

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

Интеллектуальные энергетические системы  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему ИСТОЧНИК РЕЗЕРВНОГО ПИТАНИЯ

Обучающийся

М.В. Табаков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.К. Кудинов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент М.М. Бажутина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

## **Аннотация**

Объем 46 с., 18 рис., 2 табл., 36 источника

Источник резервного питания.

Объектом исследования является источник резервного питания.

Цель работы: разработка источника резервного питания, пригодного для питания системного блока персонального компьютера

Задачи работы:

- Обзор существующих решений
- Разработка электрической принципиальной схемы
- Выбор элементов схемы

Работа состоит из трех глав, в которых решены упомянутые задачи.

Степень внедрения: произведена разработка схемы, выбраны элементы.

Экспериментальных исследований не производилось.

Областью применения разработанного устройства является бытовое и промышленное использование персональных компьютеров и иных устройств, способных питаться от постоянного напряжения.

## **Annotation**

The title of the graduation work is «Backup power supply ».

The senior paper consists of an introduction, 2 parts, a conclusion, 22 pictures, 2 tables, list of references including 7 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The object of the study is a backup power source.

The aim of the graduation work is to develop of a backup power supply.

The key issue of the thesis is the use of simple solutions in the development of an electrical circuit.

Мы затрагиваем постановку проблемы, а затем переходим к поиску ее возможных решений.

We then analyze the literature concerning our problem.

We give a review of possible solutions and choose the most suitable ones, develop an electrical circuit diagram, carry out theoretical calculations and select elements.

In conclusion we'd like to stress that the system parameters have been theoretically calculated, a scheme has been developed, and elements have been selected.

This work is of interest to readers involved in electronics and computers.

The field of application of the developed system is the organization of uninterruptible power supply of computers and servers

Nevertheless, more experimental data are required.

# Содержание

Содержание.....	4
Введение.....	5
1.Состояние вопроса .....	7
1.1 Формулирование актуальности, цели и задач проекта .....	7
1.2 Анализ исходных данных и известных решений .....	7
1.2.1 Описание ситуации и анализ актуальности. ....	7
1.2.2. Основные типы ИБП .....	10
1.2.3. Обзор существующих ИБП.....	15
2. Разработка источника резервного питания .....	20
2.1 Разработка силовой части схемы .....	23
2.2 Разработка системы управления.....	29
Заключение .....	42
Список используемой литературы .....	43

## Введение

Источник резервного питания является одним из желательных элементов компьютерной сети или иных потребителей электрической энергии, для которых критическим является резкое отключение электропитания. Для персональных компьютеров выпускаются источники бесперебойного питания (ИБП). При присутствии в сети номинального напряжения компьютер питается от сети, а батарея источника заряжается. При резком пропадании напряжения ИБП начинает потреблять энергию из аккумулятора. Полупроводниковая инверторная схема повышает напряжение до необходимого уровня и преобразует его в переменное. Полученное напряжение используется для питания персонального компьютера.

Обратим внимание на следующую особенность энергопреобразования при использовании стандартных источниках бесперебойного питания: энергия из аккумулятора (постоянное напряжение) инвертируется в переменное (в зависимости от типа инвертора может создаваться как переменное синусоидальное напряжение, так и знакопеременное прямоугольное). Далее это напряжение поступает на вход компьютерного блока питания. При анализе схемотехники компьютерных блоков питания было выявлено, что входное напряжение выпрямляется выпрямителем и в дальнейшем подается на схему инвертора. На выходе схемы инвертора стоит понижающий трансформатор с несколькими вторичными обмотками. Напряжение с этих вторичных обмоток выпрямляется, сглаживается фильтрами и таким образом формируются необходимые уровни напряжений: +12В, +5В, +3.3 В. С напряжения +5В заводится обратная связь в систему управления, с помощью которой осуществляется стабилизация выходных напряжений.

Таким образом, в системе ИБП – блок питания напряжение из аккумулятора делается сначала переменным (в ИБП), а затем выпрямляется

(в блоке питания). Такое энергопреобразование является излишним. Нет необходимости делать переменное напряжение на выходе ИБП, так как оно все равно будет выпрямлено.

В связи с этим в данной работе предполагается разработка источника резервного питания, выходное напряжение которого является постоянным. Такой источник предназначен для работы с компьютерными блоками питания и иной техникой, на входе блока питания которой стоит выпрямитель. За счет исключения узла инвертора в источнике резервного питания предполагается достигнуть его упрощения и удешевления. Следует отметить, компьютерные блоки питания не требуют у себя на входе высокой стабильности входного напряжения. В их состав уже входят цепи обратной связи, предназначенные для стабилизации выходного напряжения.

Работа оформлена в соответствии с [10, 15, 16, 28].

# **1.Состояние вопроса**

## **1.1 Формулирование актуальности, цели и задач проекта**

В исходных данных перечислены параметры устройства:

Основной источник питания: сеть 220 В, 50 Гц

Мощность: 500Вт

Предназначение устройства: резервное питания персонального компьютера.

Исходя из этого сформулируем цели и задачи работы

Цель работы: разработка источника резервного питания, пригодного для питания системного блока персонального компьютера

Задачи работы:

- Обзор существующих решений
- Разработка электрической принципиальной схемы
- Выбор элементов схемы

Разрабатываемая электрическая схема будет состоять из силовой части, системы управления и обратных связей. Для хранения энергии предполагается использование аккумуляторов.

## **1.2 Анализ исходных данных и известных решений**

### **1.2.1 Описание ситуации и анализ актуальности.**

Источники бесперебойного питания широко используются, особенно в тех случаях, когда недопустимо отключения оборудования в случае пропадания напряжения в сети [1,7]. Например, их используют для питания компьютерных серверов, медицинского оборудования и т.д.

Существуют, производятся и продаются большое число различных типов ИБП. Из этого можно сделать вывод об их востребованности в современном мире.

В данной работе предполагается разработка источника резервного питания упрощенной конструкции. Он будет предназначен только для техники, в блоках питания которой на входе стоит выпрямитель. Однако за счет этого разрабатываемый источник можно создать с улучшенными характеристиками или меньшей стоимостью (за счет его упрощения).

«Источник (агрегат) бесперебойного питания (ИБП, АБП) (англ. Uninterruptible Power Supply (UPS)) — источник питания, имеющий не менее двух вводов от первичных источников тока и один или несколько выводов, который обеспечивает переход питания нагрузки с одного источника на другой для непрерывного питания потребителей в случае отключения или ухудшения качества электрической энергии на входе от первичного источника[101]. Термин источник бесперебойного питания используется применительно как системам бесперебойного электроснабжения, так и к отдельным приборам, в том числе встраиваемым.»

Агрегаты бесперебойного питания наряду с встроенными в оборудование аккумуляторными батареями являются автономными источниками, однако в отличие от них конструктивно не объединены с потребителем. Автономность определяется наличием источника энергии, не связанным с общей энергетической системой.»[7]

«Качество электрической энергии стандартизировано для системы электроснабжения общего назначения. Для отдельных групп потребителей предъявляются особые требования к питанию. Все группы потребителей можно разделить по принципу определения длительности допустимого перерыва электроснабжения: электромагнитная инерция (время затухания электромагнитных процессов); инерция технологических потоков;

инерционность технологического оборудования. Единственным путем обеспечения устойчивой работы первой группы является питание от систем или источников бесперебойного питания.

Источники бесперебойного питания могут использоваться для устранения прерываний, провалов выбросов, флуктуаций, длительных чрезмерных повышений и понижений напряжения; в случае импульсных и осцилляционных помех, шумов.

Источники бесперебойного питания разделяют на статические и динамические. В статических ИБП в качестве накопителя энергии может использоваться как аккумуляторная батарея, так и маховик. Динамические ИБП отличаются наличием дизель-генератора. 95,2 % ИБП в мире составляют статические ИБП. При этом для мощностей более 0,5 МВт оба типа одинаково распространены.

Агрегат бесперебойного питания с маховичным накопителем. В 1963—1967 гг. были созданы ИБП с резервированием мощности до 500 кВА. Первые ИБП включали в себя электродвигатель, дизельный двигатель, маховик и генератор. После появления тиристоров возникли конструкции с использованием аккумуляторных батарей и преобразователей напряжения. В дальнейшем в ИБП произошла замена тиристоров на IGBT-транзисторы. В настоящее время мощность ИБП находится в диапазоне 100—1000 кВт (и более), возможны различные величины выходных напряжений. »[7]

«Непосредственное накопление электрической энергии возможно только при постоянном токе. Необходимость в накопителях возникает при отключении электроэнергии, они играют важную роль в обеспечении бесперебойности электроснабжения. Для эффективного использования накопителей необходимы силовые электронные преобразователи: выпрямители, инверторы, преобразователи постоянного тока в постоянный. Напряжение на накопителях меняется в зависимости от того, насколько они

заряжены. Для бесперебойного питания потребителя нужно стабильное напряжение, необходимо использование регулируемых преобразователей.»[7]

### 1.2.2. Основные типы ИБП

#### 1. ИБП с двойным преобразованием энергии.

Англоязычное название таких ИБП - Double conversion UPS. Его структурная схема изображена на рисунке 1.

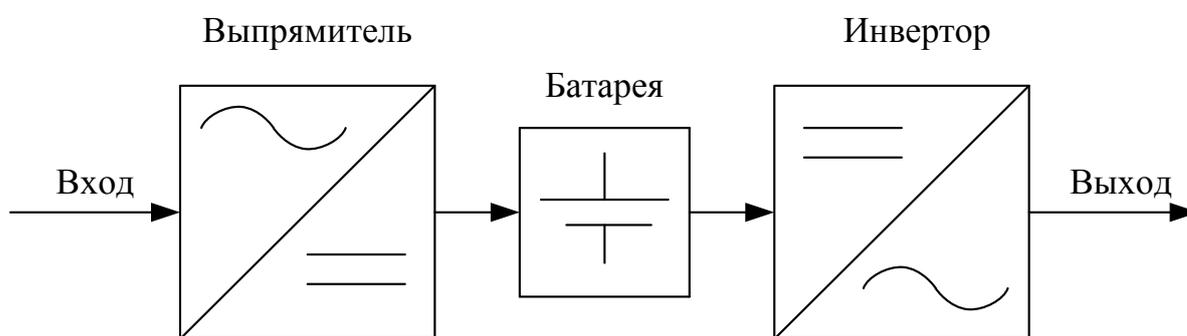


Рисунок 1 –ИБП с двойным преобразованием энергии

Режим двойного преобразования (англ. online, double-conversion, онлайн) — используется для питания нагруженных серверов (например, файловых), высокопроизводительных рабочих станций локальных вычислительных сетей, а также любого другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству сетевого электропитания.

«Принцип работы состоит в двойном преобразовании (double conversion) рода тока. Сначала входной переменный ток преобразуется в постоянный, затем обратно в переменный ток с помощью обратного преобразователя (инвертора). При пропадании входного напряжения переключение нагрузки на питание от аккумуляторов не требуется, поскольку аккумуляторы включены в цепь постоянно (т. н. буферный режим

работы аккумулятора) и для этих ИБП параметр «время переключения» не имеет смысла. В маркетинговых целях может использоваться фраза «время переключения равно 0», правильно отражающая основное преимущество данного вида ИБП: отсутствие промежутка времени между пропаданием внешнего напряжения и началом питания от батарей. ИБП двойного преобразования имеют невысокий КПД (от 80 до 96,5 %) в режиме on-line, из-за чего отличаются повышенным тепловыделением и уровнем шума. Однако у современных ИБП средних и высоких мощностей ведущих производителей предусмотрены разнообразные интеллектуальные режимы, позволяющие автоматически подстраивать режим работы для повышения КПД вплоть до 99 %. В отличие от двух предыдущих схем, способны корректировать не только напряжение, но и частоту (VFI по классификации МЭК).»[7]

## 2. ИБП с переключением.

Англоязычное название таких ИБП - standby UPS или off-line UPS

В таких ИБП (рисунок 2) в случае, если в сети есть напряжение, то нагрузка запитывается непосредственно от сети. При пропадании напряжения нагрузка подключается к выходу ИБП, а сеть отключается от нагрузки (например, с помощью электромагнитного реле или тиристорной схемы).

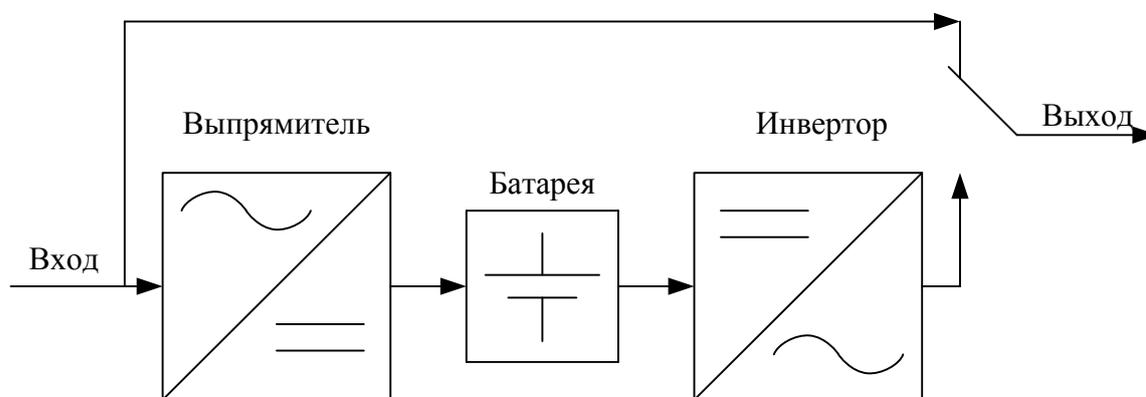


Рисунок 2 –ИБП с переключением

Такой ИБП значительно дешевле и практически не потребляет энергии, пока в сети присутствует напряжение.

Его основным недостатком является наличие коммутационного провала в выходном напряжении в момент пропадания напряжения в сети. При пропадании напряжения в сети в течении короткого времени (необходимого для коммутаций и начала работы ИБП) на выходе может присутствовать провал напряжения. Обычно это время составляет 20-50 мс и в течении этого времени блок питания нагрузки потребляет энергию из своих конденсаторов, имеющихся на входе.

Вторым недостатком такой схемы является отсутствие корректировки формы и амплитуды сетевого напряжения (он подается в нагрузку непосредственно).

### 3. ИБП, взаимодействующий с сетью

Англоязычное название таких ИБП - Line Interactive UPS.

Блок-схема такого ИБП представлена на рисунке 3.

Отличие от предыдущего типа заключается в наличии трансформатора (или автотрансформатора), связывающего вход с выходом. С помощью этого трансформатора возможна корректировка входного напряжения перед подачей его на выход.

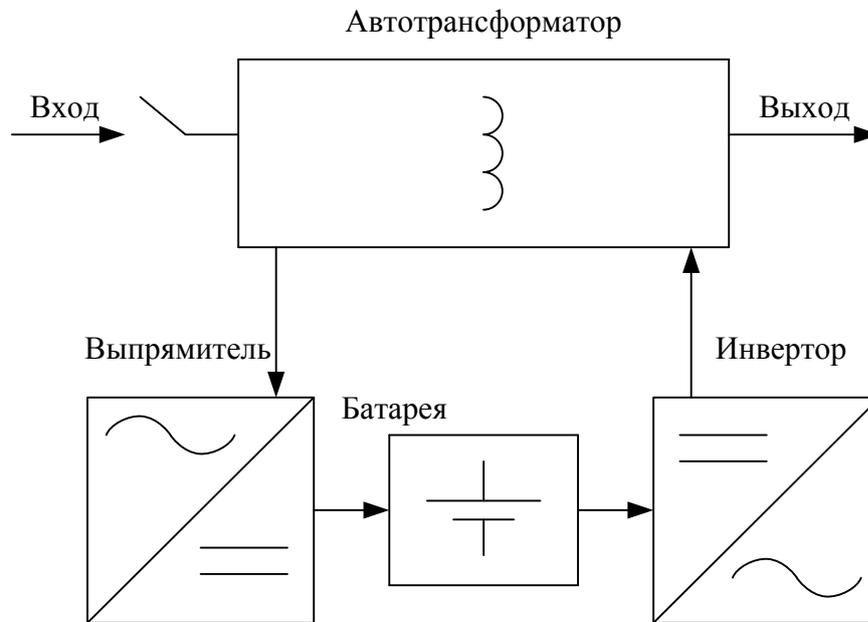


Рисунок 3 - ИБП, взаимодействующий с сетью

#### 4. Феррорезонансный ИБП.

Англоязычное название таких ИБП - Ferroresonant UPS

Существует возможность использования феррорезонансного трансформатора, который предназначен для стабилизации напряжения.

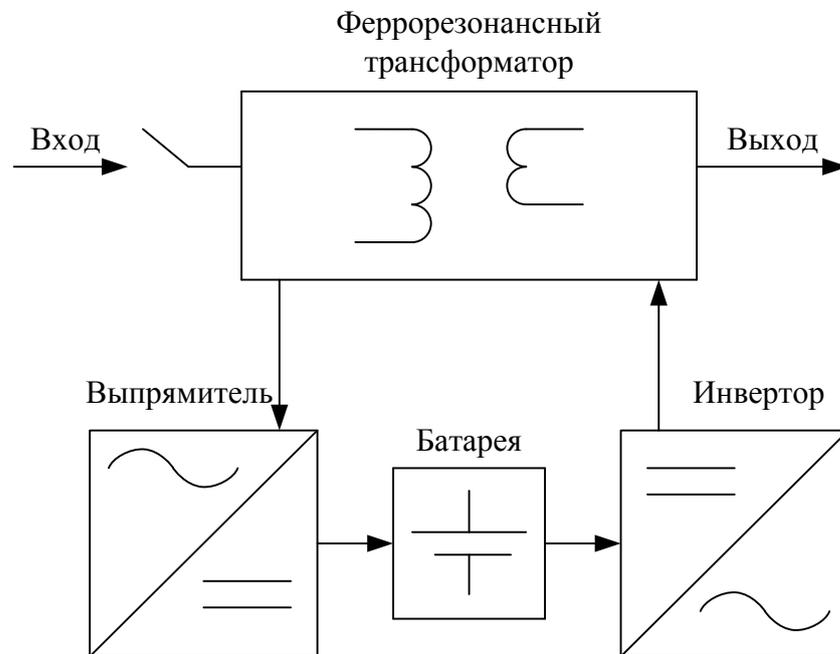
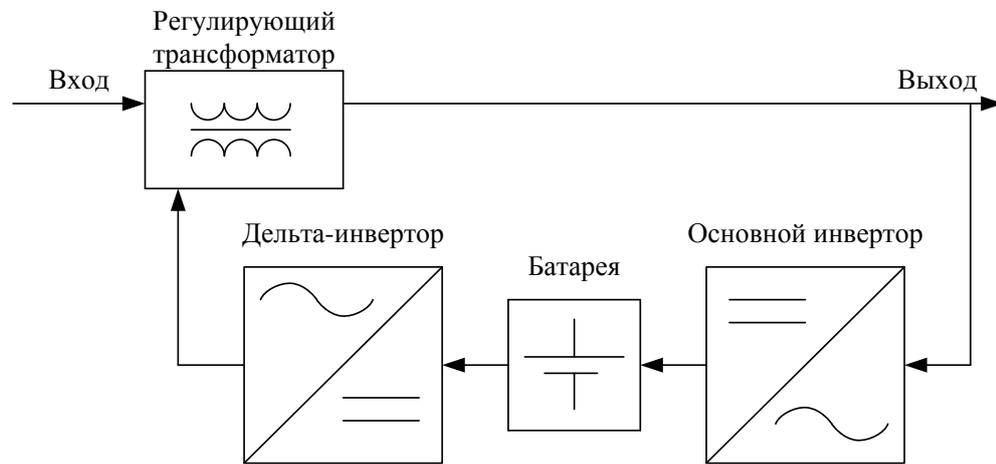


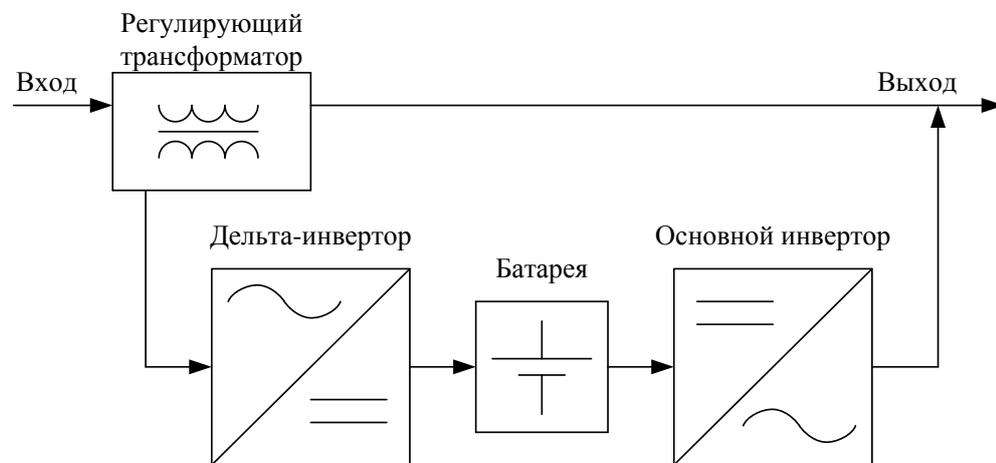
Рисунок 4 - Феррорезонансный ИБП

## 5. ИБП с дельта-преобразованием.

Этот тип отличается от предыдущих наличием дополнительной обмотки в трансформаторе (рисунок 5). При отклонении входного напряжения от номинального на эту обмотку от аккумулятора ИБП через силовые ключи подается корректирующее напряжение.



а) Нормальный режим



б) Автономный режим

Рисунок 5 - ИБП с дельта-преобразованием

При пропадании входного напряжения, напряжение на выход начинает поступать от основного инвертора.

### 1.2.3. Обзор существующих ИБП

Существует огромное множество производимых и продаваемых ИБП в огромном ценовом, мощностном и функциональном диапазоне . Их легко найти в сети интернет.

Для примера, рассмотрим ИБП типа ATS 1000 T-G (25 320 руб) [30].

«Источник бесперебойного питания On-Line типа с уникальным набором функций экономии энергии. ИБП обеспечивает надёжную защиту ответственного оборудования от нарушений качества электроэнергии в сети переменного тока.

Номинальная мощность  $P_{ном}$ , ВА/Вт 1000/900

Зарядный ток, обеспечиваемый зарядным устройством ИБП, А 8

Наличие встроенных аккумуляторов Нет

Номинальное напряжение батареи, В 36

Габаритные размеры (ВхШхГ), мм 238x145x405

Существует Программное обеспечение (ПО) для дистанционного контроля и управления по последовательному порту RS-232 или USB - UPS Agent

Программа UPS Agent 1.2.2 предназначена для обеспечения надежной работы потребителей, подключенных к ИБП, путем организации непрерывного интеллектуального контроля и управления устройством.»[30].

Внешний вид данного ИБП и ПО приведен на рисунке 1.6.

Основные технические характеристики сведены в таблицу 1.

Кроме вышеописанного ИБП компания производит и другие источники (рисунки 7-8).



а) Лицевая сторона



б) Задняя сторона



в) программное обеспечение

Рисунок 6 –ИБП ATS 1000 T-G.

Таблица 1 – Технические характеристики ИИБ АТС 1000 Т-Г [30].

Входные параметры:	
«Номинальное напряжение / частота, В /Гц	220 (230) / 50
Допустимый диапазон изменения частоты, Гц	40-70
Максимальный входной ток при номинальной нагрузке, А	9
Выходные параметры:	
Номинальная мощность Рном, ВА/Вт	1000/900
Номинальное напряжение, В	230 +/-1%
Номинальная частота, Гц	50 +/-0,1
Форма напряжения	Синусоидальная
Перегрузка при работе в дежурном и автономном режиме, % от Рном	130 в течение 5 мин., 140 в течение 30 сек.
Перегрузка при работе по встроенной обводной цепи, % от Рном	более 130 в течение 1 мин.
Время перерыва напряжения при переключении дежурный/автономный режим, мс	0
КПД в режимах: дежурный / автономный / экономии	0,9 / 0,86 / 0,96
Батареи:	
Рекомендуемый тип	Герметичные, свинцово-кислотные, необслуживаемые
Номинальное напряжение батареи	36
Наличие встроенных аккумуляторов	Нет
Зарядный ток, обеспечиваемый зарядным устройством ИИБ, А	8
Максимальная ёмкость внешних АБ, А*ч	100
Средства дистанционного контроля и управления:	
Изолированные порты RS-232, USB	Подключение к ПЭВМ через порт RS-232 или USB
ПО для дистанционного контроля и управления	"UPS Agent 1.2.1" (входит в комплект поставки)
WEB/SNMP-адаптер, плата интерфейса AS/400	Устанавливается по дополнительному заказу
Условия работы:	
Режим работы	Непрерывный
Охлаждение	Принудительное
Рабочая температура окружающего воздуха, С	от 0 до +40
Относительная влажность, %, не более	95 (без конденсации влаги)
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP 20
Группа исполнения по воздействию внешних механических факторов	M1
Акустический шум (на радиусе 1 м), дВ, не более	50
Размеры и масса:	
Габаритные размеры (ВхШхГ), мм	238x145x405
Масса, кг	7» [30]

# ИБП серии *EcoPower*

Источники бесперебойного питания On-Line типа с уникальным набором функций экономии энергии.

ИБП серии *EcoPower* обеспечивают надёжную защиту ответственного оборудования от нарушений качества электроэнергии в сети переменного тока.

Исполнения:

ATS 1000 R-BX, ATS 1500 R-BX, ATS 2000 R-BX, ATS 3000 R-BX (1-3 кВА, со встроенной аккумуляторной батареей, 19")

ATS 1000 R-BX (S), ATS 1500 R-BX (S), ATS 2000 R-BX (S), ATS 3000 R-BX (S) (1-3 кВА, со встроенной аккумуляторной батареей, увеличенная мощность зарядного устройства, 19")

ATS 1000 R-X, ATS 1500 R-X, ATS 2000 R-X, ATS 3000 R-X, ATS 6000 R-X, ATS 10000 R-X (1-10 кВА, с мощным зарядным устройством, 19")

ATS 1000 T-G (1 кВА, с мощным зарядным устройством, настольное исполнение)

ATS 1000 T-G(B) (1 кВА, с со встроенной аккумуляторной батареей, настольное исполнение)

Применение **современных схмотехнических решений** позволяет ИБП серии *EcoPower* обеспечивать **высокую степень защиты** борудования как промышленного так и бытового назначения.

- **Уникальная функция энергосбережения.** В диапазоне напряжения, заданном пользователем, ИБП работают по обходной цепи с КПД до 97%, тем самым повышая эффективность энергопотребления.
- **Увеличенное время работы наиболее ответственных потребителей.** ИБП имеют *управляемый выход* для подключения периферийного оборудования. Время работы выхода в автономном режиме ограничивается пользователем а, следовательно, увеличивается время работы ответственных потребителей.
- Отсутствие перерывов выходного напряжения при переходе из дежурного режима в автономный и обратно за счёт **двойного преобразования** электроэнергии.
- ИБП могут комплектоваться **устройствами комплексной защиты**, обеспечивающими дополнительную **защиту от перепадов напряжения до 440 В и грозозащиту II класса**.
- **Стабилизация параметров выходного напряжения** в широком диапазоне изменения параметров сети. Это обеспечивает стабильное электропитание нагрузки и сокращение количества циклов заряд-разряд батареи, сохраняя, тем самым, её ресурс.
- **Форма напряжения на выходе – чистая синусоида**, что обеспечивает возможность подключения к ИБП нагрузок, чувствительных к форме питающего напряжения.
- **Высокая перегрузочная способность** позволяет подключать к ИБП серии *EcoPower* нагрузку с большими пусковыми токами.
- **Повышенные коэффициенты входной и выходной мощности.** Это делает наиболее эффективным энергопотребление ИБП и обеспечивает эффективную работу с нелинейными нагрузками.



- **Увеличение выходной мощности и времени автономной работы** за счёт параллельного соединения ИБП мощностью 6 и 10 кВА (опционально, до 3-х шт.) и батарейных модулей. ИБП соединяются по принципу резервирования N+1 для **повышения надёжности системы**.
- **Дистанционный контроль и управление.** Программное обеспечение UPS Agent обеспечивает дистанционный контроль основных параметров, режимов работы, управление электропитанием нагрузки.
- **Универсальное конструктивное исполнение**, предполагающее установку как в промышленную стойку стандарта 19", так и вертикальную установку при помощи комплекта опор (для исполнений ИБП с индексом «R»).

Рисунок 7 – ИБП фирмы ООО «АТС-КОНВЕРС»

## Технические характеристики ИБП:

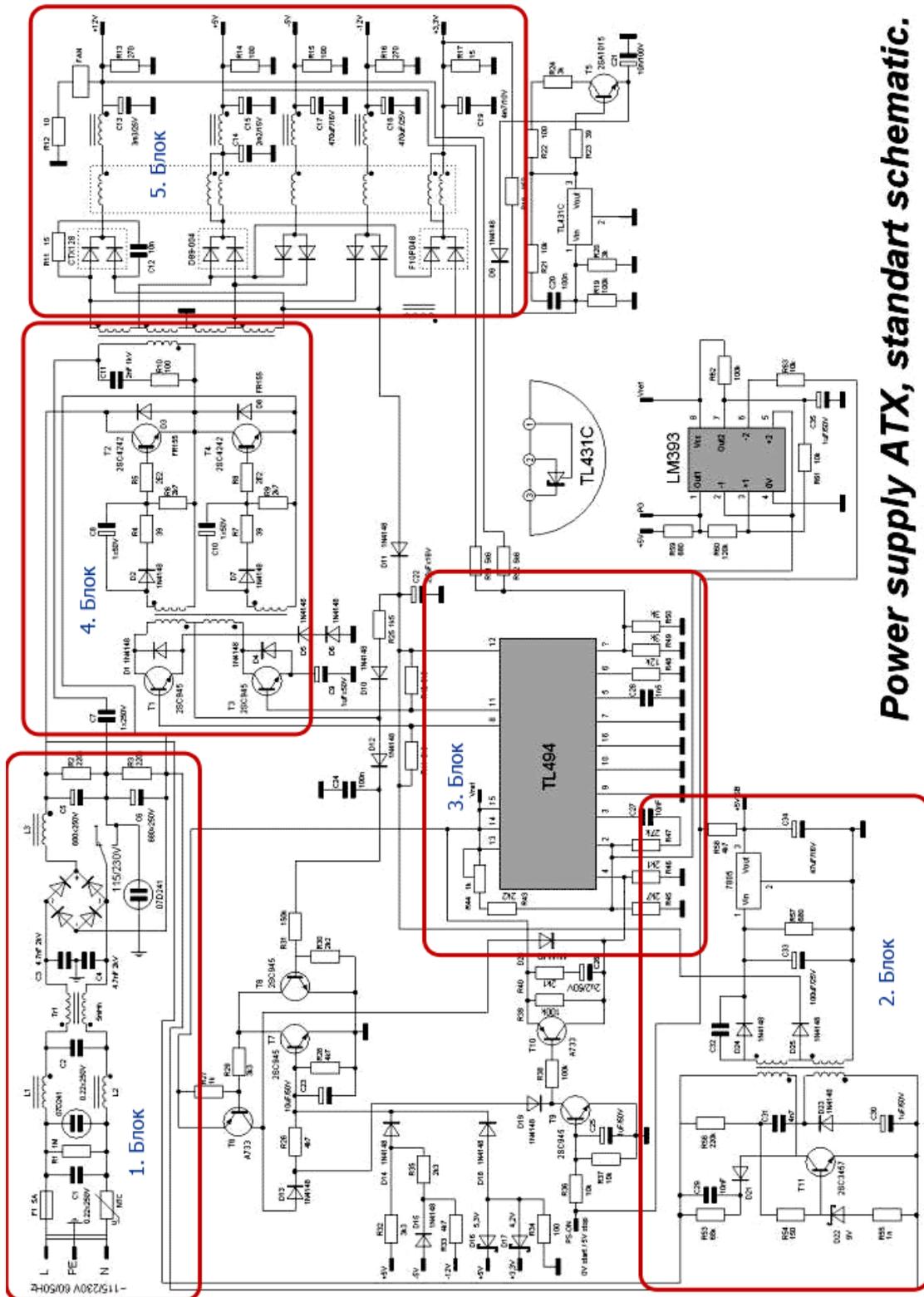
Модель ИБП	ATS 1000T-G	ATS 1000 T-G(B)	ATS 1000 R-X	ATS 1000 R-BX	ATS 1000 R-BX (S)	ATS 1500 R-X	ATS 1500 R-BX	ATS 1500 R-BX (S)	ATS 2000 R-X	ATS 2000 R-BX	ATS 2000 R-BX (S)	ATS 3000 R-X	ATS 3000 R-BX	ATS 3000 R-BX (S)	ATS 6000 R-X	ATS 10000 R-X																																
<b>Входные параметры</b>																																																
Номинальное напряжение / частота, В / Гц																220 (230) / 50																																
Допустимый диапазон изменения напряжения, В	Нижний порог перехода в автономный режим работы														160, 140, 120, 110 ± 5% при нагрузках 100-80, 79-70, 69-60, 59-0 %		176, 110±5% при нагрузках 100-50, 49-0%																															
	Нижний порог возврата в дежурный режим работы		175, 135±5% при нагрузках 100-70, 69-0%														170, 150, 130, 120 ± 5% при нагрузках 100-80, 79-70, 69-60, 59-0 %		186, 120±5% при нагрузках 100-50, 49-0%																													
	Верхний порог перехода в автономный режим работы														300 ± 5%																																	
	Верхний порог возврата в дежурный режим работы														290 ± 5%																																	
Допустимый диапазон изменения частоты, Гц																	40 - 70		46 - 54 / 56-64																													
Максимальный входной ток при номинальной нагрузке, А																	9		6,5		8		10		15		16		40		63																	
Коэффициент мощности																	0,98														0,99																	
<b>Выходные параметры</b>																																																
Номинальная мощность Pном, кВА / кВт																	1 / 0,9				1,5 / 1,35				2 / 1,8		3 / 2,7		6 / 5,4		10 / 9																	
Номинальное напряжение, В																													230 ± 1%																			
Номинальная частота, Гц																													50 ± 0,1																			
Форма напряжения																													Синусоидальная																			
Коэффициент гармоник выходного напряжения при линейной нагрузке, % не более																													2																			
Перегрузка в течение нормируемого интервала времени, % от Pном, не более	при работе в дежурном режиме														130 в течение 5 мин., 140 в течение 30 сек.		110 в теч. 10 мин., 130 в теч. 1 мин., более 130 в теч. 1 с																															
	при работе в автономном режиме														130 в течение 5 мин., 140 в течение 30 сек.		110 в теч. 30 с, 130 в теч. 10 с, более 130 в теч. 1 с																															
	при работе по встроенной обводной цепи														более 130 в течение 1 мин.																																	
Время перерыва выходного напряжения при переключении дежурный/автономный режим, мс																													0																			
Коэффициент амплитуды тока нагрузки, не более																													3																			
КПД в дежурном режиме, не менее																			0,9						0,91				0,9																			
КПД в автономном режиме, не менее																	0,86		0,88		0,89		0,88		0,9		0,9		0,88																			
КПД в режиме экономии/повышенной экономии энергии, не менее																	0,96 / -														0,96 / 0,97		0,96 / -															
<b>Батареи</b>																																																
Рекомендуемый тип																													Герметичные, свинцово - кислотные, необслуживаемые																			
Номинальное напряжение																	36		24		36		48		72		240																					
Номинальное напряжение / емкость одного встроенного аккумулятора, В / Ач																	- / 12 / 9		- / 12 / 9		- / 12 / 9		- / 12 / 9		- / 12 / 9		- / 12 / 9		-		-		-															
Количество встроенных аккумуляторов, шт																	- / 3		- / 2		- / 3		- / 4		- / 6		-		-		-		-															
Максимальный ток, потребляемый ИБП от АБ, А																	35														50																	
Зарядный ток, обеспечиваемый зарядным устройством ИБП, А																	8 / 1,5		8 / 1,5		4 / 8		8 / 1,5		4 / 8		8 / 1,5		4 / 8		4		4															
Напряжение, обеспечиваемое зарядным устройством ИБП, В																	41,0±1%		27,4 ± 1%		41,1 ± 1%		54,8 ± 1%		82,1 ± 1%		273 ± 1%																					
Тип батарейного модуля																	BP 36-18		BP 24-18-2U		BP 36-18-2U		BP 48-18-2U		BP 72-18-2U		BP 240-9-3U																					
Максимальное количество подключаемых батарейных модулей*, шт																	6		1		6		1		3		6		1		3		5															
Максимальная емкость внешних АБ*, Ач																	100		- / 100		- / 100		- / 100		- / 100		- / 100		- / 100		- / 100		45															
* - по согласованию с заказчиком параметр может быть увеличен при увеличении времени заряда батареи или при использовании дополнительного зарядного устройства типа CHR																																																
<b>Обводная цепь (Bypass)</b>																																																
Автоматический переход																													При перегрузке, перегреве, выходе из строя инвертора ИБП или выключении изделия кнопкой «Выключение ИБП»																			
Время перерыва выходного напряжения при переключении дежурный режим / обход, мс, не более																													4		0																	
Допустимый диапазон изменения входного напряжения при работе по встроенной обводной цепи, В (программируется в указанных пределах)																													170 - 264		110 - 276																	
Допустимый диапазон изменения частоты входного напряжения при работе по встроенной обводной цепи, Гц (программируется в указанных пределах)																													45 - 55 (при уставке частоты напряжения сети переменного тока 50 Гц), 55 - 65 (при уставке частоты напряжения сети переменного тока 60 Гц)		46 - 54 / 56-64																	
<b>Средства дистанционного контроля и управления</b>																																																
Изолированные порты RS-232, USB																													Подключение к ПЭВМ через порт RS-232 или USB																			
ПО для дистанционного контроля и управления ИБП																													«UPS Agent» (входит в комплект поставки ИБП)																			
WEB/SNMP-адаптер, плата интерфейса AS/400																													Устанавливается по дополнительному заказу																			
<b>Условия работы</b>																																																
Режим работы																													Непрерывный																			
Охлаждение																													Принудительное																			
Рабочая температура окружающего воздуха, С																													от 0 до +40																			
Относительная влажность, %, не более																													95 (без конденсации влаги)																			
Температура транспортирования / хранения, С																													От -50 до +50 / от -20 до +50 (- От -50 до +50 / от +5 до +40 для ИБП со встроенными АБ)																			
Степень защиты по ГОСТ 14254																													IP 20																			
Группа исполнения по воздействию внешних механических факторов по ГОСТ 17516.1																													M1																			
Акустический шум (на радиусе 1 м), дВ, не более																													50																			
<b>Размеры и масса</b>																																																
Габаритные размеры (В x Ш x Г), мм, не более																	238x145x405				88(2U)x438x420				88(2U)x438x520		88(2U)x438x640		133(3U)x438x665		133(3U)x438x745																	
Масса / масса в упаковке, кг, не более																	7/9		13/14,3		7,9/10,5		12,7/15,2		12,9/15,4		8/10,6		15,5/18,2		15,7/18,4		8/10,7		19,5/22,7		19,7/22,9		10,2/13,6		27,1/30,8		27,4/31,1		20/24,5		23,5/28	

Рисунок 8 – Технические характеристики ИБП фирмы «АТС-КОНВЕРС»

## 2. Разработка источника резервного питания

В качестве базового типа из рассмотренных в предыдущей главе выбрали тип ИБП с переключением. Когда в сети будет напряжение – нагрузка будет подключена непосредственно к сети. При пропадании напряжения – нагрузка будет подключаться к выходу источника резервного питания, а сеть отключаться от нагрузки. Такое решение обеспечивает высокий КПД, т.к. при наличии напряжения в сети – энергия из нее потребляется не будет (только на заряд аккумуляторов в случае, когда они не заряжены).

Для упрощения схемотехники ИРП учтем следующую особенность энергопреобразования при использовании стандартных источниках бесперебойного питания: энергия из аккумулятора (постоянное напряжение) инвертируется в переменное (в зависимости от типа инвертора может создаваться как переменное синусоидальное напряжение, так и знакопеременное прямоугольное). Далее это напряжение поступает на вход компьютерного блока питания. При анализе схемотехники компьютерных блоков питания (рисунок 9) было выявлено, что входное напряжение выпрямляется выпрямителем (1.Блок) и в дальнейшем подается на схему инвертора (4.Блок). На выходе схемы инвертора стоит понижающий трансформатор с несколькими вторичными обмотками. Напряжение с этих вторичных обмоток выпрямляется, сглаживается фильтрами (5.Блок) и таким образом формируются необходимые уровни напряжений: +12В, +5В, +3.3 В. С напряжения +5В заводится обратная связь в систему управления (3.Блок), с помощью которой осуществляется стабилизация выходных напряжений.



**Power supply ATX, standard schematic.**

Рисунок 9— Стандартная схема компьютерного блока питания типа АТХ.

Таким образом, в системе ИБП – блок питания напряжение из аккумулятора делается сначала переменным (в ИПБ), а затем выпрямляется (в блоке питания). Такое энергопреобразование является излишним. Нет необходимости делать переменное напряжение на выходе ИБП, так как оно все равно будет выпрямлено.

В связи с этим в данной работе предполагается разработка источника резервного питания, выходное напряжение которого является постоянным. Такой источник предназначен для работы с компьютерными блоками питания и иной техникой, на входе блока питания которой стоит выпрямитель. За счет исключения узла инвертора в источнике резервного питания предполагается достигнуть его упрощения и удешевления. Следует отметить, компьютерные блоки питания не требуют у себя на входе высокой стабильности входного напряжения. В их состав уже входят цепи обратной связи, предназначенные для стабилизации выходного напряжения.

Функциональная схема разрабатываемого ИРП изображена на рисунке 10. При наличии напряжения в сети нагрузка запитана непосредственно от сети, а аккумуляторная батарея заряжается через выпрямитель постоянным напряжением 15В. При пропадании сетевого напряжения нагрузка будет запитана от аккумулятора через повышающий преобразователь, расположенный внутри блока силовая часть. Система управления построена на микросхеме TL494CN, широко применяемой в существующих компьютерных блоках питания (см. 3.Блок на рисунке 9). Обратная связь заводится с выхода силовой части в систему управления.

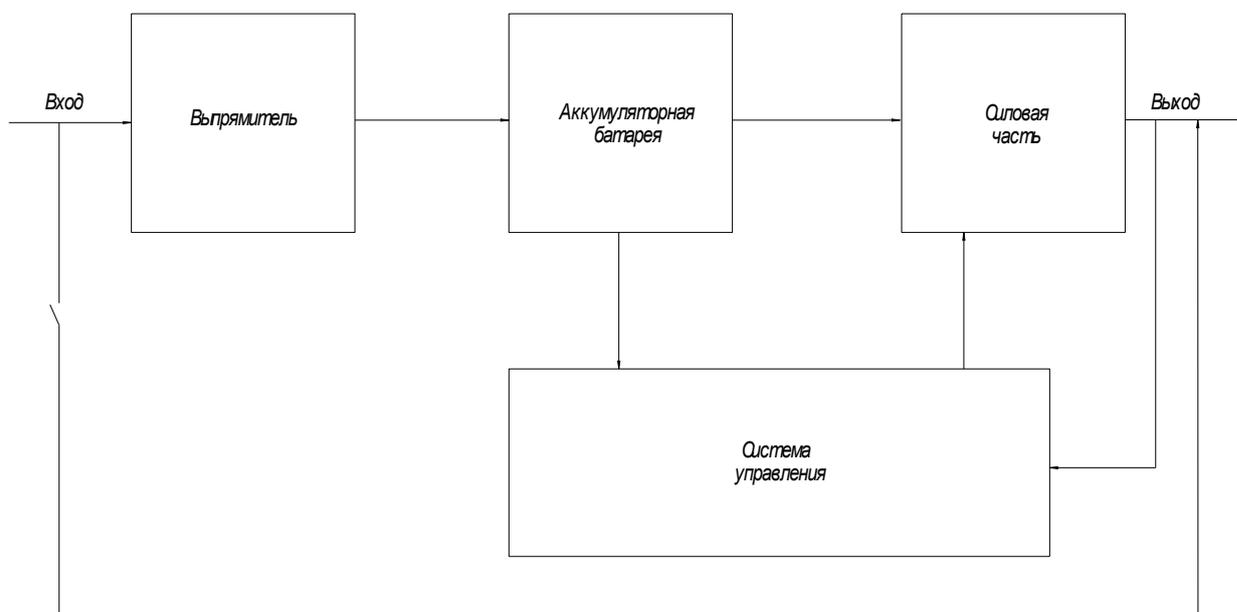


Рисунок 10 - Функциональная схема ИРП

## 2.1 Разработка силовой части схемы

Силовая часть схемы изображена на рисунке 11. Задача силовой части – коммутация первичных полуобмотки трансформатора TV2. При пропадании напряжения в сети транзисторы VT1 и VT2 поочередно открываются, на первичные полуобмотки трансформатора подается напряжение с аккумуляторной батареи (выход GB). На нижней вторичной обмотке трансформатора TV2 (изображена слева) формируется знакопеременное напряжение. Это напряжение выпрямляется диодным мостом и сглаживается фильтром L1-C6,C7. Верхняя вторичная полуобмотка используется для формирования импульсов управления на оптотиристор VU1. Через этот оптотиристор сглаженное постоянное напряжение подается на нагрузку [4,19, 22, 25, 31, 32, 35].

При появлении напряжения в сети поочередное открытие транзисторов прекратится, импульсы на оптотиристор VU1 подаваться не будут, он закроется и нагрузка окажется отключена от выхода выпрямителя. Это

сделано для того, что бы переменное напряжение, подаваемое в это время на нагрузку не закорачивалось через выпрямительный мост [23].

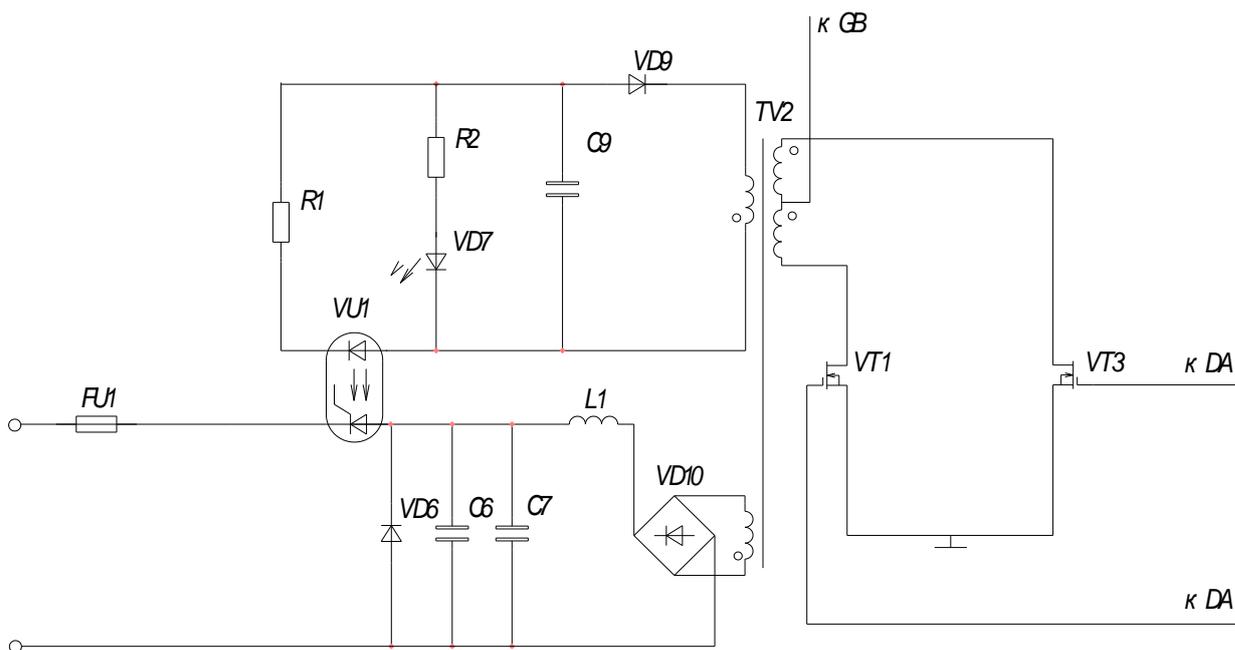


Рисунок 11 - Принципиальная схема силовой части

Аккумулятор для запасания энергии выбрали типа HRL 12-7.2 производства фирмы DELTA [8, 9]. Это кислотный аккумулятор, ячейки которого представляют собой герметизированные моноблоки. Данный аккумулятор разработан для использования в источниках бесперебойного питания и не требует обслуживания в процессе эксплуатации. Его основные характеристики представлены в таблице 2.

Подберем значение выходного тока таким образом, что бы напряжение на вторичной силовой обмотке трансформатора было примерно равно выпрямленному напряжению 220 В, которое в обычном режиме подается на вход блока питания компьютера. При расчете учтем заданное в задании значение мощности 500 Вт.

$$U_2 = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВЫХ}}} = \frac{500}{1,6} = 312,5 \text{ В}, \quad (2.1)$$

где  $P_{\text{ВЫХ}}$  – заданная мощность ИРП, Вт.

Таблица 2 - Характеристики аккумулятора DELTA HRL 12-7.2

Номинальное напряжение	12 В
Срок службы	10 лет
Число элементов	6
Номинальная емкость (25°C)	
1 часовой разряд (4,8А, 9,6В)	4,8Ач
5 часовой разряд (1,16А, 10,5В)	5,8Ач
10 часовой разряд (0,72А, 10,5В).	7,2Ач
Саморазряд	3% емкости в месяц при 20°C
Внутреннее сопротивление	22мОм
Рабочий диапазон температур	
Заряд	-10~60°C
Разряд	-20~60°C
Хранение	-35~60°C
Ток короткого замыкания	360А
Макс, разрядный ток(25°C)	108А(5с)
Макс, зарядный ток	2,8А
Буферный режим	13.6-13.8В
Температурная компенсация	-20мВ/°С
Циклический режим	14,4-14,9В
Температурная компенсация	-30мВ/°С
ширина	65 мм
длина	151 мм
высота	94 мм
масса	2,5 кг

Зададимся КПД трансформатора и потерь на полупроводниковых приборах (выпрямительном мосте и тиристорах)  $\eta = 0.8$ :

$$P_1 = \frac{P_{\text{ВЫХ}}}{\eta} = \frac{500}{0,8} = 625 \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

где  $\eta$  – КПД.

Тогда на каждую из половин первичной полуобмотки придется мощность:

$$P_{\text{ПОЛ}} = \frac{P_1}{2} = \frac{625}{2} = 312,5 \text{ Вт}, \quad (2.3)$$

где  $P_1$  – мощность первичной полуобмотки, Вт.

Ток транзисторов VT1 и VT3:

$$I_{\text{VT1}} = I_{\text{VT3}} = \frac{P_{\text{ПОЛ}}}{U_{\text{АКБ}}} = \frac{312,5}{12} = 26,04 \text{ А}, \quad (2.4)$$

где  $P_{\text{ПОЛ}}$  - мощность, которая была рассчитана в формуле выше, Вт.

$U_{\text{АКБ}}$  – напряжение аккумулятора, В.

Выбрали транзисторы VT1 и VT3 типа IRFZ44E [34], рассчитанные на напряжение 60 В, ток 48 А с сопротивлением канала 23 мОм.

Вольт-амперные характеристики изображены на рисунок 12.

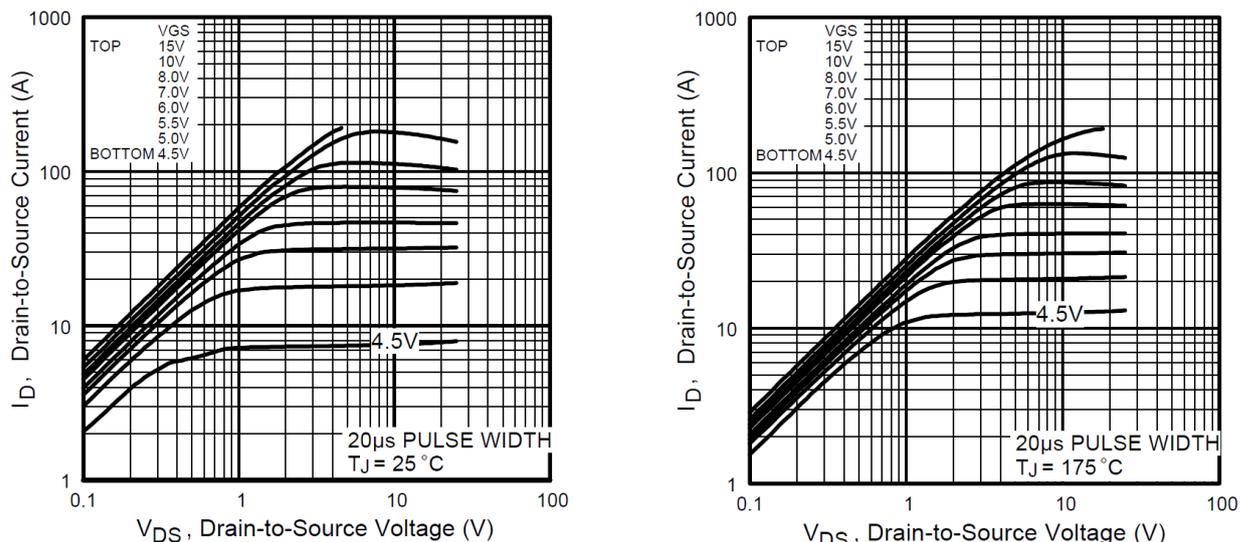


Рисунок 12 – ВАХ транзистора IRFZ44E.

Для расчета трансформатора воспользовались специальным сервисом в сети интернет. Выбранные значения:

Магнитопровод – типа кольцо: 60x40x10 мм (внешний диаметр, внутренний диаметр, высота) [21]

Первичная полуобмотка: 5 витков проводом 3.6мм диаметра.

Управляющая вторичная обмотка: 5 витком проводом диаметром 0.25мм.

Силовая вторичная обмотка: 120 витков проводом диаметром 0.7мм.

Выбрали диодный мост типа 4GBU04. Мост рассчитан на напряжение 400 В, ток 4А [33, 34].

Ток после моста будет протекать по оптотиристоры VU1. Выбрали оптотиристор типа TO125-12,5-4. Оптотиристор рассчитан на напряжение 400 В, ток 12.5А. Ток управления 200 мА. [2]

В качестве защитного элемента используем предохранитель FU1 типа ВП4 -4, на ток 2А.

Защитный диод VD6 выбрали типа 1N5404 [33]. Диод рассчитан на обратное напряжение - 400В; ток - 3А.

Емкость С6 взяли типа К50-35-100мкФ, 350 В. Это конденсатор электролитического типа, при его использовании необходимо соблюдать полярность.

Активное сопротивление нагрузки  $R_d$ :

$$R_d = \frac{U_d}{I_d} = \frac{315}{1,6} = 196,875 \text{ Ом}, \quad (2.5)$$

где  $U_d$  – напряжение нагрузки, В;

$I_d$  – ток нагрузки, А.

Индуктивность дросселя L1:

$$L_1 = \frac{2 \cdot R_d}{\omega \cdot m \cdot (m^2 - 1)} \cdot \frac{I_d}{\Delta I} = \frac{2 \cdot 196,875}{314 \cdot 2 \cdot (4 - 1)} = \frac{393,75}{1884} = 0,2 \text{ Гн}, \quad (2.6)$$

где  $R_d$  - сопротивление нагрузки, Ом;

$\omega$  – частота сети;

$m$  – число пульсаций выпрямленного напряжения.

$\Delta I/I_d$  - относительное значение пульсаций тока, согласно методике расчета принимается в диапазоне (0,1...0,25).

Выбрали индуктивность L1 типа В82111-Е-С22.

Найдем ёмкость конденсатора С7:

$$L_7 = \frac{1 + q}{\omega^2 \cdot m^2 \cdot L_1} \cdot \frac{U_d}{\Delta U} = \frac{1 + 0,057}{314^2 \cdot 4 \cdot 0,2 \cdot 0,3} = 44 \text{ мкФ}, \quad (2.7)$$

где  $q$  - коэффициент пульсаций напряжения;

$L$  – значение индуктивности дроссель L1.

Приняли: С7 : К10 – 17Б – 47 мкФ.

При пропадании сетевого напряжения и начале работы нагрузки от аккумулятора загорается светодиод VD7. Выбрали красный светодиод типа КА-3020ЕС. Ток: 20 мА.

Для задания тока использовали балластный резистор R2.

$$R_2 = \frac{12 - U}{I_{\text{ДПР}}} = \frac{12 - 1.8}{20 \cdot 10^{-3}} = 560 \text{ Ом}, \quad (2.8)$$

где  $U$  – падение напряжение на диоде, В;

$I_{\text{ДПР}}$  – ток, А.

Выбрали R2: МЛТ- 0.5 Вт и 1 кОм [5, 36].

Выбрали электролитический конденсатор С9 типа: К50-35 на 1000мкФ х 16 В [27].

Выбрали VD9 типа 1N4148 на 150 мА прямого тока и 200В обратного напряжения.

Рассчитаем R1:

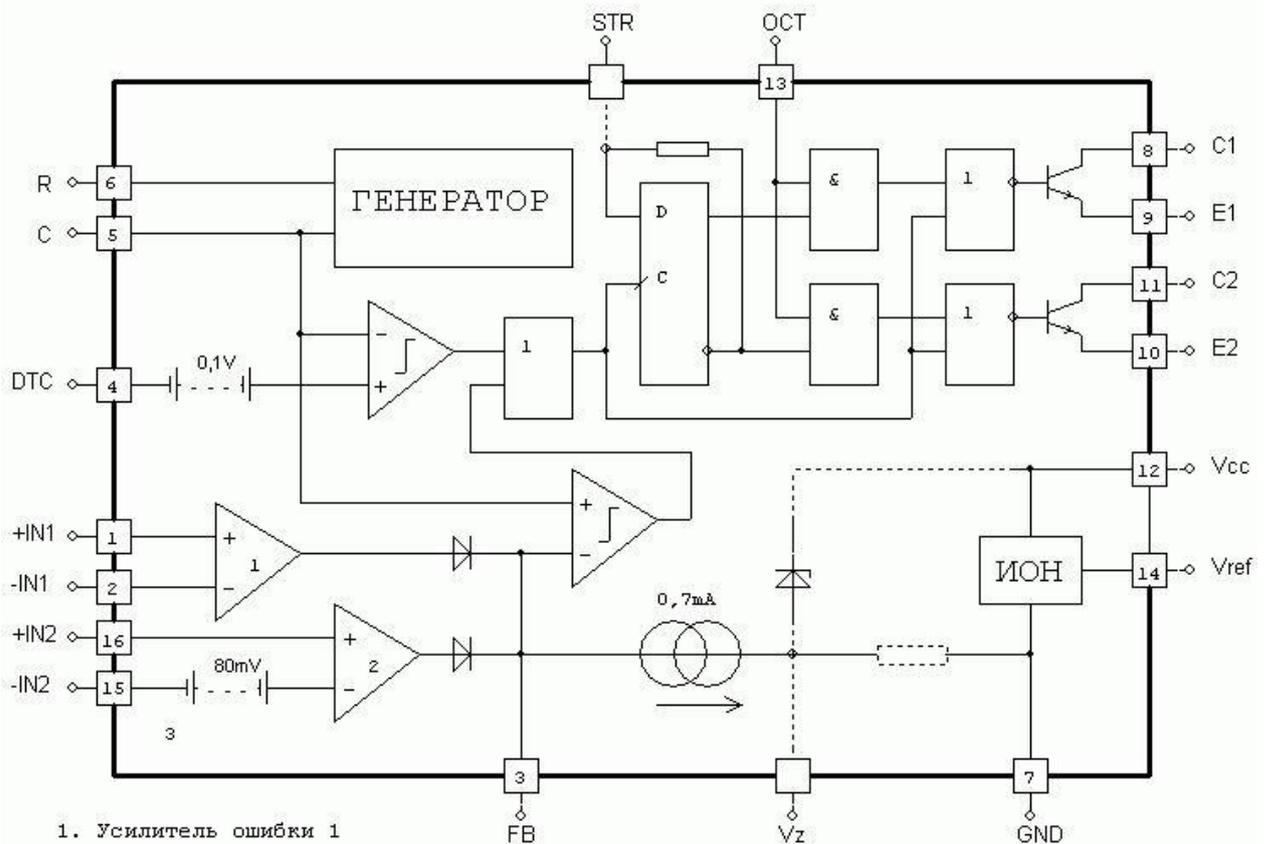
$$R_1 = \frac{12 - U_{\text{VU1}}}{I_1} = \frac{12 - 2,5}{0,15} = 63,3 \text{ Ом}, \quad (2.9)$$

где  $U_{\text{VU1}}$  – отпирающее напряжение, В;

$I_1$  – ток светодиода оптодиристора, А.

## 2.2 Разработка системы управления

Центральным элементом системы управления будет являться микросхема TL494CN (ее отечественным аналогом является 1114ЕУ4). Это широко используемый ШИМ-контроллер, предназначенный для организации блоков питания. Данная микросхема является наиболее используемой в компьютерных блоках питания. Ее внутренняя структура изображена на рисунке 13, а функциональное назначение выводов на рисунке 14. Будем использовать данную микросхему в соответствии с ее описанием, представленным в [5, 3, 11].



1. Усилитель ошибки 1
  2. Усилитель ошибки 2 для TL494 и TL495 или токоограничивающий усилитель для TL493
  3. Источник напряжения только для TL493
- Пунктиром указаны соединения и элементы только для TL495. Номера выводов указаны для TL493 и TL494

Рисунок 13 - Внутренняя структура микросхемы TL494CN (1114EY4).

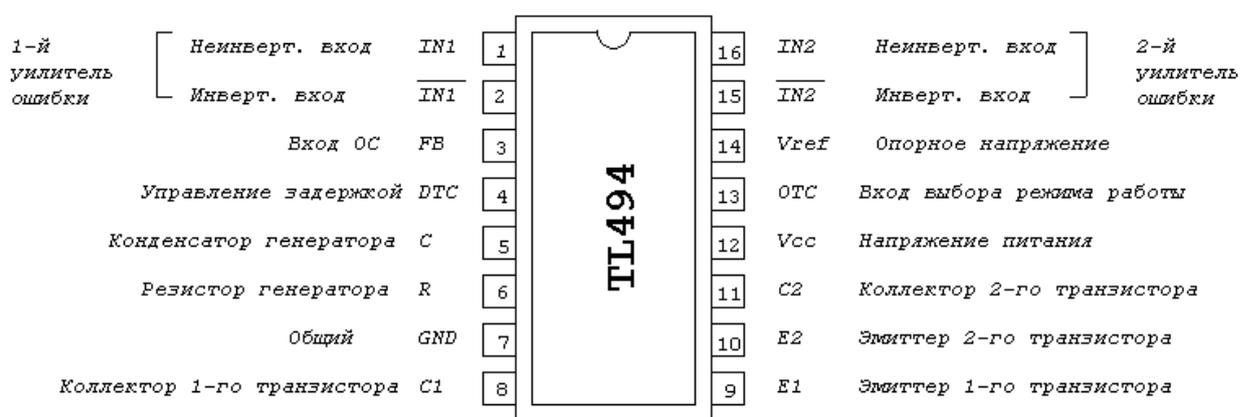


Рисунок 14 – Функциональное назначение выводов микросхемы TL494CN (1114EY4).

«TL494 не только включает в себя основные блоки, необходимые для управления импульсным источником питания, но также решает многие основные проблемы и уменьшает количество дополнительных схем, требуемых при проектировании устройства. TL494 — это схема управления с фиксированной частотой и широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Модуляция выходных импульсов осуществляется путем сравнения пилообразного сигнала, создаваемого внутренним генератором на синхронизирующем конденсаторе (СТ), с любым из двух управляющих сигналов. Выходной каскад включается в то время, когда пилообразное напряжение больше сигналов управления напряжением. По мере увеличения управляющего сигнала время, в течение которого пилообразный вход больше, уменьшается; следовательно, длительность выходного импульса уменьшается. D-триггер управления импульсом поочередно направляет модулированный импульс на каждый из двух выходных транзисторов.

#### Источник опорного напряжения

TL494 имеет внутренний источник опорного напряжения 5 В на выводе REF. Помимо получения опорного напряжения он дает питание логике управления, D-триггеру, генератору, компаратору мертвого времени, компаратору ШИМ.» [5]

«В стабилизаторе используется схема с плавно изменяющейся запрещенной зоной в качестве основного эталона для поддержания тепловой стабильности на уровне менее 100 мВ в рабочем диапазоне температур воздуха от 0 ° С до 70 ° С. Защита от короткого замыкания нужна, чтобы защитить источник опорного напряжения; для дополнительных цепей смещения доступен ток нагрузки 10 мА [14]. Значение внутренне запрограммировано на начальную точность  $\pm 5\%$  и поддерживает стабильность изменения менее 25 мВ в диапазоне входного напряжения от 7 В до 40 В. Для входных напряжений менее 7 В стабилизатор насыщается в пределах 1 В на входе и отслеживает его.» [5]

## Генератор

«Генератор обеспечивает положительную пилообразную форму волны компараторам мертвого времени и ШИМ для сравнения с различными управляющими сигналами.

### Управление временем задержки (мертвым временем)

Вход управления мертвым временем задает минимальное мертвое время (время отключения). Выход компаратора запрещает переключение транзисторов Q1 и Q2 [20, 24], когда напряжение на входе больше, чем линейное напряжение генератора. Внутреннее смещение 110 мВ обеспечивает минимальное мертвое время  $\sim 3\%$ , когда вывод DTC подключен к земле. При подаче напряжения на вывод DTC длительность мертвого времени увеличивается. Это дает возможность линейно изменять длительность мертвого времени от минимума 3% до 100% при изменении входного напряжения от 0 В до 3,3 В соответственно. Вход управления мертвым временем DTC является входом с относительно высоким импедансом ( $I < 10 \text{ мкА}$ ) и должен использоваться там, где требуется дополнительное управление коэффициентом заполнения. Для правильного управления этот вывод должен быть подключен для управления либо подтянут к плюсу питания либо к земле. Обрыв цепи в таком случае даст неопределенное состояние.»[5]

### «Компаратор

Компаратор имеет смещение относительно источника опорного напряжения. Это обеспечивает изоляцию от входного источника питания для повышения стабильности. Вход компаратора не имеет гистерезиса, поэтому должна быть предусмотрена защита от ложного срабатывания вблизи порога переключения. Компаратор имеет время отклика 400 нс от любого из входов управляющего сигнала к выходным транзисторам с перегрузкой всего 100 мВ. Это обеспечивает положительный контроль выхода в пределах половины цикла для работы в рекомендованном диапазоне 300 кГц.

## Широтно-импульсная модуляция ШИМ

«Компаратор также управляет шириной выходного импульса. Для этого линейно нарастающее напряжения на синхронизирующем конденсаторе СТ сравнивается с управляющим сигналом, присутствующим на выходе усилителей ошибки. Вход СТ подключается через последовательный диод, который отсутствует на входе управляющего сигнала. Для этого требуется, чтобы управляющий сигнал (выход усилителя ошибки) был на  $\sim 0,7$  В больше, чем напряжение на выводе СТ, чтобы подавить выходную логику, и обеспечить работу с максимальным коэффициентом заполнения, не требуя понижения управляющего напряжения до истинного потенциала земли. Ширина выходного импульса изменяется от 97% периода до 0, так как напряжение на выходе усилителя ошибки изменяется от 0,5 В до 3,5 В соответственно [12,13].

### Усилители ошибки

Оба усилителя ошибки с высоким коэффициентом усиления получают напряжение смещения от шины питания VI. Оба усилителя ведут себя как несимметричные усилители с однополярным питанием, поскольку каждый выход активен только на высоком уровне. »[6]

«Это позволяет каждому усилителю работать независимо при уменьшении требуемой ширины выходного импульса. Когда оба выхода соединены по логике ИЛИ на инвертирующем входе компаратора ШИМ, доминирует усилитель, требующий минимального выходного импульса. Выходы усилителя подтянуты к низкому уровню генератором тока, чтобы обеспечить максимальную ширину импульса, когда оба усилителя отключены.

### Управление выходом (OUTPUT CTRL)

Вывод OUTPUT CTRL определяет, работают ли выходные транзисторы параллельно или в в двухтактном режиме. Этот вход является источником

питания для D-триггера. Вывод OUTPUT CTRL является асинхронным и управляет напрямую выходом, независимо от генератора или D-триггера.»[5]

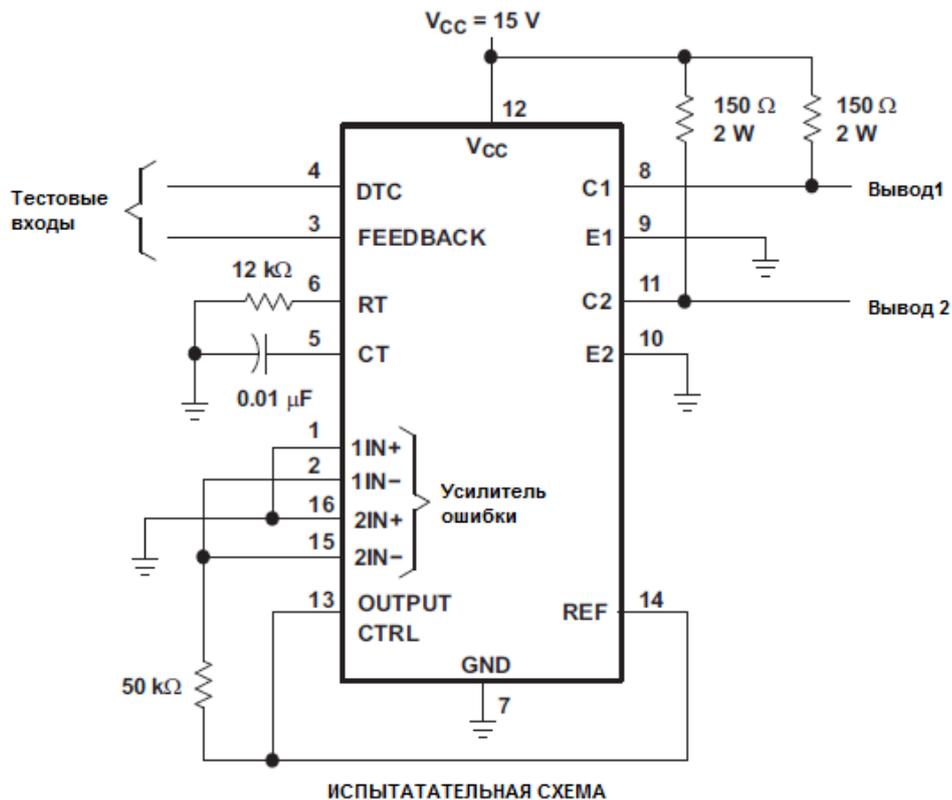
«Входные условия должны быть четко зафиксированы, определяемым применением. Для параллельной работы выходных транзисторов OUTPUT CTRL должен быть заземлен. При этом отключается D-триггер и его выходы. В этом режиме импульсы, наблюдаемые на выходе компаратора мертвого времени / ШИМ, передаются обоими выходными транзисторами параллельно. Для двухтактного режима вывод OUTPUT CTRL должен быть соединен с источником опорного напряжения 5 В. В этом состоянии каждый из выходных транзисторов поочередно активируется D-триггером.

#### Выходные транзисторы

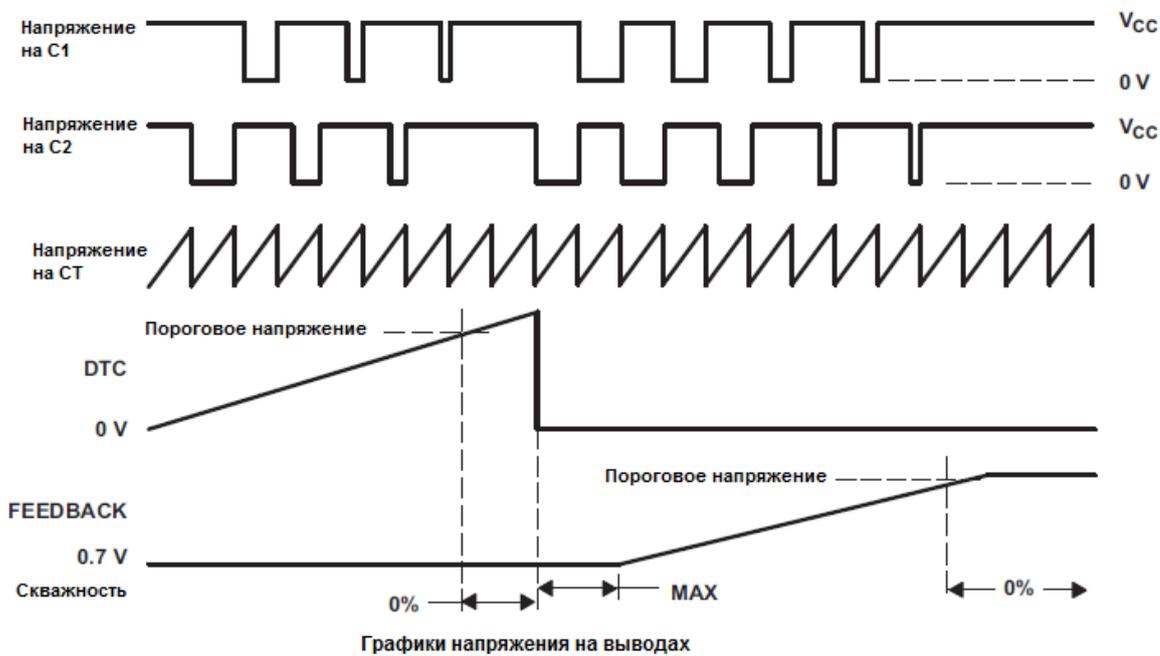
В TL494 имеются два выходных транзистора. Оба транзистора сконфигурированы как открытый коллектор / открытый эмиттер, и каждый может потреблять или потреблять до 200 мА. Транзисторы имеют напряжение насыщения менее 1,3 В в конфигурации с общим эмиттером и менее 2,5 В в конфигурации эмиттерного повторителя. Выходы защищены от перегрузки, чтобы предотвратить выход из строя, но не имеют достаточного ограничения тока, чтобы позволить им работать как выходы источника тока.

»[5]

Минимальная схема включения микросхемы и ее временные диаграммы приведены на рисунке 15.



а) минимальная схема включения



б) временные диаграммы работы

Рисунок 15 – Пояснения к работе микросхемы TL494

В соответствии с вышеприведенным описанием работы микросхемы разработали систему управления, изображенную на рисунке 16.

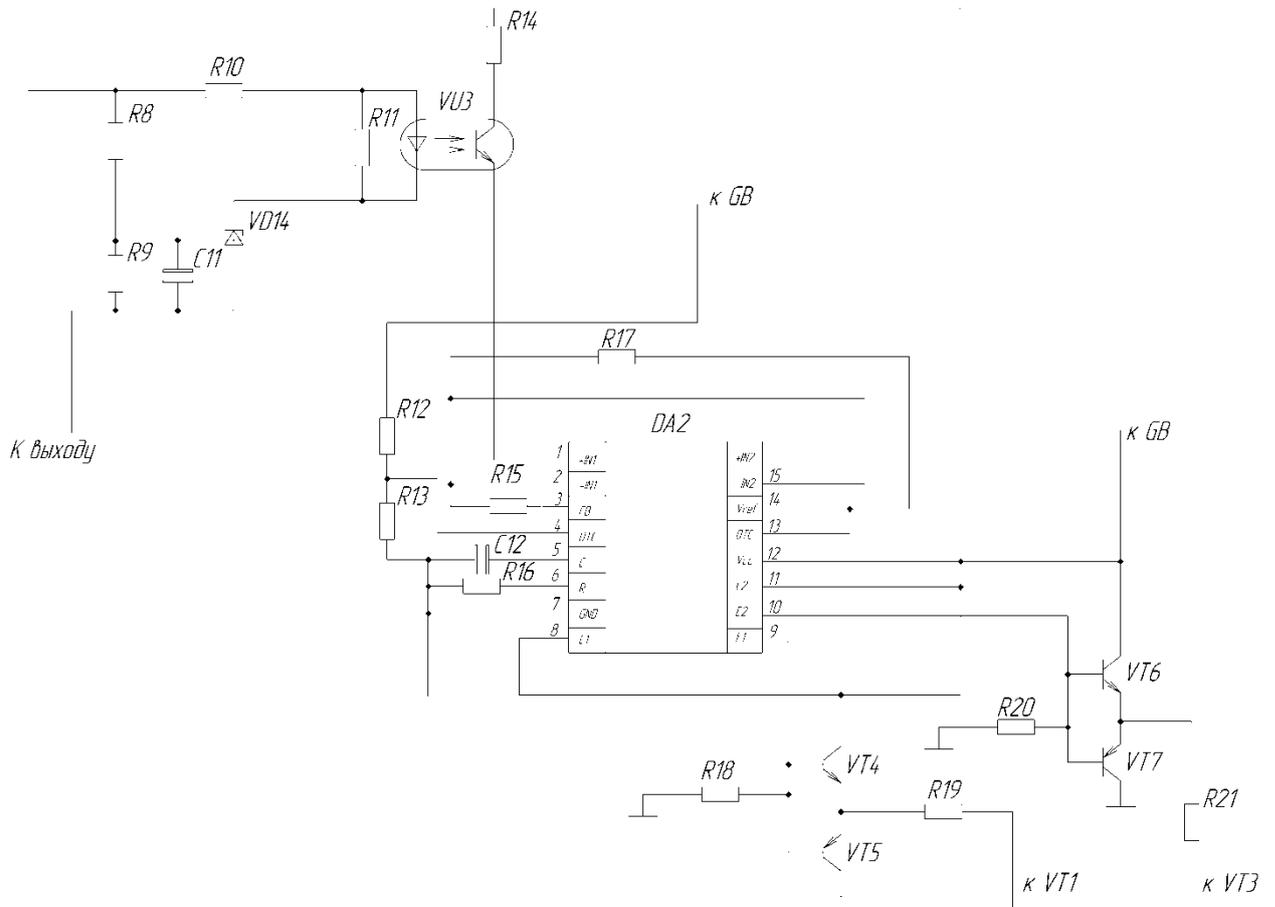


Рисунок 16 – Разработанная систему управления.

Для обратной связи выбрали оптопару VU3 из выберем PC817 [34].

Пусть ток оптопары PC817 составляет 10 мА [29].

Тогда сопротивление R10:

$$R_{10} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{I_{\text{ВХ.VU3}}} = \frac{315}{10 \cdot 10^{-3}} = 31,5 \text{ кОм}, \quad (2.10)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}$  – выходное напряжение ИРП, В;

$I_{\text{ВХ.VU3}}$  – ток оптопары VU3, А.

Величина R8:

$$R_8 = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{R9}}{I_{R8}} = \frac{315 - 2,5}{1 \cdot 10^{-3}} = 312,5 \text{ кОм}, \quad (2.11)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}$  – выходное напряжение ИРП, В;

$I_{R8}$  – ток сопротивления  $R8$ , А;

$U_{R9}$  – напряжение на резисторе  $R9$ , В.

Выберем  $R8$  из [18, 34] – PVZ3A334.

Рассчитаем величину сопротивления  $R9$ :

$$R_9 = \frac{U_{R9} \cdot R8}{U_{\text{ВЫХ}} - U_{R9}} = \frac{2,5 \cdot 312,5 \cdot 10^3}{315 - 2,5} = 2,5 \text{ кОм}, \quad (2.12)$$

где  $R8$  – сопротивление резистора, Ом.

Выберем  $C11$ : K10-17A-N90-0,1мкФ.

Значение напряжение будет задаваться делителем из резисторов  $R12$  и  $R13$ . Сопротивление  $R13$  примем 3 кОм. Тогда:

$$R_{12} = \frac{R_{13} \cdot (U_{\text{АКБ}} - U_{R13})}{U_{R13}} = \frac{3 \cdot 10^3 \cdot (15 - 5)}{5} = 6 \text{ кОм}, \quad (2.13)$$

где  $R13 = 3 \text{ кОм}$ , Ом;

$U_{\text{АКБ}}$  – напряжение аккумулятора, В;

$U_{R13}$  – напряжение на резисторе  $R13$ , В.

Частота работы TL494 задается внешней RC цепочкой.

Пусть нам необходима частота 100 кГц. Зададимся  $R16$  равным 10 кОм

Рассчитаем  $C12$ :

$$C_{12} = \frac{1,1}{f \cdot R_{16}} = \frac{1,1}{100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3} = 1,1 \text{ нФ}, \quad (2.14)$$

где  $f$  – частота, Гц;

$R_{16}$  – сопротивление  $R_{16}$ .

Рассчитаем  $R_{14}$ :

$$R_{14} = \frac{U_{AKB}}{I_{ВЫХ.VU3}} = \frac{12}{50 \cdot 10^{-3}} = 240 \text{ Ом}, \quad (2.15)$$

где  $I_{ВЫХ.VU3}$  – выходной ток оптопары  $VU3$ , А.

В составе микросхемы имеется операционный усилитель [26]. Для его использования будем использовать элементы  $R_{15}$  и  $R_{17}$

Примем  $R_{17} = 10$  кОм. Тогда  $R_{15}$ :

$$R_{15} = R_{17} \cdot K = 10 \cdot 10^3 \cdot 20 = 200 \text{ кОм}, \quad (2.16)$$

где  $K$  – коэффициент усиления ОУ;

$R_{17}$  – сопротивление  $R_{17}$ , Ом.

Для усиления выходного управляющего сигнала с микросхемы будем использовать усилительные каскады на  $VT_4$ ,  $VT_5$ ,  $VT_6$ ,  $VT_7$

Выберем комплементарные пары  $VT_4$  и  $VT_6$  – КТ3102 БМ, а  $VT_5$  и  $VT_7$  – КТ3107Г.

Сопротивления  $R_{18}$  и  $R_{20}$  приняли 1 кОм, а резисторы  $R_{19}$  и  $R_{20}$  - 8.2 кОм.

Исходя из данных на выбранную аккумуляторную батарею примем ток зарядки 2,8 Ампера.

Примем резистор  $R_7$  0,5 Ом. Тогда падение напряжения на этом резисторе составит 1,4 вольта.

Сумма напряжения на базе-эмиттера и резисторе  $R_4$ :

$$U_{БЭ+R4} = U_{R4} + U_{БЭ} = 1,4 + 0,7 = 2,1 \text{ В}, \quad (2.17)$$

где  $U_{R4}$  – напряжение на резисторе  $R_4$ , В;

$U_{БЭ}$  – напряжение база-эмиттер транзистора VT2, В.

Выбрали стабилитрон VD12 на 2,4 В типа – В7Х55С2. [34]

Величина R6:

$$R_6 = \frac{U_{ЗАР} - U_{VD12}}{0,2} = \frac{15 - 2,4}{0,2} = 63 \text{ Ом}, \quad (2.18)$$

где  $U_{ЗАР}$  – напряжение, необходимое для заряда АКБ, В;

$U_{VD12}$  – напряжение стабилитрона VD12, В.

Выбрали диод VD13 выбрали типа 1N5400.

При работе ИПП от сети будет светиться зеленый светодиод VD11 типа 204G4.

Рассчитаем резистор R5:

$$R_5 = \frac{U_{ЗАР} - U_{VD11}}{I_{VD11}} = \frac{15 - 1,2}{0,01} = 1380 \text{ Ом}, \quad (2.19)$$

где  $U_{ЗАР}$  – напряжение при заряде зарядки АКБ, В;

$U_{VD11}$  – падение на светодиоде VD11, В.

$I_{VD11}$  – ток VD11, А.

Выбрали R5 – KNP-200-2-1,5.

Остальные элементы выберем в соответствии с примером. Схему организации обратной связи и подключения аккумуляторной батареи приведем на рисунке 17.

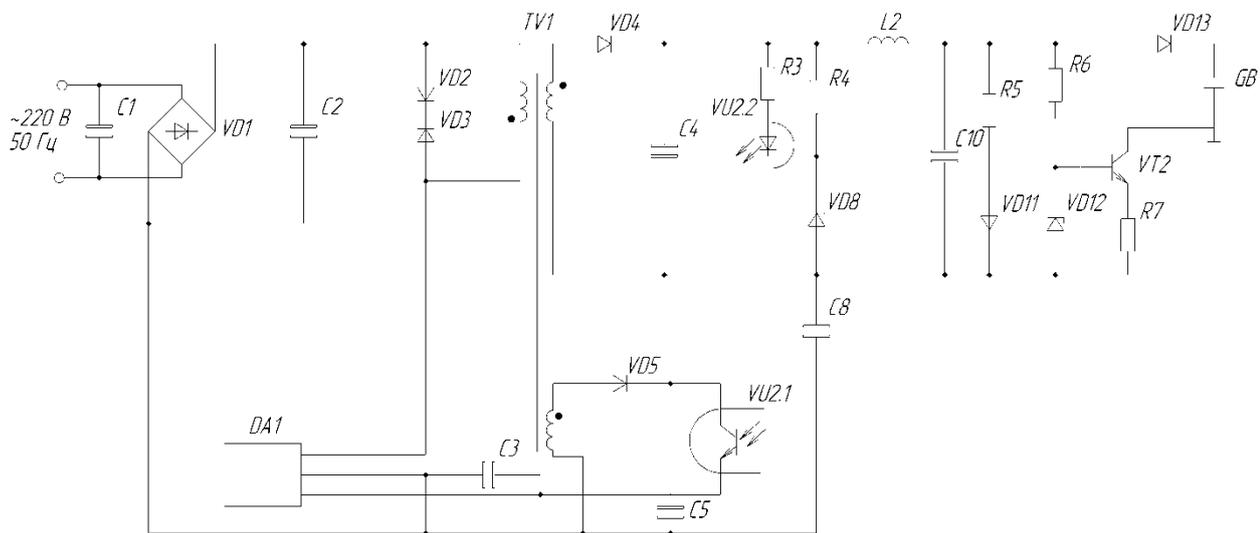


Рисунок 17 – Схема организации обратной связи и подключения аккумуляторной батареи.

Полная электрическая принципиальная схема, разработанная в данном разделе, изображена на рисунке 18.

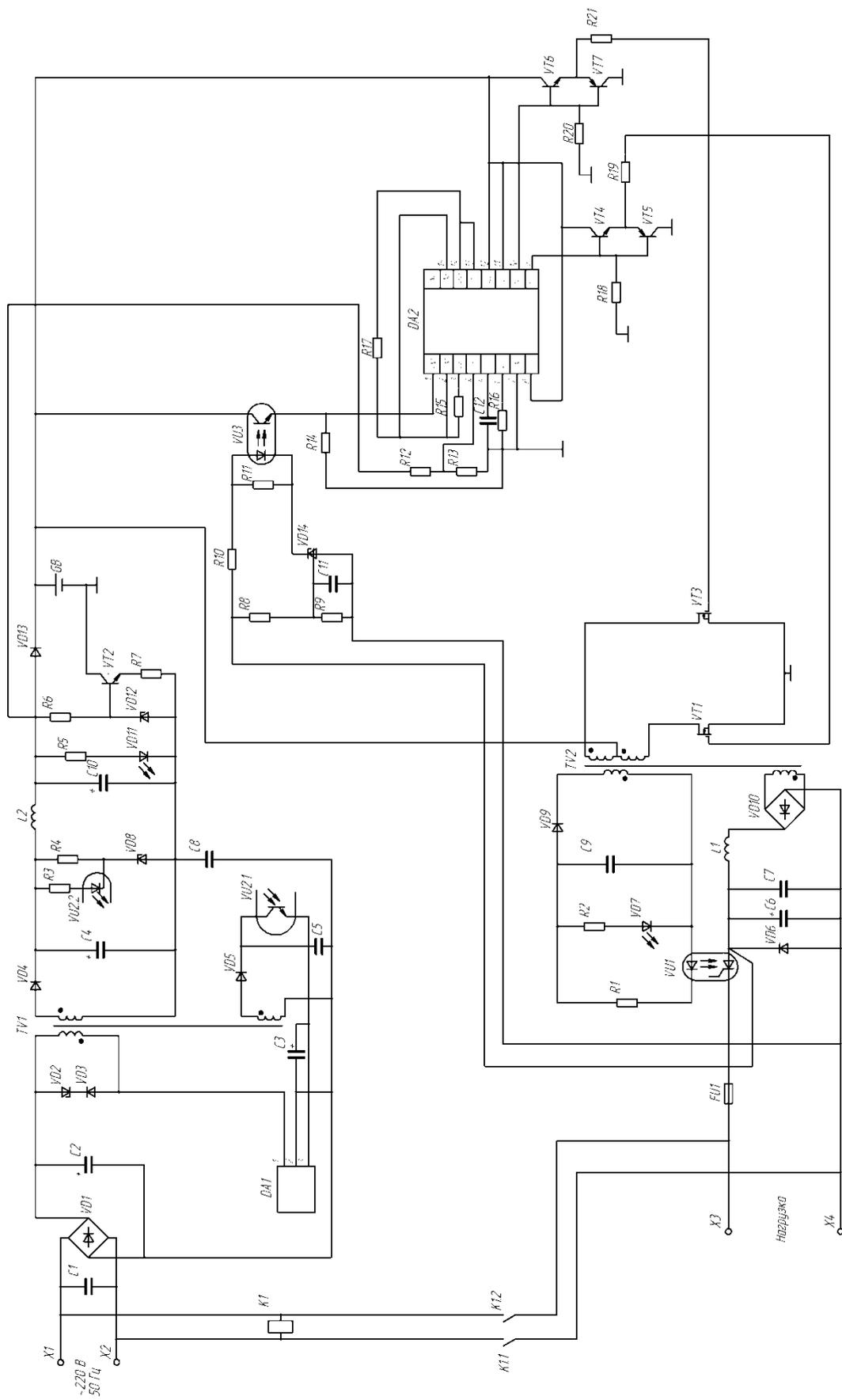


Рисунок 18 – Электрическая принципиальная схема ИРТ.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была произведена разработка источника резервного питания. В данном источнике отсутствуют излишние преобразования энергии, что позволило сделать его более простым и надежным. В работе произведена разработка источника резервного питания, выходное напряжение которого является постоянным. Такой источник предназначен для работы с компьютерными блоками питания и иной техникой, на входе блока питания которой стоит выпрямитель. За счет исключения узла инвертора в источнике резервного питания предполагается достигнуть его упрощения и удешевления. Следует отметить, компьютерные блоки питания не требуют у себя на входе высокой стабильности входного напряжения. В их состав уже входят цепи обратной связи, предназначенные для стабилизации выходного напряжения.

Когда в сети присутствует напряжение - нагрузка подключена непосредственно к сети и питается переменным напряжением. При пропадании сетевого напряжения начинает работать повышающий преобразователь, запитывающий нагрузку постоянным напряжением.

Такой режим работы подходит для компьютерных блоков питания и иных устройств на входе которых стоит выпрямитель.

Система управления построена на микросхеме tl494 и стандартных решениях.

В ВКР произведена разработка схемы, выбраны элементы. Экспериментальных исследований не производилось.

Областью применения разработанного устройства является бытовое и промышленное использование персональных компьютеров и иных устройств, способных питаться от постоянного напряжения.

## Список используемой литературы

1. Агрегат (источник) бесперебойного питания, АБП (Uninterruptible Power Supply, UPS) // Силовая электроника: краткий энциклопедический словарь терминов и определений — М.:Издательский дом МЭИ, 2008.
2. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Отечественные полупроводниковые приборы. Справочное пособие., М.: СОЛОН., 1999 г. – 275с.,ил.
3. Б.В. Тарабрин, С.В. Якубовский, Н.А. Барканов и др.: справочник по интегральным микросхемам. – М.: Энергия, 1980. – 816 с., ил.
4. Воронин, П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение/ П.А. Воронин. - М.:Издательский дом “Додека-XXI”, 2001. – 384 с.
5. Документация на элементы [Электронный ресурс] <https://rudatasheet.ru/datasheets/tl494-%D0%BD%D0%B0-%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BC/> (дата обращения: 17.05.2022)
6. Зиновьев, Г.С. Основы силовой электроники: учеб.пособ./ Зиновьев, Г.С. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. - 664с.
7. Источник бесперебойного электропитания // [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA\\_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F)
8. Каталог электронных компонентов Платан. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.platan.ru> (дата обращения: 01.05.2021)
9. Каталог электронных компонентов Чип-дип. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chip-dip.ru> (дата обращения: 01.05.2017)

10. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts\\_VInrE3Q/BKP\\_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.02.2022)

11. Микросхемы и их применение: Справочное пособие / В.А. Батушев, В.И. Вениаминов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984 – 272с.,ил.

12. Миловзоров О. В. Электроника : учеб. для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. - Изд. 4-е, стер. ; Гриф МО. - М. : Высш. шк., 2008. - 288 с.

13. Мощные полупроводниковые приборы: Диоды: Справочник / Б.А. Бородин, Б.В. Кондратьев, В.М. Ломакин и др.; Под ред. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1985. – 400 с.

14. Намитоков К.К. и др. Аппараты для защиты полупроводниковых устройств/ К.К. Намитоков, Н.А. Ильина, И.Г. Шкловский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.

15. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts\\_VInrE3Q/BKP\\_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.02.2022)

16. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts\\_VInrE3Q/BKP\\_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.02.2022)

17. Расчет ширины дорожки печатной платы в зависимости от силы тока: [Электронный ресурс]. RadioProg. 2017. URL: <http://radioprogram.ru/post/257>. (Дата обращения: 30.05.2022).

18. Резисторы: справочник / Ю. Н. Андреев, А. И. Антонян, Д. М. Иванов и др.; Под ред. И. И. Четверткова. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 352 с.
19. Семёнов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416с. ил.
20. Силовые полупроводниковые приборы. Пер. с англ. Под ред. В.В. Токарева. Первое издание. – Воронеж: «Элист», 1995 г. – 664 с.
21. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база/ Масленников М.Ю., Соболев Е.А., Соколов Г.В. и др.; Под ред. Масленникова М.Ю. М.: Радио и связь, 1996.
22. Статья Д. Макашова «Обратноходовый преобразователь» [Электронный ресурс]. URL: <http://bludger.narod.ru> (дата обращения: 01.05.2017)
23. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. – М.: Мир, 1982. – 512 с., ил.
24. Транзисторы малой мощности: Справочник/Под ред. А. В. Голомедова.- М.: Радио и связь, 1989.
25. Трансформаторы и преобразователи «Электроагрегат». Каталог. – Санкт Петербург.: Электроагрегат, 2003 г. - 38 с., ил.
26. Шило В.Л. Популярные микросхемы КМОП. Справочник. – М.: Изд-во «Ягуар», 1993. – 64 с.
27. Электрические конденсаторы и конденсаторные установки: Справочник /В.П. Берзан, Б.Ю. Геликман, М.Н. Гураевский и др.: Под ред. Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 656 с., ил.
28. Электроника и наноэлектроника, управление в технических системах, электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы / сост. Позднов М.В., Прядилов А.В. - Тольятти: ТГУ, 2019. - 41 с.

29. Ямпурин Н. П. Электроника/ учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова, В. И. Обухов. - М. : Академия, 2011. -215 с.,ил.
30. ATS 1000 T-G. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atsconvers.ru/catalog/product/9/> (дата обращения: 07.03.2022)
31. Buck converter [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Buck\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Buck_converter) (дата обращения: 07.03.2022)
32. DC-DC Converter Technologies for Electric/Hybrid Electric Vehicles [Электронный ресурс]. URL: <http://www.powerguru.org/dc-dc-converter-technologies-for-electrichybrid-electric-vehicles/> (дата обращения: 07.05.2022)
33. Diodes Incorporated [Электронный ресурс]. URL: <https://www.diodes.com> (дата обращения: 27.05.2022)
34. Electronic Components Datasheets [Электронный ресурс] URL: <http://www.datasheets.ru> (дата обращения: 17.02.2022)
35. LM2596 SIMPLE SWITCHER ® Power Converter 150-kHz [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf> (дата обращения: 07.03.2022)
36. Resistor [Электронный ресурс]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Resistor> (дата обращения: 17.05.2022)