы бытовой техники потребителя;

4) предохранители, устанавливаемые между всеми элементами системы, которые защищают систему от короткого замыкания;

5) комплект коннекторов стандарта MC4.

Если показатель на клеммах аккумулятора в дневное время достигает отметки в 14 В, что указывает на их перезарядку, контроллер заряда прерывает зарядку. А в ночной период, когда показатель напряжения аккумуляторов достигает предельно низкого значения в 11 В, контроллер уже останавливает работу электростанции [12].

2 ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

2.1 Эффективность

Как общеизвестно, что солнце движется по небосводу, начиная своё движение, а соответственно и освещение всего что находится на нашей планете, «ранним утром» и заходя за небосвод – на ночь. Из-за этого, очень важно, именно для максимального получения солнечной энергии панелями (фотомодулями) солнечных батарей, чтобы они как можно дольше находились по времени – были направлены в сторону солнца, и чтобы угол их плоскости наклона к солнцу, как можно был близок к 90° [13].

2.1.1 Суть работы системы слежения за солнцем

Как известно, работа механизма системы слежения за солнцем – заключается в его способности отслеживать на небосводе его траекторию движения, а также постоянно двигаться за солнцем, с раннего утра и до позднего вечера.

Механизмы системы слежения за солнцем, на которых крепятся модули фотогальванических солнечных батарей – конструктивно состоят из различных трубок и профилей с нержавеющей стали и алюминия. В движение, система слежения за солнцем, приводится посредством использования исполнительных механизмов: электродвигателя и понижающего его обороты, редуктора.

Благодаря блоку управления данной системы происходит слежение движения небесного «светила» над горизонтом, с соответствующим поворотом в его направление, поворотного механизма с размещёнными на нем модулями солнечных батареи.

2.1.2 Виды конструкций солнечных батарей

На сегодняшнее время популярны 3 вида конструкций солнечных батарей: стационарные (неподвижные), с одноосевой, с двухосевой подвижной платформой. Обычно на практике используются платформы, как стационарные, так и с одноосевым позиционированием, потому что они просты по конструкции

и дешевле их двухосевого «конкурента». Стационарные и двухосевые солнечные батареи отображены на рисунке 2.1 и рисунке 2.2 соответственно.



Рисунок 2.1– Стационарная солнечная батарея



Рисунок 2.2 - Солнечная батарея с двухосевым трекингом положения солнца

Эффективность солнечных батарей, которые размещены на 2 координатных подвижных платформах и снабжённых системами ориентации, в том числе с функцией оптимизации, как правило на 40-45% выше, чем у обычных стационарных установок.

Существуют и другие факторы, влияющие на эффективность солнечных установок. К примеру, фактор затенения поверхностей одних панелей другими, при размещении в ряд на площадке множества солнечных панелей. Влияние данного фактора негативно отражается на эффективности фотоэлектрических установок. Опыт проектирования фотоэлектрических установок показывает, что ни стационарные станции, ни двух координатные установки не избавляют в полной мере от потерь энергии вследствие образования теней на поверхности панелей. Единственным способом небольшого «смягчения» негативного эффекта данного фактора является увеличение дистанции между платформами, при их рядном размещении.

2.2 Кинематические схемы

Данная лабораторная солнечная установка, была разработана и создана на бывшем аспирантом Зайцевым Е.И. и в дальнейшем была модернизирована выпускниками Деревянко Д.А. и Козыревым А.Ю.

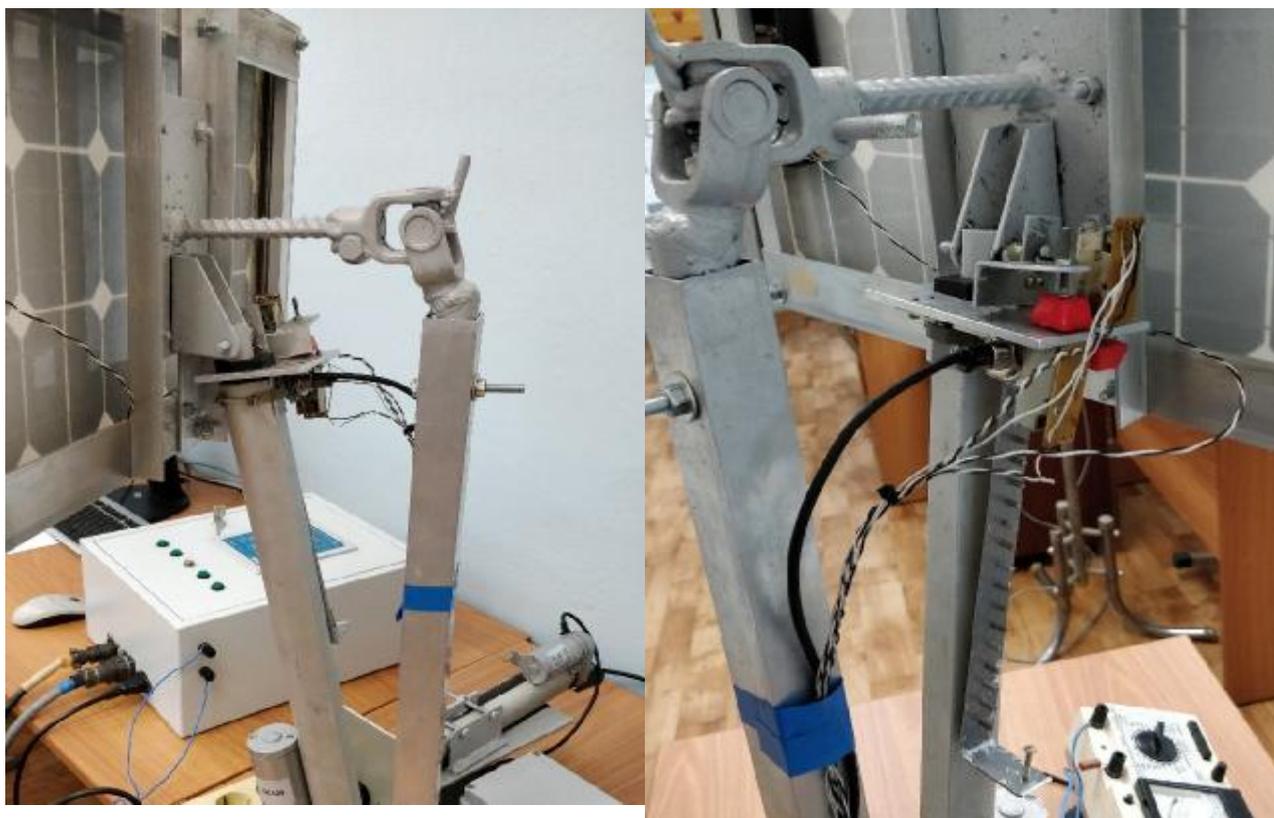


Рисунок 2.3 – Солнечная установка, виды с разных сторон

Хотелось бы сразу отметить, что при начальном проектировании и создании данной установки (аспирантом Зайцевым Е.И.) была выбрана не совсем

правильная кинематическая схема. Т.е. было бы гораздо правильней сделать не двухосевую систему солнечной батареи, а только одноосевую, с механически регулируемым углом наклона солнечного фотомодуля, который позволяет подстраиваться под каждый сезон года по-разному.

Рассмотрим два варианта кинематических схем: какой есть на сей момент, и желательный, и идеальный (возможно будущий для этой установки) вариант.

2.2.1 Схема имеющейся установки

На рисунке 2.3 отчётливо видно, что в крайнем нижнем положении установки, солнечная панель находится практически перпендикулярно. Для лучшего сбора солнечного излучения, нужно чтоб лучи касались солнечной панели под углом 90° , для максимального «сбора» электроэнергии.

Так же у солнечной батареи, конструкция позволяет вращаться по горизонтальной оси только на 124° . Для максимального эффективного позиционирования требуется вращение в больше 180° .

Общий вид конструкции для определения положения солнечной батареи представлены в трёх видах на рисунках ниже.

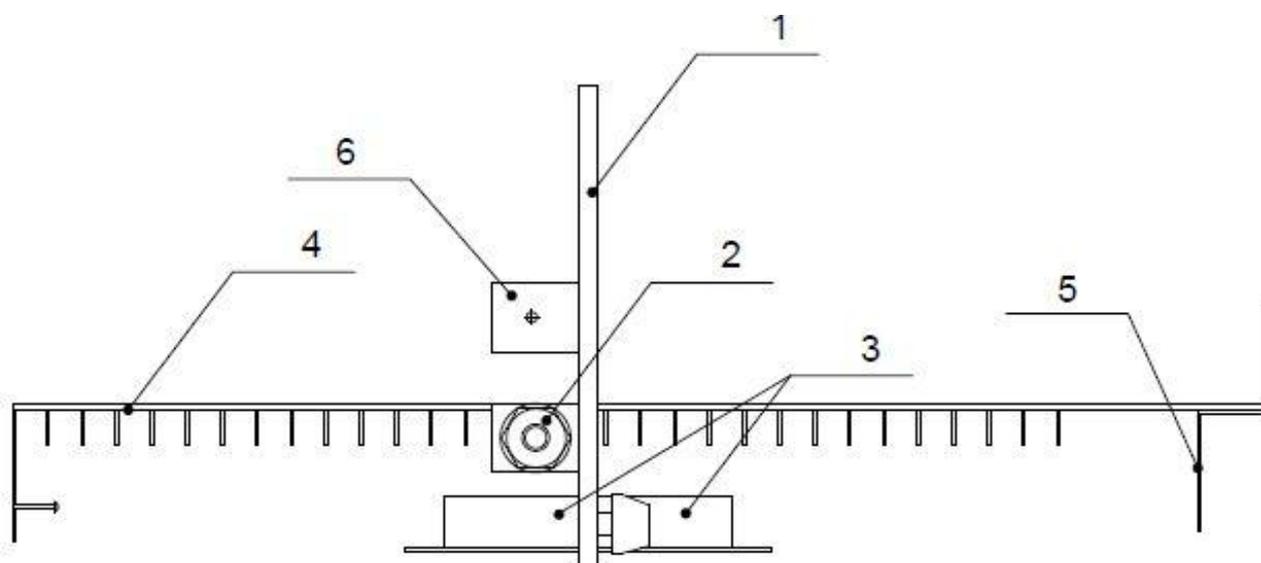


Рисунок 2.4 – Схема солнечной батареи, вид сверху

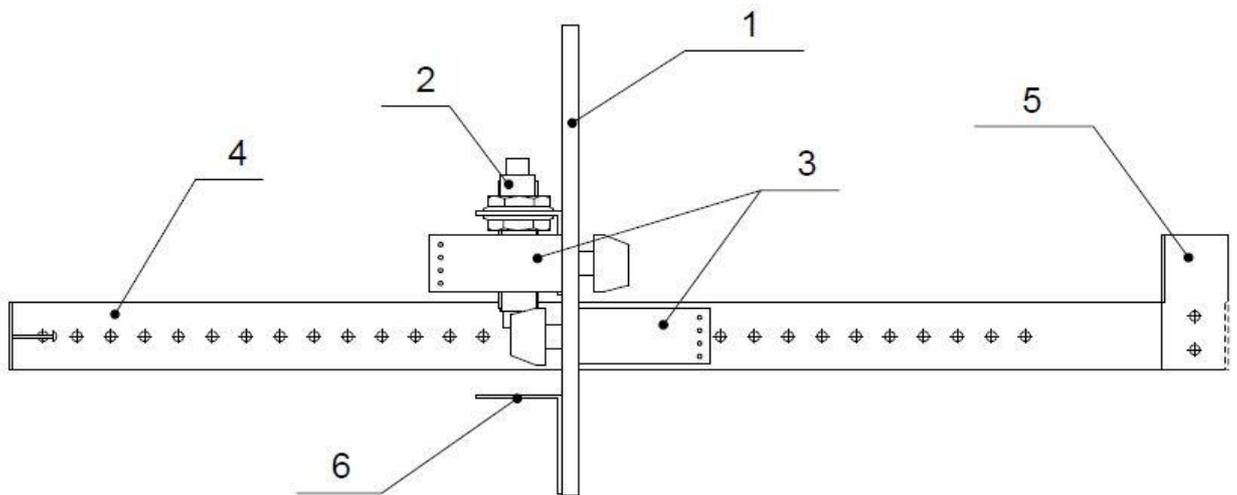


Рисунок 2.5 – Схема солнечной батареи, вид сбоку

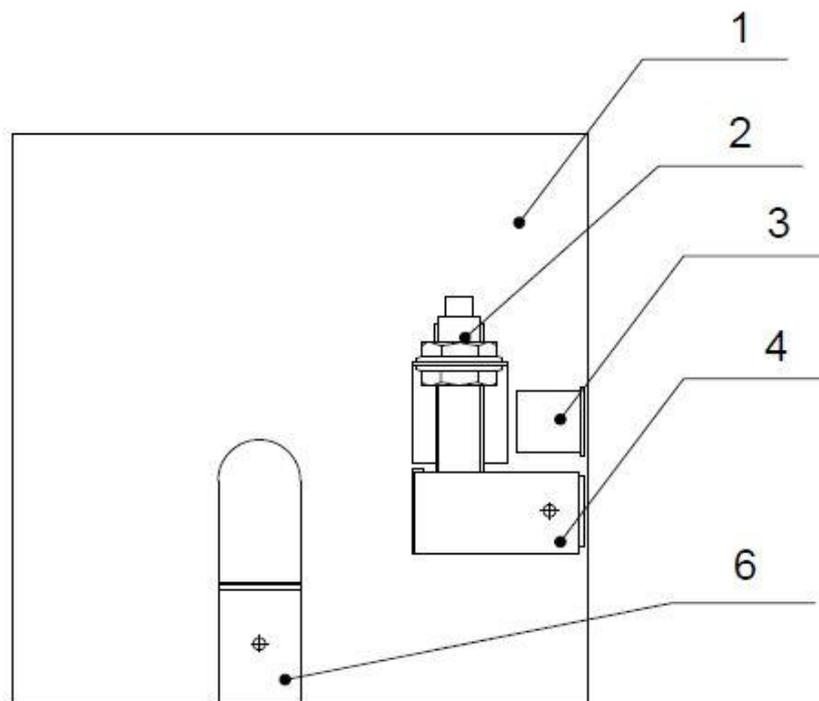


Рисунок 2.6– Схема солнечной батареи, вид сзади

На трёх предыдущих схемах присутствуют следующие обозначения:

- 1 – алюминиевая пластина;
- 2 – датчик положения;
- 3 –концевой выключатель;
- 4 – рейка;
- 5 – механизм нажатия на концевой выключатель;

б - крепление пластины к электроприводу.

2.2.2 Перспективная схема установки

Как известно, оптимальный угол для весны или осени принимают равным широте места установки панелей солнечной батареи. «Зимнее» значение должно быть больше данной величины на 10-15 градусов, «летнее» - соответственно, меньше на 10-15 градусов. Как это выглядит наглядно мы видим на рисунке ниже.

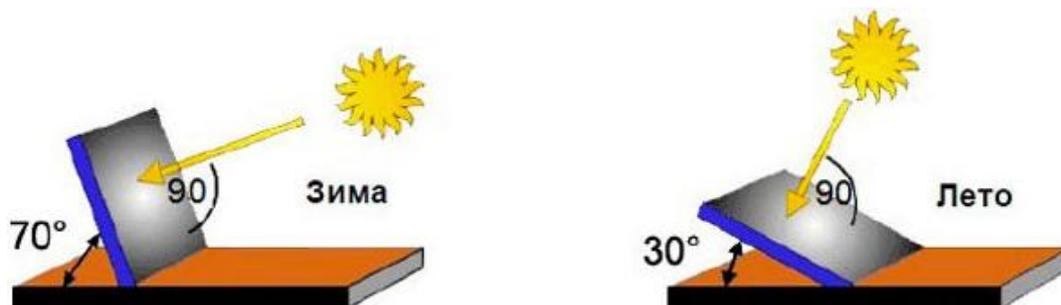


Рисунок 2.7 – Угол наклона в разные времена времени

По сути, расхождение значительно велико, из-за этого угол ориентации рекомендуется менять дважды в год. Если это нереально, панели ставят под углом, равным широте местностях.

На практике также вполне допустимы отклонения от этого значения, но не более $\pm 5^\circ$. Дело в том, что такое отклонение достаточно небольшое, и на производительность фотомодулей почти не влияет. Гораздо большее влияние на выработку энергии оказывают погодные условия [14].

Исходя из всего вышесказанного, должна получиться установка, которая «следит» за солнцем. У неё будет функционировать только один привод, который будет корректировать только горизонтальное положение панели, а вертикальную ось (т.е. наклон к солнцу панели) уже будет настраивать оператор, в идеале раз в три месяца.

Сейчас можно только отобразить, как должна выглядеть правильная кинематическая схема солнечной установки, на примере другой солнечной установке.

На рисунке 2.8 изображена общая схема установки автоматического слежения приёмной панели за солнцем - вид, когда наблюдается максимальный угол возвышения Солнца для данной местности.

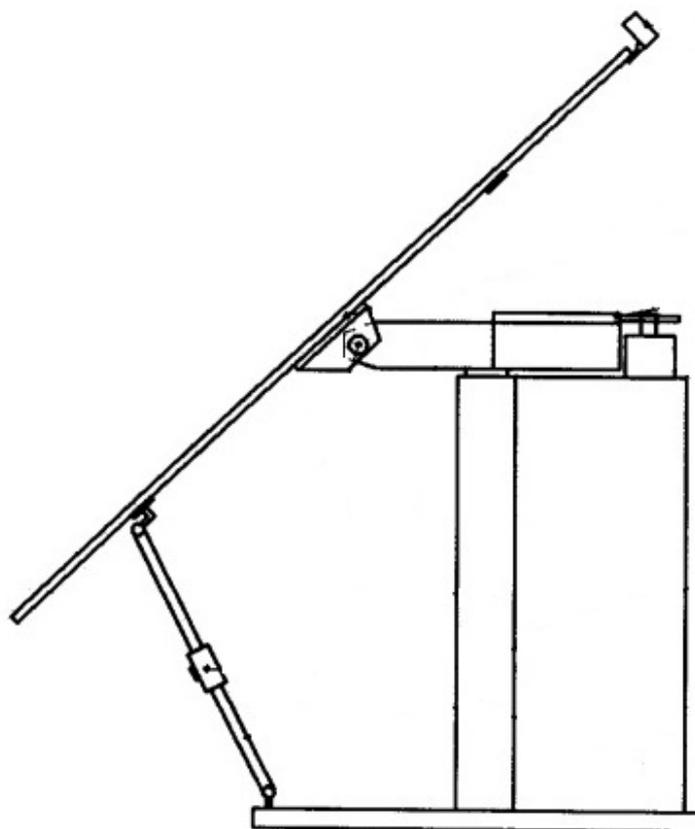


Рисунок 2.8 – Солнечная установка, вид сбоку

2.3 Система позиционирования лабораторной установки

2.3.1 Состав солнечной установки

В состав данной лабораторной солнечной энергоустановки, общий вид которой показан на рисунке 2.9, входят:

1. солнечный модуль (10Вт);
2. электропривод;
3. каркас.

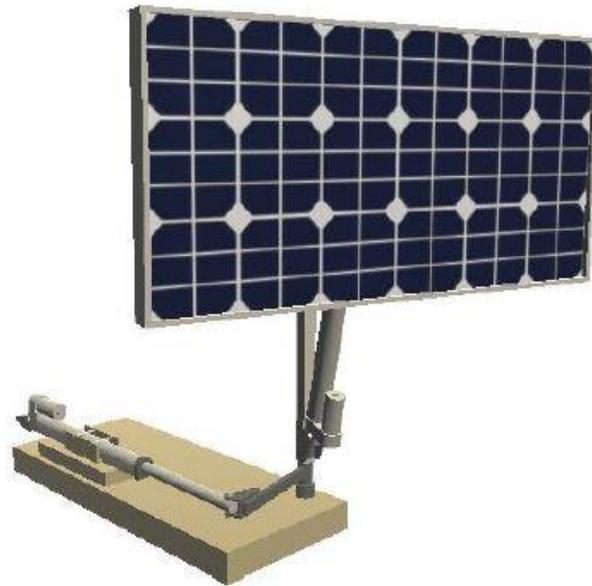


Рисунок 2.9 – Общий вид лабораторной солнечной установки

Данная солнечная установка состоит из кремниевой монокристаллической пластины сверху которой нанесено небольшое количество бора и фосфора.

Солнечная батарея построена с использованием защитного стекла, которое пропускает ультрафиолетовые лучи. Корпус изготовлен из алюминиевого каркаса, который обеспечивает значительную прочность и лёгкость установки.

Данная установка обладает такими преимуществами, как:

- лёгкость в использовании;
- защита от влаги и пыли;
- возможное использование как в закрытом помещении, так и на открытом воздухе.

Применение двухосевой системы слежения позволяет увеличить эффективность отбора мощности солнечной батареи на 40% (по сравнению с стационарными установками), а также увеличивает вырабатываемую мощность солнечной батареи на 7 - 10 %.

Поворот батареи относительно горизонтальной и вертикальной осей производится электроприводами постоянного тока с возвратно-поступательным движением рабочего органа.

2.3.2 Система управления солнечной установкой

В состав рассматриваемой системы управления установкой входят программируемый логический контроллер (ПЛК), GSM модем, блок коммутации (БК), блок ограничения высоты (БОВ), электроприводы (ЭП), сама солнечная батарея (СБ), блок контроля направления (БКН), блок конечных выключателей (БКВ), датчики положения (ДП), система ручного управления (СРУ). Схема этой общей системы представлена на рисунке 2.10.

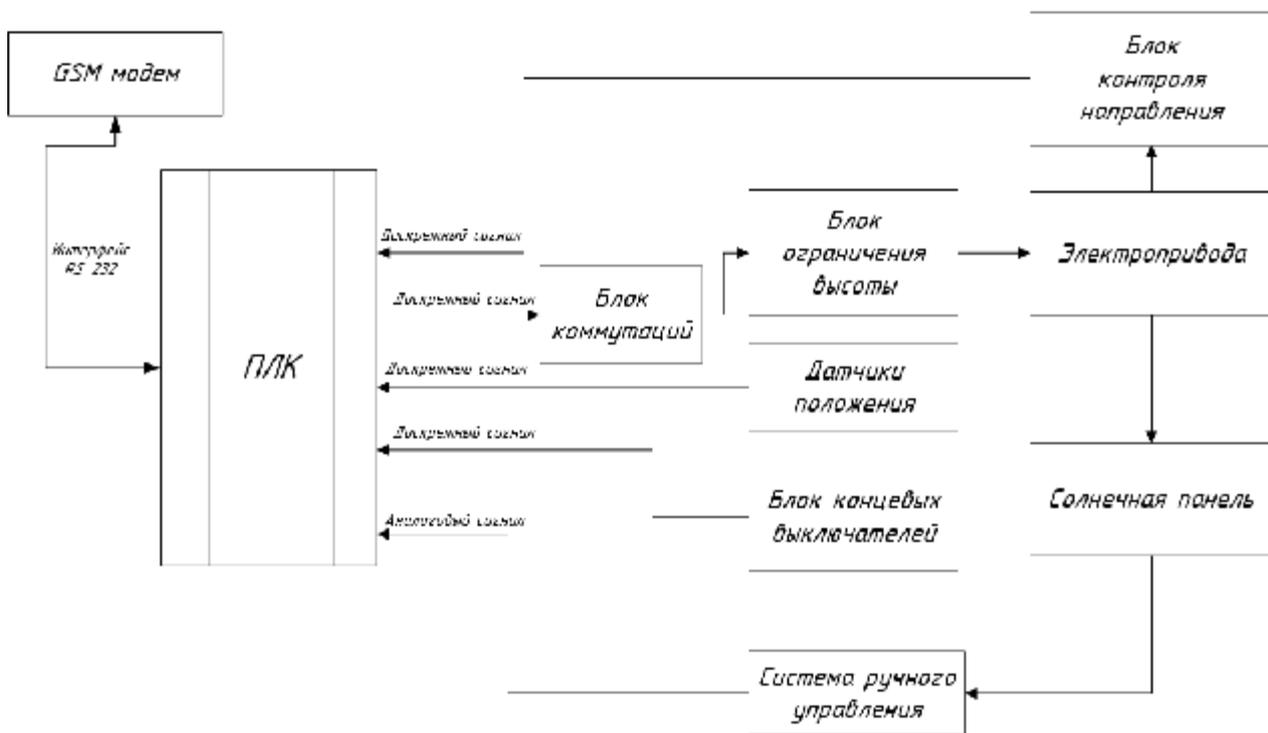


Рисунок 2.10 – Функциональная схема солнечной установки

Программируемый логический контроллер управляет электроприводами с помощью блока коммутации и блока ограничения высоты. На дискретные входы ПЛК поступают сигналы с датчиков положения, блока конечных выключателей, блока контроля направления. А сигнал с солнечной батареи и системы ручного управления приходит уже на аналоговые входы контроллера.

3 АЛГОРИТМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ИХ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Поисковые методы позиционирования

На сегодняшний день, широко используются два метода позиционирования солнечных батарей:

1) МРРТ (Maximum Power Point Tracking) представляет собой вычисление максимальной точки эффективности заряда от солнечного модуля;

2) АСП (Алгоритм солнечной позиции).

3.1.1 Первый метод: МРРТ

В первом методе солнечная батарея двигается с помощью нескольких фотоприёмников (например, фоторезисторы), когда анализирует освещённость при разных положениях установки и передаёт управляющие сигналы на приводы до момента, когда поток света на всех фотоэлементах будет приблизительно одинаков. Разбалансировка системы из-за движения солнца даст импульс для активации нового перемещения, в направлении к небесному «светилу» [15].

Есть у этого способа есть один важный недостаток. К примеру, в пасмурную погоду, при осадках и загрязнении фотоприёмников установка не способна адекватно работать.

Переориентировать систему можно вручную, либо, управляя приводами, подавая управляющие сигналы с помощью переключателей. Но такой способ приемлем в основном для сезонной ориентации солнечной батареи, когда на некоторый период времени выставляется соответствующий угол наклона (зенит) [15].



Рисунок 3.1 – Экспериментальная схема для измерения напряжения и тока солнечной батареи

Точность ориентации при этом не сильно невелика, так как постоянно оператор не может находиться у батареи, поэтому данный способ распространён мало.

3.2.2 Второй метод: Алгоритм солнечной позиции

Наиболее эффективным на практике стал способ управления приводами по программе, которая в определённые интервалы времени рассчитывает местоположение солнца. По внутренним часам устройства (в нашем случае это контроллер) программа на блок управления будет выдавать информацию о значении азимутального (азимут) и зенитного (зенит) углов (рисунок 3.1), с учётом местоположения установки (широта, долгота, высота над уровнем моря), после чего исполнительным устройством производится соответствующая переориентация солнечной батареи в расчётное положение [15].

3.2 Алгоритм и программа позиционирования по времени и дате

Ранее выпускниками Деревянко Д.А. и Козыревым А.Ю. был использован второй метод: алгоритм солнечной позиции для разработанной аппаратной

части проектируемой системы.Позиционирование установки происходило по нескольким параметрам: по времени, дате, и часовому поясу.

Обобщённый алгоритм работы этой предшествующей системы, отображён на рисунке 3.2.

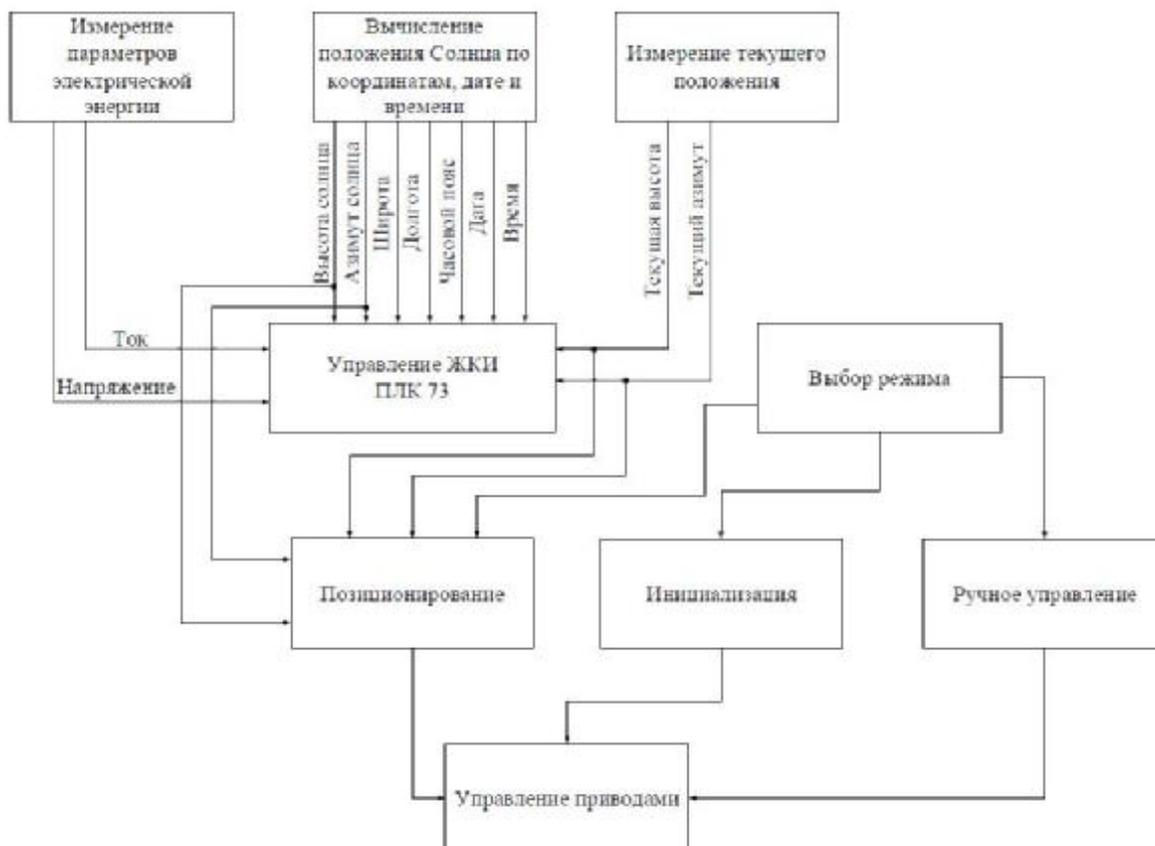


Рисунок 3.2 -Обобщённый алгоритм работы солнечной установки

Как видно на изображении, в обобщённом алгоритме присутствуют 9 подпрограмм:

Каждая из этих подпрограмм выполняет определённую функцию, что в совокупности позволяет получить систему автоматического позиционирования солнечной батареи.

3.3 Система изменения освещённости

До написания самой программы слежения, с данной установкой, было сделано ряд экспериментов, в ручном режиме управления лабораторного стенда. Было изготовлено самодельное «солнце», в виде деревянного штатива с одной лампой накаливания, которое отображено на рисунке 3.3.

Данный источник света был поставлен на расстояние 1 метра от алюминиевой пластины, так чтоб он был напротив центра панели. А занятое положение установкой по горизонтали было расположено в среднем положении.

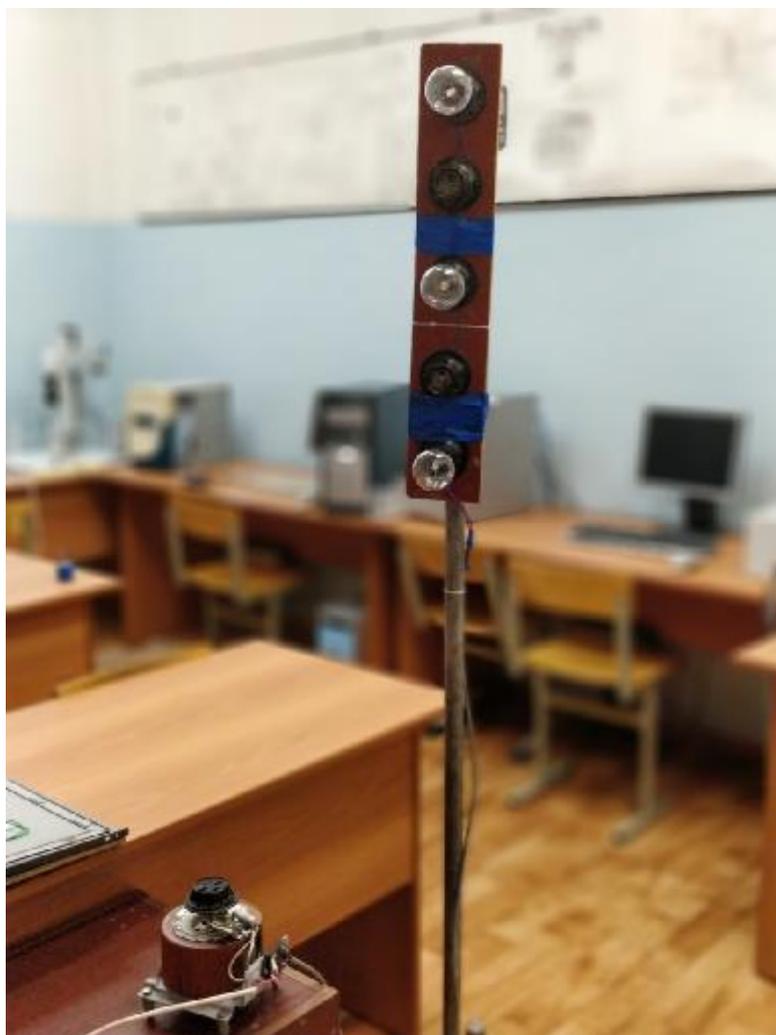


Рисунок 3.3 – Внешний вид импровизированного солнца

Далее были осуществлены опыты с изменением положения солнечной установки, при которых измерялись ток и напряжение с помощью вставленного последовательно в цепь с нагрузкой (в качестве нагрузки был выбран резистор с номиналом 1,3КОм), амперметра и подсоединённого параллельно вольтметра. Потом по полученным данным были построены графики с зависимостями, которые были созданы в Matlabe R2016b.

Электрическая мощность находится по формуле:

$$P = I \cdot U, \tag{1}$$

где U – напряжение (Вольт);

I – сила тока (Ампер).

Приведём один пример подсчёта мощности:

$$P = 2,24 \cdot 0,158 = 0,3539 \text{ Вт.}$$

На представленные ниже рисунке 3.4 и рисунке 3.5, отображаются зависимость соответственно напряжения и мощности от угла поворота установки по оси x (горизонталь).

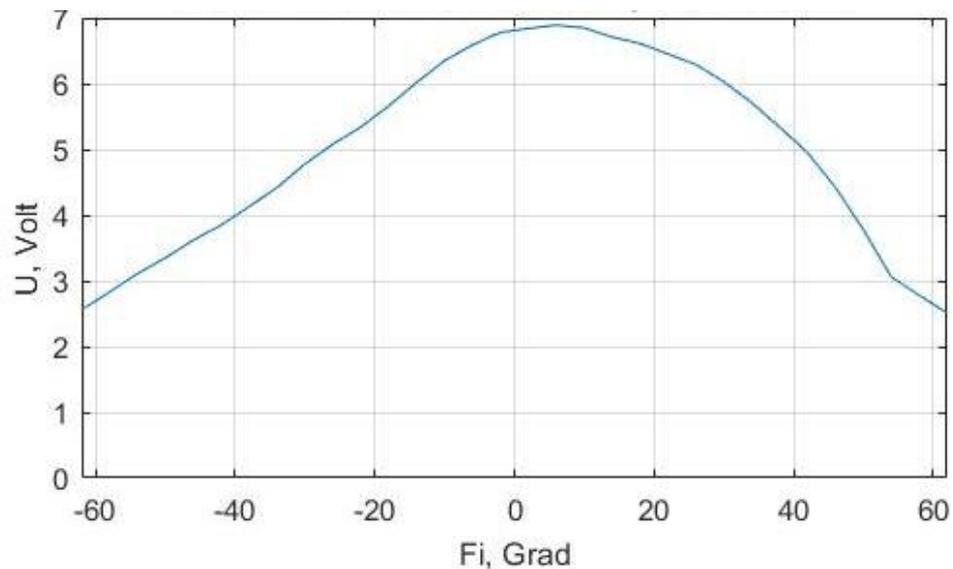


Рисунок 3.4 - Зависимость напряжения от угла поворота горизонтальной оси

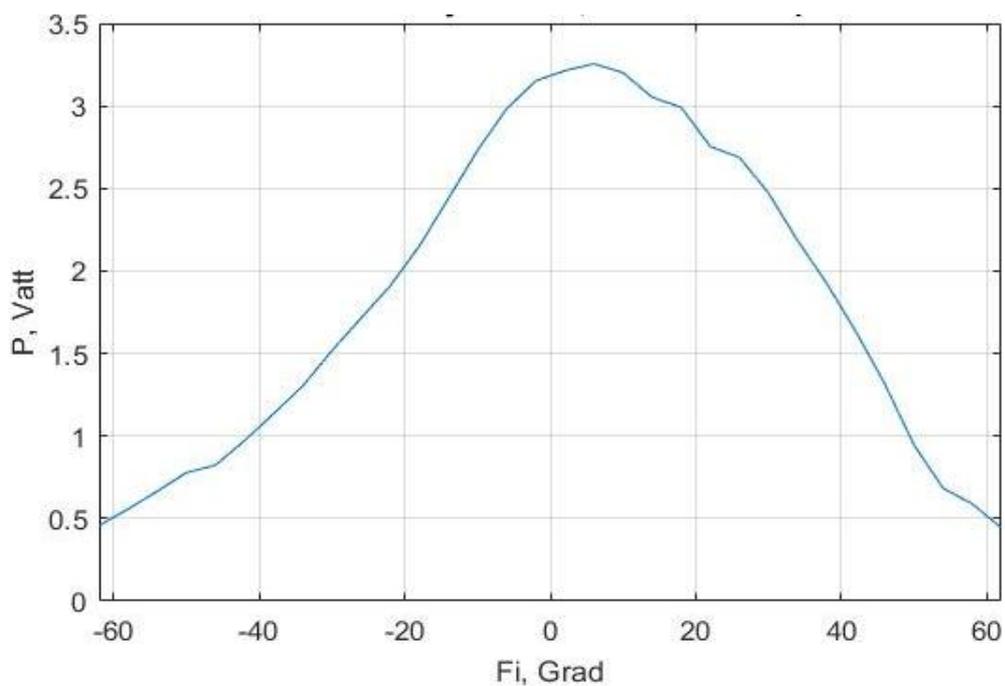


Рисунок 3.5 - Зависимость мощности от угла поворота горизонтальной оси

Далее рисунках 3.6 и 3.7, показывают зависимость соответственно напряжения и мощности от угла поворота установки по оси x (вертикаль).

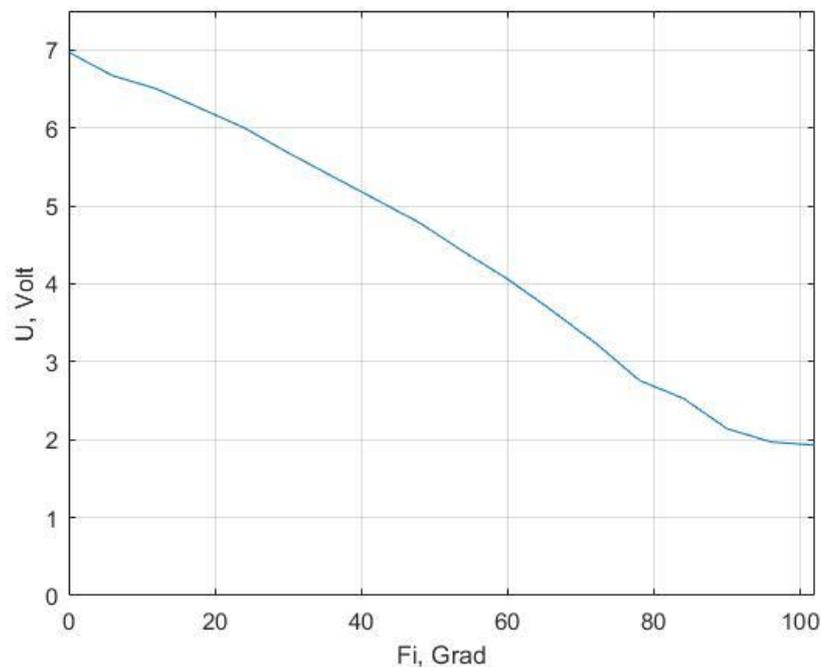


Рисунок 3.6 - Зависимость напряжения от угла поворота вертикальной оси

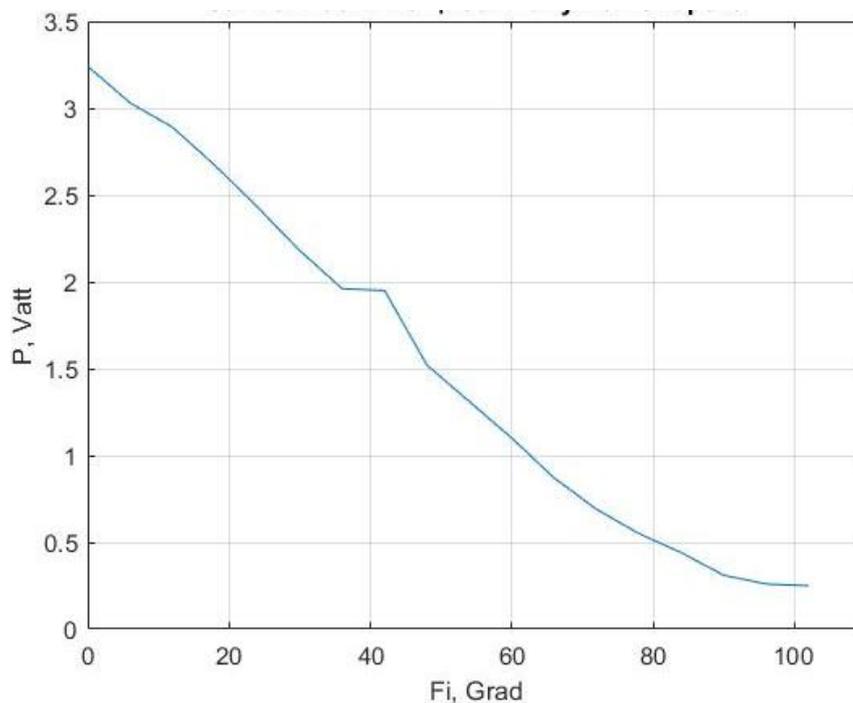


Рисунок 3.7 - Зависимость мощности от угла поворота вертикальной оси

А вот рисунок 3.8, показывает зависимость только напряжения от углов горизонтальной и вертикальной осей. Были получены кривые при разных

фиксированных углах вертикальной оси (0, 30, 60, 90 град) и при изменяемом угле(-64...64) горизонтальной оси.

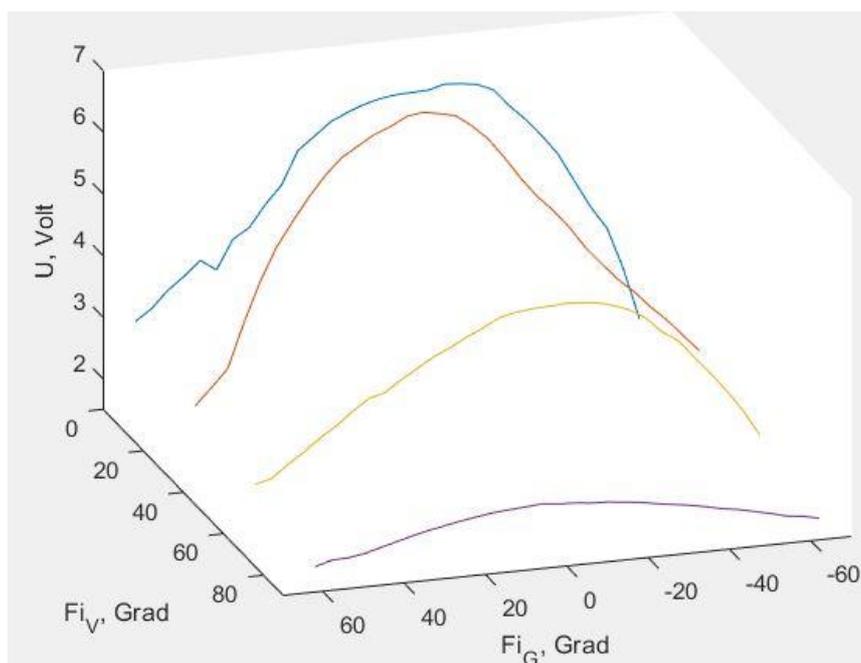


Рисунок 3.8 - Зависимость напряжения от углов горизонтальной и вертикальной осей с ие

А рисунок 3.9 построен по тем же данным, что и рисунок 3.8, но с применённой к нему интерполяцией (т.е. сглаживание графика).

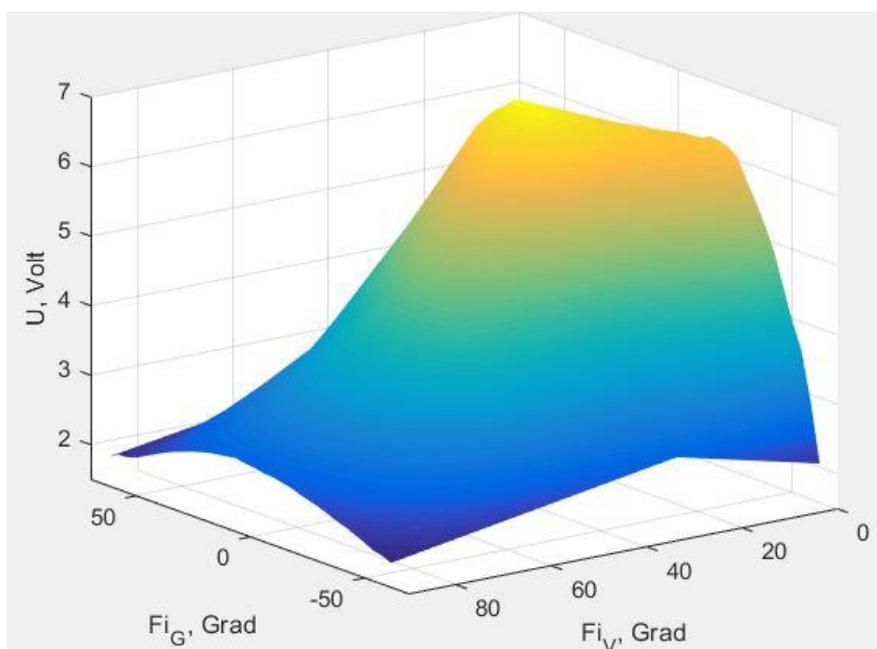


Рисунок 3.9 - Зависимость напряжения от углов горизонтальной и вертикальной осей с интерполяцией

4 УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕЕЙ НА ОСНОВЕ СЕТИ GSM

4.1 Системы диспетчеризации

Диспетчеризация – (от англ. dispatch – быстро выполнять) – централизованный оперативный контроль, управление и координация на промышленных предприятиях с использованием современных средств передачи и обработки информации [16]. Диспетчеризация позволяет выполнять согласованную работу отдельных комплексов управляемого объекта, которая помогает повышать оперативность работы, максимального применения производственных мощностей и в целом экономические показатели производства.

Система диспетчеризации – это набор аппаратных и программных средств для централизованного контроля за технологическими процессами, инженерными системами, системами энергоснабжения и снабжения сырьевыми ресурсами [17]. Все требуемые данные об оборудовании, входящие в систему диспетчеризации, отображаются на экране компьютера диспетчера (оператора) в режиме онлайн.

В самую стандартную систему диспетчеризации входят различные шкафы автоматики и управленческого пункта, которые позволяют как управлять системой, так и обеспечивать сбор разного рода информации с однокакого-либо оборудования автоматизации. Как правило, в диспетчерском пункте может находиться один или даже несколько персональных компьютеров, которые должны быть оборудованы специальным ПО. Связь компьютера диспетчера с оборудованием технологического объекта происходит через технологическую сеть.

В зависимости от объёма обрабатываемой информации и характеристик самого ОА, построение структуры систем диспетчеризации создаётся везде по-разному, то есть индивидуально.

Стандартная система диспетчеризации выполняет многоуровневый комплекс мероприятий. К таким относятся:

- автоматический сбор рабочих данных и параметров используемой системы, которые потом контролируются диспетчером;
- визуализация состояния работы элементов объекта автоматизации и представление производственной информации в удобном виде для просмотра (например, в виде диаграмм и графиков);
- авторизованный доступ к информации и управлению;
- бесперебойная диагностика используемых и управляемых объектов,
- коммерческий контроль потребления энергоресурсов (электроэнергия, горячая вода и тому подобное) и ведение суточных графиков изменения контролируемых и управляемых параметров;
- заполнение журнала событий в автоматическом режиме с персонализацией ответственности за принимаемые оператором действий.

Главные преимущества использования систем диспетчеризации:

- 1) оперативная и достоверная диагностика состояния объектов;
- 2) замена одним персональным компьютером диспетчера, множество дорожных механических устройств, с возможностью работать с данной информацией в удобном виде для анализа диспетчером;
- 4) полноценный круглосуточный контроль за работой оборудования;
- 5) снижение ошибок, допускаемых персоналом.

4.2 Виды каналов передачи данных

Делятся каналы связи между различными уровнями системы, локальные и удалённые, которые основываются на локальных компьютерных сетях, мобильной сотовой связи, радиоканалах. Так как в целом говорится о диспетчеризации на уровне цеха или предприятия, то как правило прокладка кабеля решает проблему организации связи диспетчерского пункта с используемым оборудованием.

Локальная диспетчеризация – позволяет передавать технологические данные как от одной, так и от нескольких инженерных систем на компьютер

оператора (пункт диспетчеризации)[18]. При этом оборудование и пульт управления, должны находиться на одном объекте предприятия или вообще в одном здании.

А вот удалённая диспетчеризация – позволяет выполнять передачу параметров и команд как от одной, так и от нескольких автоматизированных систем (которые, территориально удалены от объектов) на центральную станцию диспетчеризации с помощью различных видов каналов передачи данных [19].

Удалённая диспетчеризация (которая использует беспроводные линии) на сегодняшнее время вызывает самый наибольший интерес и все большее распространяется.

Российская компания ОБЕН, вместе со своими партнёрами предоставляет возможности решения задач удалённой диспетчеризации на основе сети GSM. Передачу данных в сети GSM можно осуществлять тремя способами: SMS, CSD и GPRS.

Первый способ связи это SMS (Short Message Service – служба коротких сообщений) – технология, которая позволяет осуществлять передачу и приём небольших текстовых сообщений, с помощью мобильного телефона [20]. SMS сообщения используется, обычно, для информирования диспетчера и главного специалиста о произошедшем аварии или событии. Как показывает практика, данные сообщения для передачи данных, почти и не используются из-за высокой стоимости. Также, время доставки SMS не регламентировано, и, следовательно, ставит под вопрос об актуальности и оперативности получаемых данных. Сообщение может доходить до адресата как 15 секунд, так и несколько часов.

Далее, CSD (Circuit Switched Data – технология передачи данных) использует один временной интервал для передачи данных по голосовому каналу связи в подсистему сети и коммутации, где они могут быть переданы через эквивалент модемной связи в телефонную сеть [21]. На данный момент CSD является самым надёжным, безопасным и гарантированным способом

передачи данных. Принцип работы таков: сначала устанавливается прозрачный канал связи между модемами, затем данные отправляются от устройства, который подключён к одному модему, на другое, которое тоже подключено модему, только другому.

Обычно, такой способ передачи данных применяется при создании таких систем, в которых нужна своеобразная инициативная связь объекта с диспетчерским пунктом. Основным минусом этого способа передачи данных - высокая стоимость времени соединения благодаря гарантированному времени соединения (при нахождении в сети всех абонентов). Из-за этого данный способ широко не применяется.

И последний способ - GPRS (General Packet Radio Service – пакетная радиосвязь общего пользования) – один из самых востребованных способов передачи данных в мире. Он даёт пользователю сети сотовой связи осуществлять обмен данными с разными другими устройствами как в сети GSM так и с внешними сетями (например мировая сеть Интернет) [22]. Данный способ связи предполагает тарификацию, по объёму полученной/переданной данных и по времени, проведённому онлайн в сети. Он позволяет объекту постоянно находиться на связи, то есть под контролем. И все же и этот вариант не идеален. Рассматриваемый канал связи GPRS к сожалению, не является приоритетным в отличие от голосового канала (CSD), и время доставки пакетов также не обозначено.

4.3 Беспроводная система мониторинга и локального управления удалёнными объектами на основе модема ОБЕН ПМ01

Итак, был выбран способ связи для удалённого управления солнечной установкой – через SMS. Выбор этого способа было обусловлено поставленной задачей в данной выпускной работе.

Выбранная система даёт возможность обслуживать системы коммерческого учёта для уменьшения денежных затрат. Предлагаемое решение мониторинга и управления эффективно при опросе различных инерционных

объектов, таких как производственных и складских помещений, зернохранилищ и тому подобное.

Для решения поставленных задач на каждом объекте должно оборудоваться достаточным количеством модулей ввода/вывода и (или) измерителей регуляторов, поддерживающих протокол Modbus и оборудованных интерфейсом RS-485. Регуляторы нужны тогда, когда необходимо выполнять управление и индикацию именно на самом объекте автоматизации. По цифровому интерфейсу RS-485 приборы могут подключаются к GSM-модему ОВЕН ПМ01.

Функциональная схема такого канала передачи данных предоставлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Функциональная схема решения

Сама передача данных по каналу SMS проста в настройке и даёт вполне прозрачный канал передачи информации без каких-либо предварительных установок соединения.

У данного вида связи имеются некоторые особенности передачи SMS-сообщений. Во-первых, как правило среднее время доставки сообщения выходит 12 секунд. Из-за этого этот способ не применим для приложений, чувствительных к таким задержкам. Во-вторых, данные большого объёма, которые не вмещаются в одно SMS-сообщение, будут разделены на несколько сообщений.

Максимальный размер сообщения в стандарте GSM - 140 байт или 1120 бит. То получается при использовании семи битной кодировки (латинский алфавит и цифры) можно отправлять сообщения длиной до 160 символов [20]. Поэтому и не рекомендуется отправлять слишком объёмные данные, иначе при

передаче данных не только могут возникнуть задержки по времени, но и может вообще измениться порядок поступления SMS-сообщений на принимающей стороне.

Среди возможных вариантов применения режима SMS велико. Приведём некоторые примеры:

- система мониторинга окружающей среды;
- сигнализации и предупреждения персонала;
- вывода отправленных оператором сообщений на информационные текстовые табло или мониторы;
- управление системой типа «умный дом»;
- системы изменения состояния управляемых дорожных знаков и тому подобное.

4.4 Описание GSM /GPRS модема ОБЕН ПМ01

Имеющийся в распоряжении в данной установке, GSM/GPRS модем марки ОБЕН ПМ01, который предназначен для удалённого обмена данными через беспроводные системы связи стандарта GSM оборудованием. Внешний вид модема представлен в рисунке 4.2.



Рисунок 4.2– Внешний вид ПМ01

Преимущества данного модема:

- защита от зависания (автоматическая перезагрузка устройства);
 - два вида напряжения питания: 220В переменного и 24В постоянного тока
- [23];

- широкий диапазон температур: -30...+70;
- цифровые интерфейсы RS-232, RS-485.

Функциональные способности модема:

- 1) приём и передача SMS сообщений;
- 2) приём и передача данных с помощью каналов связи CSD и GPRS;
- 3) функционирование с последовательными интерфейсами RS-232 или RS-485;
- 4) обеспечивает управление как приёмом, так и передачей данных по последовательным интерфейсам RS-232, с помощью AT-команд в соответствии со стандартами GSM 07.07 и GSM 07.05 [23];
- 5) для организации обмена данными между SCADA-системой, с помощью модемного соединения CSD, с устройством, который работает по протоколу Modbus.

Области применения модемного устройства:

- организация сбора информации, диспетчеризации и управления;
- автоматические терминалы самообслуживания (банкоматы, молокоматы, кофематы и другое);
- системы противопожарной и охранной безопасности;
- удалённое слежение за датчиками и другим различным оборудованием;
- доступ в мировую сеть (то есть в Интернет).

Данный GSM/GPRS модем марки ОБЕН, может соединяется с персональным компьютером по следующим интерфейсам:

- 1) RS-485, через фирменный преобразователь, например, ОБЕН AC3-M (RS-232 в RS-485) или ОБЕН AC4 (RS-485 в USB) [23];
- 2) RS-232 к COM-порту компьютера.

5 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

5.1 Подготовительные работы экстремального позиционирования

Для данной солнечной установки была вначале разработана модель «Экстремального слежения» в программе CoDeSysV2.3.В данной модели есть несколько параметров: угол поворота вертикальной или горизонтальной оси (angle), сигнал помощью которого и выполняется слежения (signal) и напряжение (sun). На рисунках 5.1 и 5.2 показана визуализация и работа данной модели.

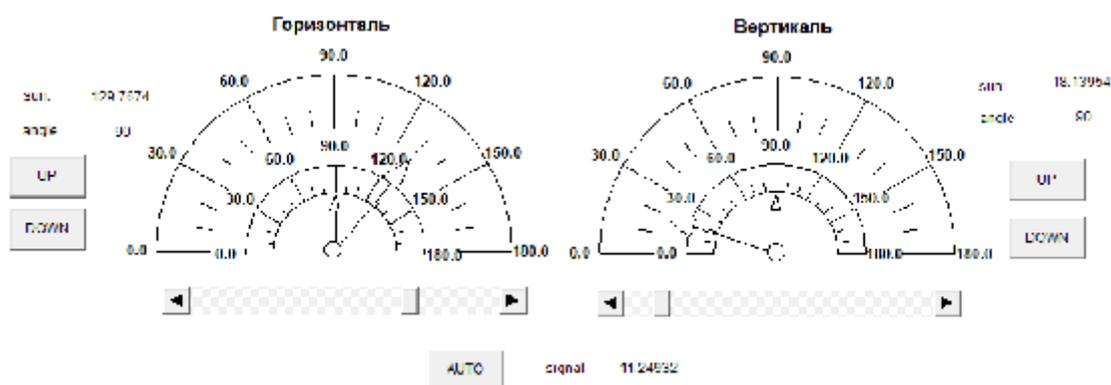


Рисунок 5.1–Скриншот программы эмуляции солнечной установки, начальное состояние

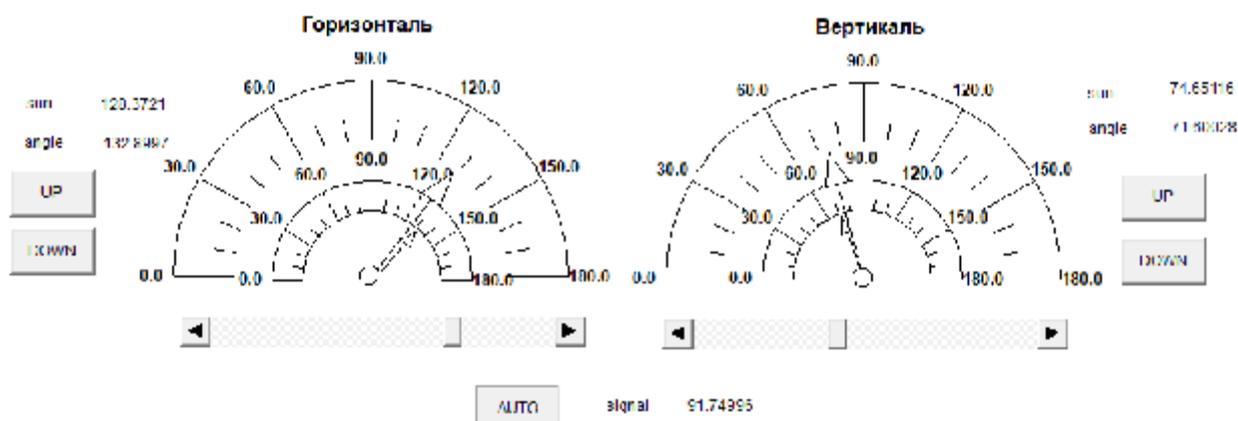


Рисунок 5.2–Скриншот программы эмуляции солнечной установки, автоматическое состояние

С помощью кнопки AUTO выполняется поиск максимального значения сигнала т.е. в нашем случае напряжения.

Используемая модель нужна была для исправления ошибок на стадии разработки программы, чтобы по напрасному не загружать программу в контроллер и не использовать саму солнечную батарею.

Когда только код программы был доведён до такого состояния, что он будет выполнять поставленную задачу полноценно, то сразу же были произведены тестирования с самой установкой.

5.2 Разработка программного обеспечения для солнечной установки

На базе предыдущей программы солнечной установки, которая была написана выпускниками Деревянко Д.А. и Козыревым А.Ю., была создана программа экстремального позиционирования по поиску максимального напряжения.

В данном компьютерном коде находится 9 подпрограмм, 2 функциональных блока и одна функция. Одна из них является основной - подпрограмма PLC_PLG.B ней вызываются практически все остальные подпрограммы и выполняют своё предназначение. Была создано 5 режима работы программы:

- 1) режим ожидания;
- 2) режим «парковки»;
- 3) аварийная остановка, переход в режим ожидания;
- 4) ручной режим управления;
- 4) режим экстремального слежения.

В режиме ожидания, никак действий не производится, кроме индикации параметров напряжения и тока. В этом режиме опрос кнопок F1, F2 или F3, которые при нажатии переводят программу в соответствующим режим.

Кнопка «F1» - «Парковка» солнечной батареи – имеется ввиду приведение её в крайнее левое и нижнее положение. Подробнее о данной функции написано в подпункте 5.2.5.

Если на шкафе управления SA1 (тумблер) перевести из верхнего (Авт.) в нижнее положение (Руч.), то можно управлять электроприводами вручную, с помощью кнопок SB1-SB4.

При нажатии кнопки «F2» выполняется переход из любого режима в нулевой (ожидание), при этом останавливаются электропривода, сбрасываются таймеры и функциональные блоки экстремального регулирования приводятся в начальное состояние, тем самым в итоге сбрасывая любой выполняемый режим.

А кнопка «F3» - выполняет непосредственно саму программу поиска максимального напряжения, тем самым повернув лабораторную установку на источник света.

Итак, опишем подробно функции каждого элемента программы.

5.2.1 Подпрограмма DISPLAY

В подпрограмме DISPLAY формируются рабочие экраны на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ) ПЛК73. Дисплей контроллера нужен для индикации и настройки параметров программируемых значений устройства, которые определяют его работу в процессе эксплуатации.

Таким образом, цифровой индикатор в целом с кнопками передней панели ПЛК может выполнять отдельные функции программатора контроллера. Правда эти функции не значительны по сравнению с персональным компьютером, который может связываться с контроллером по цифровому интерфейсу RS-232 и уже программироваться в ПО CoDeSys.

У дисплея имеется четырёх строчное меню контроллера по 15 символов на строку, которое может отображать различную информацию, начиная от определённого значения и заканчивая конфигурацией самого ПЛК.

В приложении Ф имеется подробное описание режимов индикации ЖКИ и управление ими. В разработанной программе отображается на ЖКИ два экрана, которые предоставляют необходимую информацию по данной установке.

На первом экране (рисунок 5.3), второй и третьей строке отображаются электрические параметры солнечной установки: напряжение и ток. А также

имеется на четвертой строке регулируемый параметр – чувствительность по разнице напряжений. Данный параметр можно оперативно увеличивать и уменьшать ($\pm 0,0005$) с терминала, кнопками «ПУСК/СТОП» и «АЛТ. соответственно». Данный параметр регулируется в диапазоне 0,004-0,015. По умолчанию стоит 0,0085.

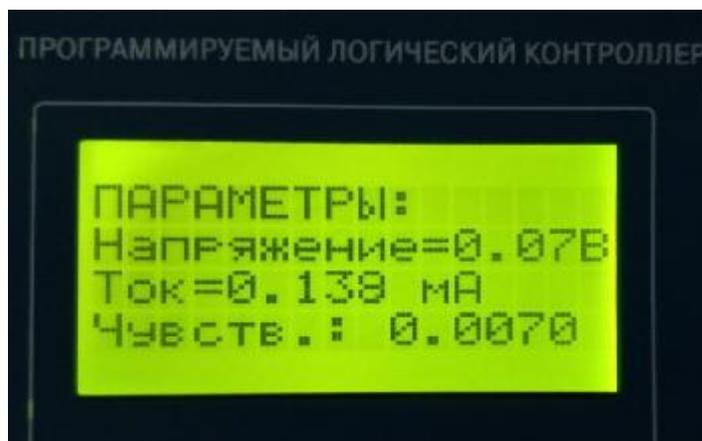


Рисунок 5.3–Внешний вид первого экрана ЖКИ ПЛК73

А во втором экране (рисунок 5.4) показываются временные настройки таймера поиска (через какое время начнётся повторное слежение) и допустимые мобильные номера для удалённого управления солнечной установкой. В конфигурационном можно настроить количество допустимых номеров: от 1 до 2 номеров и собственно сами цифры мобильного номера пользователей.

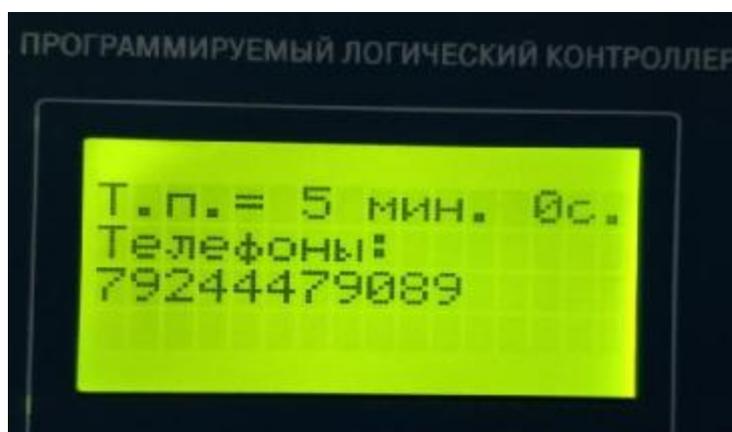


Рисунок 5.4–Внешний вид второго экрана ЖКИ ПЛК73

Листинг самой подпрограммы предоставлен в приложении Е.

5.2.2 Подпрограмма FOR_VISUALISATION

Для управления движением электроприводов с персонального компьютера имеется так называемый экран визуализации, который иллюстрируется на рисунке 5.5.

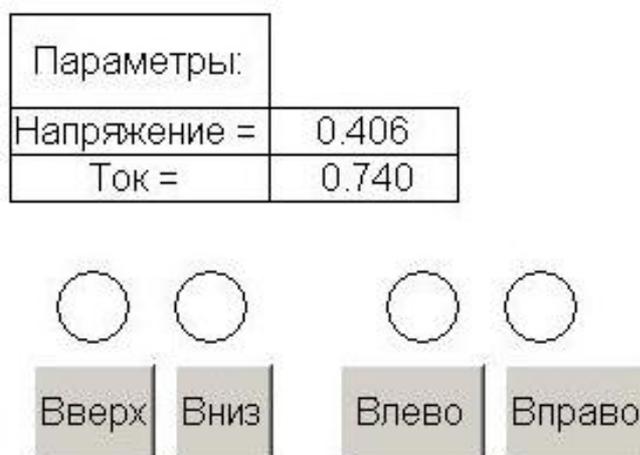


Рисунок 5.5–Экран визуализации в программе CoDeSyS для управления установкой

С него возможно ручное управление установкой с компьютера. При нажатии одной из четверых кнопок, на экране визуализации загорается зелёный индикатор. Это показано это на рисунке 5.6.



Рисунок 5.6–Экран визуализации в программе CoDeSyS для управления установкой

Имеются четыре кнопки для управления движением электроприводов установки в нужную сторону. Также есть 4 круглых индикатора, которые показывают работающий электропривод в данный момент. И ещё есть текстовые поля, которые показывают параметры электрической энергии: напряжение и электрический ток.

Кнопки «Вверх», «Вниз», «Влево» и «Вправо» привязаны к дискретным выходам «DO_UP», «DO_DOWN», «DO_LEFT» и «DO_RIGHT» соответственно.

Например, при нажатии на кнопку «Влево», дискретный выход «DO_LEFT» становится равным TRUE и двигатель начинает движение в направлении влево и так далее. Текст программы, реализующий данную подпрограмму представлен в приложении Ж.

5.2.3 Подпрограмма HAND_MODE

Подпрограмма HAND_MODE нужна для ручного управления установкой, которая служит для обнуления дискретных выходов DO5 – DO8, то есть снимает с них питание. Снятие питания необходимо для предотвращения разного рода появления ложных цепей, которые в последствии приводят к ошибкам в работе солнечной батареи.

Переход из автоматического режима в ручной режим управления солнечной установкой происходит с помощью переключения пользователем двухпозиционного переключателя SA1 в нижнее положение. Сам факт перехода данной установки в ручной режим идентифицируется аналоговым входом AI3, который имеет название в программе «AUTO». В итоге можно будет с помощью кнопок SB1 – SB4 управлять электроприводами.

Листинг данной подпрограммы предоставлен в приложении К.

5.2.4 Подпрограмма LOAD_CONFIG

Данная подпрограмма выполняется в самом начале основной подпрограммы PLC_PRG и необходима для загрузки необходимых конфигураций в программу. Программа LOAD_CONFIG включает в себя настройку числа абонентов и номеров телефонов абонентов для удалённого

управления установкой. Листинг данной подпрограммы продемонстрирован в приложении Л.

5.2.5 ПодпрограммаPARKING

Главной целью данной подпрограммы является в своём роде парковка солнечной батареи. То есть она двигается до срабатывания концевых выключателей электроприводов в направлении вправо вниз. Подпрограмма PARKING может вызываться из любого режима системы, за исключением работающего режима экстремального слежения. Код этой подпрограммы представлен в приложении М.

5.2.6 ПодпрограммаPLC_PRG

Данную подпрограмму можно поделить на две части: одна часть, отвечающая за удалённое управление, а другая за управление с терминала.

В первой части происходит загрузка текущей даты, времени, параметры удалённого управления. Стоит отметить за основу программного кода этой части, была взята программа из дипломного проекта «Система удалённого контроля тепловых параметров на базе СМС сервиса» выпускницы 941 группы А.В. Савиновой.

А во второй выполняется непосредственно основа программы данной системы. В ней происходит управление 5 режимами с помощью кнопок F1-F3. Подробно об затрагиваемых режимах и назначении используемых кнопок, описано в начале пункта 5.2. Стоит только добавить, что после нахождения максимального напряжения, программ переходит из четвёртого состояния в нулевое, то есть в режим ожидания. Далее срабатывает таймер, который отсчитывает заданное время, через которое установка снова будет искать максимум.

При подключении солнечной установки в сеть, происходит отправка сообщения, которое информирует пользователя(ей) о запуске установке.Фрагмент получаемого сообщения показан в рисунке 5.7.

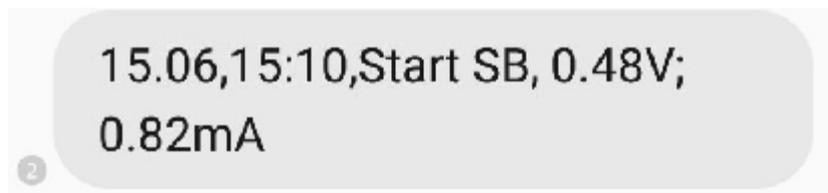


Рисунок 5.7–Скриншот экрана телефона пользователя

Далее пользователь может управлять установкой как удалённо, так и с щита управления. Прилагается к этой программе ряд сообщений-команд для установки:

- 1) «01» - команда выполнения парковки солнечной установки, аналог на терминале котроллера кнопка «F1»;
- 2) «02» - команда инициализации аварийной остановки установки, аналог на терминале котроллера кнопка «F2»;
- 3) «03» - команда инициализации экстремального поиска солнца, аналог на терминале котроллера кнопки «F2»;
- 4) «04» - команда запроса данных об текущем напряжении и токе.

Ещё есть возможность изменять удалено и чувствительность «поиска». Так как параметр изменяться в пределах 0,004-0,015 то чтоб поменять значение к примеру, на 0,0090 – достаточно отправить сообщение с кодом «90».

Фрагменты получаемых ответныхSMS сообщений пользователем(ми), отображены в рисунках ниже.

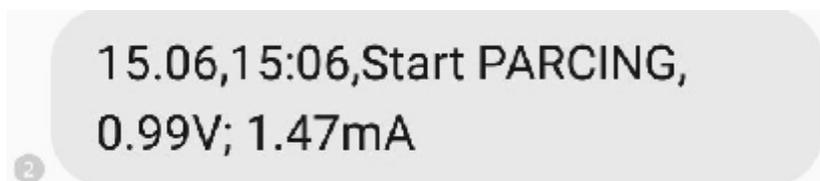


Рисунок 5.8– Фрагмент полученного сообщения, от команды «01»

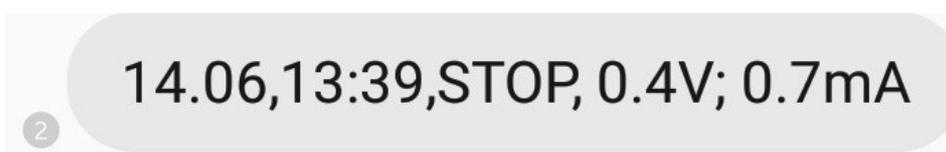
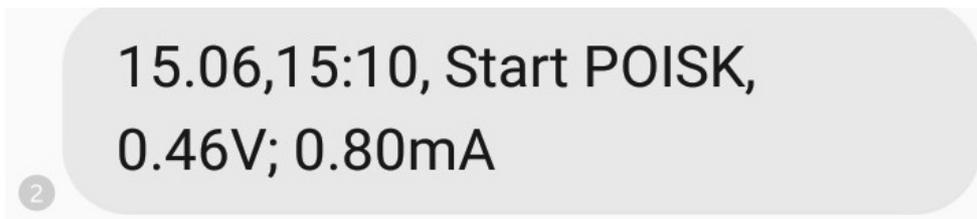
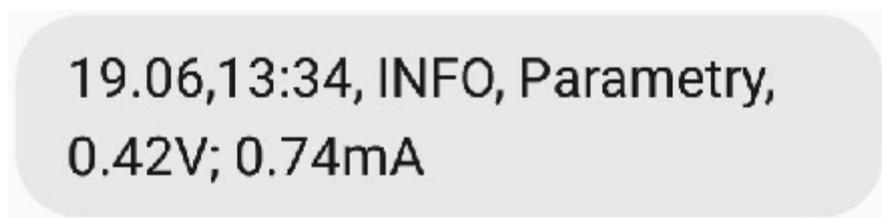


Рисунок 5.9– Фрагмент полученного сообщения, от команды «02»



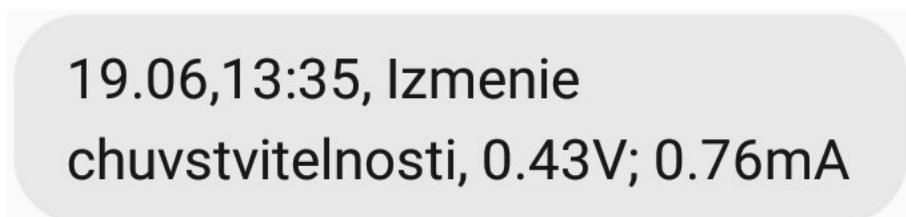
15.06,15:10, Start POISK,
0.46V; 0.80mA

Рисунок 5.10– Фрагмент полученного сообщения, от команды «03»



19.06,13:34, INFO, Parametry,
0.42V; 0.74mA

Рисунок 5.11– Фрагмент полученного сообщения, от команды «04»



19.06,13:35, Izmenie
chuvstvitelnosti, 0.43V; 0.76mA

Рисунок 5.12–Фрагмент полученного сообщения, от команды «90»

Текст кода подпрограммы PLC_PLG представлен в приложении Д.

5.2.7 Функция RealToString

В этой подпрограмме происходит преобразование значения операнда типа REAL в другой операнд типа STRING. Данная подпрограмма была создана потому, что стандартная функция REAL_TO_STRING на ПЛК73 по неизвестной причине не работает. Она вызывается в подпрограмме SMS_Form, где в ней преобразуются числовые показания напряжения и тока в строку, для дальнейшего формирования SMS сообщения оператору. В приложении Н предоставлен код данной подпрограммы.

5.2.8 Функциональный блок Regul_Ext

Этот блок вызывается только в подпрограмме PLC_PLG, который активируется при нажатии кнопки «F3». Он выполняет непосредственно поиск максимального напряжения.

Вначале его кода происходит запись параметров:

- а) Delta_o - чувствительности поиска максимального напряжения;
- б) signal – текущее напряжение, вырабатываемое с солнечной панели установки;
- в) signal_prev – напряжение зафиксированное полсекунды назад, по сравнению с текущим;
- г) delta – разность текущего и предыдущего напряжения.

В данном функциональном блоке имеется 5 состояний:

- 1) ожидание;
- 2) задание выполнено;
- 3) пробный запуск влево/вверх;
- 4) пробный запуск вправо/вниз;
- 5) обратное движение к цели, после пробного запуска.

В первом состоянии, обнуляются переменные и таймеры, движение электроприводов приостанавливается. С этого нулевого состояния при старте данного блока происходит переход в третье состояние, в котором выполняется пробный запуск. В нем имеется две попытки найти максимальное напряжение, то есть когда установка двигалась в верном направлении, но она начинает отдаляться от максимума, то происходит обратное движение привода. Это сделано для того чтоб защитить установку от автоколебаний.

Два состояния (третье и четвёртое), отвечающие за пробные запуски, нужны для определения верного движения к источнику света.

А в последнем состоянии, которое выполняется после пробных запусков электроприводов. уже определяет, когда им остановится. Установка остановится тогда, когда разность напряжений будет меньше зоны нечувствительности. Как только данное условие выполняется, происходит

переход во второе состояние, в котором считается, что поиск максимального напряжения окончен.

Код поиска одинаков как для горизонтальной, так и вертикальной оси. Поиск происходит поэтапно: начиная с горизонтали, и как только он будет закончен, сразу начинается поиск уже по вертикали. Одновременного поиска по двум осям не предполагается.

В этой части кода ещё имеется защита от закливания программы в одной части кода: когда алгоритм поиска максимума ещё не завершён, но сработал один из четверых концевых выключатели – задача считается не выполненной. Тогда при стечении некоторого времени (10 секунд - горизонталь, 3 секунд – вертикаль) будет принудительно сделан переход в состояние «задача выполнена».

Листинг этого функционального блока содержится в приложении О

5.2.9 Функциональный блок SMS_Form

Данный функциональный блок отвечает за формирование SMS сообщений. Он формирует строки ответного сообщения на команды оператора. В эти строки входят текущие параметры:

- число и месяц;
- часы и минуты;
- название выполняемого действия;
- значение напряжение, в вольтах;
- значение электрического тока. в амперах.

Отделяет каждый параметр – запятой. Код элемента программы представлен в приложении П.

5.2.10 Подпрограмма SMS_Ochered

Эта подпрограмма обрабатывает очередь SMS сообщений для отдельных устройств пользователей. Они предназначены для тех областей, где отправляются много SMS сообщений. На деле все происходит так, что само сообщение не отправляется, но вместо этого вызывается внешняя программа (в зависимости от SMS шлюза, который необходимо использовать) через простой цифровой

стандартный интерфейс. Связь между клиентом и сервером поддерживается на основе простого протокола ASCII над TCP / IP. Данная подпрограмма позволяет выполнять команды пользователей в хронологическом порядке.

5.2.11 Подпрограмма SMS_Otpravka

SMS_Otpravka нужна для выбора необходимого сообщения на отправку пользователю. Перед самой отправкой в программе задана задержка по времени, которая задаёт интервал перед отправкой очередного SMS сообщения. Код этой части программы находится в приложении С.

5.2.12 Подпрограмма SMS_Servis

Данная подпрограмма занимается непосредственно отправкой сообщений оператору, в зависимости от статуса рассматриваемой системы. Анализируются все возможные варианты отправки сообщений, например, очередные или внеочередные по запросу пользователей. Код этой подпрограммы находится в приложении Т.

5.2.13 Настройка пользовательское меню

Подмодули или подэлементы пользовательских параметров могут добавляться или удаляться пользователем в модулях конфигурации под названием «SubMenu».

При добавлении пользовательских параметров требуется задавать их тип – «Конфигурационный» или «Оперативный».

Конфигурационные пользовательские параметры – значение этих параметров считывается из EEPROM при запуске контроллера. Добавленные в программу CoDeSys (PLC Configuration) новые значения данных параметров не будут сохраняться в EEPROM (электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ) и не доступны по сети RS. Введённые с передней панели контроллера значения конфигурационных параметров будут сохраняться в EEPROM и не зависимо от питания будут сохранены.

А оперативные пользовательские параметры доступны для редактирования с передней панели, по сети (при условии поставленных атрибутов) и из среды разработки CoDeSys при изменении значения канала в условиях минимального

максимального значения. А значения оперативных параметров сохраняются в ОЗУ (оперативно запоминающем устройстве), то есть это память зависима от питания. При включении снова питания значение параметра установится по умолчанию.

В используемые модули «SubMenu (Ветки)» можно разветвлять на подмодули «SubMenu», которые представляют собой вложенные ветви в меню для объединения различных параметров по группам. Максимальная вместимость Submenu – четыре уровня. На рисунке 5.13 иллюстрируется пользовательское меню в ПО CoDeSys.

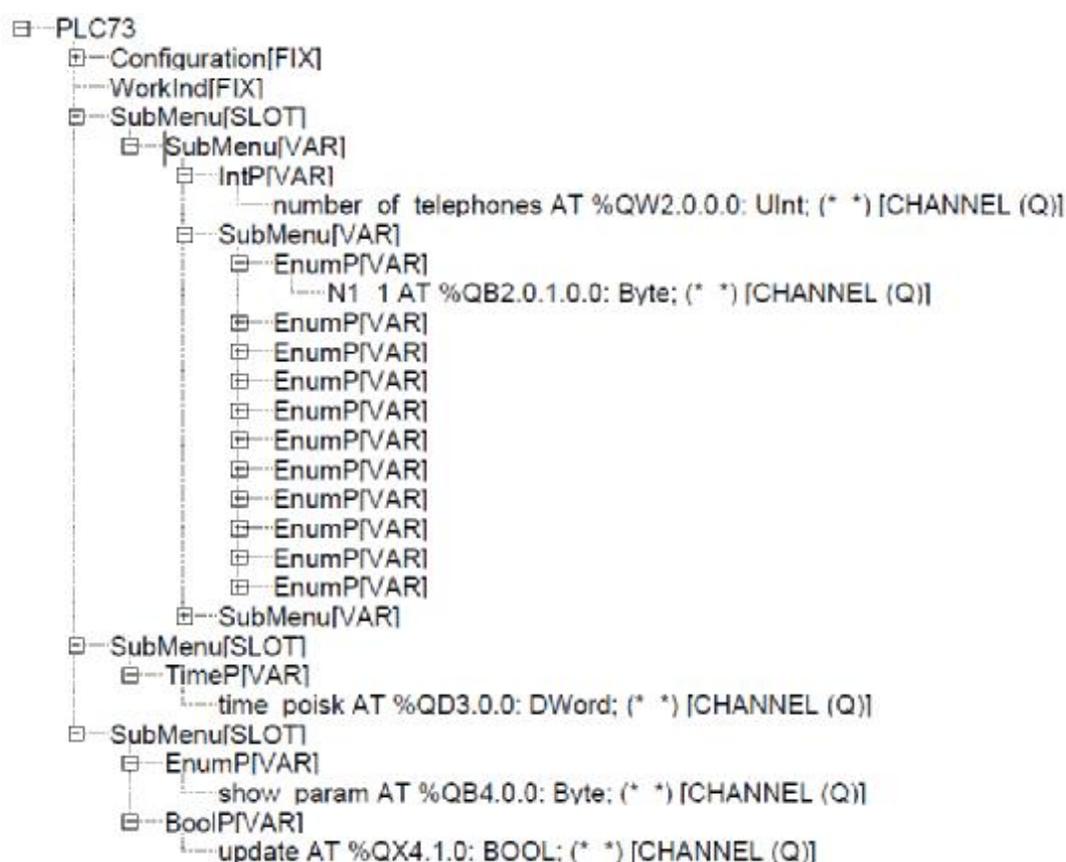


Рисунок 5.13–Скриншот конфигуратора ПЛК 73 в программе CoDeSys V2.3

В первой ветви имеется один канал и два модуля:

- 1) numberoftelephones – переменная отвечающая за количество (минимально – один, максимально – два номера) допустимых мобильных номеров для удалённого управления;

2) SubMenu, EnumP[VAR],N1_1 –обозначает первую цифру (0-9) первого номера оператора, всего 11 цифр;

3) SubMenu – все тоже самое, как и для первого модуля, только для второго номера пользователя.

Во второй ветви находится один настраиваемый канал: time_poisk - время таймера, который отвечает за время перерыва между позиционированием установки. Параметр можно задавать от 15 секунд до 3 часов. По умолчанию стоит 40 секунд.

А в третьей ветви только два канала:

1) show_param – конфигурирует отображение пользовательских параметров;

2) update - канал отвечает за обновление параметров, то есть вступают в силу изменённые параметры в конфигурационном режиме, два состояния: выключено и включено.

5.2.14 Измерения параметров электрической энергии солнечной батареи

Качество работы самой программы по позиционированию солнечной установки, в большей степени зависит от измеряемого напряжения.

В качестве нагрузки в экспериментальной схеме используются один параллельно вставленный резистор с номинальным сопротивлением $R1 = 1$ КОм. Это даёт возможность измерять ток солнечной батареи «грубо», но и «точно».

Для приведения электрического параметра напряжения и тока к более реальным значениям, требовалось найти коэффициенты для расчёта. Для нахождения коэффициентов применялась формула:

$$U_M = (U_K + b_U) \cdot K_U, \quad (2)$$

где U_M – напряжение, измеренное с помощью мультиметра (Вольт);

U_K – сигнал, получаемый с аналогового входа контроллера;

b_U – пропорциональный коэффициент напряжения;

K – коэффициент смещения напряжения.

Ток находится практически по такой же формуле:

$$I_M = (I_K + b_I) \cdot K, \quad (3)$$

где I_M – ток, измеренное с помощью амперметра (миллиампер);

I_K – сигнал, получаемый с аналогового входа контроллера;

b_I – пропорциональный коэффициент тока;

K – коэффициент смещения тока.

Предварительно были измерены ток и напряжение в разных положениях солнечной установки. Все измерения происходили в помещении.

Воспользовавшись формулами, которые приведены выше, можно рассчитать нужные коэффициенты, с помощью составленных математических уравнений. Результаты измерений и расчётов напряжения и тока, приведены соответственно в таблице 3 и таблице 4.

Таблица 3 – Результаты проведённых измерений и расчётов, напряжения

Напряжение, В	Сигнал напряжения на ПЛК73	Коэффициент напряжения	Приращение напряжения
1,14	1,185	1,1249	- 0,1716
1,32	1,345	1,1249	- 0,1716

Таблица 4 – Результаты проведённых измерений и расчётов, тока

Ток, мА		Сигнал тока на ПЛК73	Коэффициент тока	Приращение тока
1,73		2,381	0,7316	- 0,0166
1,52		2,049	0,7316	- 0,0166

На основе полученных данных был написан код (рисунок 5.14), с помощью которого можно было вычислить реальное значение тока и напряжения.

```
0001 (*Формирование 0 экрана - параметр солнечной установки*)
0002 VOLTAGE_REAL:=(VOLTAGE - 0.1716)*1.1249;
0003 CURRENT_REAL:=(CURRENT - 0.01666)*0.7317;
```

Рисунок 5.14–Скриншот из подпрограммы DISPLAY

6. БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается разработка автоматического системы экстремального позиционирования солнечной батареи. Так как солнечная батарея – это энергоустановка, то к ней примени-тельно различные требования к эксплуатации.

Данный раздел позволит обеспечить безопасное использование энергоустановки обслуживающим и ремонтным персоналом, тем самым обеспечив эффективную работу данного оборудования.

6.1 Безопасность

Данная солнечная установка является объектом повышенной опасности. Выполнение любых действий с этой должно проводиться под руководством только квалифицированными специалистами, которые должны руковод-ствоваться требованиями ГОСТ 12.3.019-80, «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей» [24].

В этой энергоустановке допускается проводить различные коммутации и переключения только на обесточенном стенде. При подаче питания с помощью включения автомата 1П-6А DEKraft. Он предназначен для защиты розеточных и осветительных линий от токов перегрузки и короткого замыкания.



Рисунок 6.1–Внешний вид автомата 1П-6А

Данная установка должна полностью быть собранной и проверена научным руководителем исследовательской работы. Необходимо строго соблюдать полярность подключения. При новом соединении или отсоединении кабелем ПЛК73 с персональным компьютером по интерфейсу RS-232, требуется обесточивать данный стенд. По способу защиты от поражения электрическим током контроллер соответствует классу II по ГОСТ 12.2.007.0-75 [25].

Не допускается попадание влаги на контакты выходных соединителей и внутренние элементы контроллера. Категорично запрещается использование контроллера при наличии в атмосфере кислот, щелочей, масел и иных агрессивных веществ.

Все внешние элементы технических средств системы, находящиеся под напряжением, имеют защиту от случайного прикосновения человека, а сами технические средства имеют защитное заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ [26]. А также система электропитания обеспечивает как защитное отключение при перегрузках, так и коротких замыканиях в цепях нагрузки. Также имеется кнопка аварийного отключения.

Факторы, оказывающие вредные воздействия на здоровье со стороны всех элементов системы (в том числе инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское и электромагнитное излучения, вибрация, шум, электростатические поля, ультразвук строчной частоты и т.д.), не должны превышать действующих норм (СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 от 03.06.2003 г.)[26].

6.2 Экологичность

В наше время люди сумели только поставить себе на службу не более одной десятитысячной всей энергии, поступающей от Солнца. Однако эта величина обманчива, считает Клайден Аксель из Института биогеохимии имени Макса Планка (Майнц, Германия)[27]. Вместо неё нужно учитывать, сколько энергии можно черпать из глобальной системы без значительного вреда для неё. (речь идёт о той энергии, которая может совершать работу, например, крутить ветряки, турбины волновых станций или, если речь идёт уже о солнце, преобразуется в электричество солнечными батареями).

Солнечные батареи напрямую черпают и превращают в электричество свет, который в другом случае не только нагревает поверхность земли, но и вносит свой вклад в климатический баланс нашей планеты. Например, это направление и испарение влаги, силу ветров, и тому подобное.

Но все же, влияние солнечных батарей на климат сможет почувствоваться, только если их станет колоссально много.

А с другой стороны, в тех местах планеты, в которых есть избыточное количество солнечного мало влаги и тепла, эффект от фотоэлементов может быть, наоборот, положительный - освобождение от перегрева, и уже перенаправление потоков энергии, уже в виде электричества, в другие места.

С начала 2000 годов доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мировом энергетическом балансе очень быстро растёт. Из-за сильного снижения стоимости за последние годы развивающиеся страны (Южная Азия, Латинская Америка и Южная Африка) могут обогнать большинство развитых стран по внедрению альтернативным источникам энергии. После восьми лет быстрого наращивания доли в период с 2006 по 2014 год, проникновение ВИЭ в

энергетический микс Европейского союза замедлил свой рост. Доля возобновляемых источников в производстве электричества (2016 год) составляет около 24% [28].

Экологи из университета Теннесси сделали заявление, что солнечные батареи вредят экологии. Обосновав это тем что при производстве солнечных батарей используется до 80% общемирового объёма свинца, который опасен для природы и человеческого здоровья [29].

Самыми загрязнёнными свинцом являются страны такие как, Китай и Индия – более чем 2,4 млн. тонн в год. Доцент гражданских и экологических разработок Крис Черри из того же университета Теннесси считает, что компании, занимающиеся производством солнечных батарей должны взять под контроль распространение свинца в окружающей среде.

Он обнаружил, то что в развивающихся странах солнечная энергия значительно зависит от свинцово-кислотных батарей и это в последующем оказывает вредное воздействие на экологию. Аккумуляторная промышленность является крупнейшим потребителем свинца, используя приблизительно 80% мировой добычи данного металла. А также известно, что производство свинцовых аккумуляторов увеличивается, поскольку в развивающихся странах растёт спрос на этот дешёвый вид батарей. И вот полученный высокий спрос, который связан с распространением возобновляемых источников энергии, уже серьёзно загрязняет окружающую среду и вредно влияет на здоровье населения [30].

Отравление свинцом вызывает многочисленные негативные последствия для здоровья, в том числе значительное повреждение центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, почек, и репродуктивной систем.

Далее, если продолжать тему вредного производства, то в основу производства панелей солнечных батарей входит химический элемент кремний. В наше время фторидно-гидридная технология, по которой сейчас производится большая часть кремния (завод MEMC, Пасадена, США -около

2700 тонн кремния в 2005 году), создаёт накопление в 4 тонны натрийалюмофторида на 1 тонну произведённого кремния [31].

Только годовое производство кремния только одного завода даёт десятки тысяч тонн этого опасного вещества. Сейчас оно уже стало активно применяться при производстве алюминия в качестве флюса, но все равно многие заводы накопили большое количество этого натрийалюмофторида.

Фтор токсичен, и при синтезе фторосодержащих соединений можно получить отравление с поражением кожных покровов, слизистых, раздражением дыхательных путей. Иные технологии производства кремния аналогично связаны с использованием фтористых соединений, что и даёт парадокс солнечной энергетики: чистая энергия стоит грязному производству оборудования.

Кстати, солнечная энергия сама по себе требует очень больших затрат на материалы и площади на единицу вырабатываемой энергии. К примеру, 1 кВт установленной мощности солнечной электростанции – это около 10 кв. метров площади для солнечных панелей. В сочетании с аккумуляторами весом в десятки тонн, уже становится понятно, что это не самые полезные энергетические установки.

Потому-то и страны не рвутся производить массово солнечные установки. В двухтысячном году выпускалось солнечных элементов всего на 26 тысяч кВт установленной мощности. По мнению отраслевых экспертов, в 2017 году продажи солнечных модулей «с лёгкостью» превысило 90 гигаватт, а в конце 2018 будет преодолена планка в 100 ГВт [32].

Но этим недостатки в солнечные энергетики не заканчиваются. Они по-настоящему эффективны в районах с высокой инсоляцией (облучение земной поверхности солнечной радиацией), а это далеко не с густонаселённые районы Земли. Лучшее место для них – конечно пустыни. Но там есть значительные проблемы в плане эксплуатации, связанные с неизбежным запылением и значительным повреждением элементов солнечной батареи песчаными бурями. Это значит либо огромные траты пресной воды на их отмывание от пыли, либо,

при более экономичных с точки зрения расхода воды технологий, высокие человеческие трудозатраты.

При промышленном производстве фотоэлементов уровень загрязнений не превышает допустимого уровня для различных предприятий микроэлектронной промышленности. Современные фотоэлементы имеют в среднем срок службы от 30 до 50 лет. Использование кадмия, связанного в соединениях, при производстве некоторых типов фотоэлементов с целью повышения КПД солнечной панели, ставит затруднительный вопрос в их утилизации, который пока что не имеет приемлемого с экологической точки зрения решения, хотя данные элементы имеют небольшое распространение, и соединениям кадмия в наше время уже найдена достойная замена [33].

В последнее время довольно-таки активно развивается производство тонкоплёночных фотоэлементов, в составе которых входит всего лишь 1% кремния, по отношению к массе подложки, на которую прикрепляются тонкие плёнки. Благодаря малому расходу материалов на поглощающий слой, здесь кремния, тонкоплёночные фотоэлементы дешевле в производстве. Кроме того, улучшается производство тонкоплёночных фотоэлементов на других полупроводниковых материалах. Так, например, в 2005 году компания «Shell» приняла решение сконцентрироваться только на производстве тонкоплёночных элементов, и продала свой имеющийся бизнес по производству кремниевых монокристаллических (не тонкоплёночных) фотоэлектрических элементов [34].

Итак, сделаем вывод, что, человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением ископаемого топлива, если оно полноценно освоит технологии использования солнечной энергии. Тогда в этом случае будут также решены проблемы загрязнения окружающей среды выбросами электростанций и техникой, обеспечения качественными и полезными продуктами питания, получения образования, медицинской помощи, увеличения продолжительности и качества жизни человека.

6.3 Чрезвычайные ситуации

Пожар - это чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть на любом объекте и нанести значительный материальный вред, а также привести ущерб здоровью или даже гибели человека. Пожар как правило, легче предупредить, чем потушить, поэтому при организации любого рабочего места необходимо предусмотреть все варианты мероприятий, которые своевременно устранят причины возникновения пожара [35].

Пожары возникают из-за причин неэлектрического и электрического характера. Далее рассмотрим основные причины возникновения пожаров электрического характера, это:

- короткое замыкание;
- перегрузки;
- статическое электричество.

К мерам предупреждения КЗ и перегрузок относят применение как плавких предохранителей, так и специальных автоматов, подсоединённых в цепь последовательно. Кроме того, следует осуществлять профилактические осмотры, ремонты и испытания их квалифицированным персоналом.

Общие требования пожарной безопасности для данного лабораторного стенда соответствует нормам на бытовое электрооборудование. В случае возгорания не должно выделяться ядовитых газов и дымов. После обесточивания установки, допустимо применение любых средств пожаротушения.

Если установка находится в помещении в источнике риска возгорания являются электроустановки (категория пожара Е - горение электроустановок), на этом будет основан выбор средств для тушения пожара. Поэтому помещение следует укомплектовать соответствующими огнетушителями.

Огнетушители порошковые закачные ОП-4 (з) с массой огнетушащего вещества 4кг предназначены (в зависимости от вида заряженного порошка) для ликвидации пожаров твердых веществ, в основном органического происхождения (класс А); пожаров горючих жидкостей или плавящихся твёрдых

веществ (класс В); пожаров газообразных веществ (класс С), а также пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением не более 1000 В (пожар класса Е), при эксплуатации в условиях умеренного климата У, категории 2, тип атмосферы II по ГОСТ 15150[36].

Так как площадь помещения незначительная, достаточно будет одногопорошкового огнетушителя ОП-4 (з) АВСЕ (рисунок 6.1).



Рисунок 6.2–Внешний вид огнетушителя ОП-4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы был рассмотрен объект автоматизации и способы его модернизации. Было так же рассмотрены методы позиционирования солнечной установки и их достоинства и недостатки.

Была представлена программная реализация каждой функции солнечной батареи. А также, было приведено руководство пользователя установкой, для правильного взаимодействия оператора с ней.

Это все повлияло на закрепление знаний, которые были получены за весь курс специальности: автоматизации технологических процессов и производств.

В данной работе было разработано программное обеспечение в среде разработки CoDeSys V2.3 для ПЛК73 марки ОВЕН. В итоге лабораторный стенд «Солнечная батарейная установка» выполняет экстремальное слежение за солнцем, как при управлении с щита управления, так и удалённо с помощью SMS сообщений на основе сети GSM.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Возобновляемая энергетика [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://nauchforum.ru/studconf/social/xxx/9424> - 19.06. 2018.
2. Альтернативные источники энергии [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://alter220.ru/news/alternativnyie-istochniki-energii.html> - 19.06. 2018.
3. Wikipedia. Солнечная энергетика [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_энергетика - 19.06. 2018.
4. Солнечные трекеры «EnergyTrack» [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://energy-ds.ru/catalog/generating/solnecnye-trakery.html>- 19.06. 2018.
5. Разбираемся в многообразии видов солнечных панелей[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://altenergiya.ru/sun/mnogoobrazie-vidov-solnechnyx-panelej.html> - 19.06. 2018.
6. Коровин М.А.Электрические и фотоэлектрические свойства гетеропереходов Si/ZnxCd1-xTe с плёнкой ZnxCd1-xTe. Выпускная работа бакалавра [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <earchive.tpu.ru/bitstream/11683/48987/1/TPU569507.pdf>. –19.06.2018.
7. Виды солнечных батарей: сравнительный обзор [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/vidy-solnechnyx-batarej.html>- 19.06. 2018.
8. Солнечные электростанции и их проектирование[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://weswen.ru/design-of-solar-power/>- 19.06. 2018.
9. Климатическая сеть стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. Алматы [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: http://infoclimate.org/wp-content/uploads/2013/09/Renewables_KAZ_SEF_rus.pdf - 19.06. 2018.
10. «Зелёный» тариф [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://activesun.com.ua/green-tariff>- 19.06. 2018.

11. Какие есть инверторы для солнечных батарей и как выбрать? [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://akbinfo.ru/alternativa/invertor-dlja-solnechnyh-batarej.html>- 19.06. 2018.
12. Характеристики аккумуляторов [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: http://www.solarhome.ru/basics/batteries/ab_params.htm- 19.06. 2018.
13. Практика применения солнечных модулей на поворотных механизмах [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://electricalschool.info/energy/1047-praktika-primeneniya-solnechnykh.html>- 19.06. 2018.
14. Солнечные батареи для дома, дачи [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://solarb.ru/kakoi-dolzhen-byt-ugol-naklona-solnechnoi-batarei>- 19.06. 2018.
15. Солнечные трекары [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://ust.su/solar/media/section-inner79/3032/>- 19.06. 2018.
16. Диспетчеризация [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Диспетчеризация>- 19.06. 2018.
17. Системы диспетчеризации и мониторинга технологических процессов [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://techelectromontage.ru/electromontag/chto-eto-takoe/>- 19.06. 2018.
18. Диспетчеризация [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://polyset.ru/glossary/Диспетчеризация.php>- 19.06. 2018.
19. Диспетчеризация в системах теплоснабжения [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://gisee.ru/articles/energy-solutions/999/>- 19.06. 2018.
20. SMS [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/SMS>- 19.06. 2018.
21. CircuitSwitchedData [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki/Circuit_Switched_Data- 19.06. 2018.
22. GPRS [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/GPRS>- 19.06. 2018.

23. ПМ01 GSM/GPRS модем ОВЕН [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://owen-ufa.ru/shop/proizvoditeli/owen/pm01-gsmgprs-modem-oven/>- 19.06. 2018.
24. ГОСТ 12.3.033-84 Безопасности труда[Электронный ресурс]. – Режимы доступа:https://allgosts.ru/13/100/gost_12.3.033-84- 19.06. 2018.
25. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200008440>- 19.06. 2018.
26. Заземление технических средств безопасности [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:https://secandsafe.ru/stati/kompleksnye_sistemy_bezopasnosti/zazemlenie_tehnicheskikh_sredstv_bezopasnosti 19.06. 2018.
27. Чистая энергетика – утопия [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://www.msk.festivalnauki.ru/statya/4357/chistaya-energetika-utopiya>-10.06.2018.
28. Возобновляемые источники энергии быстро растут с падением их стоимости[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> - 10.06.2018.
29. Солнечные батареи: [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<http://экофонд22.рф/news/195/> - 10.06.2018.
30. Мировой рынок свинца: [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://www.cmmarket.ru/markets/pbworld.htm> - 10.06.2018.
31. Грязное лицо чистой энергетики[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://www.apn.ru/publications/article17132.htm>- 10.06.2018.
32. Глобальные объёмы продаж солнечных панелей в 2018 г превысят 100ГВт[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://renen.ru/global-sales-of-solar-panels-in-2018-will-exceed-100-gw/> - 10.06.2018.
33. Конференции[Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <http://libed.ru/knigi-nauka/248189-1-nekommercheskoe-akcionernoe-obschestvo-almatinskiy-universitet-energetiki-svyazi-kafedra-elektrosnabzhenie-promishle.php> - 10.06.2018.

34. Струнин И. В. Способы получения электрики и тепла из солнечного излучения [Электронный ресурс]. – Режимы доступа: <https://moluch.ru/archive/63/9893/> - 10.06.2018.
35. Пожар[Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожар> - 16.06.2018.
36. Огнетушитель порошковый закачной, переносной – [Электронный ресурс]. – Режимы доступа:<https://www.tinko.ru/catalog/product/023007/>- 16.06.2018.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на разработку

Техническое задание разработано с требованиями ГОСТ 19.201–78.

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Полное наименование: Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки экстремального слежения для лабораторной солнечной установки.

1.2 Заказчик: ФГБОУ ВО Амурский государственный университет (АмГУ)

Исполнитель: Колтунов Николай Сергеевич.

1.3 Система разрабатывается на основании следующих документов:

- ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств;
- учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

1.4 Плановый срок начала работ по созданию системы экстремального слежения для лабораторной солнечной установки 23 января 2018 года

Плановый срок окончания работ по созданию системы экстремального слежения для лабораторной солнечной установки 2 июня 2018 года.

2 НАЗНАЧЕНИЕ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

2.1 Система экстремального слежения для лабораторной солнечной установки предназначена для:

- для автоматического приведения солнечной батареи в позицию, соответствующую максимальной выработки электроэнергии;
- индикации и регистрации электрических параметров напряжения и тока;
- автоматического воспроизведения программы экстремального слежения за солнцем, по максимальному напряжению;
- ручного управления приводами батареи;
- удалённое управление солнечной батареей с помощью SMS сообщений на основе сети GSM.

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

2.2 Цели создания системы

Данная система предназначена для:

- разработки прототипа для последующего воплощения в промышленных масштабах;
- совершенствования лабораторной базы кафедры АППиЭ;
- получение навыков построения систем автоматического управления данного класса;
- получение навыков алгоритмизации и программирования на базе программы CoDeSys V2.3.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Объектом автоматизации является электромеханический объект, состоящий из металлического основания, на котором прикреплена вертикальная направляющая конструкция, в верхней части которой установлена солнечная панель. Батарея приводится в движение вокруг вертикальной и горизонтальной оси с изменением азимута и угла места, с прямоходными исполнительными механизмами на базе двигателей постоянного тока напряжением 12 В. Диапазон изменения азимута 120° , высоты 90° .

Объект может эксплуатироваться в диапазоне температур от -40 до $+75^\circ\text{C}$, влажности до 80%.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ

4.1 Требования к системе в целом

Система управления должна включать следующие элементы:

- блок питания 12В;
- терминал управления установкой;
- блок контроллера;
- блок коммутации приводов;
- блок измерения и контроля положений приводов.

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

Блок коммутации должен обеспечивать возможность реверсивного включения приводов и отключением электродвигателей в крайних (конечных) положениях.

Блок контроллера будет предназначен для извлечения и обработки сигналов с датчиков положения и отправки команд управления в соответствии с программным обеспечением.

Терминал управления предназначен для индикации электрических и других параметров, а также изменений настроек программы и переключениями режимами работы установки, ручного управления приводами.

4.1.1 Требования к структуре и функционированию системы

4.1.1.1 Требования к средствам связи для информационного обмена между компонентами системы;

Для информационного обмена между персональным компьютером и программным логическим контроллером используется интерфейс RS – 232.

4.1.1.2 Требования к режимам функционирования системы;

Для АС определены следующие режимы функционирования:

- нормальный режим работы;
- аварийный режим работы.

Главным режимом функционирования АС является штатный режим. В этом режиме функционирования системы:

- программное обеспечение и технические средства системы дают возможность функционирования в течение неопределённого времени;
- исправно работающее оборудование, составляющее комплекс технических средств;
- исправно функционирующие системные, стандартные и прикладные программные обеспечения системы.

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

Для обеспечения штатного режима функционирования системы необходимо подчиняться требованиям и выдерживать определённые условия эксплуатации программного обеспечения установки и совокупность технических средств системы, указанные в соответствующих технических документах.

Аварийный режим работы системы характеризуется отказом одного или нескольких компонентов аппаратного или программного обеспечения.

В случае попадания системы в аварийный режим требуется:

- сообщить об аварии;
- осуществить выполнение программы по поиску максимального напряжения заново.

После этого необходимо выполнить комплекс мероприятий по устранению причины перехода системы в аварийный режим.

4.1.1.3 Требования по диагностированию системы;

АС должна позволять диагностировать основные процессы системы мониторинга выполнения программы установки.

Компоненты системы должны предоставлять информативный и удобный интерфейс для возможности анализа диагностических событий, мониторинга процесса выполнения программы установки.

При возникновении внештатных ситуаций, либо серьёзных ошибок в ПО, диагностические инструменты должны позволять сохранять всю необходимую информацию, необходимой оператору для определения проблемы.

4.1.1.4 Перспективы развития, модернизации системы.

АС должна реализовывать возможность в будущем модернизации как ПО, так комплекса аппаратных и технических средств, таких как:

- разработка удалённого управления через канал связи GPRS;
- создание системы сбора и анализа электрических параметров (напряжение и ток) солнечной батареей;

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

- приспособление данной установки работы в целом вне помещения.

4.1.2 Требования к численности и квалификации персонала системы

Для стандартной диагностики АС требуется всего один человек.

4.1.3 Требования к надёжности

Данная установка должна сохранять работоспособность и осуществлять восстановление своих основных функций при возникновении следующих внештатных ситуаций:

- при ошибках в функционировании аппаратных средств;
- при ошибках, связанных с ПО;
- при сбоях в системе электроснабжения аппаратной части.

4.1.4 Требования к безопасности

Все внешние и внутренние элементы технических средств установки, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения человека, а сами технические средства должны иметь защитное заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ.

А также, система электропитания должна осуществлять защитное отключение как при перегрузках, так и коротких замыканиях в цепях нагрузки. Ещё должно работать аварийное ручное отключение установки.

Общие требования пожарной безопасности должны полноценно соответствовать нормам на бытовое электрооборудование. В случае возгорания не должно выделяться ядовитых газов и дымов. После обесточивания энергоустановки должно предполагаться применение различных средств пожаротушения.

Оказывающие вредные воздействия на здоровье человека факторы, со стороны всех элементов установки (например электромагнитное излучения, шум, вибрация, электростатические поля и т.д.), не должны нарушать действующие нормы (СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03 от 03.06.2003 г.).

4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

Взаимодействие пользователей с прикладным ПО, входящим в состав системы должно выполняться посредством визуального графического интерфейса. Интерфейс системы должен быть понятным и удобным, не содержать лишней информации.

Средства редактирования параметров должны удовлетворять нужным требованиям в части использования функциональных клавиш, режимов работы, поиска, использования оконной системы дисплея. Ввод-вывод данных данной системы, приём управляющих команд и индикация результатов их выполнения должны осуществляться непосредственно в интерактивном режиме. Интерфейс управления установкой должен соответствовать современным эргономическим требованиям и обеспечивать доступность к основным функциям системы.

Все надписи на дисплее, а также сообщения, предоставляемые пользователю должны быть только на русском языке. Ещё система должна осуществлять адекватную обработку внештатных ситуаций, вызванных ошибочными или некорректными действиями пользователя. В указанных случаях выше, система должна сообщать пользователю соответствующую информацию.

4.1.6 Требования к транспортабельности для подвижных АС

АС в собранном виде должна быть компактной и должна иметь возможность относительно удобной и быстрой сборки установки.

4.1.7 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы.

Для штатной эксплуатации разрабатываемой энергоустановки должно быть обеспечено бесперебойным питанием.

При эксплуатации данная установка должна быть обеспечена соответствующим стандартам эксплуатации и хранения.

Продолжение Приложения А
Техническое задание на разработку

Периодическое техническое обслуживание используемых аппаратных средств должно осуществляться в соответствии с правилами технической документации изготовителей, но не реже одного раза в полгода.

А также, в процессе выполнения периодического технического обслуживания должны осуществляться как внутренний, так и внешний осмотр, и очистка технических средств от различной, проверка различных контактных соединений и параметров настроек функционирования и тестирование взаимодействия технических средств между собой.

На основании полученных результатов тестирования компонентов системы, далее должен выполняться анализ причин возникновения обнаруженных неисправностей и приниматься возможные меры по их устранению. Ремонт технических элементов должно проводиться в соответствии с инструкциями разработчика и поставщика технических средств и документами по их восстановлению функционирования и завершаться выполнением их тестирования. Расположение оборудования установки должно соответствовать правилам техники безопасности, требованиям пожарной безопасности и санитарным нормам.

Все пользователи данной системы должны беспрекословно соблюдать правила эксплуатации электронной вычислительной техники.

4.1.8 Требования по сохранности информации при авариях

Программное обеспечение системы должно восстанавливать свою работоспособность при корректном перезапуске аппаратных средств.

Указанные выше требования и правила не распространяются на компоненты данной системы, которые разработаны третьими лицами и действуют только при выполнении правил эксплуатации этих технических средств.

4.1.9 Требования к защите от влияния внешних воздействий

Защита от негативного влияния внешних воздействий должна осуществляться элементами программно-технического комплекса.

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

4.1.10 Требования к патентной чистоте

Установка системы в целом, как и установка отдельных компонентов данной системы не должна предъявлять каких-то дополнительных требований к покупке лицензий на программное обеспечение сторонних производителей, за исключением ПО, указанного в разделе 4.3.4.

4.1.11 Дополнительные требования

Дополнительные требования к данной АС не предъявляются.

4.2 Требования к видам обеспечения

4.2.2 Требования к информационному обеспечению системы

Структура алгоритма кода, состав и способы организации данных в системе должны быть сделаны на этапе технического проектирования установки.

Компоненты, осуществляющие хранение информации, должны применять современные технологии, позволяющие обеспечить оперативную замену технического оборудования и высокую надёжность хранения данных.

4.2.3 Требования к лингвистическому обеспечению системы

Все прикладное ПО данной системы для организации взаимодействия с пользователем должно применять русский язык.

4.2.4 Требования к программному обеспечению системы

При разработке и проектировании установки нужно максимально полноценно использовать ПО.

4.2.5 Требования к техническому обеспечению

Техническое обеспечение системы должно максимально эффективным образом использовать существующие технические средства.

4.2.6 Требования к метрологическому обеспечению

Разрабатываемая АС должна осуществлять следующие метрологические требования: чувствительность солнечной установки должна быть не ниже 97%, а погрешность – не выше 3%.

4.2.7 Требования к организационному обеспечению

Продолжение Приложения А
Техническое задание на разработку

Организационное обеспечение данной системы должно быть достаточным для эффективного использования возложенных на него обязанностей при выполнении автоматизированных и связанных с ними неавтоматизированных функций системы.

5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ

Перечень документов и чертежей, по ГОСТ 34.201-89, предъявляемых по окончании соответствующих этапов, стадий и работ:

Этап	Содержание работы	Результаты работы
1	Разработка технического обеспечения	Создание чертежа общего вида, функциональной схемы, принципиальной электрической, монтажной схемы и схемы общего вида щита управления и его компоновки технических элементов.
2	Разработка ПО	Проектирование алгоритма, программного обеспечения, написание руководства пользователя, составление перечня входных сигналов и данных.
3	Определение потребностей в оборудовании и материалах	Составление ведомости состава оборудования и материалов установки.

6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ СИСТЕМЫ

6.1 Виды, состав, объем и методы испытаний системы

Виды, состав, методы испытаний и тестирования системы будут изложены в компьютерной программе, разрабатываемой в составе рабочей документации.

6.2 Общие требования к приёмке работ по стадиям

Продолжение Приложения А

Техническое задание на разработку

Все создаваемые в рамках настоящей работы программные изделия передаются заказчику (то есть Амурскому государственному университету), как в виде готовых модулей, так и в виде исходных компьютерных кодов, представляемых в электронной форме на стандартном дисковом носителе.

6.3 Статус приёмочной комиссии

Приёмку работы должна выполнить приёмная комиссия, в состав которой включаются:

- представители заказчика;
- представители исполнителя.

Предварительные испытания заканчиваются подписание приёмочной комиссией протокола испытания с указанием в нем перечне необходимых доработок ПО, эксплуатационной и программной документацией и сроков их выполнения.

7 ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ

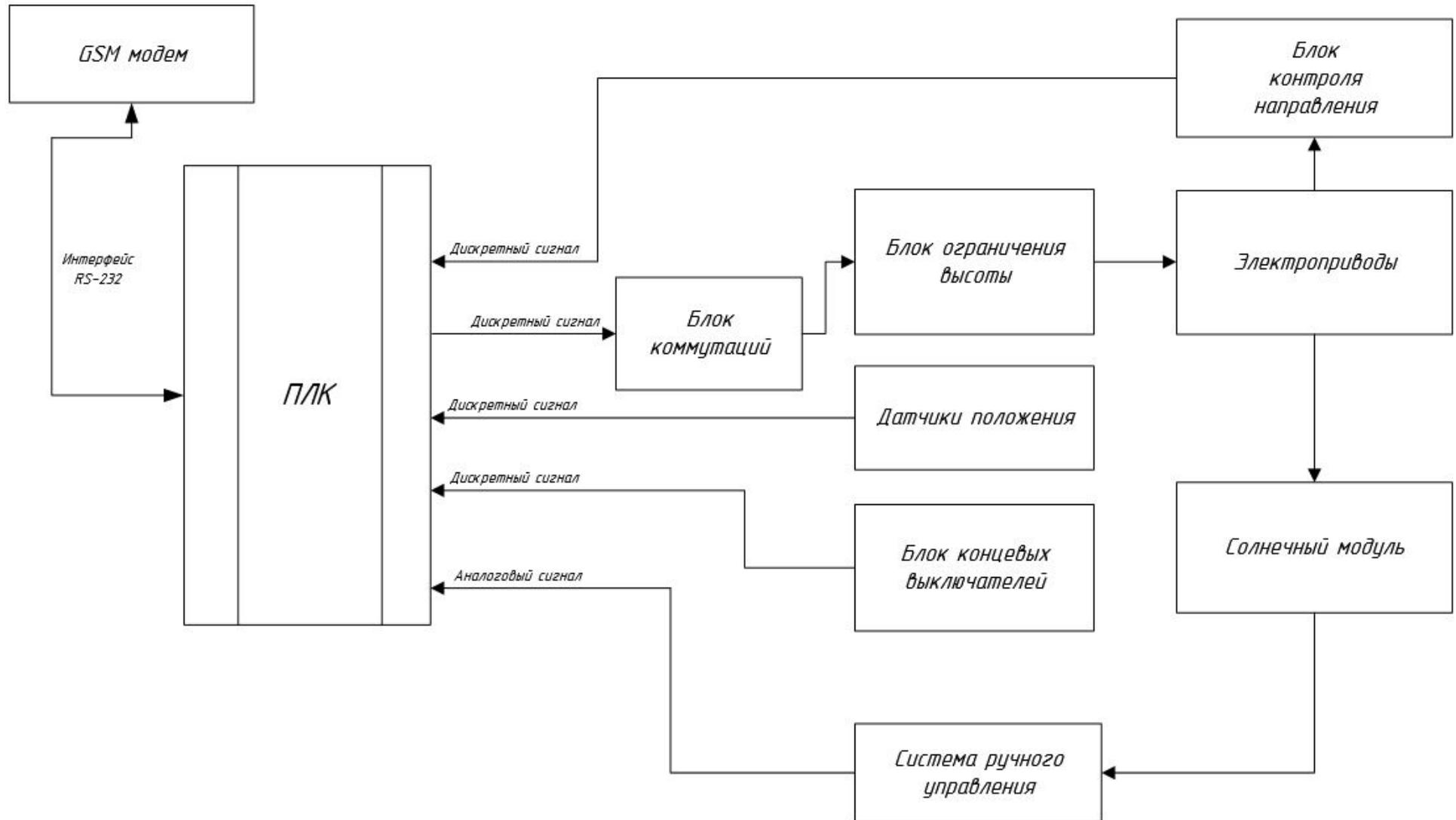
В процессе создания подсистемы должен быть подготовлен и передан заказчику комплект документации в составе:

- проектная документация;
- программная и эксплуатационная документация;
- предложения по организации системно-технической поддержки.

Требования к содержанию и составу работы по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в эксплуатацию, включая перечень основных мероприятий, должны быть уточнены на стадии подготовки рабочей документации и по результатам опытной эксплуатации солнечной установки.

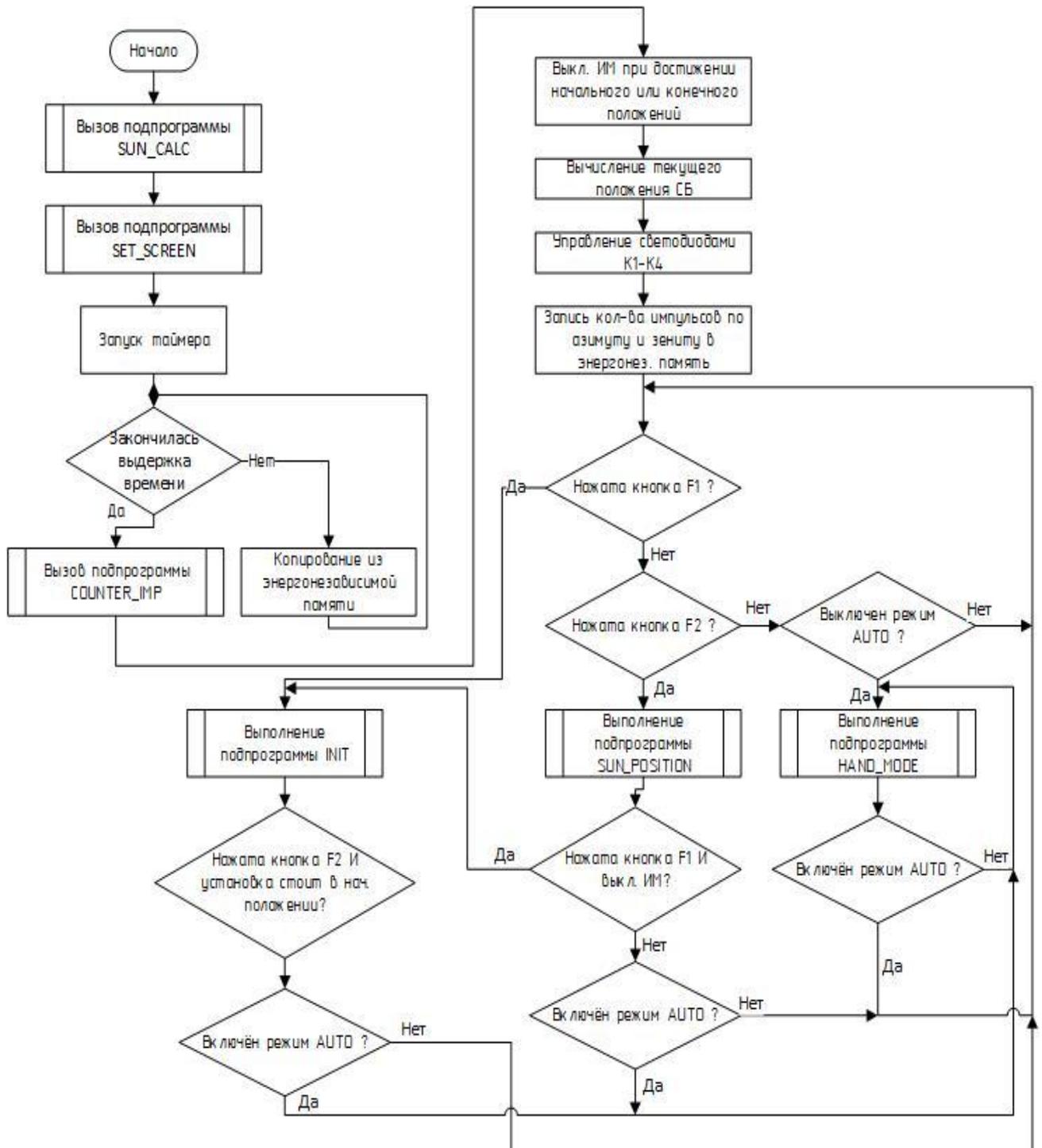
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Функциональная схема солнечной установки



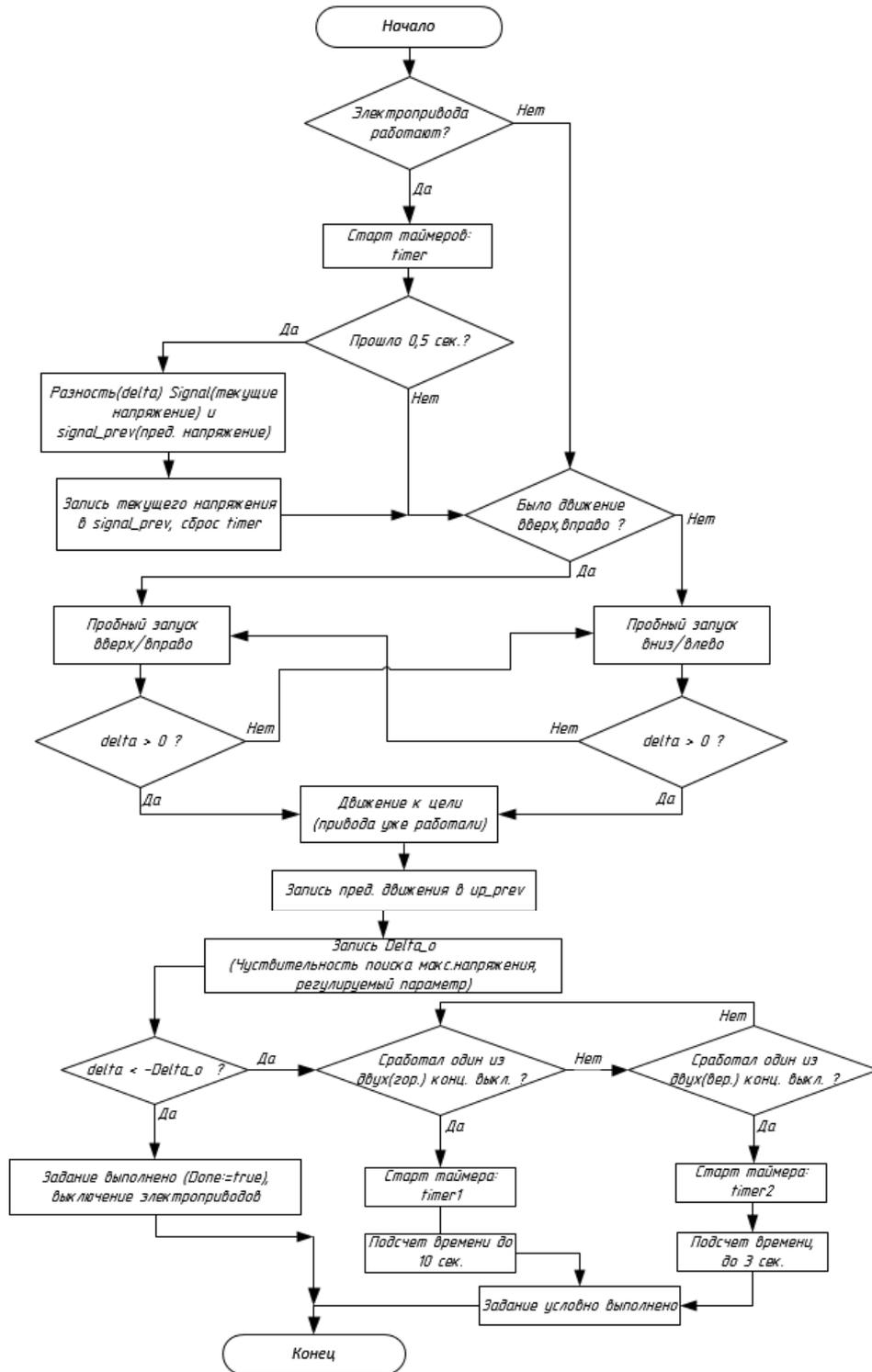
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Программный алгоритм поиска солнечной позиции



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Программный алгоритм MaximumPowerPointTracking



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Листинг подпрограммы PLC_PLG

```
PROGRAM PLC_PRG
  VAR_OUTPUT
Delta_o:REAL:=0.0085;(*Чувствительность поиска максимального напряжения*)
END_VAR
VAR
  extrem_regulator_g, extrem_regulator_v:Regul_Extr; (*функциональныеблокиэкстр.
Сл.*)
timer_osn, timer_dop: TON; (*Таймер интервала поиска и *таймер кнопки)
LEFT_P:BOOL:=FALSE; (*Пред. Движениевгоризонтальнойоси*)
  UP_P: BOOL:=FALSE; (*Пред. Движение в вертикальной оси*)
Cur_Time:DWORD; (*Текущеевремявсекундахотначаласуток*)
i: INT;(*переменная цикла for*)
input_code:INT;(*входное сообщение*)
STR:STRING(5); (*строка*)
to_restart:BOOL:=FALSE; (*перезапуск контроллера после получения сообщения*)
timer: TON;
END_VAR
(*=====
=====*)
(*ПОДГОТОВКА СТРУКТУР ДЛЯ ЧТЕНИЯ ДАТЫ-ВРЕМЕНИ*)
ST64.ulHigh :=0; ST64.ulLow :=0;
STD.dwHighMsec :=0; STD.dwLowMsecs :=0;
STD.Year :=0; STD.Month :=0; STD.Day :=0;
STD.Hour :=0; STD.Minute :=0; STD.Second :=0;
STD.Milliseconds :=0;
STD.DayOfWeek :=0;
DISPLAY;
FOR_VISUALISATION;
(*ЧТЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ДАТЫ*)
CT(SystemTime:=ST64, TimeDate:=STD);
Cur_Time:=STD.Hour*3600 +STD.Minute*60 +STD.Second;
(*=====ПРИ СТАРТЕ ИЛИ ПО КОМАНДЕ:загрузка конфигурации, отправка первого
СМС====*)
update:=update OR start_modem;
  IF (update=TRUE) THEN
Load_Config;
update:=FALSE;
start_modem:=FALSE;
(*Формирование первого СМС*)
MF(Str:='StartSB');
SMS_Ochered; (*постановка его в очередь для всех телефонов*)
END_IF
```

```
(*=====ОТВЕТЫ НА  
ВХОДЯЩИЕ=====*)  
IF is_new_SMS_from THEN  
IF show_param = 1 THEN  
ShowString(5,0,1,number_SMS_from);  
ShowString(5,0,2,new_SMS_from);  
END_IF  
input_code:= STRING_TO_INT(LEFT(new_SMS_from,3));  
IF input_code>=40 AND input_code<=150 THEN  
Delta_o:=INT_TO_REAL(input_code)/10000;
```

Продолжение Приложения Д
Листинг подпрограммы PLC_PLG

```
MF(Str:=' Izmeniechuvstvitelnostil'); (*формирование ответного СМС*)
SMS_Ochered; (*постановка его в очередь для всех телефонов*)
ELSIF input_code=01 THEN STATE:=1;
MF(Str:=' StartPARCING'); (*формирование ответного СМС*)
SMS_Ochered; (*постановка его в очередь для всех телефонов*)
ELSIF input_code=02 THEN STATE:=2;
MF(Str:='STOP'); (*формирование ответного СМС*)
SMS_Ochered; (*постановка его в очередь для всех телефонов*)
ELSIF input_code=04 THEN ;
MF(Str:=' INFO, Parametry'); (*формирование ответного СМС*)
SMS_Ochered; (*постановка его в очередь для всех телефонов*)
ELSIF input_code=03 THEN STATE:=4;
MF(Str:=' Start POISK');
(*=====Постановка его в очередь для запрашиваемого
телефона=====*)
num_SMS_to:=num_SMS_to+1;
IF num_SMS_to > 6 THEN num_SMS_to:=1; END_IF
numbers_to[num_SMS_to] := number_SMS_from;
messages_to[num_SMS_to]:=MF.OUT;
END_IF
is_new_SMS_from:=FALSE;
END_IF
(*=====
=====*)
IF LIMIT_SWITCH_UP=TRUE THEN DO_UP:=0;
END_IF
IF LIMIT_SWITCH_RIGHT=TRUE THEN DO_RIGHT:=0;
END_IF
IF LIMIT_SWITCH_DOWN=TRUE THEN DO_DOWN:=0;
END_IF
IF LIMIT_SWITCH_LEFT=TRUE THEN DO_LEFT:=0;
END_IF
(*=====Управление режимом с помощью кнопок F1-
F3=====*)
CASE STATE OF
(*=====0
РЕЖИМ=====*)
0:
IF extrem_regulator_g.Done AND extrem_regulator_v.Done THEN
timer_osn(IN:=TRUE, PT:=DWORD_TO_TIME(time_poisk*1000));
IF timer_osn.Q THEN
extrem_regulator_g(Start:=FALSE);
```

```
extrem_regulator_v(Start:=FALSE);  
timer_osn(IN:=FALSE);  
STATE:=4;  
END_IF  
END_IF  
IF KEYBOARD = 1 THEN STATE:=1;  
END_IF  
IF KEYBOARD = 2 THEN STATE:=2;  
END_IF  
IF AUTO>100 THEN STATE:=3;  
END_IF  
IF KEYBOARD=256 THEN STATE:=4;  
END_IF
```

Продолжение Приложения Д
Листинг подпрограммы PLC_PLG

```
timer_dop(IN:=TRUE, PT:=t#300ms);
IF KEYBOARD=32 AND Delta_o<=0.015 AND timer_dop.Q THEN
Delta_o:=Delta_o+0.0005;
timer_dop(IN:=FALSE);
ELSIF
KEYBOARD=128 AND Delta_o>=0.004 AND timer_dop.Q THEN
Delta_o:=Delta_o-0.0005;
timer_dop(IN:=FALSE);
END_IF
(*=====1
РЕЖИМ=====*)
1:
IF KEYBOARD = 2 THEN STATE:=2;
ELSE
PARKING;
IF LIMIT_SWITCH_DOWN AND LIMIT_SWITCH_RIGHT THEN STATE:=0;
END_IF
IF AUTO>100 THEN STATE:=3;
END_IF
END_IF
(*=====2
РЕЖИМ=====*)
2:
DO_UP:=0;
DO_DOWN:=0;
DO_LEFT:=0;
DO_RIGHT:=0;
UP:=FALSE;
DOWN:=FALSE;
LEFT:=FALSE;
RIGHT:=FALSE;
extrem_regulator_g(Start:=FALSE);
extrem_regulator_v(Start:=FALSE);
timer_osn(IN:=FALSE);
STATE:=0;
(*=====3
РЕЖИМ=====*)
3:
IF AUTO<0 THEN STATE:=0;
END_IF
HAND_MODE;
```

```

(*=====4РЕЖИМ=====
=====*)
4:
IF KEYBOARD = 2 THEN STATE:=2;
END_IF
Signal:=Voltage_Real;
IF NOT extrem_regulator_g.Done THEN
extrem_regulator_g(Start:=TRUE,time_interval:=t#1000ms, E_UP=>LEFT,
E_DOWN=>RIGHT);
ELSIF NOT extrem_regulator_v.Done THEN
extrem_regulator_v(Start:=TRUE,time_interval:=t#1000ms, E_UP=>UP, E_DOWN=>DOWN);
END_IF
IF extrem_regulator_g.Done AND extrem_regulator_v.Done THEN STATE:=0;
END_IF;
IF AUTO>100 THEN STATE:=3;

```

Продолжение Приложения Д
Листинг подпрограммы PLC_PLG

```
END_IF
END_CASE
(*=====
=====*)
SMS_Otpravka;
SMS_Servis;
IF to_restart THEN
timer(IN:=TRUE,PT:= T#2s); (*задержкана 2 сек.,
чтобыSMS_SERVICEуспелаубратьсообщениеизмодема*)
IFtimer.QTHEN
(*=====Подготовка к
перезагрузке*=====)
to_restart:=FALSE;
(*WHILE(TRUE) DO ; END_WHILE (*подвешиваем контроллер*)*)
END_IF
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕЕ

ЛистингподпрограммыDISPLAY

```
PROGRAM DISPLAY
  VAR
time_sec: INT;(*Время в секундах*)
END_VAR
(*Формирование 0 экрана - параметр солнечной установки*)
VOLTAGE_REAL:=ABS((VOLTAGE - 0.1716)*1.1249);
CURRENT_REAL:=ABS((CURRENT - 0.01666)*0.7317);
(*=====
=====*)
ShowString(0,0,0,'ПАРАМЕТРЫ:');
ShowString(0,0,1,'Напряжение=');
ShowReal(0,11,1,'%2.2f',VOLTAGE_REAL);
ShowString(0,15,1,'В');
ShowString(0,0,2,'Ток=');
ShowReal(0,4,2,'%2.3f $9F',CURRENT_REAL);
ShowString(0,10,2,'мА');
ShowString(0,0,3,'Чувств.:');
ShowReal(0,9,3,'%2.4f',PLC_PRG.Delta_o);
(*Формирование 1 экрана - Таймера поиска и номеров телефонов*)
ShowString(1,0,0,'Т.п.=');
ShowReal(1,5,0,'%2.0f',time_poisk / 60);
ShowString(1,8,0,'мин. ');
time_sec:=DWORD_TO_INT(time_poisk) MOD 60 ;
ShowReal(1,12,0,'%2.0f',time_sec);
ShowString(1,14,0,'с. ');
ShowString(1,0,1,'Телефоны:');
ShowString(1,0,2,tel_nums[1]);IF number_of_telephones=2 THEN
ShowString(1,0,2,tel_nums[2]);
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕЖ

ЛистингподпрограммыFOR_VISUALISATION

```
PROGRAM FOR_VISUALISATION
VAR
END_VAR

IF UP=TRUE THEN DO_UP:=1;
ELSE DO_UP:=0;
END_IF
IF DOWN=TRUE THEN DO_DOWN:=1;
ELSE DO_DOWN:=0;
END_IF
IF LEFT=TRUE THEN DO_LEFT:=1;
ELSE DO_LEFT:=0;
END_IF
IF RIGHT=TRUE THEN DO_RIGHT:=1;
ELSE DO_RIGHT:=0;
END_IF
IF UP=TRUE THEN led.0:=TRUE;
ELSE led.0:=FALSE;
END_IF
IF DOWN=TRUE THEN led.1:=TRUE;
ELSE led.1:=FALSE;
END_IF
IF LEFT=TRUE THEN led.2:=TRUE;
ELSE led.2:=FALSE;
END_IF
IF RIGHT=TRUE THEN led.3:=TRUE;
ELSE led.3:=FALSE;
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Листинг подпрограммы HAND_MODE

```
PROGRAM HAND_MODE
```

```
  VAR
```

```
  END_VAR
```

```
DO_UP:=0;
```

```
DO_DOWN:=0;
```

```
DO_LEFT:=0;
```

```
DO_RIGHT:=0;
```

```
VOLTAGE_P:=0;
```

```
REZULTAT:=0;
```

```
Start:=FALSE;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Листинг подпрограммы Load_Config

```
PROGRAM Load_Config
VAR
Hours, minutes, temp:DWORD>(*Часы, минуты, массив для сортировки*)
i,j:INT>(*Переменные цикла for*)
END_VAR

num_of_tels:=number_of_telephones; (*номера телефонов*)
(*=====Первый номер
телефона=====*)
tel_nums[1]:= "";
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_1));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_2));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_3));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_4));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_5));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_6));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_7));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_8));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_9));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_10));
tel_nums[1]:=CONCAT(tel_nums[1], WORD_TO_STRING (N1_11));
(*=====Второй номер
телефона=====*)
tel_nums[2]:= "";
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_1));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_2));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_3));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_4));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_5));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_6));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_7));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_8));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_9));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_10));
tel_nums[2]:=CONCAT(tel_nums[2], WORD_TO_STRING (N2_11));
(*=====Разрешенные
телефоны=====*)
allowed_tels:= "";
FOR i:=1 TO num_of_tels DO
allowed_tels := CONCAT(allowed_tels,tel_nums[i]);(*форм. списка разрешенных
телефонов*)
IF (i<num_of_tels) THEN allowed_tels:= CONCAT(allowed_tels,','); END_IF
```

```
END_FOR
(*=====Сортировка массива методом
вставок=====*)
IF num_of_sess > 1 THEN
FOR i:=2 TO num_of_sess DO j:=i;
temp:=sessions[i];
WHILE temp < sessions[j-1] DO
sessions[j]:=sessions[j-1];
j:=j-1;
IF j=1 THEN EXIT; END_IF
END_WHILE
sessions[j]:=temp;
END_FOR
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕМ

Листинг подпрограммы PARKING

```
PROGRAM PARKING
```

```
VAR
```

```
END_VAR
```

```
(*=====Парковка установки=====*)
```

```
IF LIMIT_SWITCH_DOWN=FALSE THEN DO_DOWN:=1;
```

```
ELSE DO_DOWN:=0;
```

```
END_IF
```

```
IF LIMIT_SWITCH_RIGHT=FALSE THEN DO_RIGHT:=1;
```

```
ELSE DO_RIGHT:=0;
```

```
END_IF
```

```
IF LIMIT_SWITCH_DOWN=TRUE AND LIMIT_SWITCH_LEFT=TRUE THEN
```

```
Current_Alt:=0;
```

```
Current_Az:=0;
```

```
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Листинг функции RealToString

```
FUNCTION RealToString : STRING(8)
VAR_INPUT
IN:REAL;(*Абсолютное значение переменной*)
END_VAR
VAR
W, RAT:INT;(*Дополнительные переменные*)
STR:STRING(8);(*строка переведенной переменной*)
END_VAR
```

(*Собственный преобразователь, стандартная функция REAL_TO_STRING на ПЛК73 по неизвестной причине не работает*)

```
W:=REAL_TO_INT(ABS(IN));
IF W>ABS(IN) THEN W:=W-1;
END_IF
RAT:=REAL_TO_INT((ABS(IN)-W)*100);
IF RAT=100 THEN W:=W+1; RAT:=0;
END_IF
IF IN>0 THEN STR:="";
ELSE STR:='-';
END_IF
STR:=CONCAT(STR,INT_TO_STRING(W));
STR:=CONCAT(STR,'.');
STR:=CONCAT(STR,INT_TO_STRING(RAT));
RealToString:=STR;
```

ПРИЛОЖЕНИЕ О

Листинг функционального блока Regul_Extr

```
FUNCTION_BLOCK Regul_Extr
VAR_INPUT
Start:BOOL;(*Старт функционального блока*)
time_interval:TIME;(*Время интервала перезаписывания пред. сигнала*)
END_VAR
VAR_OUTPUT
E_UP, E_DOWN:BOOL:=FALSE;(*Движение вверх/вправо и вниз/влево*)
Done:BOOL:=FALSE; (*Задание выполнено*)
END_VAR
VAR
timer:TON;(*время интервала перезаписывания пред. сигнала*)
signal_prev:REAL:=-1; (*Предыдущее значение сигнала*)
delta:REAL:=0; (*signal - signal_prev*)
STATE:BYTE:=0;
count:WORD:=0; (*Число тактов таймера в текущем состоянии*)
up_prev:BOOL:=TRUE; (*Предыдущее движение было up*)
probe_count:BYTE:=0; (*Число проб для защиты от автоколебаний*)
timer1,timer2: TON;;(*Таймеры защиты от зависания программы*)
Delta_o: REAL;;(*Чувствительность поиска макс. напряжения*)
END_VAR

(*=====Управление
таймером=====*)
timer(IN:= STATE>1, PT:= time_interval);
Delta_o:=PLC_PRG.Delta_o;
IFtimer.QTHEN
count:=count + 1;(*число тактов таймера в текущем состоянии*)
delta:=Signal - signal_prev;(*текущие значение сигнала*)
signal_prev:=signal;(*предыдущее значение сигнала*)
timer(IN:=FALSE);
END_IF
CASE STATE OF
0: (*ожидание*)
E_UP:=E_DOWN:=Done:=FALSE;
probe_count:=0;(*число проб для защиты от автоколебаний*)
IF Start THEN count:=0;
IF up_prev THEN state:=2;
ELSE STATE:=3;
END_IF
END_IF
timer1(IN:=FALSE);
timer2(IN:=FALSE);
```

```
1: (*готово*)
E_UP:=E_DOWN:=FALSE;
Done:=TRUE;(*задание выполнено*)
2: (*пробный запуск up*)
E_UP:=TRUE;
E_DOWN:=Done:=FALSE;
IF probe_count >= 2 THEN STATE:=1;
RETURN;
END_IF
IF count >1 THEN
```

Продолжение Приложения О

Листинг функции Regul_Extr

```
IF delta > 0 THEN count:=0; STATE:=4;
ELSE
probe_count:=probe_count+1;
count:=0;
STATE:=3;
END_IF
END_IF
3: (*пробный запуск down*)
IF probe_count >= 2 THEN STATE:=1;
RETURN;
END_IF
E_DOWN:=TRUE;
E_UP:=Done:=FALSE;
IF count >1 THEN
IF delta > 0 THEN count:=0; STATE:=4;
ELSE
probe_count:=probe_count+1;
count:=0;
STATE:=2;
END_IF
END_IF
4: (*движение к цели, привод был включен ранее*)
Done:=FALSE;
up_prev:=E_UP;(*предыдущее движение было up*)
IF count > 1 AND delta < -Delta_o THEN count:=0; STATE:=1;
END_IF
IF LIMIT_SWITCH_RIGHT OR LIMIT_SWITCH_LEFT THEN
timer1(IN:=TRUE, PT:=t#10s);
IF timer1.Q THEN STATE:=1;timer1(IN:=FALSE);
END_IF
END_IF
IF LIMIT_SWITCH_DOWN OR LIMIT_SWITCH_UP THEN
timer2(IN:=TRUE, PT:=t#3s);
IF timer2.Q THEN STATE:=1;timer2(IN:=FALSE);
END_IF
END_IF
END_CASE
IF NOT Start THEN count:=0; STATE:=0;
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Листинг подпрограммы SMS_Form

```
FUNCTION_BLOCK SMS_Form
VAR_INPUT
Str:STRING(25);(*строковая переменная*)
END_VAR
VAR_OUTPUT
OUT:STRING(60);(*строковая переменная для ответного сообщения*)
END_VAR
VAR
VOLTAGE_REAL_str, CURRENT_REAL_str: STRING(60);(*строкозначенияU иI*)
END_VAR

(*=====Формирование ответного сообщения на запрос
пользователя=====*)
OUT:="";
IF STD.Day <10 THEN OUT:='0';
END_IF
OUT:=CONCAT(OUT,UINT_TO_STRING(STD.Day));
OUT:=CONCAT(OUT,',');
IF STD.Month <10 THEN OUT:=CONCAT(OUT,'0');
END_IF
OUT:=CONCAT(OUT,UINT_TO_STRING(STD.Month));
OUT:=CONCAT(OUT,',');
IF STD.Hour <10 THEN OUT:=CONCAT(OUT,'0');
END_IF
OUT:=CONCAT(OUT,UINT_TO_STRING(STD.Hour));
OUT:=CONCAT(OUT,',');
IF STD.Minute <10 THEN OUT:=CONCAT(OUT,'0');
END_IF
OUT:=CONCAT(OUT,UINT_TO_STRING(STD.Minute));
OUT:=CONCAT(OUT,',');
OUT:=CONCAT(OUT,Str);
OUT:=CONCAT(OUT,', ');
VOLTAGE_REAL_str:= RealToString(VOLTAGE_REAL);
OUT:= CONCAT(OUT, VOLTAGE_REAL_str);
OUT:= CONCAT(OUT,'V; ');
CURRENT_REAL_str:= RealToString(CURRENT_REAL);
OUT:= CONCAT(OUT, CURRENT_REAL_str);
OUT:= CONCAT(OUT,'mA');
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Лист интпод программы SMS_Ochered

```
PROGRAM SMS_Ochered
```

```
VAR
```

```
i:INT;(*Переменная цикла for*)
```

```
END_VAR
```

```
(*=====Формирование очереди сообщения на запрос  
оператора=====*)
```

```
FOR i:=1 TO num_of_tels DO
```

```
num_SMS_to:=num_SMS_to+1;
```

```
IF num_SMS_to > 6 THEN num_SMS_to:=1; END_IF
```

```
numbers_to[num_SMS_to] :=tel_nums[i];
```

```
messages_to[num_SMS_to]:=MF.OUT;
```

```
END_FOR
```

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Листинг подпрограммы SMS_Отправка

```
PROGRAM SMS_Отправка
VAR
timer:TON;(*Таймер задержки отправки сообщения*)
END_VAR

(*=====Задержка перед отправкой очередной
CMC=====*)
IF NOT is_new_SMS_to THEN timer(IN:=TRUE,PT:= T#2s);
END_IF
IF (num_SMS_to > 0) AND (NOT is_new_SMS_to) AND timer.Q THEN
number_SMS_to:=numbers_to[num_SMS_to];
new_SMS_to:= messages_to[num_SMS_to];
num_SMS_to:=num_SMS_to - 1;
is_new_SMS_to:=TRUE;
timer(IN:=FALSE);
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕТ

Листинг подпрограммы SMS_Servis

```
PROGRAM SMS_Servis
VAR
oport: OpenPort;
cfgen: BOOL;
rsen: BOOL;
ssend: BOOL;
Handle: WORD :=0;
cfg1: FB_SMS_CFG;
srs1: FB_SMS_SR;
END_VAR

(*=====Сервис
сообщений=====*)
IF is_new_SMS_to THEN ssend:=TRUE;
END_IF
oport(Enable:=oport.Enable);
CASE modem_stat OF
0:
oport.Enable:=TRUE;
oport.PortBaudrate:=9600;
oport.PortNum:=0;
oport();
IF oport.OUT THEN modem_stat:=1;cfgen:=TRUE;
ELSE RETURN;
END_IF;
1:
cfg1(Enable:= cfgen,PortBaudrate:='9600');
IF cfg1.Done THEN
IF cfg1.ErrCode = 0 THEN
modem_stat:=2;cfgen:=FALSE;rsen:=TRUE;
END_IF;
END_IF;
2:
srs1(Enable:= rsen,Handle:= Handle, CsdClose:= FALSE, SendSms:= ssend,
SendSmsText:=new_SMS_to, SendSmsNum:= number_SMS_to,
CheckNum:= TRUE, CheckNumList:= allowed_tels);
ELSE;
END_CASE
IF srs1.SmsSend THEN ssend:=FALSE;
IF srs1.ErrCode>0 THEN modem_error:=srs1.ErrCode; END_IF
is_new_SMS_to:=FALSE;
END_IF
```

```
IF srs1.NewInSms THEN
number_SMS_from:= srs1.NewInSmsNum;
new_SMS_from:=srs1.NewInSmsText;
is_new_SMS_from:=TRUE;
END_IF
```

ПРИЛОЖЕНИЕ У

Листинг подпрограммы Global_Variables

```
VAR_GLOBAL
(*=====Основные глобальные
переменные=====*)
Starting_timer:TON;
STATE:BYTE;
UP:BOOL;
DOWN:BOOL;
LEFT:BOOL;
RIGHT:BOOL;
VOLTAGE_REAL:REAL;
CURRENT_REAL:REAL;
VOLTAGE_P: REAL;
CT:CurTimeEx;
ST64:SysTime64;
Cur_Time:DWORD;
latdegree: REAL;
londegree: REAL;
Year: REAL;
Month: REAL;
Day: REAL;
Hours: REAL;
ZO:REAL;
Minutes: REAL;
azimuth: REAL;
altitude: REAL;
azimuth_system:INT;
altitude_system:INT;
azimuth_sun:INT;
altitude_sun:INT;
a:INT;
Start, up_g, up_v, down_v, down_g:BOOL;
Signal:REAL;
(*=====«Модемные переменные»=====
=====*)
start_modem:BOOL :=TRUE; (*Уст. на один стартовый цикл для загрузки конфиг.*)
(*CT:CurTimeEx; (*функциональный блок для чтения текущих даты и времени*)
ST64:SysTime64; (*Текущее время в мсек не используется, но нужно для вызова СТ*)
STD:SystemTimeDate; (*Полная информация о дате и времени*)*)
num_of_tels:INT; (*Число телефонов*)
tel_nums:ARRAY [1..3] OF STRING(11); (*Номера телефонов*)
allowed_tels:STRING(35);
num_of_sess:INT; (*Число сеансов*)
```

sessions:ARRAY[1..6] OF DWORD; (*Времена сеансов*)
next_session:INT:=1;
(* «Текущие» СМС *)
new_SMS_to:STRING(60); (*Новая СМС к отправке*)
number_SMS_to:STRING(11); (*На номер*)
new_SMS_from:STRING(60); (*Новая принятая СМС*)
number_SMS_from:STRING(11); (*С номера*)
is_new_SMS_to:BOOL:=FALSE; (*Нужно ли отправлять?*)
is_new_SMS_from:BOOL:=FALSE; (*Только что принята?*)
(*Очередь СМС, ожидающих отправки - до 6 шт.*)
numbers_to:ARRAY[1..6] OF STRING(11); (*Номера*)

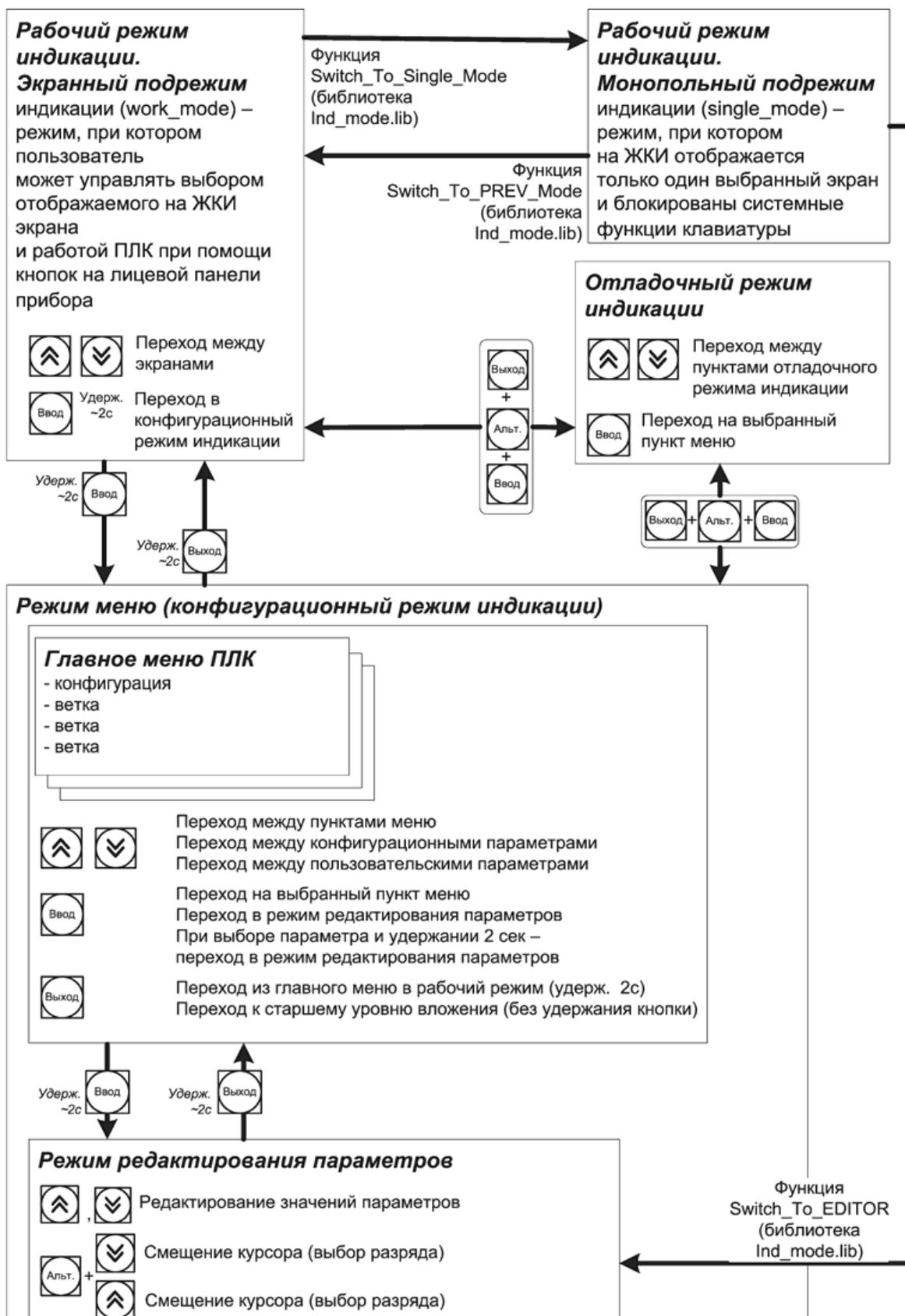
Продолжение Приложения У

Листинг подпрограммы Global_Variables

```
messages_to:ARRAY[1..6] OF STRING(60); (*Сообщения*)
num_SMS_to:INT:=0; (*Фактическое число СМС, ожидающих отправки*)
MF:SMS_Form;
modem_error:BYTE:=0; (*Ошибка модема: попытка понять проблему*)
modem_stat: BYTE:=0; (*Статус состояния модема*)
to_restart:BOOL:=FALSE;
END_VAR
VAR_GLOBAL RETAIN
Current_alt_retain:WORD;
Current_az_retain:WORD;
END_VAR
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

Режимы индикации ЖКИ



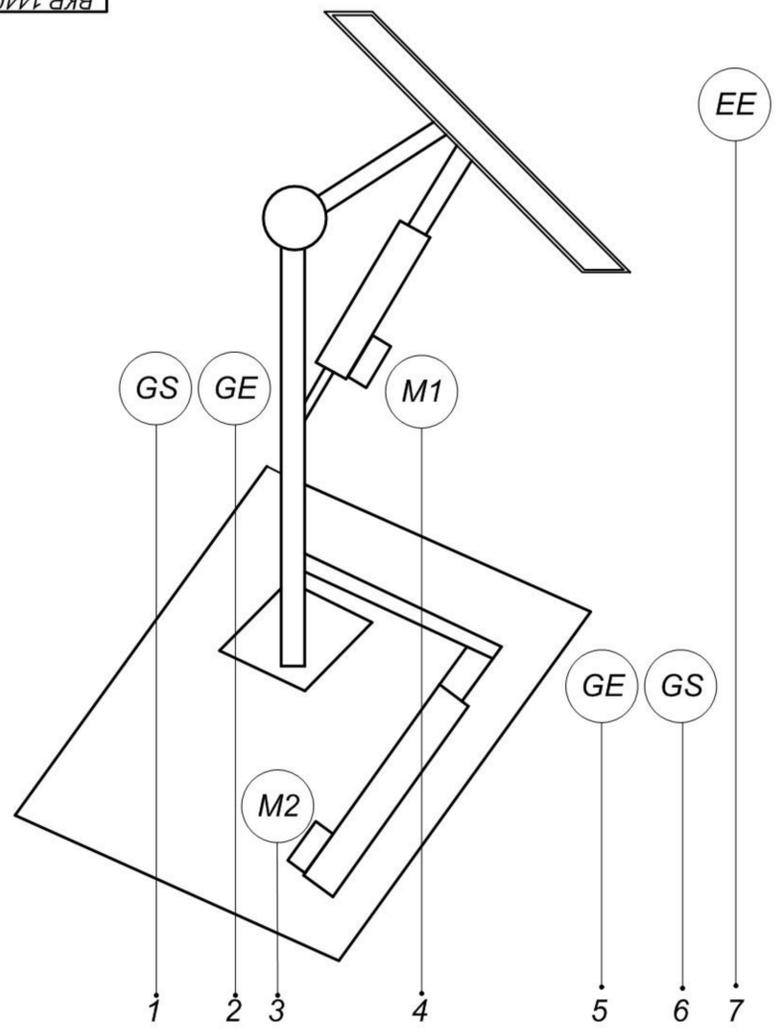


Схема конструкции СБ, вид сбоку

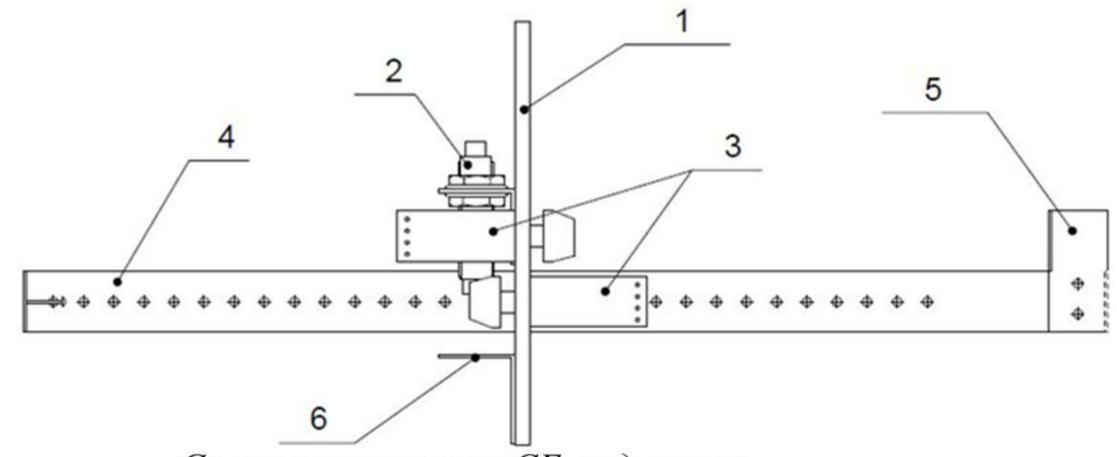


Схема конструкции СБ, вид сзади

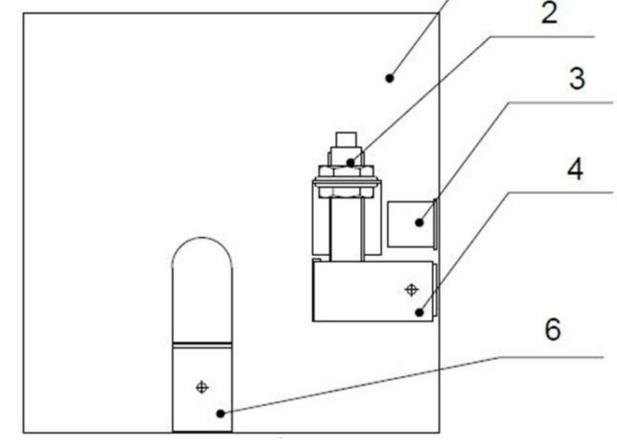
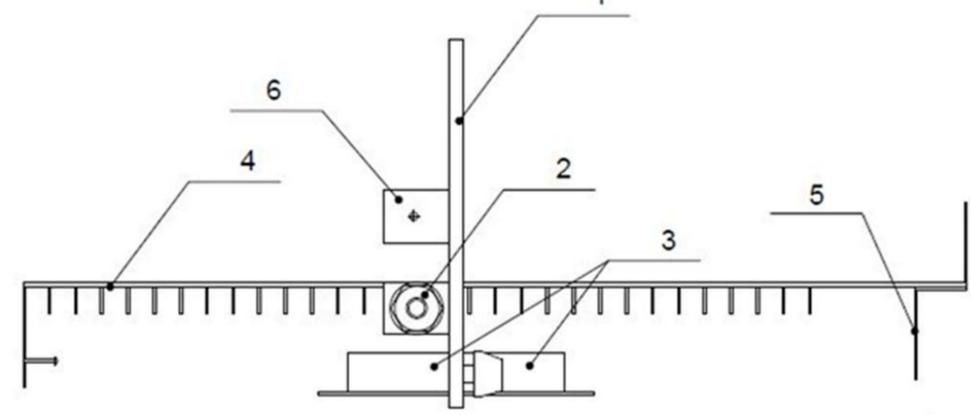


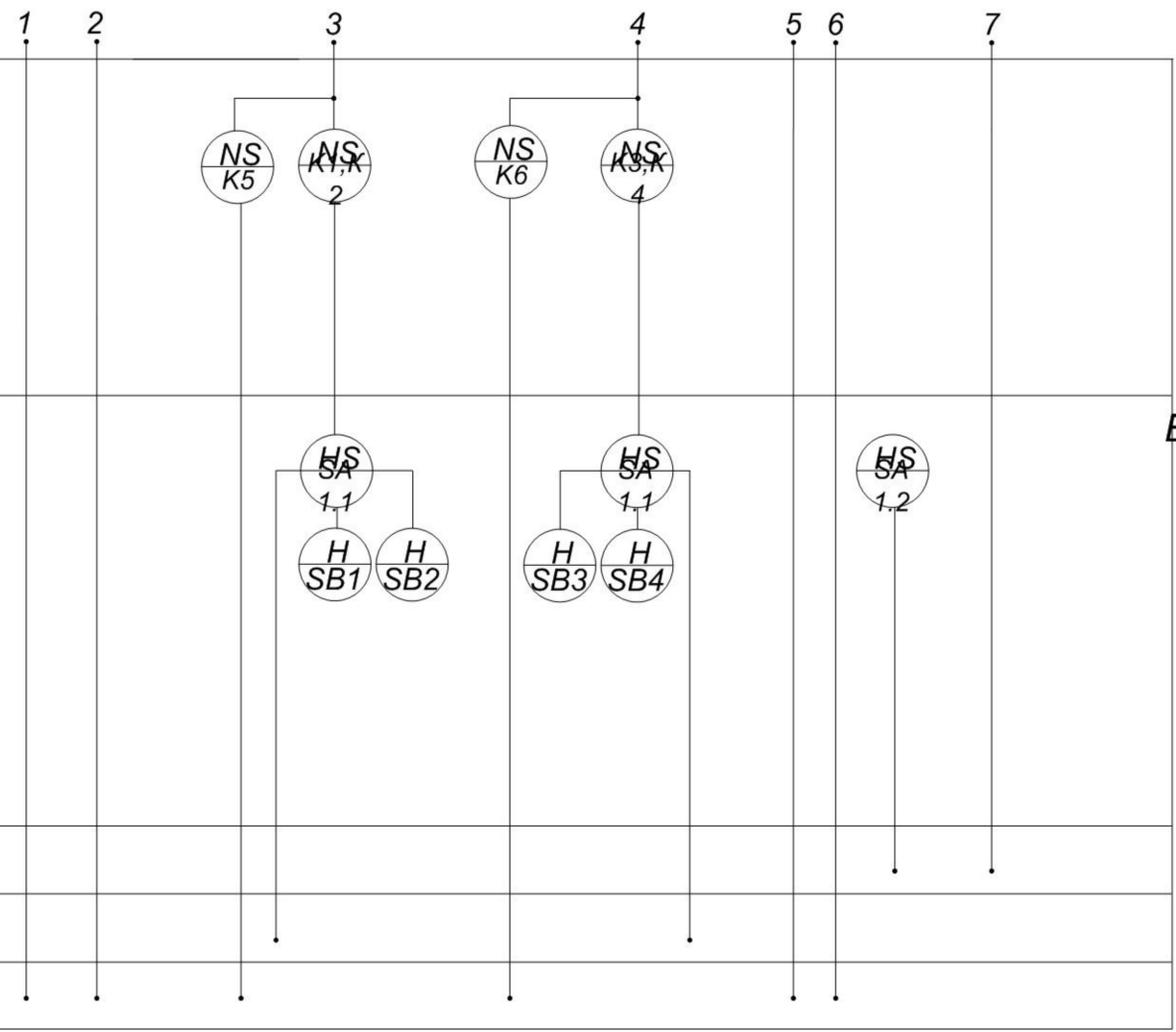
Схема конструкции СБ, вид сверху



- 1 – Алюминиевая пластина
- 2 – Датчик положения
- 3 – Концевой выключатель
- 4 – Рейка
- 5 – Механизм нажатия на концевой выключатель;
- 6 - Крепление пластины к электроприводу

Технические характеристики электропривода ECO-WORTHY

Длина хода, мм	300
Напряжение, В	12
Минимальное установочное расстояние, мм	405
Скорость холостого хода, мм/сек	300
Минимальный ток, А	0.8
Максимальный ток, А	3
Максимальная нагрузка, кг	15
Рабочий цикл, %	15 (3 мин непрерывной работы, отдых -17 мин)
Концевой выключатель	Встроенный в корпус
Рабочая температура, С°	-25 – 65
Класс защиты	IP54

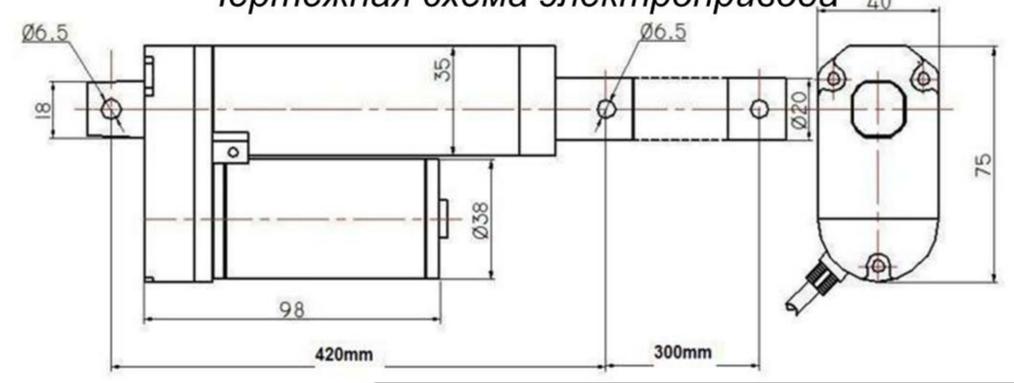


- HS – Переключатель электрических цепей
- H – Ручное управление
- SB1-SB4 – Кнопки управления электроприводом
- NS – Коммутирующее устройство
- K1-K6 – Промежуточные реле
- SA1 – Двухпозиционный переключатель
- GS – Концевой выключатель
- GE – Датчик положения
- M1-M2 – Электропривод
- EE – Электрический сигнал напряжения.

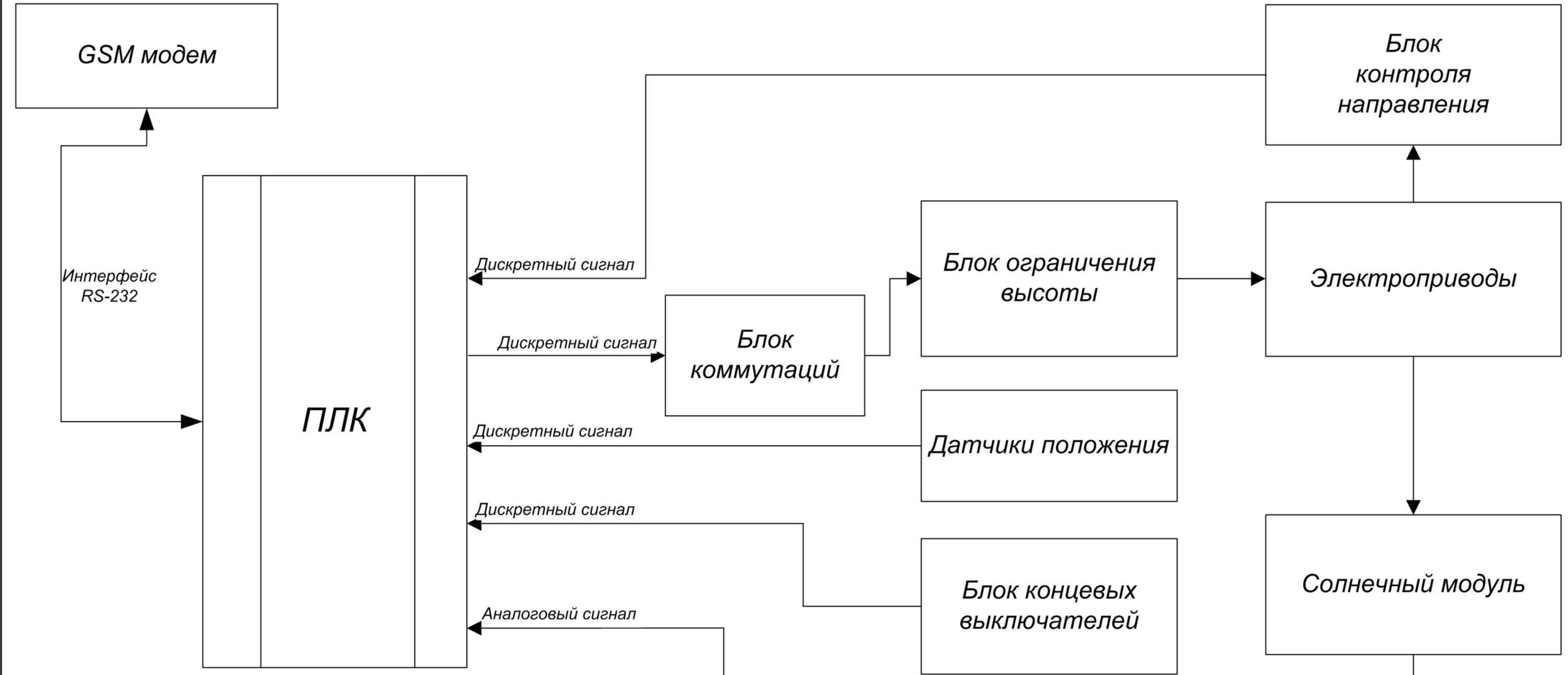
Внешний вид электропривода



Чертежная схема электропривода



ВКР.144006.15.03.04.В0				Литера	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	у	
Разраб.	М.С.					
Провер.	Рыбальев А.Н.					
Т.Контр.	Рыбальев А.Н.				Лист 1	Листов 6
Н.Контр.	Скрипко О.В.	Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки				АМГУ
Утв.	Скрипко О.В.					Кафедра АППиЭ



GSM Модем – позволяет принимать SMS Сообщения и отправлять их на дальнейшую обработку, которые отправляет оператор. Также осуществляет рассылку необходимой информации пользователю.

ПЛК – программируемый логический контроллер, который с помощью дискретных выходов управляет приводами, посылая сигналы на переключатель, и если тот включен в положение автоматического управления, то сигналы идут на устройства коммутации.

Блок контроля направления – определяет направление движения приводов, с помощью реле.

Блок коммутаций – обеспечивает движение электроприводов. В него входят четыре реле, два из которых нужны для управления первым электроприводом (движения вперед и назад), вторая пара реле - для второго электропривода (движение вверх и вниз).

Блок ограничения высоты – выполняет Защиту от одновременного нажатия двух кнопок противоположных направлений движения привода. Это осуществляется с помощью нормально замкнутых контактов реле, которые при подаче питания на катушки размыкаются.

Электроприводы – являются рабочими органами в системе позиционирования установки.

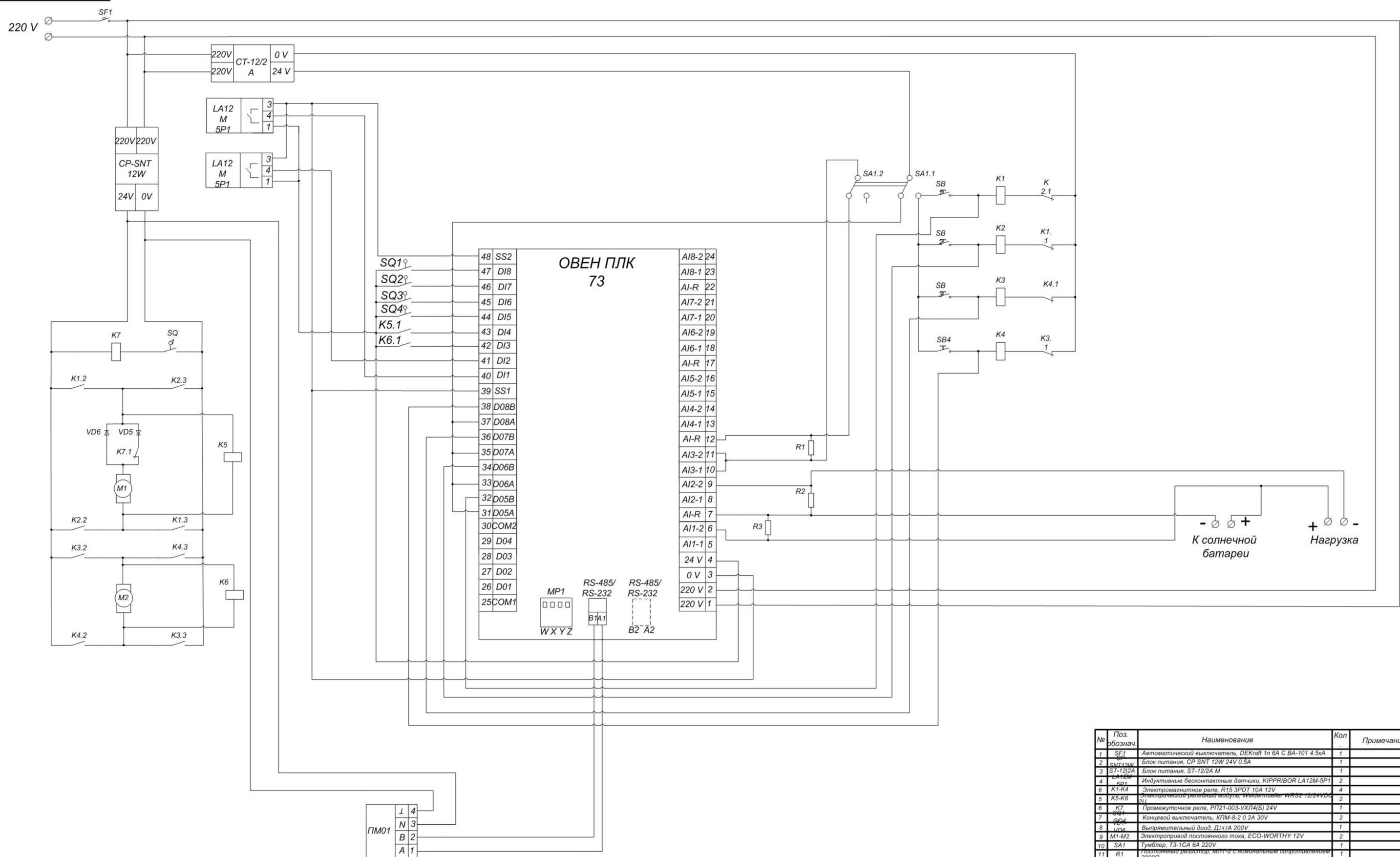
Датчики положения – бесконтактные индуктивные датчики, которые реагируют только на металл и при прохождении болта через него подает сигнал на ПЛК (ведет подсчет импульсов).

Блок конечных выключателей – не позволяют двигаться установке, при достижении крайнего положения. Датчики встроены в корпус электроприводов, с которых сигналы на дискретные входы контроллера.

Солнечная модуль – набор кремниевых монокристаллических пластин на подложке.

Система ручного управления – с помощью двухпозиционного переключателя, обеспечивается переключение автоматического/ручного режима управления установкой. Так же при переключении в автоматический режим сигнал подается на аналоговый вход контроллера, это необходимо для избежания возможных ошибок, связанных с управлением электроприводами.

				ВКР.144006.15.03.04.СХ			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	1	СХ			у		
Провер.		Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.		Рыбалева А.Н.			Лист 2	Листов 6	
Н.Контр.		Скрипко О.В.			Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки		АмГУ Кафедра АППиЭ
Утв.		Скрипко О.В.					



№	Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
1	SF1	Автоматический выключатель, DEKraft 1n 6A C BA-101 4.5кА	1	
2	CP-SNT 12W	Блок питания, CP-SNT 12W 24V 0.5A	1	
3	CT-12/2A	Блок питания, ST-12/2A M	1	
4	LA12M-5P1	Индуктивные бесконтактные датчики, KIPPRIBOR LA12M-5P1	2	
6	K1-K4	Электромагнитное реле, R15 3PDT 10A 12V	4	
5	K5-K6	Электромагнитное реле, R15 3PDT 10A 12V	2	
8	K7	Промежуточное реле, PF21-003-VX14(B) 24V	1	
7	SB1	Концевой выключатель, КРМ-8-2 0.2A 30V	2	
8	VD5, VD6	Выпрямительный диод, Д243А 200V	1	
9	M1-M2	Электропривод постоянного тока, ECO-WORTHY 12V	2	
10	SA1	Тумблер, ТЗ-1СА 6А 220V	1	
11	R1	Постоянный резистор, МП1-2 с номинальным сопротивлением 220	1	
12	R2	Постоянный резистор, МП1-1 с номинальным сопротивлением 220	2	
13	R3	Постоянный резистор, МП1-2 с номинальным сопротивлением 13000	1	
14	ОВЕН ПЛК 73	Программируемый логический контроллер, ОВЕН ПЛК73	4	
15	SB1-SB4	Кнопки радиальные, без фиксации, 3А 250V	4	
16	ПЛК73	Программируемый логический контроллер, ОВЕН ПЛК73	1	
17	ПМ01	Модем, ОВЕН ПМ01 220.АВ	1	

БКР.144006.15.03.04.СХ

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	1	1	Скрипко О.В.		У		1:1
Провер.			Рыбалева А.Н.				
Т.Контр.			Рыбалева А.Н.				
Н.Контр.			Скрипко О.В.				
Утв.			Скрипко О.В.				

Принципиальная электрическая схема солнечной установки

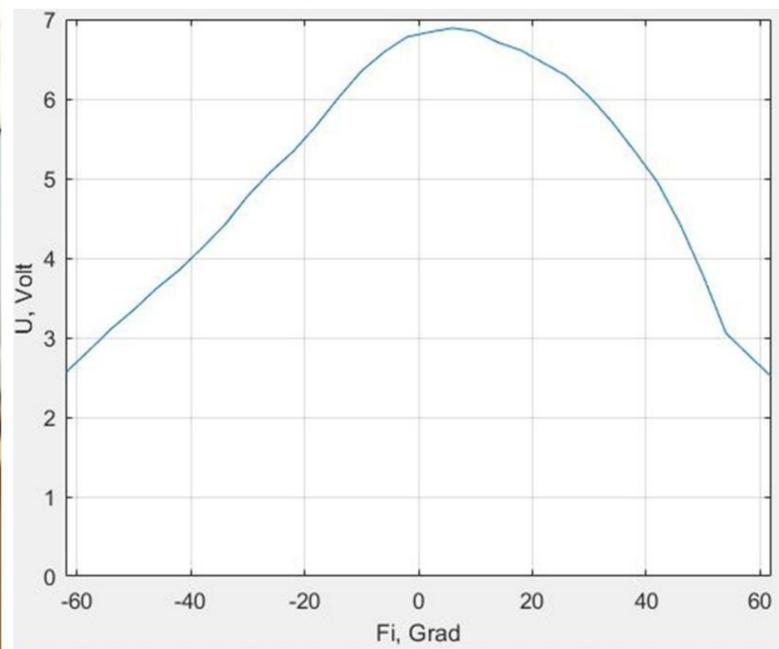
Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки

АМГУ
Кафедра АППиЭ

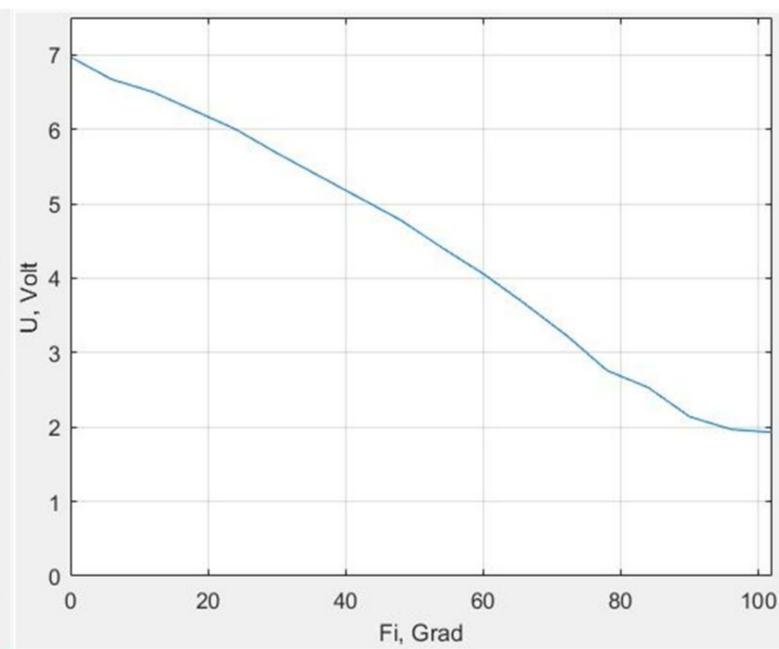
Импровизированное солнце



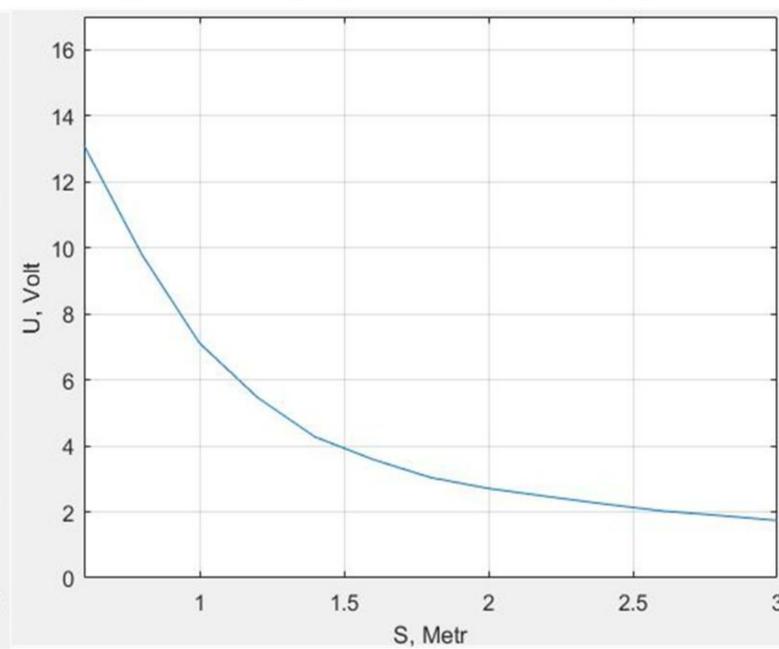
Зависимость напряжения от изменения угла горизонтальной оси



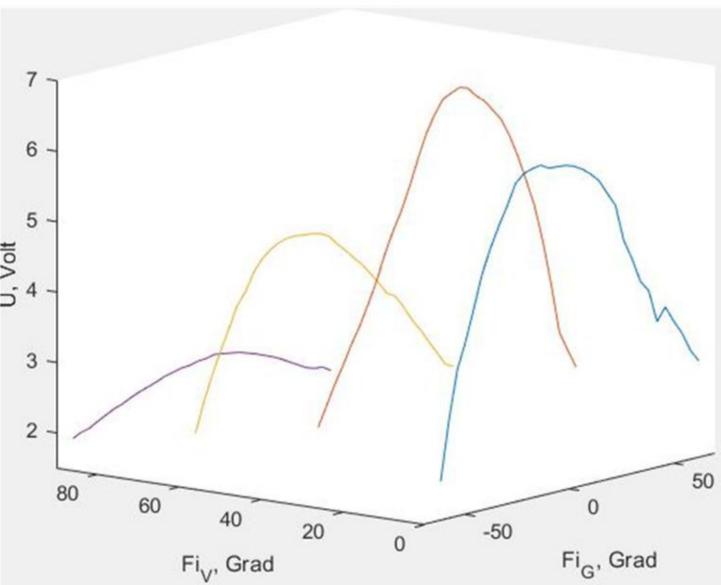
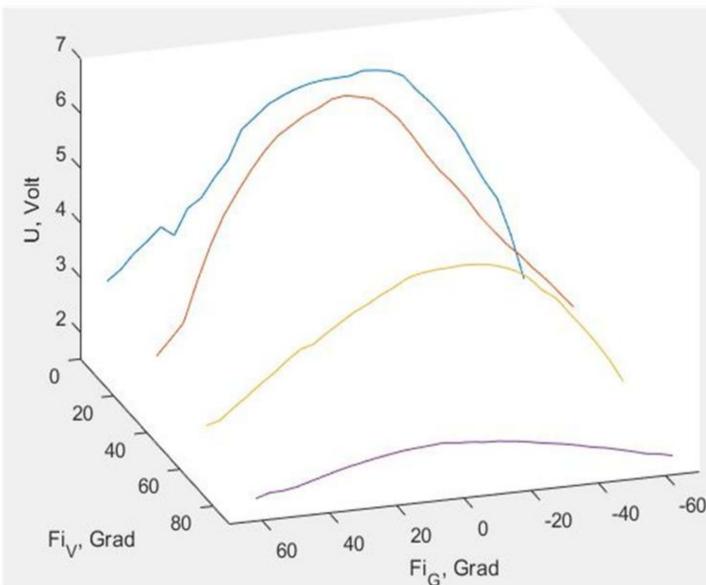
Зависимость напряжения от изменения угла вертикальной оси



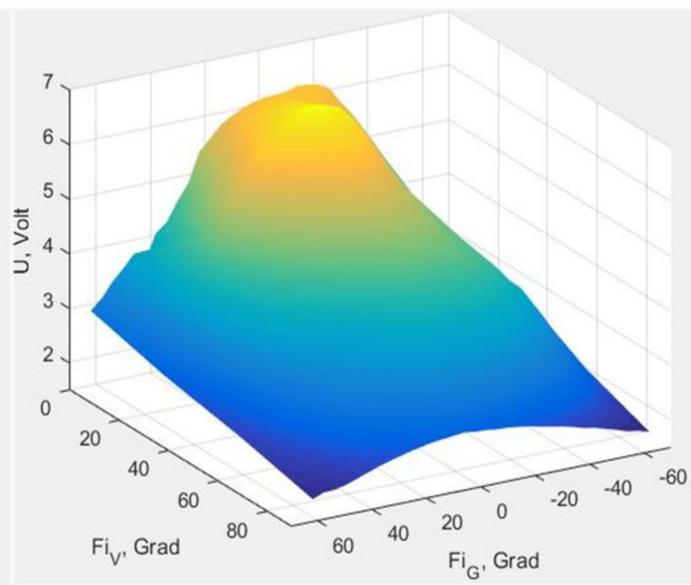
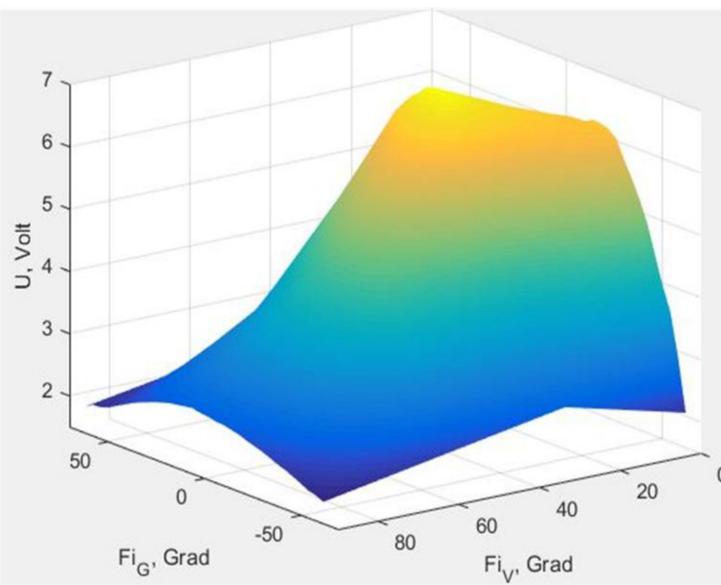
Зависимость напряжения от изменения расстояния (от установки до «солнца»)



Зависимость напряжения от углов горизонтальной и вертикальной осей



Зависимость напряжения от углов горизонтальной и вертикальной осей, с интерполяцией



				ВКР.144006.15.03.04.ВО				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Эксперименты с установкой по изменению освещённости	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	4	И.С.				у		
Провер.		Рыбалева А.Н.						
Т.Контр.		Рыбалева А.Н.				Лист 4	Листов 6	
Н.Контр.		Скрипко О.В.			Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки	АМГУ		
Утв.		Скрипко О.В.				Кафедра АППиЭ		

ВИДЫ СОСТОЯНИЙ В ОСНОВНОЙ ПРОГРАММЕ

- «0» - режим ожидания;
- «1» - режим парковки;
- «2» - аварийная остановка;
- «3» - ручной режим управления СБ;
- «4» - режим экстремального слежения.

ОПИСАНИЕ СОСТОЯНИЯ

«0» - выполняется ожидание команд с пульта управления. В этом режиме происходит опрос кнопок «ПУСК/СТОП», «АЛТ.», «F1», «F2» или «F3».

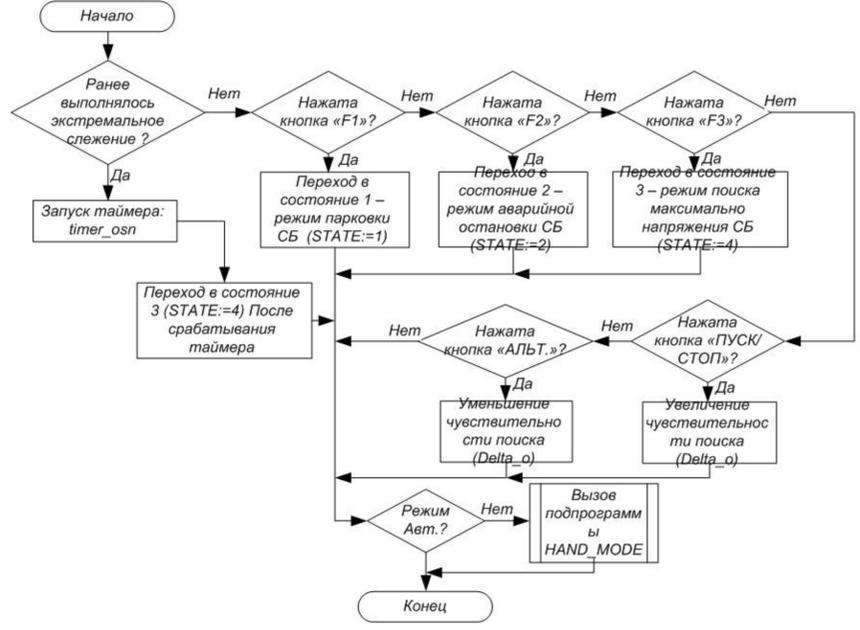
«1» - активируется при нажатии кнопки «F1», приводится установка в крайнее левое и нижнее положение;

«2» - при нажатии кнопки «F2» происходит переход из любого режима в нулевой (ожидание), при этом принудительно останавливаются электропривода, сбрасываются таймеры и т.п. В итоге выполняется любой выполняемый режим;

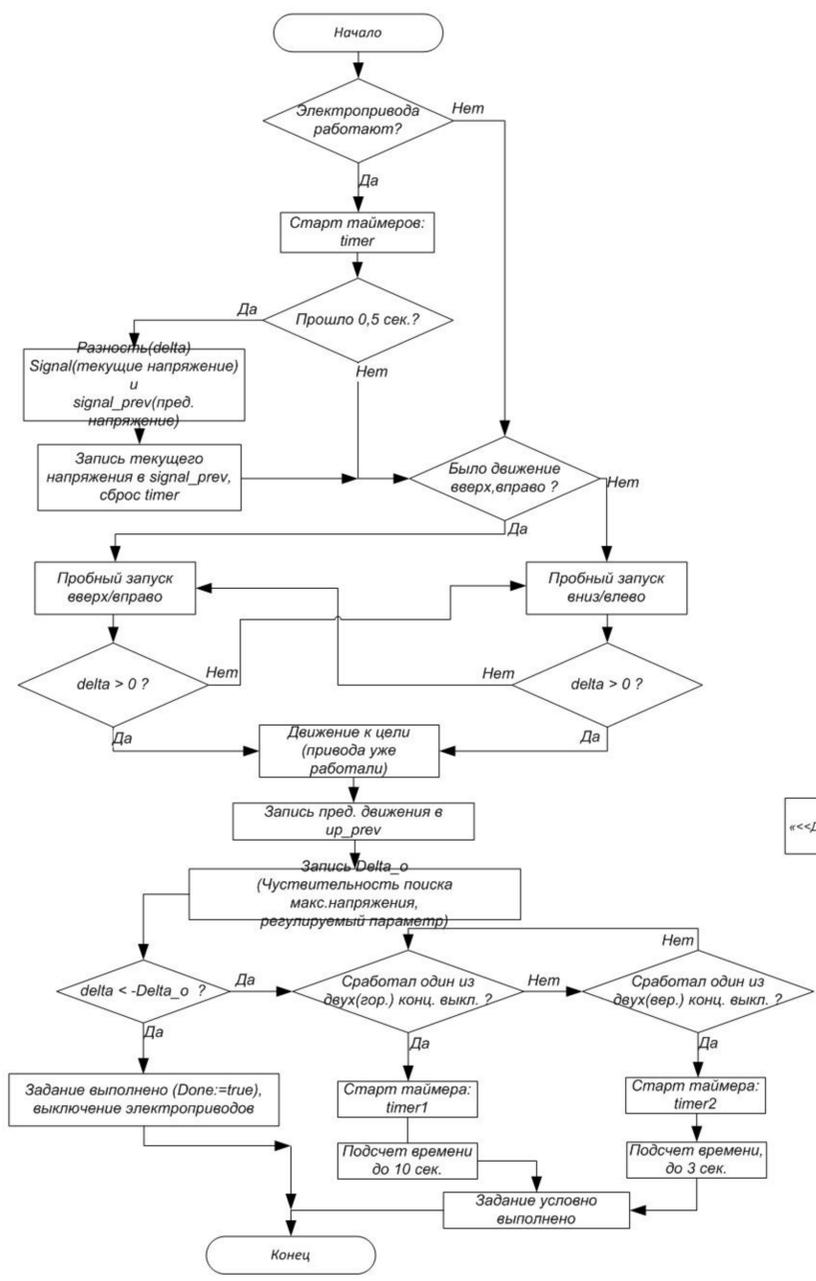
«3» - выполняется, при переключении тумблера в нижнее положение, тем самым переводя установку в ручной режим управления ручное управление СБ.

«4» - активирует кнопка «F3», вследствие чего выполняется поиск максимального напряжения, тем самым поворачивая лабораторную установку на источник света.

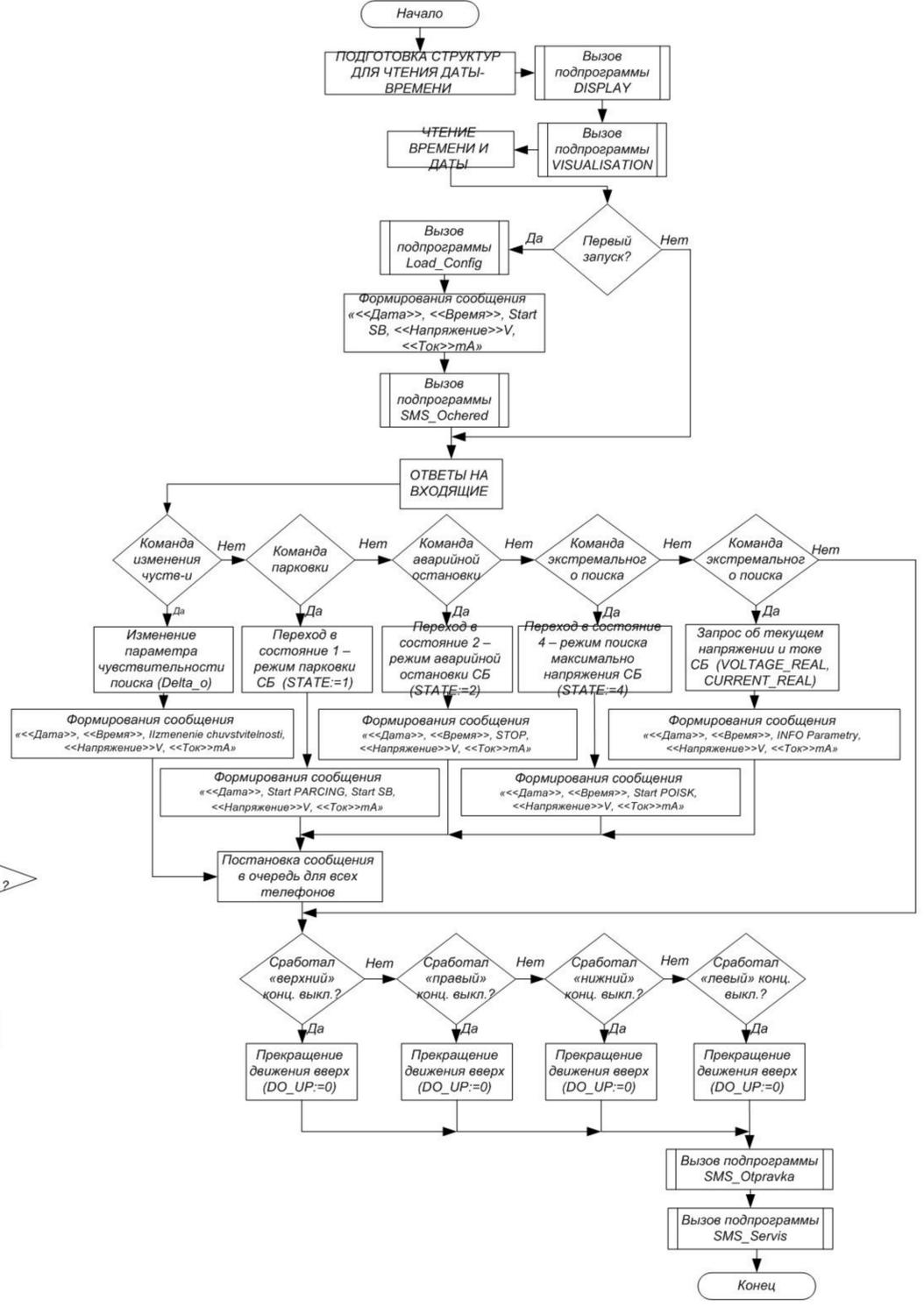
Алгоритм работы «0» (ожидание) состояния программы



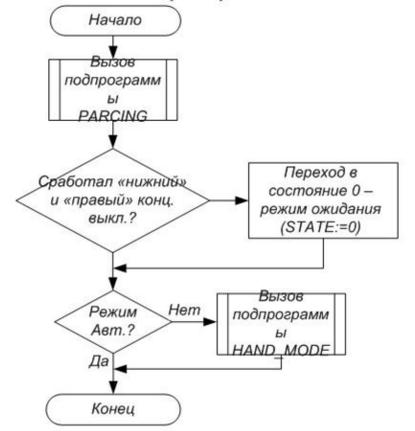
Алгоритм поиска максимального напряжения СБ



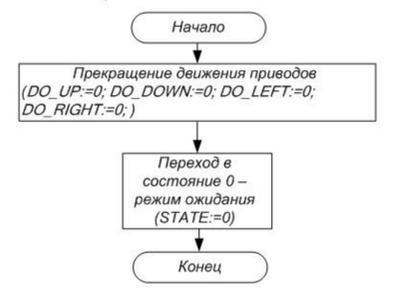
Алгоритм удаленного управления и защиты СБ



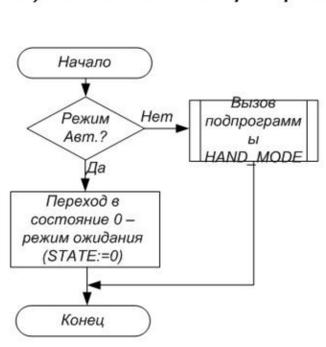
Алгоритм работы 1 (парковка) состояния программы



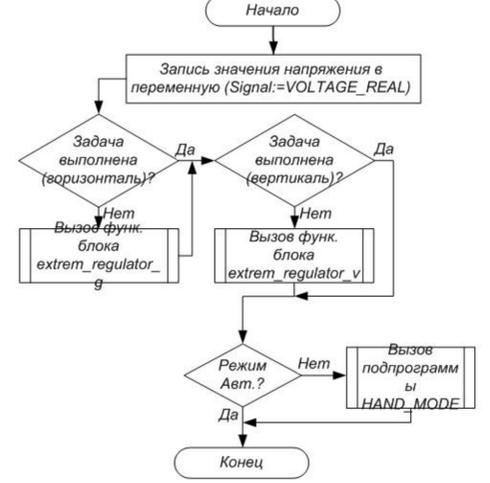
Алгоритм работы 2 (аварийная остановка) состояния программы



Алгоритм работы 3 (ручное управление) состояния программы



Алгоритм работы 4 (экстремальное слежение) состояния программы

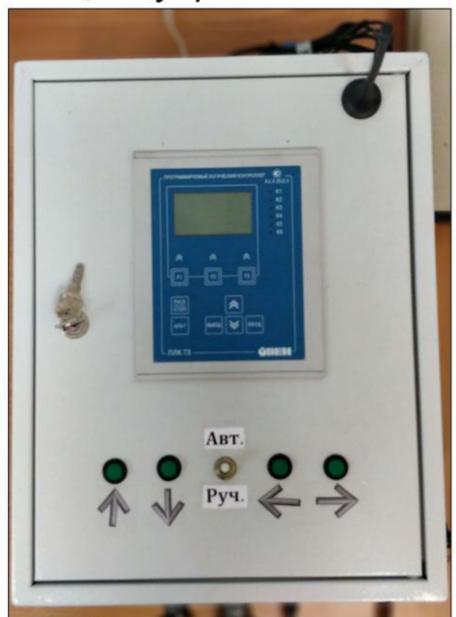


				ВКР.144006.15.03.04.СК			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	Скрипко	О.В.			у		
Провер.	Рыбалева	А.Н.			Лист 5	Листов 6	
Т.Контр.	Рыбалева	А.Н.			АМГУ Кафедра АППиЭ		
Н.Контр.	Скрипко	О.В.			Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки		
Утв.	Скрипко	О.В.					

Солнечная установка



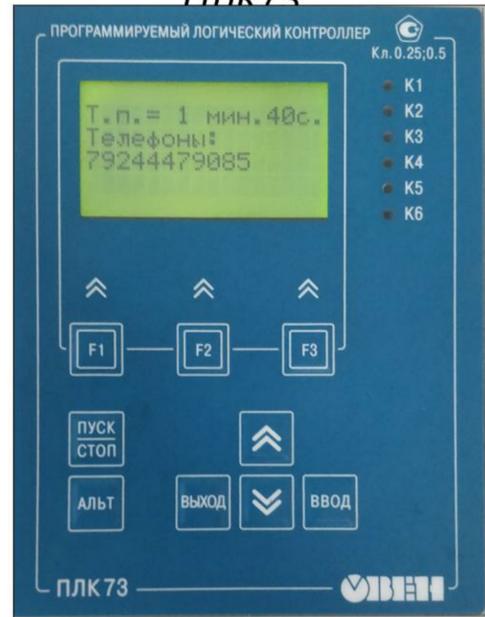
Щит управления



Первый экран меню ПЛК73



Второй экран меню ПЛК73



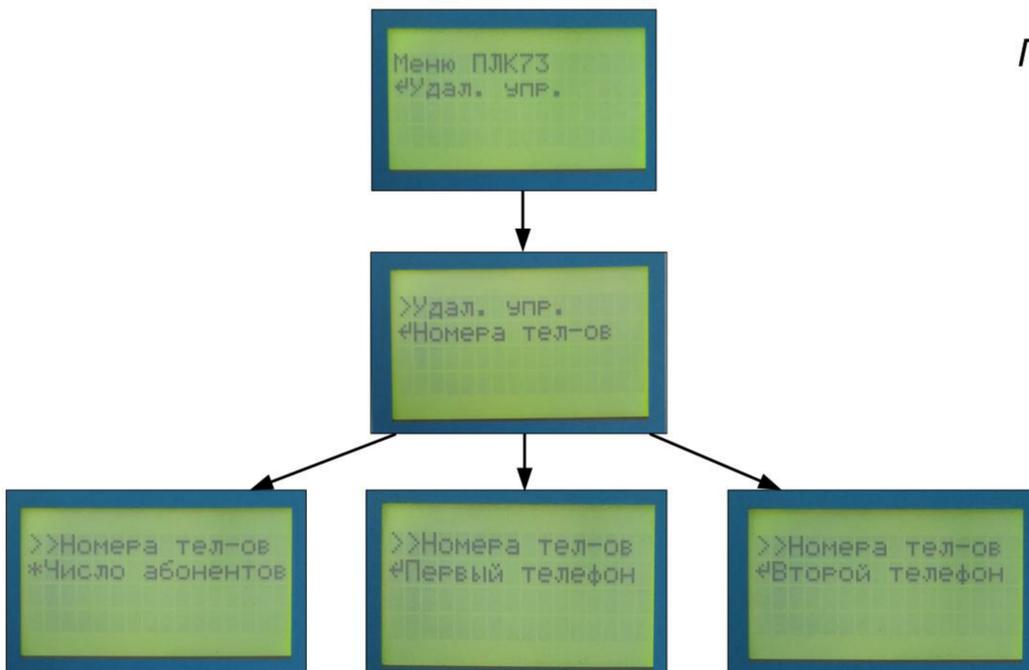
Настройка таймера в конфигурационном режиме



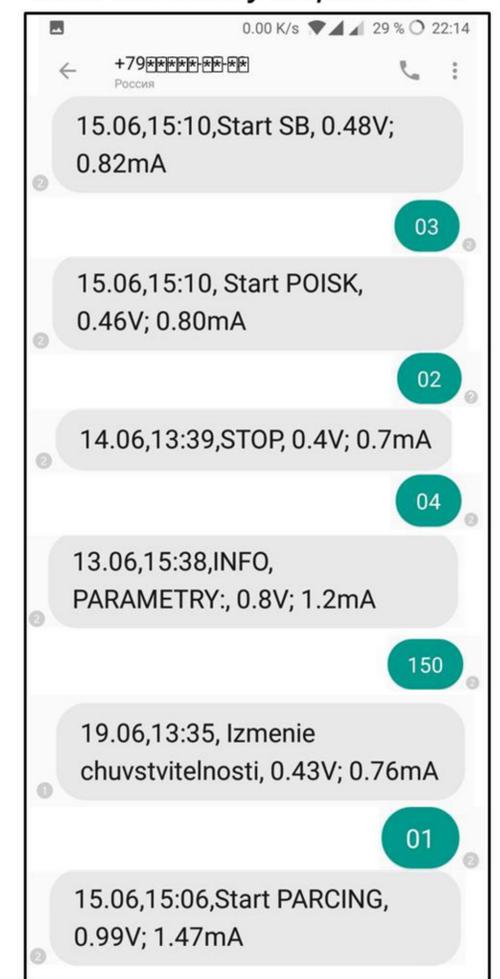
Настройка отображения и изменений в конфигурационном режиме



Настройка удаленного управления в конфигурационном режиме



Пример команд и оповещений на мобильном устройстве



ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКОЙ

КОМАНДЫ/ОПОВЕЩЕНИЯ

Выполнение запросов пользователя на:

- 1) активацию режима парковки;
- 2) аварийную остановку;
- 3) включение режима экстремального слежения;
- 4) текущие значения электрических параметров;
- 5) Изменение параметров чувствительности поиска максимального слежения.

Оповещение пользователя об:

1. запуске системы;
2. выполнении режима парковки;
3. выполнении аварийной остановки;
4. выполнении режима экстремального слежения;
5. информации электрических параметрах СБ;
6. текущих значениях напряжения и тока;

Требуется отправить SMS Сообщение с текстом:

- 1) «01»;
- 2) «02»;
- 3) «03»;
- 4) «04»;
- 5) от «40» до «150».

Вид оповещения:

1. «<<Дата>>, <<Время>>, Start SB, <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;
2. «<<Дата>>, <<Время>>, Start PARCING, <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;
3. «<<Дата>>, <<Время>>, STOP, <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;
4. «<<Дата>>, <<Время>>, Start POISK <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;
5. «<<Дата>>, <<Время>>, Izmenenie chuvstvitelnosti, <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;
6. «<<Дата>>, <<Время>>, INFO Parametry <<Напряжение>>V, <<Ток>>mA»;

				ВКР.144006.15.03.04.ВО			
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.	15	И.С.			у		
Провер.		Рыбалева А.Н.					
Т.Контр.		Рыбалева А.Н.					
Н.Контр.		Скрипко О.В.					
Утв.		Скрипко О.В.					
Конфигурационная настройка и удаленное управление солнечной батареей, на базе ПЛК73 и ПМ01					Лист 6	Листов 6	
Разработка экстремальной системы слежения для лабораторной солнечной установки					АМГУ Кафедра АППиЭ		