

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭКСПРЕСС ИСПЫТАНИЙ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Винтоняк Н.П., гр. 368-4, каф. ПРЭ

Научный руководитель: Федотов В.А., зав. лаб. ГПО, Семенов В.Д., доцент каф. ПрЭ  
г. Томск, ТУСУР

При конструировании новых электронных приборов разработчик сталкивается с задачей учета ухода параметров радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) под воздействием положительных и отрицательных температур. Несмотря на то, что предельные уходы параметров элементов от температуры указаны в их технических описаниях, однако расчет этого влияния на работоспособность РЭА представляет собой сложную и трудоемкую задачу и обычно проводится на этапе экспериментальных испытаний макета или опытного образца.

Наиболее точные результаты влияния температуры на работу схемы дают эксперименты проводимые в климатических камерах. Современные климатические камеры имеют возможность охлаждать испытуемый прибор до  $-70^{\circ}\text{C}$  и нагревать до температуры  $+150^{\circ}\text{C}$ . При этом имеется возможность изменять влажность окружающей среды, а также проводить циклические испытания РЭА. Основными недостатками проведения экспериментов с использованием климатической камеры являются невозможность оперативно изменять точки измерения тока и напряжения в различных узлах схемы.

К контролируемым точкам схемы припаиваются длинные проводники, которые выводятся из камеры через специальные отверстия и подключаются к измерительным приборам находящимся вне камеры (осциллографам, вольтметрам, амперметрам и т.д.). При этом поиск неисправностей возникающих при охлаждение прибора является затратным по времени т.к. при каждом изменении контролируемых точек приходится отогревать прибор в камере, производить монтаж выводимых проводников и снова охлаждать. К тому же длинные проводники вносят свои искажения в измеряемые сигналы.

Использование климатических камер для испытания макета на этапе, когда выявляются отдельные элементы влияющие на температурную нестабильность РЭА неудобно, т.к. температура всех элементов понижается одновременно.

На этом этапе необходим такой прибор который может изменять температуру на каждом элементе РЭА индивидуально. Индивидуальный нагрев элементов в лабораторных условиях может проводится обычной паяльной станцией с контролируемой температурой жала или термофенами.

На сегодняшний день известно множество применений элементов Пельтье для охлаждения тепловыделяющих элементов. В таких системах охлаждения элемент Пельтье используется для отвода выделяемой мощности и ограничения перегрева тепловыделяющих элементов. Также известно применение элементов Пельтье в системах стабилизации температуры чувствительных к изменению температуры элементов в прецизионных схемах измерения. В вышеописанных системах элементы работают с небольшими градиентами температур в области положительных температур, что позволяет работать элементам Пельтье с высокой эффективностью.

В разрабатываемом приборе необходимо охлаждать испытуемые элементы до температуры  $-40^{\circ}\text{C}$ , отводить мощность от тепло выделяемого элемента 3Вт, при нормальных условиях окружающей среды ( $25^{\circ}\text{C}$ ). При этом устройство должно быть компактным, чтобы обеспечить возможность доступа к исследуемым элементам.

Такие требования к устройству не позволяют использовать многоконтурные компрессорные установки охлаждения. Единственным возможным вариантом остается

использование элементов Пельтье. По предварительным расчетам для обеспечения заданных требований необходим управляемый источник питания мощностью 200Вт. Вся эта мощность будет выделяться в виде тепловой мощности в охладителе на его «горячей» стороне, поэтому необходимо разработать конструкцию прибора позволяющего эффективно отвести всю выделяемую мощность от «горячей» части охладителя. Экспериментально разработать алгоритм управления охладителем предотвращающий образование инея на его «холодной» части. Также алгоритм управления должен обеспечить плавный выход на заданную температуру для предотвращения разрушения корпуса исследуемого элемента при резком изменении температуры. Провести эксперименты по определению полученных динамических свойств охладителя.

Полученные результаты позволят сделать опытный образец прибора, который можно будет использовать на производстве.

Частное техническое задание на инновационного проекта № ПрЭ-0732 приведено в приложении А.

На рисунке 1-2 изображена 3-D модель стационарного блок управления, включающий в себя следующие составные части: корпус (1), промышленный контроллер (2), источники питания (3-4), разработанный управляемый источник питания (5), радиатор (6), насос (7), расширительный бачёк (8), сенсорная панель (9).

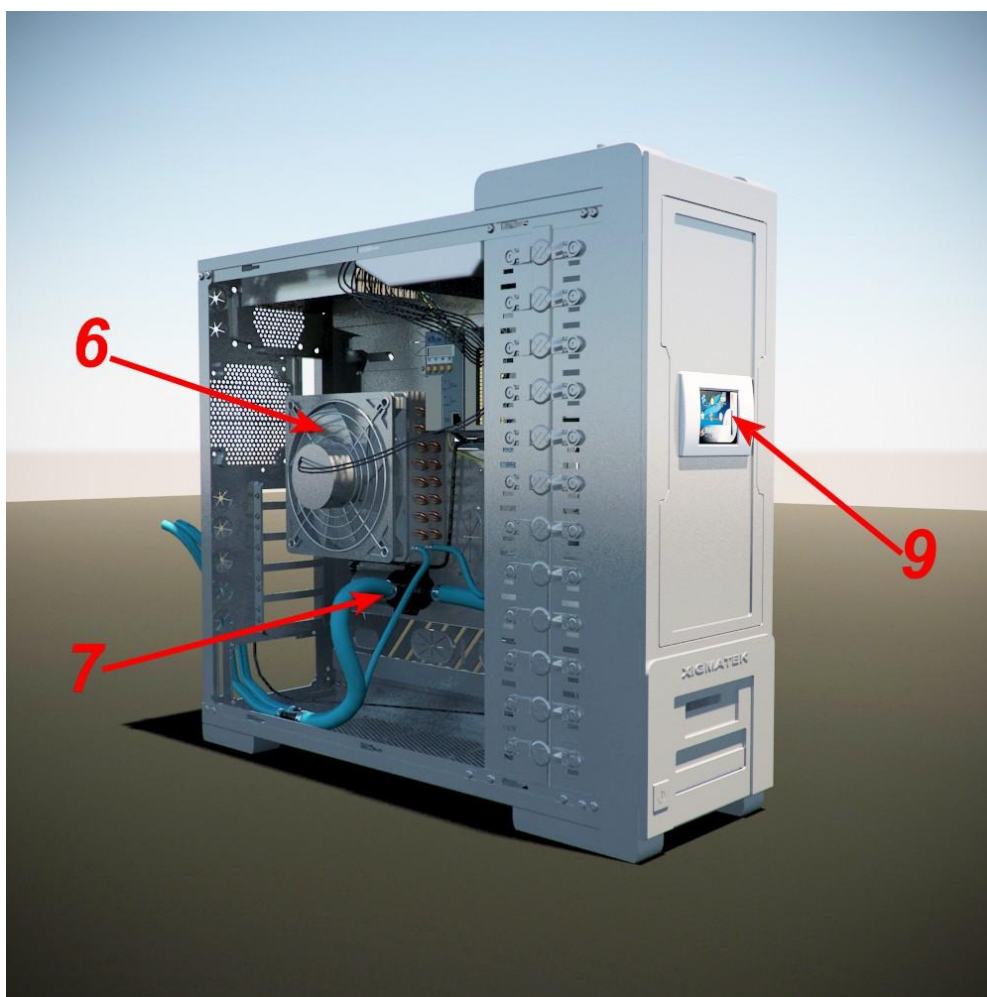


Рисунок 1 – Стационарный блок управления

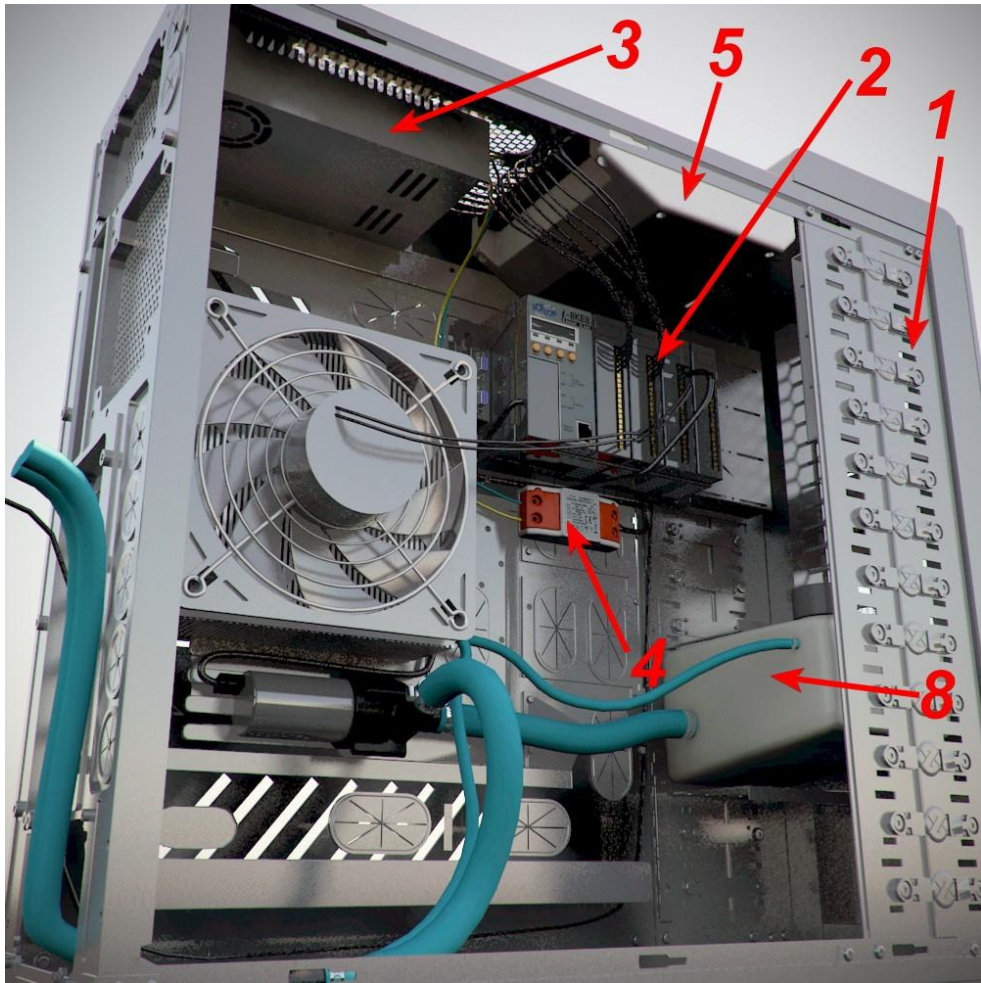


Рисунок 2 – Стационарный блок управления

На рисунке 3 изображён выносной портативный охладитель, включающий в себя следующие составные части: жало (1), элементы Пельтье (2-4), теплообменник 1 (5), теплообменник 2 (6), разъёмы для датчиков температуры (7-8), полиамидная трубка (9). К теплообменнику 2 подключена система циркуляции охлаждающей жидкости, что обеспечивает передачу тепла в стационарный блок управления.

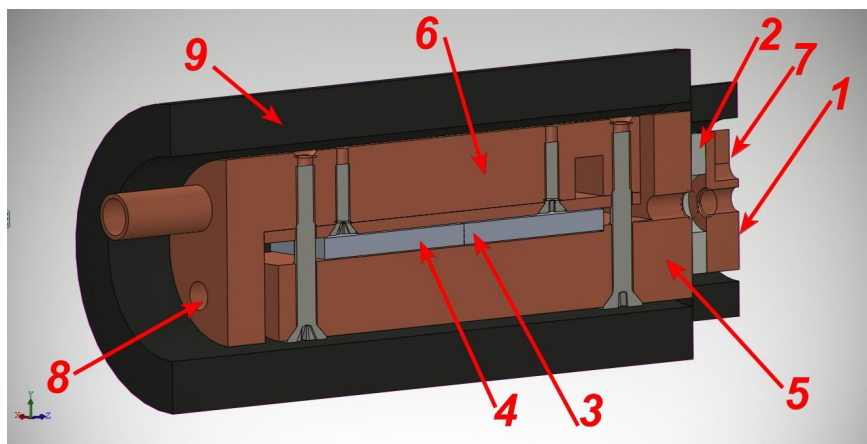


Рисунок 3 – Выносной портативный охладитель ( в разрезе)

Для проведения расчётов были изучены методики, изложенные на сайтах производителей термоэлектрических модулей и элементов Пельтье, в частности ООО «Криотерм». Благодаря этому удалось построить упрощенную математическую модель тепловых и электрических процессов разрабатываемого устройства.

Для первоначальных расчетов тепловых режимов работы элементов Пельтье (Э.П.) были взяты исходные данные Таблицы 1:

Таблица 1 – Исходные данные

Температура холодной стороны Э.П.I (температура охл. объекта)	-40 °С
Температура горячей стороны Э.П.I элемента Пельтье	0 °С
Температура холодной стороны Э.П.II элемента Пельтье	0 °С
Температура горячей стороны Э.П.II элемента Пельтье	40 °С
Мощность выделяемая охлаждаемым объектом (максимальная мощность, выделяемая на холодной стороне Э.П.I)	3 Вт

Для первоначальных расчетов были выбраны существующие Э.П., «ТВ-38-1.0-0.8» в качестве Э.П.I и два «ТВ-71-1.4-1.15» включенных параллельно (для повышения эффективности) в качестве Э.П.II.

На Рисунке 4 изображена зависимость потребляемой мощности Э.П.I от разности температур его сторон, при разных мощностях охлаждаемого объекта. Были построены зависимости при 20%, 60% и 100% от максимальной мощности охлаждаемого объекта. Из данного рисунка видно, что при повышении мощности охлаждаемого объекта и при одинаковых разностях температур происходит рост потребляемой мощности. Но в тоже время на интервале желаемой разности температур, потребляемая мощность не превышает максимального значения для Э.П.I, что свидетельствует о возможности его использования (графики не находятся выше точки пересечения заданной разности температур и максимальной мощности Э.П.I):

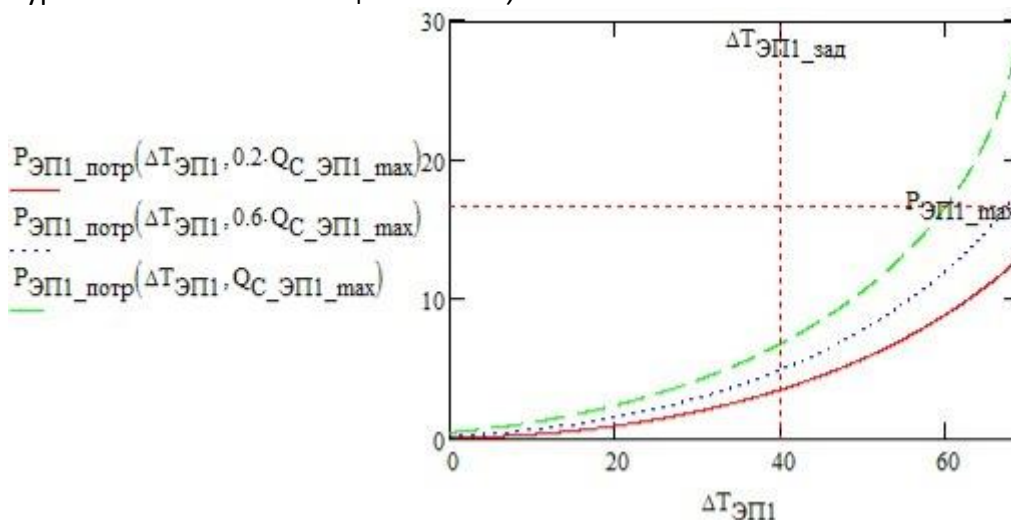


Рисунок 4 - Зависимость потребляемой мощности Э.П.I от разности температур его сторон

На Рисунке 5 изображена зависимость потребляемой мощности Э.П.II от разности температур его сторон, при разных мощностях, выделяемых на его холодной стороне (они складываются из мощности выделяемой объектом и мощности выделяемой Э.П.I). Были построены зависимости при 20%, 60% и 100% от максимальной мощности на его

холодной стороне. На интервале желаемой разности температур, потребляемая мощность не превышает максимального значения для Э.П. II, что свидетельствует о возможности его использования (графики не находятся выше точки пересечения заданной разности температур и максимальной мощности Э.П. II):

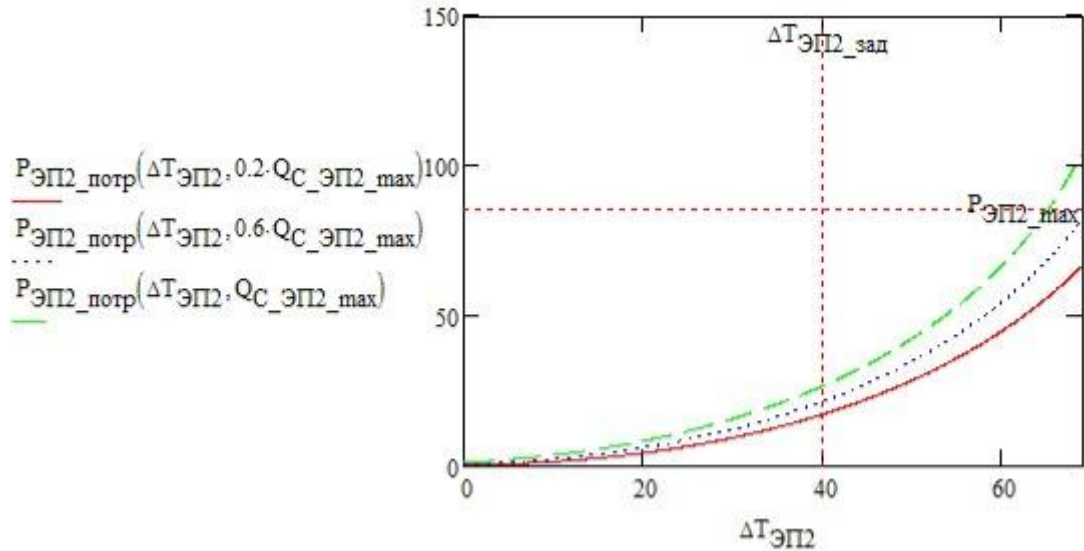


Рисунок 5 - Зависимость потребляемой мощности Э.П. II от разности температур его сторон

На Рисунке 6 изображена зависимость суммарной выделяемой мощности, которую нужно рассеять системе охлаждения, от мощности охлаждаемого объекта, при заданной разнице температур. Суммарная выделяемая мощность складывается из мощности охлаждаемого объекта и мощности выделяемой Э.П. при их работе (которая появляется вследствие низкого К.П.Д. самих Э.П.):

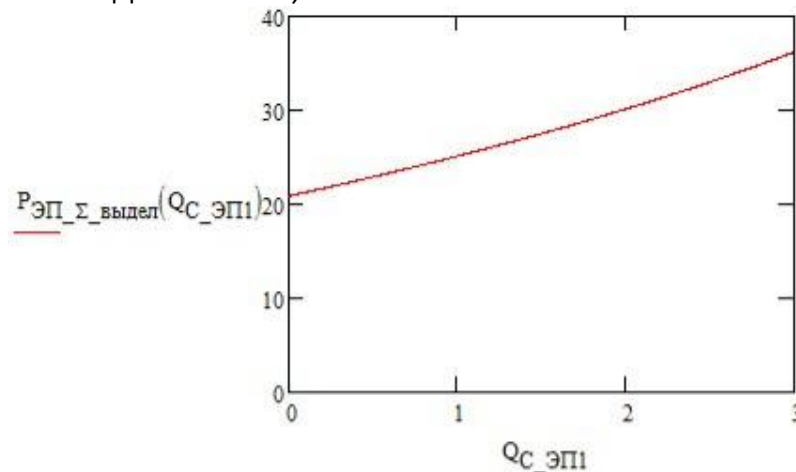


Рисунок 6 - Зависимость суммарной выделяемой мощности от мощности охлаждаемого объекта

На Рисунке 7 изображена зависимость суммарной потребляемой Э.П. мощности от мощности охлаждаемого объекта:

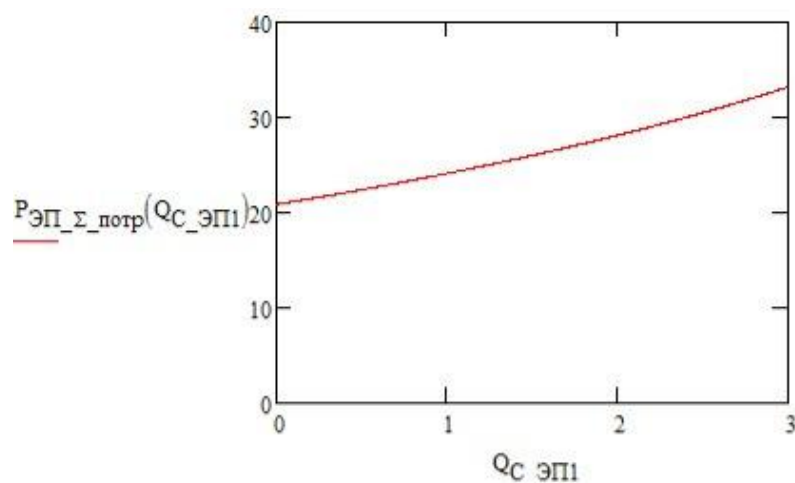


Рисунок 7 - Зависимость суммарной потребляемой Э.П. мощности от мощности охлаждаемого объекта

Произведённые расчеты позволяют сформировать требования для системы охлаждения и схемы электрической принципиальной, в частности для источников питания. Также в устройстве необходимо предусмотреть схемы управления помпой охлаждающей жидкости и вентилятором охлаждения.

Система управления разрабатываемой схемы строится на промышленном контроллере компании ICP DAS I-843. Он содержит 4 разъёма для модулей ввода-вывода. Выбор промышленного контроллера компании ICP DAS обусловлен опытом работы с ним, и его функциональностью.

Выбор модулей ввода вывода обусловлен периферией, которую необходимо подключить к промышленному контроллеру. Для работы с выбранными датчиками температуры необходим модуль измеряющий сопротивление, для этих целей был выбран модуль I-87015W. Для связи с управляемым источником питания с промышленным контроллером необходим модуль, который может формировать напряжение в диапазоне 0-10 В, для этих целей был выбран модуль I-87024W. Для измерения тока и напряжения был выбран модуль I-87017RW, для управления силовыми элементами было выбрано модуль реле I-8060W.

Были предварительно выбраны источники питания на 12 В и 24 В. Это обосновано тем, что предварительно выбранный насос охлаждающей жидкости и вентилятор системы охлаждения подключаются к цепи 12 В, а сенсорная панель оператора и промышленный контроллер подключается к цепи 24 В.

Разработанная схема электрическая принципиальная приведена в приложении Б.

По характеристикам выбранных элементов Пельтье, были сформированы требования к управляемому источнику питания (УИП). Данные требования приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Характеристики элементов Пельтье

Элемент Пельтье	$U_{max}, В$	$I_{max}, А$
ТВ-38-1.0-0.8	4.7	5.8
ТВ-71-1.4-1.15	8.8	7.9

Т.к. в качестве Э.П.ИИ используются два «ТВ-71-1.4-1.15» включенных параллельно, параметры для каждого канала УИП приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Характеристики каналов УИП

Канал	$U_{нmax}, В$	$I_{нmax}, А$
1	4.7	6
2	8.8	16

Разработанная схема, удовлетворяющая вышеперечисленные требования, приведена в приложении Б. Она состоит из 2 независимых каналов собранных по схеме НПН понижающего типа с частотой преобразования 100 кГц и возможностью смены полярности выходного тока/напряжения. Производительность элементов Пэльтье зависит от протекающего через них тока. Для его стабилизации в каждом канале УИП предусмотрены обратные связи по току. Также присутствуют обратные связи по напряжению, благодаря чему УИП может работать в 2- режимах: стабилизация тока, стабилизация напряжения. На данном этапе режим стабилизации задается прошивкой необходимого ПО.

В качестве системы управления УИП был выбран DSP-микроконтроллер MC56F8013, компании Freescale. Данный выбор обусловлен его быстродействием и функциональностью аппаратной части (отдельные модули ШИМ и АЦП). Выбранный МК позволит эффективно управлять 2-я каналами УИП.

Разработанная схема электрическая принципиальная УИП приведена в приложении В.

На рисунке 8 представлена структурная схема программного обеспечения DSP-микроконтроллера MC56F8013. В таблице 4-7 приведены данные о блоках, аппаратных связях, внешних сообщениях и запросах.

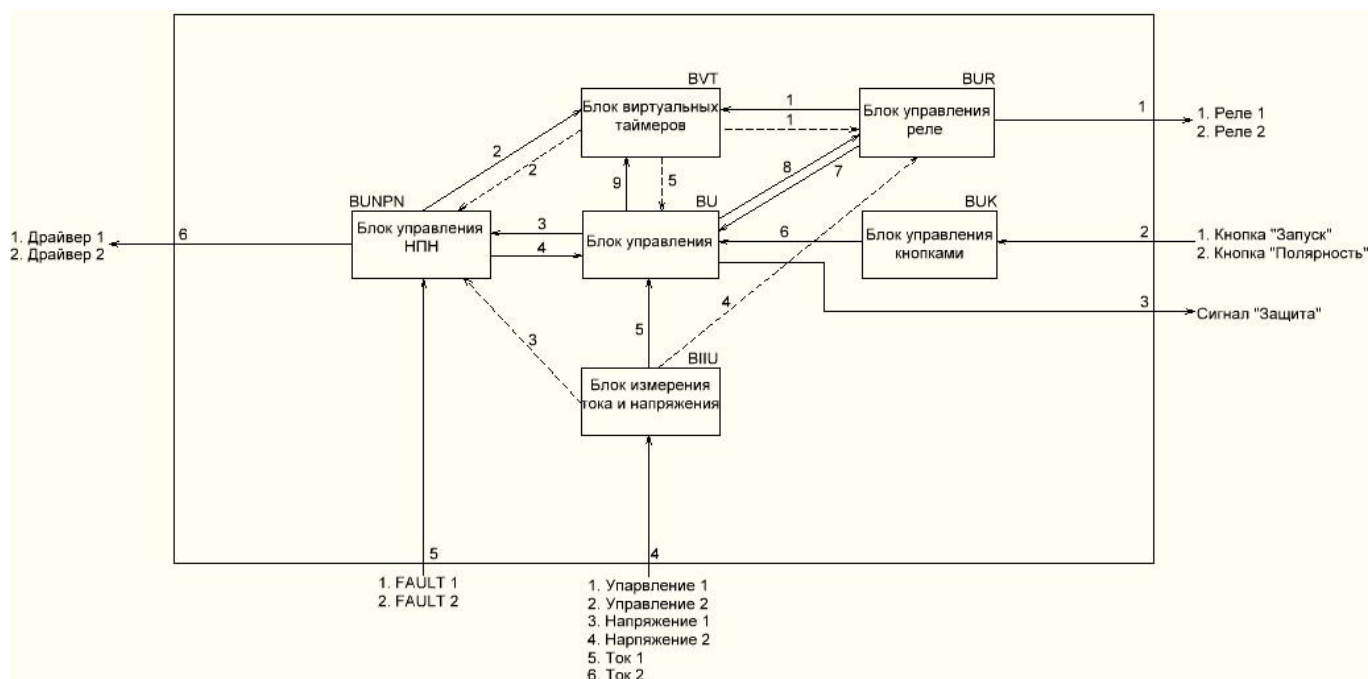


Рисунок 8 - Структурная схема программного обеспечения

Таблица 4 – Перечень блоков ПО.

Краткое наименование	Наименование программного блока	Имя заголовочного файла и файла кода	Краткое пояснение функционального назначения
BUU	Блок управления	BU.h BU.c	Блок реализует логику работы ПО
BVT	Блок виртуальных таймеров	BVT.h BVT.c	Предоставляет остальным блокам виртуальные таймеры для отсчета временных интервалов
BUK	Блок управления кнопками	BUK.h BUK.c	Блок реализует интерфейс между аппаратными кнопками и ПО
BUR	Блок управления реле	BUR.h BUR.c	Блок управляет реле задающими полярность выходного напряжения
BUNPN	Блок управления НПН	BUNPN.h BUNPN.c	Реализует алгоритм управления НПН
BIIU	Блок измерения тока и напряжения	BIIU.h BIIU.c	Блок считывает и преобразует измеренное значение токов и напряжений

Таблица 5 – Перечень аппаратных связей.

№ связи	Аппаратный узел МК	Описание настройки узла МК
1	PB7, PB1	Настроены как порты вывода
2	PB3, PA0	Настроен как порт входа, прерывание по низкому уровню
3	PB2	Настроен как порт выхода
4	ANA0, ANA1, ANA2, ANB0, ANB1, ANB2	Настроены на работу АЦП
5	FAULT0, FAULT3	Настроен как порт входа, прерывание по низкому уровню
6	PWM5, PWM1	Настроены на работу ШИМ

Таблица 6 – Перечень внешних сообщений

№ связи	Наименование сообщения	Наименование функции в коде	Назначение, условие возникновения
1	Запустить виртуальный таймер	uchar BVT_Start(void)	
	Сбросить счетчик виртуального таймера	void BVT_ResetTimer(uchar HTimer)	
	Остановить виртуальный таймер	void BVT_StopTimer(uchar HTimer)	
2	Аналогично связи № 1		
3	Стабилизация напряжения	void BUNPN_Start_U_X(void)	
	Стабилизация тока	void BUNPN_Start_I_X(void)	
	Стоп	void BUNPN_Stop_X(void)	



	Рестарт	void BUNPN_Restart_X(void)	
4	Защита драйвера	void BU_DriverFault_X(void)	
5	Защита О.С.	void BU_AdcFault_X(void)	
6	Нажата кнопка «Запуск»	void BU_SwitchOnPusk(void)	
	Нажата кнопка «Полярность»	void BU_SwitchOnPolar(void)	
	Отпущена кнопка «Запуск»	void BU_SwitchOffPusk (void)	
	Отпущена кнопка «Полярность»	void BU_SwitchOffPolar (void)	
7	Полярность не изменена	void BU_PolarNotSet_X(void)	
	Полярность изменена	void BU_PolarSet_X(void)	
8	Установить отрицательную полярность	void BUR_SetPolPolar_X(void)	
	Установить положительную полярность	void BUR_SetOtrPolar_X(void)	
9	Аналогично связи № 1		

Где: X это номер канала

Таблица 7 – Перечень запросов

№ связи	Наименование запрашиваемого параметра	Наименование параметра в коде	Назначение
1	Запросить текущее время таймера	word BVT_GetTime(uchar HTimer)	
2	Аналогично связи № 1		
3	Запрос тока НПН	float BIIU_GetCurrent(uchar NPN)	
	Запрос напряжения НПН	float BIIU_GetVoltag(uchar NPN)	
	Запрос уставки напряжения НПН	float BIIU_GetUstavka_V(uchar NPN)	
	Запрос уставки тока НПН	float BIIU_GetUstavka_I(uchar NPN)	
4	Аналогично связи № 3		
5	Аналогично связи № 1		

На рисунке 9 приведена диаграмма состояний «Блока управления». При инициализации данный блок переходит в состояние «Ожидания». После нажатия на кнопку «Запуск» блок переходит в состояние «Работа», посылая в «Блок управления НПН» сообщение «Запуск». В данном состоянии при нажатии кнопки «Полярность» блок переходит в состояние «Смена полярности на отрицательная» и посылает внешние сообщения в «Блок управления реле» и «Блок управления НПН». После смены полярности блок по внешнему сообщению переходит в состояние «Работа», при отпускании кнопки «Полярность» происходит смена полярности на «Положительную». В процессе эксплуатации УИП могут сработать следующие защиты: защита драйвера (сигнал поступает от драйвера транзистора имеющего вход контроля тока), защита обратной связи (превышение тока/напряжения порога срабатывания защиты), ошибка смены полярности (в процессе смены полярности ток не упал ниже заданного значения за заданное время). Во всех этих состояниях производится немедленная маскировка

каналов ШИМ, что позволяет перевести транзистор в закрытое положение и обесточить нагрузку. Маскировка каналов ШИМ реализуется с помощью записи битов в соответствующий регистр и производится в аппаратном прерывании МК при срабатывании какой либо защиты, также формируется выходной сигнал «Защита», сообщающий о срабатывании защиты управляющей схеме. Когда Блок управления находится в одном из состояний защиты он ожидает спада управляющего напряжения (датчика) ниже определённого порога (задается программно), после чего он переходит в состояние «Подготовка к сбросу». По истечению заданного времени «Блок управления» переходит в состояние «Работа». При отпускании кнопки «Запуск», Блок управления переходит в состояние «Ожидание».

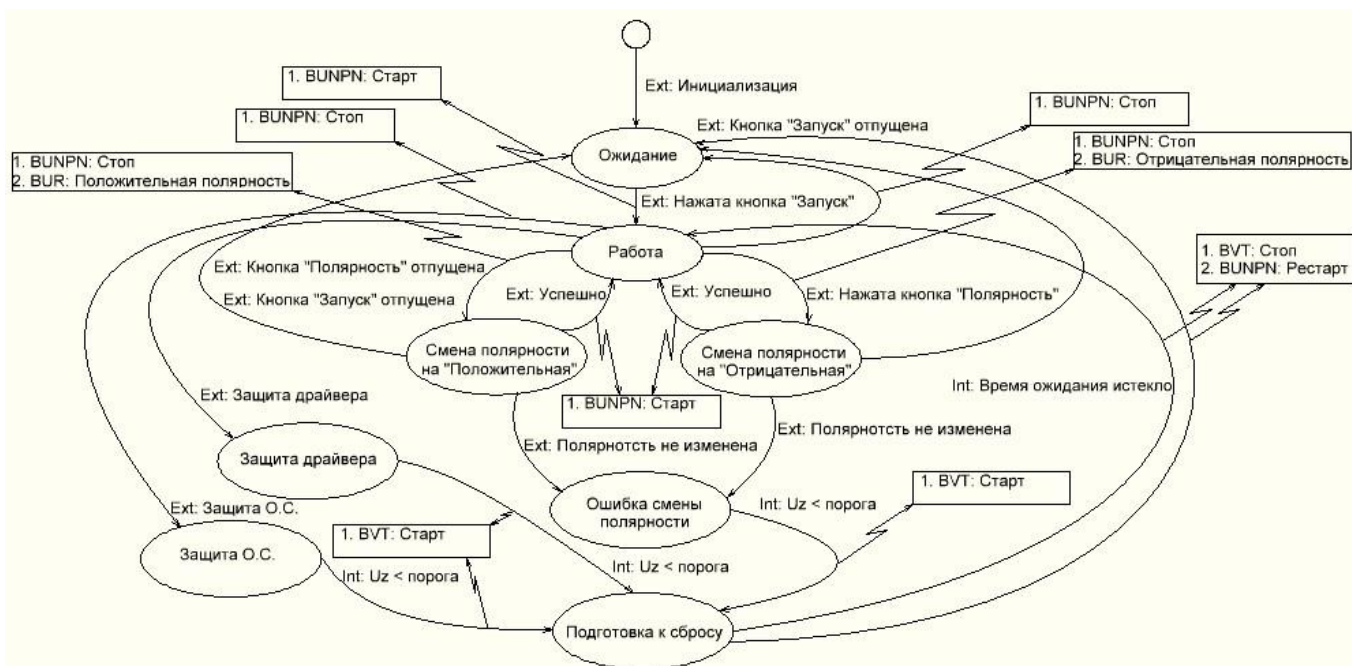


Рисунок 9 – Диаграмма состояний «Блок управления»

На рисунке 10 приведена диаграмма состояний «Блок управления НПН». При инициализации данный блок переходит в состояние «Ожидание». При получении внешнего сообщения «Старт по току» «Старт по напряжению» он переходит в состояния «Стабилизация тока» и «Стабилизация напряжения» соответственно. В данных состояниях происходит стабилизация тока/напряжения с помощью цифрового регулятора по сигналам обратной связи. Регулирование выходного тока и напряжения производится с помощью подула ШИМ, тактирующегося на частоте 96 МГц. При срабатывании защиты драйвера блок переходит в состояние «Защита драйвера» и посылает внешнее сообщение в «Блок управления». При получении сообщения «Рестарт» блок снова возвращается в состояние «Ожидание».

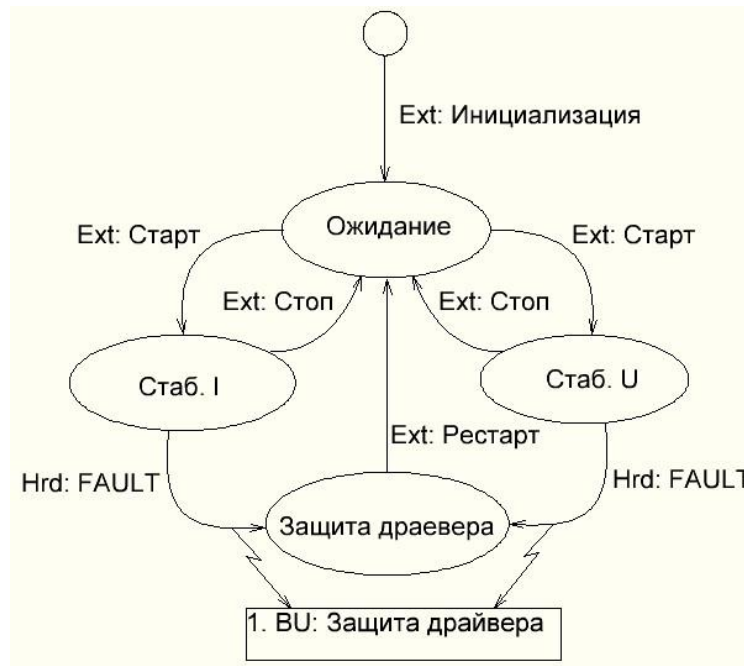


Рисунок 10 – Диаграмма состояний «Блок управления НПН»

На рисунке 11 приведена диаграмма состояний «Блока управления реле». Данный блок реализует мягкую коммутацию выходного напряжения/тока. При инициализации блок переходит в состояние «Работа в прямой полярности», при получении внешнего сообщения «Отр. полярность» происходит запуск виртуального таймера и блок переходит в состояние «Ожидание спада тока положительной полярности». При спаде тока ниже заданного значения происходит коммутация реле, и блок переходит в состояние «Работа в отрицательной полярности». Если ток не падает ниже заданного значение за определённую время, блок возвращается в состояние «Работа в прямой полярности» и посылает в «Блок управления» внешнее сообщение «Полярность не изменена». Смена полярности на «положительную» происходит аналогичным путём.

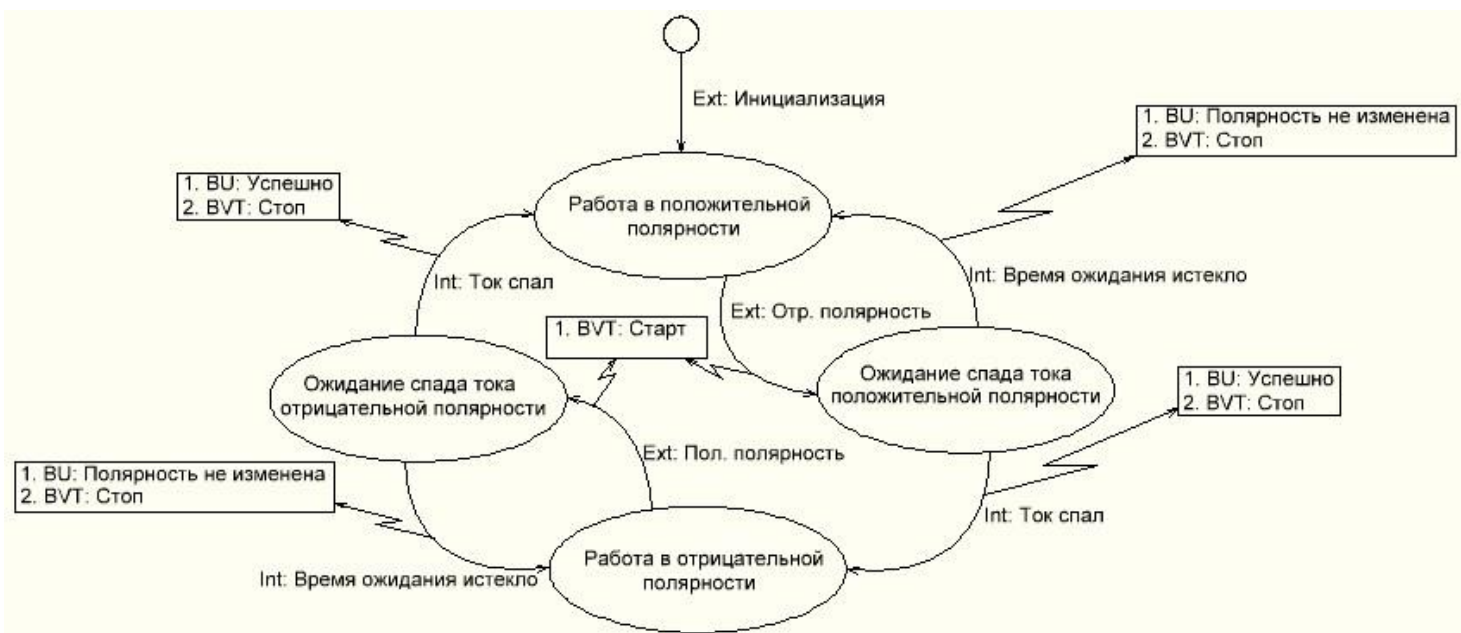


Рисунок 11 – Диаграмма состояний «Блок управления реле»

На рисунке 12 приведена диаграмма состояний «Блок измерения тока и напряжения». Данный блок производит измерения напряжения датчика и выходного тока/напряжения. Измерение производится с помощью аппаратного АЦП МК, настроенного на прерывание по окончании преобразования. АЦП тактируется с частотой 5.33 МГц, что позволяет реализовать цифровой НЧ-фильтр на входах АЦП (путём усреднения нескольких выборок). При инициализации данный блок переходит в состояние «Ожидание». По аппаратному сообщению (прерывание АЦП) происходит обновление данных. По внутреннему сообщению «Данные получены» блок переходит в состояние «Расчет», в котором преобразует результаты АЦП в значения токов и напряжений. По окончании расчета по внутреннему сообщению блок переходит в состояние «Ожидание». При получении аппаратного сообщения «Защита О.С.» блок маскирует канал ШИМ и отправляет внешнее сообщение в «Блок управления». Данное сообщение появляется при срабатывании прерывания по триггеру верхнего предела АЦП (когда код результата АЦП превышает заданное значение триггера). Триггер настраивается при инициализации, что позволяет обеспечить высокое быстродействие срабатывания защиты О.С., т.к. триггер является аппаратной частью МК и для его срабатывания не нужно преобразовывать результат АЦП в значение тока или напряжения.

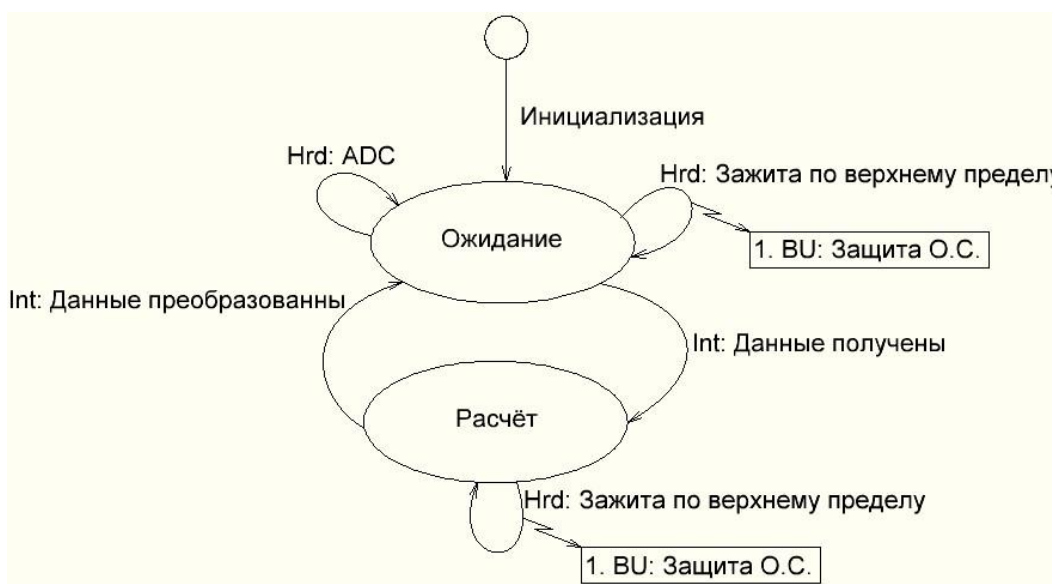


Рисунок 12 – Диаграмма состояний «Блок измерения тока и напряжения»

Диаграммы состояний «Блока управления кнопками» и «Блока виртуальных таймеров» не рассматриваются в данной работе т.к. они являются стандартными блоками, и их реализация была описана в предыдущих отчётах.

## Результаты работы

- 1) Разработка частного технического задания – приложение А
- 2) Разработана функциональная схема устройства тепловых экспресс испытаний радиоэлементов.
- 3) Выбор промышленного контроллера I-843 компании ICP DAS.
- 4) Разработана схема электрическая принципиальная ТИР – приложение Б (ВИПЭЛ.0007.001 ЭЗ).
- 5) Составлены требования к УИП.
- 6) Разработана схема электрическая принципиальная УИП - приложение В (ВИПЭЛ.0007.004 ЭЗ).
- 7) Разработано программное обеспечение DSP-микроконтроллера MC56F8013 для УИП.

## Список использованной литературы

- 1) Федотов В. А. Методика проектирования и описания программного обеспечения для микроконтроллеров. Рукопись.
- 2) Техническая документация на элементы Пельтье «ТВ-38-1.0-0.8» и «ТВ-71-1.4-1.15» (<http://www.kryotherm.ru>).
- 3) Техническая документация на промышленный контроллер I-8431 (<http://icp-das.ru/>).
- 4) А.В. Кобзев, Б.И. Коновалов, В.Д. Семенов. Энергетическая Электроника: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010 г. 126 с.
- 5) В.С. Мешуров, В.Д. Семенов Энергетическая Электроника: Учебно-методическое пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007 г. – 221 с.
- 6) Техническая документация на DSP-микроконтроллер MC56F8013 (<http://www.freescale.com>).

**Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**Томский государственный университет систем управления  
и радиоэлектроники**

***Групповое проектное обучение***

---

**УТВЕРЖДАЮ**

Зав. кафедрой ПрЭ

\_\_\_\_\_ Кобзев Анатолий Васильевич

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЧАСТНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ  
на выполнение инновационного проекта № ПрЭ-0732**

**1 Наименование ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР**

1.1 Наименование ОКР – Создание устройства тепловых экспресс испытаний радиоэлементов при отрицательных температурах

1.2 Заказчик – Внутренний заказ

1.3 Исполнитель – ООО «ВипЭл»

**2 Цель выполнения ОКР**

2.1 Цель выполнения ОКР - Создание устройства тепловых экспресс испытаний радиоэлементов

2.2 Название изделия – Устройство тепловых экспресс испытаний радиоэлементов (ТИР)

2.3 Индекс – будет присвоен дополнительно

**3 Тактико-технические требования к изделию**

**3.1 Состав изделия**

3.1.1 В состав изделия должны входить:

- стационарный блок управления (СБУ) – 1 шт;
- выносной портативный охладитель (ВПО) – 1 шт;
- паспорт и инструкция по эксплуатации ТИР;

### 3.2 Требования назначения

3.2.1 Устройство ТИР предназначено для проведения тепловых экспресс испытаний в лабораторных условиях.

3.2.2 Общая структура ТИР должна соответствовать схеме, приведенной на рисунке 1, в которую входят:

- микропроцессорная система управления (МПСУ);
- управляемые источники питания для элементов Пельтье (УИП);
- вентилятор принудительного охлаждения (В);
- радиатор (Р);
- насос (Н);
- жало (1);
- элементы Пельтье (2, 4);
- теплообменники (3, 5);
- теплоизолированный корпус с ручкой (6);
- датчики температуры (ДТ1...2);

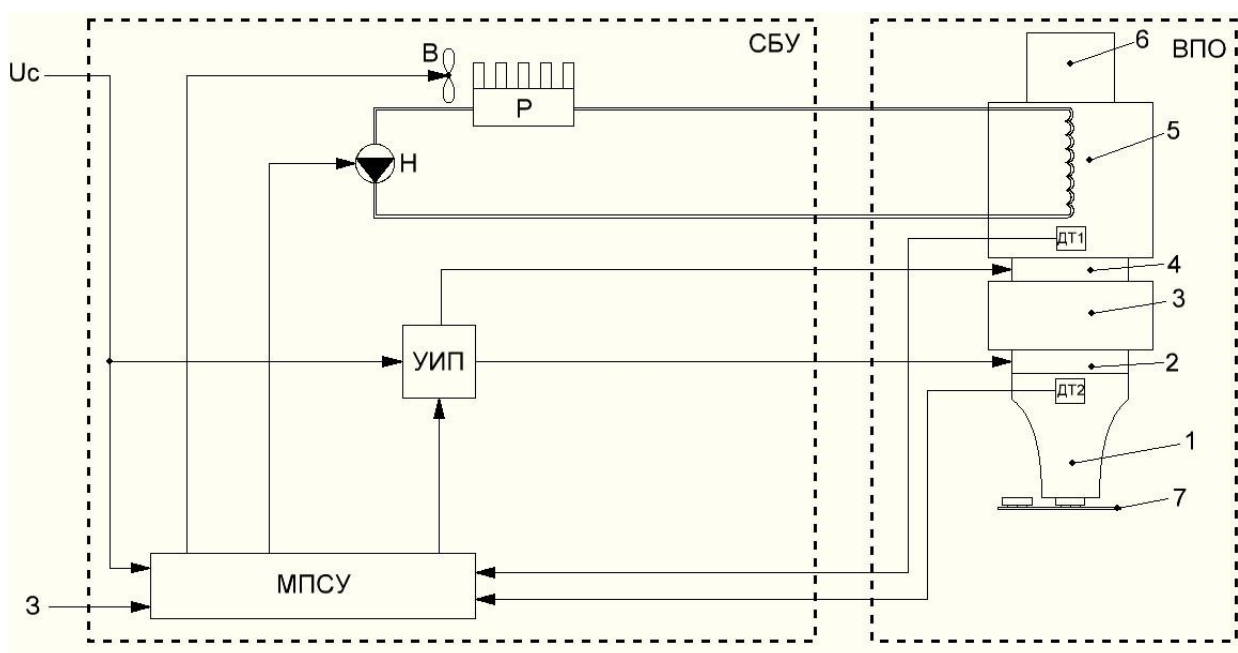


Рисунок 1. - Структура ТИР

3.2.3 Точность стабилизации температуры  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

3.2.4 Устройство ТИР должно иметь возможность регулирования температуры испытуемого радиоэлемента в диапазоне от  $+40^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$  при условии нормальной температуры окружающей среды и при условии, что максимальная мощность, выделяемая испытуемым радиоэлементом, не будет превышать 3 Вт.

3.2.5 Требования к алгоритму управления:

3.2.5.1 При нажатии кнопки пуск должен быть обеспечен быстрый выход на заданную температуру локального охлаждения и стабилизации до отпущения.

3.2.5.2 Включение водяной помпы должно происходить только в случае достижения температуры теплообменников 5 и 3 максимального значения температуры. Значение максимальной температуры будет определено экспериментально.

3.2.5.3 Вентилятор принудительного охлаждения должен включаться одновременно с насосом.

### **3.3 Гарантийные обязательства**

3.3.1 Гарантийный ремонт ТИР при использовании по назначению составляет не менее 1 года, а в дальнейшем по договору на обслуживание.

3.3.2 Перед поставкой Заказчику ТИР должен пройти технологический прогон при нормальных значениях температуры и напряжения питания не менее 48 часов.

### **3.4 Конструкторские требования**

3.4.1 Конструкция ТИР должна иметь необходимую прочность и жесткость, которая обеспечивает сохранение работоспособности ТИР в течение всего срока штатной эксплуатации.

3.4.2 На СБУ должны размещаться органы управления и индикации для установки температуры охлаждения.

3.4.3 Кнопка «Пуск» должна располагаться на ВПО.

3.4.4 ВПО должен быть оборудован теплоизолированным корпусом для защиты оператора от температурного воздействия.

3.4.5 ВПО должен быть оснащён сменным жалом.

### **4 Техно-экономические требования**

4.1 Выбор элементной базы и разработка конструкции должны вестись с учетом минимизации расходов на дальнейшее мало-серийного производства ТИР, без ущерба надежности и внешнего вида.

### **5 Порядок приемки работ**

5.1 Приемка работы осуществляется Заказчиком путем проведения испытаний

5.2 Приемочные испытания проводятся исполнителем на территории заказчика

### **6 Порядок внесения изменений в ТЗ**

6.1 Настоящее ТЗ может уточняться и дополняться по согласованию с Заказчиком.

### **7 Руководители проекта:**



Федотов В.А., зав. лаб. ГПО,

Семенов В.Д., доцент каф. ПрЭ

**8 Ответственный исполнитель проекта:**

\_\_\_\_\_ Винтоняк Никита Павлович \_\_\_\_\_

Члены проектной группы:

\_\_\_\_\_ Винтоняк Никита Павлович \_\_\_\_\_

гр. 368-5

**10 Место выполнения проекта (лаборатория ГПО, СКБ, НИИ, бизнес-инкубатор и т.д.):** \_\_\_\_\_  
Лаборатория ГПО 236ф \_\_\_\_\_

Руководитель проекта:

\_\_\_\_\_ /Семенов В.Д./

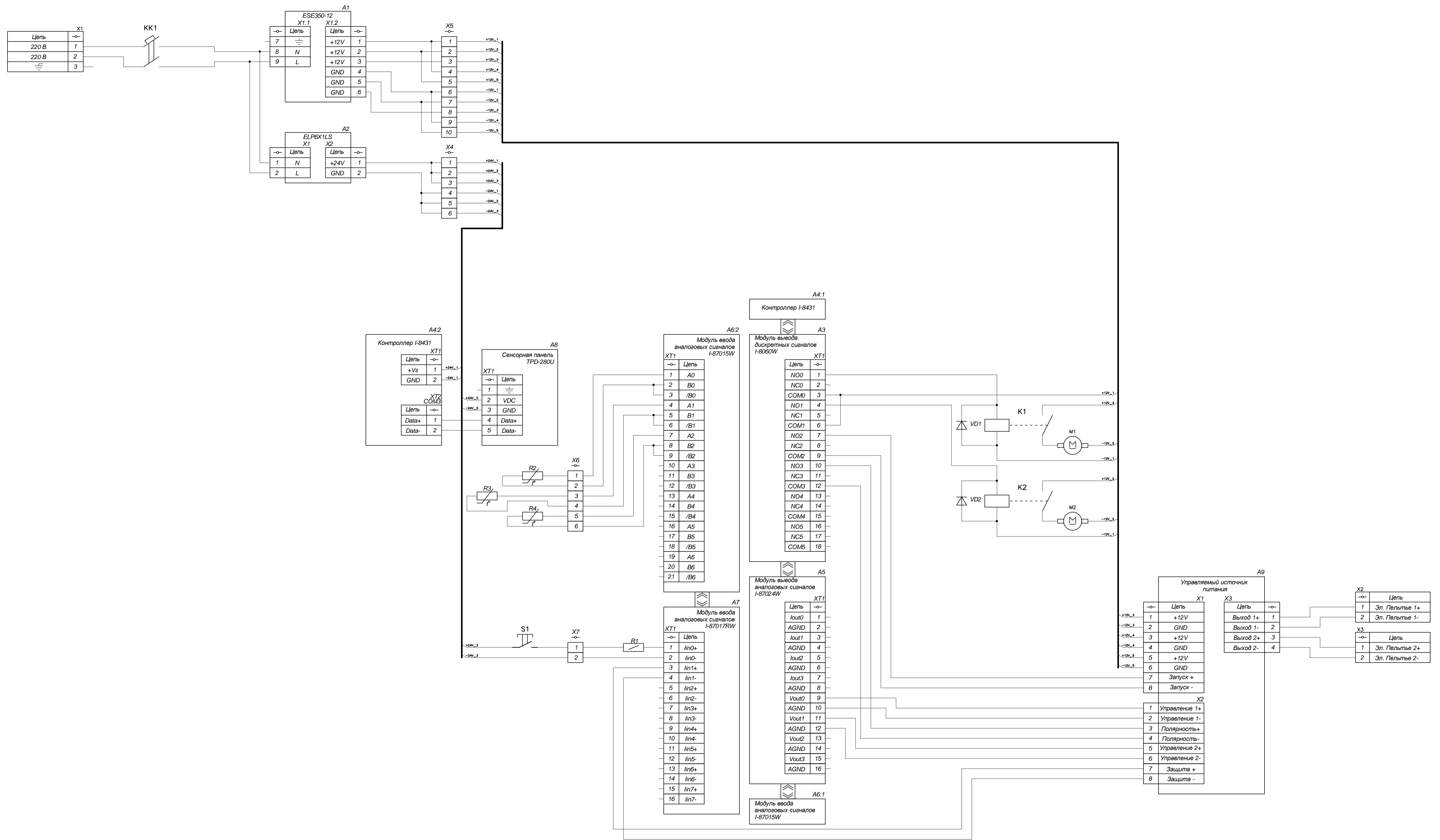
\_\_\_\_\_ /Федотов В.А./

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

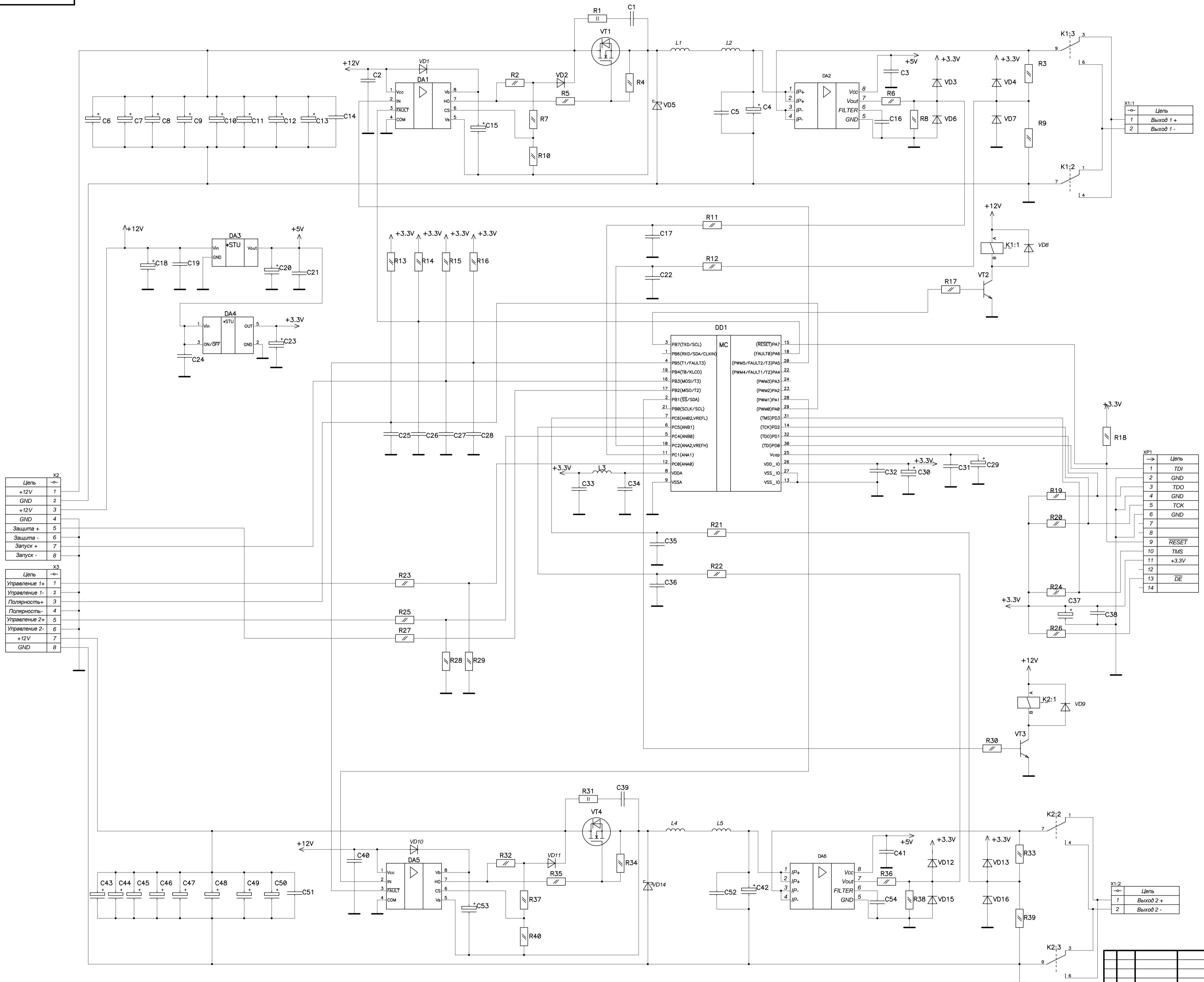
Ответственный исполнитель:

\_\_\_\_\_ /Винтоняк Н.П./

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.



				<b>ВИПЭЛ.007.001 Э3</b>		
Изм.	Лист	Изд.	Лист	Подп.	Дата	
Разраб.	Винтонок Н.П.					
Прое.	Федотов В.А.					
Т.контр.	(Т.контр.)					
Н.контр.	(Н.контр.)					
Утв.	(Утвердил)					
				<b>ТИР</b>		
				Схема электрическая принципиальная		
				Лит.	Масса	Масштаб
				Лист 1	Листов 1	
				ООО "Вил Электроника"		



X2	
Цель	№
+12V	1
GND	2
+12V	3
GND	4
Защита +	5
Защита -	6
Запуск +	7
Запуск -	8

X3	
Цель	№
Управление 1+	1
Управление 1-	2
Полярность+	3
Полярность-	4
Управление 2+	5
Управление 2-	6
+12V	7
GND	8

				<b>ВИПЭЛ.0007.004 ЭЗ</b>		
Изм.	Лист	Издок.	Подп.	Дата	Управляемый преобразователь Схема электрическая принципиальная	
Разраб.	Винтоняк Н.П.					
Прое.	Федотов В.А.				Лист 1	Листов 1
Т.контр.	(Т.контр.)				ООО "Вип Электроника"	
Н.контр.	(Н.контр.)					
Утв.	(Утв.)					