

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

К защите  
Заведующий кафедрой

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012г.

**Выпускная  
квалификационная работа бакалавра**

на тему **Импульсный преобразователь напряжения с  
микроконтроллерным управлением**

Выпускник \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Алимов М.М.**  
(Фамилия)

Консультант \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Алиев У. Т.**  
(Фамилия)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Фамилия)

Консультант по БЖД \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Кадиров Ф.М.**  
(фамилия)

Ташкент 2012

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Факультет \_\_\_\_\_ РРТ \_\_\_\_\_ кафедра \_\_\_\_\_ ТВ и РВ \_\_\_\_\_

Направление \_\_\_\_\_ РРТ \_\_\_ - \_\_ **5311200** \_\_

**У Т В Е Р Ж Д А Ю**

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

<< \_\_\_\_\_ >> \_\_\_\_\_ 2012 г.

**З А Д А Н И Е**

на выпускную квалификационную работу студента

**Алимова Мирзохида Мирзарахматовича**

(фамилия, имя, отчество)

на тему **Импульсный преобразователь напряжения с микроконтроллерным управлением**

1. Тема утверждена приказом по университету от \_\_\_\_\_ г. № \_\_\_\_\_.

2. Срок сдачи законченной работы 25.05.12 г.

3. Исходные данные к работе: **МК ATtiny13;  $U_{вх.ниж} = 150...218 В$ ;**

**$U_{вх.верх} = 1...255 В$ .**

4. Содержание расчётно-пояснительной записки (перечень подлежащих к разработке вопросов) **Введение. 1. Устройства управления преобразователями напряжения. 2. Разработка устройств в микроконтроллерах. 3. Обоснование структурной схемы устройства. 4. Разработка и расчет принципиальной схемы устройства. 5. Безопасность жизнедеятельности. Заключение.**

5. Перечень графического материала **Демонстрационные слайды.**

6. Дата выдача задания 25.12.11 г.

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Задание принял \_\_\_\_\_

(подпись)

7. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

Наименование раздела	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание получил
Главы 1 -5	Алиев У.Т.	25.12.11 г.	25.12.11 г.
Глава 6	Кадиров Ф.М.	30.01.12 г.	30.01.12 г.

8. График выполнения работы

№	Наименование раздела	Срок выполнения	Подпись руководителя (консультанта)
1.	Введение	30.01.12 г.	
2.	Устройства управления преобразователями напряжения	15.02.12 г.	
3.	Разработка устройств в микроконтроллерах.	30.02.12 г.	
4.	Обоснование структурной схемы регулятора мощности	30.03.12 г.	
5.	Разработка и расчет принципиальной схемы регулятора мощности	15.04.12 г.	
6.	Безопасность жизнедеятельности	15.05.12 г.	
7.	Заключение	25.05.12 г.	

Выпускник \_\_\_\_\_ <<\_25\_>> \_05\_ 2012 г.

Подпись

Руководитель \_\_\_\_\_ <<\_25\_>> \_05\_ 2012 г.

Подпись

## **АННОТАЦИЯ**

Ушбу битирув малакавий ишида микроконтроллерли бошқаришли импульсли кучланиш ўзгартиргичи ишлаб чиқилган ишлаб чиқилган.

Кучланиш ўзгартиргичларининг бошқариш қурилмалари, импульсли кучланиш ўзгартиргичлари ва микроконтроллерларда қурилмаларни ишлаб чиқиш масалалари кўриб чиқилган. Импульсли кучланиш ўзгартиргичининг тузилиш ва принципил схемалари ишлаб чиқилган, элементлар базаси танланган ва асосий қисмларини ҳисоблаш ўтказилган.

Ишончлилик ҳисоби амалга оширилган, шунингдек ҳаёт фаолияти хавфсизлиги масалалари кўриб чиқилган.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной выпускной квалификационной работе разработан импульсный преобразователь напряжения с микроконтроллерным управлением.

Рассмотрены устройства управления преобразователями напряжения, импульсные преобразователи напряжения и разработка устройств на микроконтроллерах. Разработаны структурная и принципиальная схема устройства, выбрана элементная база и произведен расчет основных узлов.

Произведен расчет надежности, а также рассмотрены вопросы безопасность жизнедеятельности.

## **SUMMARY**

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **1. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ**

#### **2. ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ**

##### **2.1. Однотактный преобразователь с самовозбуждением**

##### **2.2. Двухтактные преобразователи с независимым возбуждением**

### **3. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ**

#### **3. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

### **4. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

#### **4.1. Микроконтроллер ATtiny13**

#### **4.2. Блок индикации**

#### **4.3. Расчет транзисторного ключа**

### **5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

#### **5.1. Действие электрического тока на организм человека**

#### **5.2. Оказание первой помощи пострадавшим**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## **ЛИТЕРАТУРА**

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Республике Узбекистан проводится комплекс мероприятий Антикризисной программы. Теоретической базой программы является книга Президента Республики Узбекистан "Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана", где в республике предусмотрены проведение модернизации, технического и технологического перевооружения предприятий, широкое внедрение современных гибких технологий. Ставится задача ускорения реализации принятых отраслевых программ модернизации, технического и технологического перевооружения производства [1].

В процессы модернизации и технического перевооружения входят и разработка радиоэлектронных устройств, телекоммуникационных и радиотехнических систем, которые позволяли бы расширить их функциональные и сервисные возможности, уменьшить массогабаритные показатели, увеличить надежность их работы.

Задачей данной выпускной квалификационной работы является разработка импульсного преобразователя напряжения с микроконтроллерным управлением, которое позволило бы сэкономить электроэнергию в условиях мирового финансово-экономического кризиса.

Среди цифровых интегральных микросхем микроконтроллеры сегодня занимают примерно такое же место, как операционные усилители среди аналоговых. Это-универсальные приборы, их применение в радиоэлектронных устройствах самого различного назначения постоянно расширяется. Разработкой и производством микроконтроллеров занимаются почти все крупные и многие средние фирмы, специализирующиеся в области полупроводниковой электроники.

Современные микроконтроллеры (их раньше называли однокристальными микро-ЭВМ) объединяют в своем корпусе мощное процессорное ядро, запоминающие устройства для хранения выполняемые

программы и данных, устройства приема входных и формирования выходных сигналов, многочисленные вспомогательные узлы. Общая тенденция современного «микроконтроллеростроения» - уменьшение числа внешних элементов, необходимых для нормальной работы. На кристалле микросхемы размещают не только компараторы, аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи, но и всевозможные нагрузочные и «подтягивающие» резисторы, цепи сброса.

Использование микроконтроллеров в радиоэлектронных аппаратах позволяет заметно упростить конструкции радиоэлектронных аппаратур, улучшить их качественные характеристики, обеспечить высокое подавления помех, повысить надежность, уменьшить габариты и массы. Кроме того, микроконтроллеры обеспечивают эффективную защиту от перегрузок и коротких замыканий в цепи нагрузки.

## 1. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ НАПРЯЖЕНИЯ

На рис. 1.1 показана схема устройства управления, выполненная на логических микросхемах серии 530. Устройство содержит генератор тактовых импульсов (ГТИ), вырабатывающие короткие импульсы с частотой  $T/2 = 30$  мкс. Выход генератора подключен ко входу счетного триггера DD1 (микросхема типа 530TM2), вырабатывающего импульсы управления, сдвинутые один относительно другого на 180 градусов. Парафазные выходы триггера подключены к первым входам двух селекторов импульсов на логических компонентах 4И-НЕ типа 530ЛА1. Вторые входы селекторов подключены ко входам двух ждущих мультивибраторов (ЖМ). Последние служат для защиты источника вторичного электропитания (ИВЭ) от неисправностей в триггере и пропадания синхроимпульсов ГТИ. Ждущие мультивибраторы запускаются через такт спадом импульса счетного триггера DD1 противоположного плеча и вырабатывают импульс положительной полярности длительностью несколько больше  $T/2$ . При остановке триггера или пропадании синхроимпульсов ГТИ ждущий мультивибратор не запускается и на их выходах формируется сигнал лог. 0, при этом на обоих выходах селекторов DD2.1 и DD2.2 формируются сигналы лог. 1, а на выходах предварительных усилителей импульсов DA1.1 и DA1.2 формируются сигналы лог. 0, которые закрывают транзисторы ключевого компонента. Третьи входы селекторов объединены и соединены со входом «ВКЛ» инвертора.

При подаче на вход сигнала лог. 1 разрешается прохождение импульсов через селекторы, а при подаче сигнала лог. 0 запрещается прохождение импульсов, что приводит к отключению ИВЭ. Четвертые входы селекторов объединены и соединены со входом защиты «ВЗ», который соединяется с выходом узла защиты. Схема узла защиты приведена на рис. 2.2. Исполнительный компонент узла защиты (RS-триггер) выполнен на

логических схемах 2И-2ИЛИ-НЕ (DD2.1, DD2.2) типа 530ЛР2. На вход R триггера подается сигнал с датчика, установленного в цепи эмиттеров силовых транзисторов.

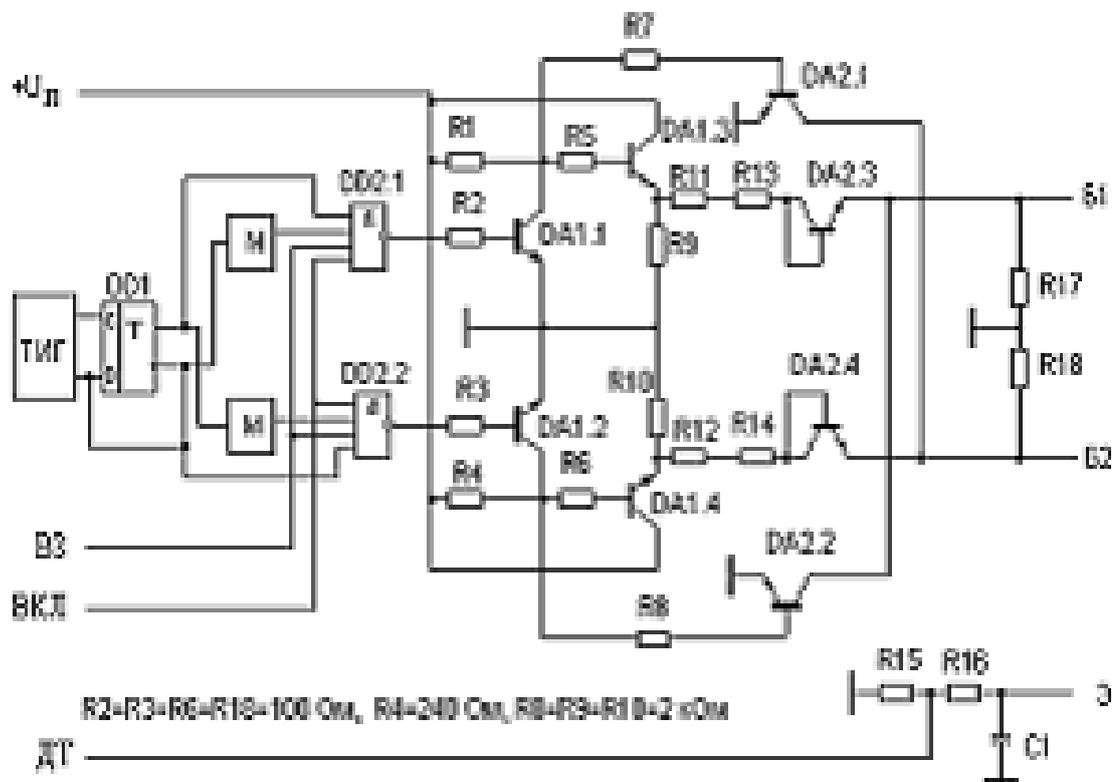


Рис. 1.1. Схема устройства управления, выполненная на логических микросхемах серии 530

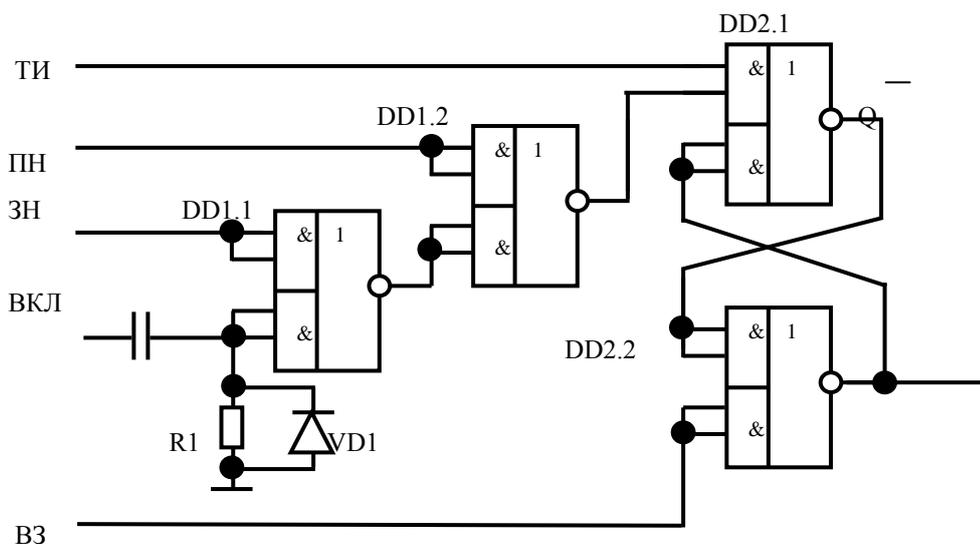


Рис. 1.2. Схема узла защиты

Формирователь импульса аварии выполнен на логических компонентах DD1.1 и DD1.2 типа 530ЛР2. На вход «ПН» подается импульс лог. 1, характеризующий превышение напряжения на выходе ИВЭ выше заданного уровня. Импульс лог. 0, подаваемого на вход «ПН», означает, что напряжение на выходе не превышает заданного уровня. Подаваемый на вход «ЗН» импульс лог. 1, означает, что напряжение на выходе ИВЭ не уменьшилось ниже заданного уровня. Подаваемый на вход «ЗН» импульс лог. 0 указывает, что напряжение на выходе ниже заданного уровня. На вход «ВКЛ» сигнал начальной установки уровнем напряжение +5 В. Резистор R1 и конденсатор C1 выбираются такими, чтобы длительность импульса начальной установки была несколько больше времени выхода ИВЭ на режим. Перед включением ИВЭ на всех входах узла защиты и на выходе «ВЗ» присутствуют импульс лог. 0, что не дает возможности включения ИВЭ.

При подаче на вход ВКЛ напряжение +5 В на выходе DD1.1 формируется импульс лог. 0, а на выходе DD1.2 импульс лог. 1. Это позволяет синхроимпульсу, подаваемому на вход «ТИ», установить на выходе Q RS-триггера сигнал лог. 1. Последний разрешает прохождение импульсов управления на выходе ключевых компонентов инвертора. Если на выходе ИВЭ устанавливается напряжение в пределах заданной нормы, то на входе «ПН» останется сигнал лог. 0, а на входе «ЗН» сигнал лог. 1, который подтвердит сигнал включения. На выходе S триггера останется сигнал лог. 1. При перегрузке, или коротком замыкании на выходе ИВЭ, на входе ДТ формируется сигнал лог. 1, а на выходе Q сигнал лог.0, что приводит к закрытию транзисторов инвертора. Тактовым импульсом «ТИ» на выходе вновь формируется сигнал лог. 1, что приводит к включению ИВЭ.

Как указывалось ранее, стабилизация и регулирование выходного напряжения ИВЭ осуществляется за счет изменения тока базы силовых транзисторов инвертора путем изменения входного напряжения  $U_{oc}$  предварительного усилителя на транзисторах DD1.1 и DD1.2 (рис. 2.1) и

эмиттерного повторителя на транзисторах DA1.3 и DA1.4. Резисторы R11, R12, R14 и диоды DA2.3 и DA2.4. служат для ограничения тока базы силовых транзисторов инвертора, подключенных к выходу эмиттерных повторителей. Транзисторы DA2.1 и DA2.2 служат для форсированного запираания силовых транзисторов инвертора. При подаче на базу транзистора запирающего напряжения (например, б1) импульсом с другого плеча предварительного усилителя (DA1.2) открывается транзистор DA2.2, который подключает напряжение конденсатора C1 обратной полярности к переходу база-эмиттер силового транзистора (б1), форсируя переход последнего в закрытое состояние. Датчик тока (R15) установлен в цепи эмиттеров силовых транзисторов. Резистор R16 служит для выравнивания режимов работы силовых транзисторов. Напряжение на этом резисторе выбирается равным примерно 0,7 В.

Устройство управления должно обеспечивать регулирование тока коллектора силовых транзисторов в пределах  $I_{К.мин} \dots I_{К.макс}$ .

## **2. ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ**

Для питания радиоэлектронной аппаратуры требуются различные значения постоянных и переменных напряжений. Если есть источник электрического питания, вырабатывающий энергию постоянного тока одного напряжения (аккумуляторная батарея, выпрямитель и т.д.), то для питания аппаратуры связи разными номиналами напряжения применяются специальные устройства, преобразующие напряжение постоянного тока одной величины в напряжение переменного и постоянного тока другой величины. Эти устройства называются преобразователями постоянного напряжения (ППН) [4,7]. Они преобразуют энергию постоянного тока в энергию переменного тока, который можно опять выпрямлять. Преобразователи, преобразующие энергию постоянного тока в энергию переменного тока, называются инверторами. Если на выходе инвертора поставить выпрямитель, то получим, преобразователь с выходом на постоянном токе, он называется конвертором.

В настоящее время в основном используются полупроводниковые преобразователи, которые делаются на транзисторах или на тиристорах. Их основной частью являются инверторы. Они бывают одноктактные и двухтактные, с самовозбуждением или с независимым возбуждением (с усилением мощности). Существуют инверторы тока и напряжения.

Тиристорные инверторы классифицируются по принципу коммутации тиристоров: автономные или ведомые сетью, по включению коммутируемой емкости относительно нагрузки - параллельные, последовательные и последовательно-параллельные.

Транзисторные инверторы классифицируются: по способу включения транзисторов - с общим эмиттером или с общим коллектором, по типу

обратной связи - с ОС по напряжению, с ОС по току, с ОС по напряжению и току.

Одной из составных частей инвертора является трансформатор, который создает переменное напряжение и преобразует его величину. Так как на вход трансформатора подается постоянное напряжение, то для его нормального функционирования в его первичной цепи нужно устройство, периодически размыкающее и замыкающее цепь постоянного тока - ключ, прерыватель тока. Прерывание тока или изменение направления этого тока вызывает появление в магнитопроводе трансформатора изменяющегося во времени магнитного потока  $\Phi(t)$ , который по закону электромагнитной индукции индуцирует в обмотках трансформатора ЭДС, величина которой пропорциональна скорости изменения магнитного потока и числу витков обмоток.

## 2.1. Однотактный преобразователь с самовозбуждением

Структурная схема однотактного преобразователя приведена на рис.

2.1.

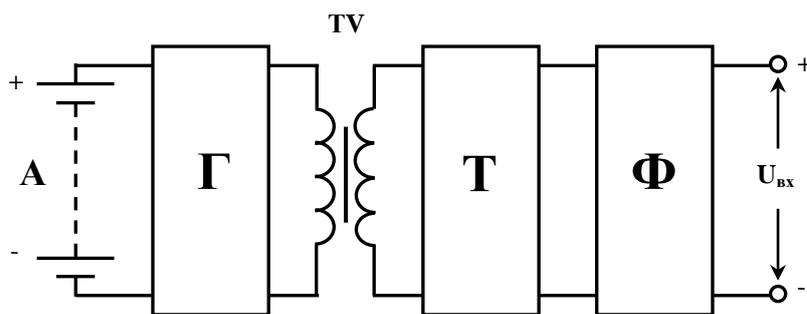


Рис. 2.1. Структурная схема однотактного преобразователя с самовозбуждением

Источником постоянного тока служит аккумуляторная батарея А, имеющая небольшое напряжение  $U_{вх}$ , которое подается на вход

трансформатора  $Tr$  предназначенного для формирования переменного напряжения и преобразования его значения. Поскольку напряжение аккумулятора постоянно, то для нормального функционирования трансформатора в его первичной обмотке необходимо включить прерыватель тока, периодически с частотой  $350 \dots 400$  Гц замыкающий и размыкающий

Прерывателем является ключ  $K$ , который периодически замыкается и размыкается, соответственно в сердечнике трансформатора магнитный поток то увеличивается, то уменьшается, создавая на вторичной обмотке переменную ЭДС. В качестве ключа  $K$  можно использовать любые электронные и электромагнитные устройства. Такие преобразователи на современном этапе позволяют получить на выходе переменное напряжение частотой  $30 \div 50$  Гц. Поэтому они используются редко.

Принципиальная схема однотактного преобразователя напряжения приведена на рис. 2.2. Он состоит из источника постоянного напряжения  $U_{вх}$  прерывателя, состоит из источника постоянного по схеме автогенератора на транзисторе  $VT$ , работающего в ключевом режиме, импульсного трансформатора  $TV1$ , магнитопровод которого выполнен из материала с прямоугольной петлей гистерезиса, однополупериодного выпрямителя на диоде  $VD$  и нагрузки  $R_H$ .

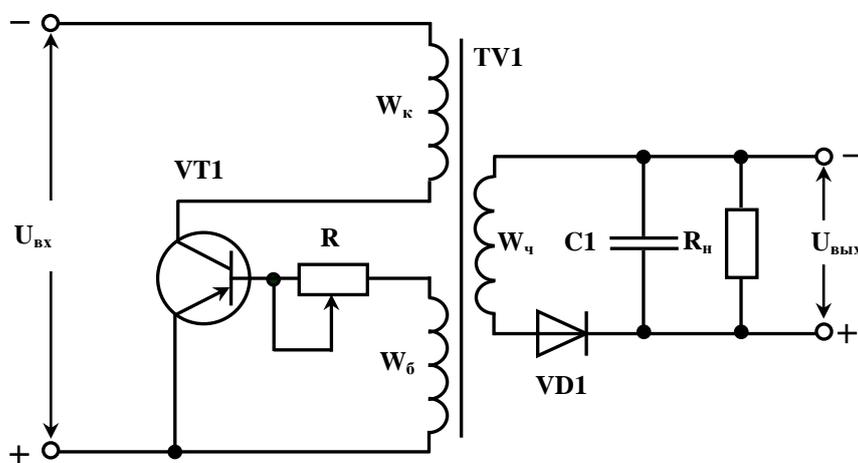


Рис. 2.2. Схема однотактного преобразователя напряжения

Принцип действия преобразователя основан на прерывании постоянного тока в первичной обмотке импульсного трансформатора с помощью транзистора, работающего в ключевом режиме. При включении постоянного напряжения  $U_{вх}$  в коллекторной цепи и первичной обмотке трансформатора  $W_k$  начинает протекать ток. С момента включения ток будет нарастать не мгновенно, а по определенному закону. Поэтому он будет создавать нарастающий магнитный поток в магнитопроводе импульсного трансформатора. Этот изменяющийся магнитный поток наводит в обмотке обратной связи  $W_6$  ЭДС самоиндукции. Концы обмотки обратной связи  $W_6$  подключены к участку база—эмиттер так, что при нарастающем токе в коллекторной цепи на базу поступает отпирающий потенциал. Транзистор все больше отпирается, создавая возможность еще большего нарастания коллекторного тока, т. е. в схеме осуществляется положительная обратная связь. Процесс нарастания токов происходит очень быстро, лавинообразно до тех пор, пока магнитный поток не достигнет насыщения. При этом изменение токов  $i_k$  и  $i_6$  прекратится. А при неизменном (постоянном) токе ЭДС в обмотках трансформатора не наводится. Отпирающее напряжение на базу транзистора не поступает, и он запирается.

Убывающий ток коллектора при запираании транзистора наводит противоЭДС, и на базу подается напряжение, еще больше запирающее транзистор. Ток в первичной обмотке трансформатора прерывается. Таким образом, транзистор, импульсный трансформатор и источник питания образуют релаксационный генератор с положительной трансформаторной обратной связью по напряжению. Он осуществляет прерывание постоянного тока. На вторичной обмотке трансформатора получаем импульсы той же формы, частоты и полярности, но увеличенные по амплитуде. Эти импульсы подаются на выпрямитель на диоде  $VD$ . После выпрямителя на нагрузке  $R_n$  выделяется постоянное напряжение заданной величины.

Однотактные преобразователи применяются при высоком значении выпрямленного напряжения и малых токах, например для питания высоковольтного анода электронно-лучевых трубок.

Достоинства однотактных инверторов: простота и высокая надежность.

Недостаток однотактной схемы автогенератора: постоянное подмагничивание магнитопровода в результате того, что ток, по коллекторной обмотке протекает только в одном направлении.

## 2.2. Двухтактные преобразователи с независимым возбуждением.

На большие мощности используются инверторы с независимым возбуждением (с усилением мощности), схема которого приведена на рис. 2.3 [4]. В наиболее простой схеме двухтактного инвертора две первичные полуобмотки силового трансформатора TV1 соединены с коллекторами силовых транзисторов VT1 и VT2, а первичный источник питания  $E_{\text{п}}$  включен между эмиттерами транзисторов и средней точкой первичных полуобмоток трансформатора TV1.

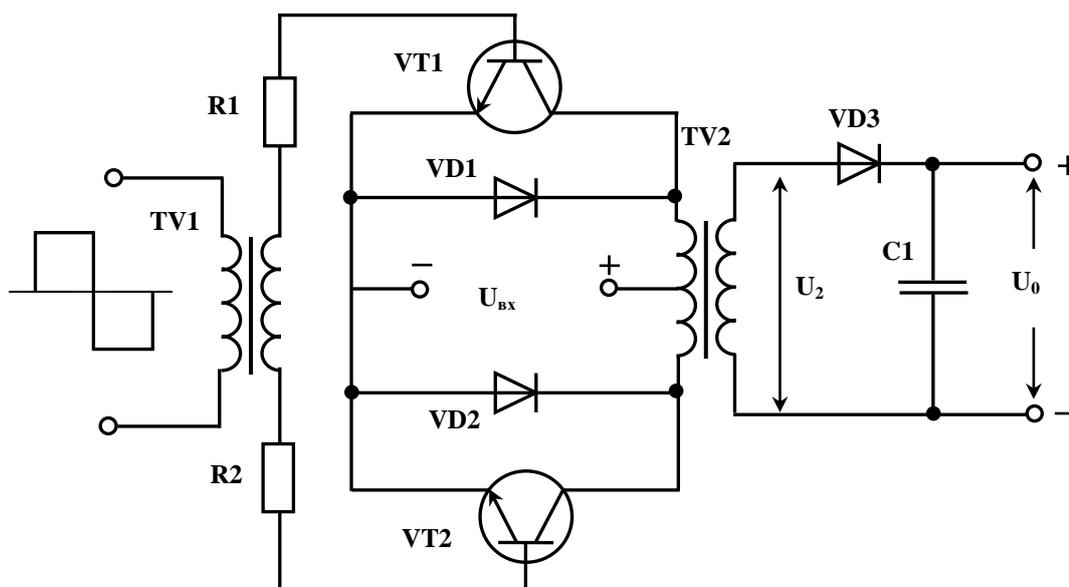


Рис. 2.3. Схема преобразователя напряжения с независимым возбуждением (с усилением мощности)

Силовые транзисторы поочередно насыщаются, для чего со вторичных обмоток возбуждающего трансформатора TV1 на их базы подаются импульсы соответствующей длительности (рис. 2.4,а-в). Длительность импульсов выходного напряжения, снимаемого со вторичной обмотки TV1 больше длительности отпирающих импульсов на время рассасывания заряда неосновных носителей в базах силовых транзисторов  $t_p$  (рис. 2.4, г).

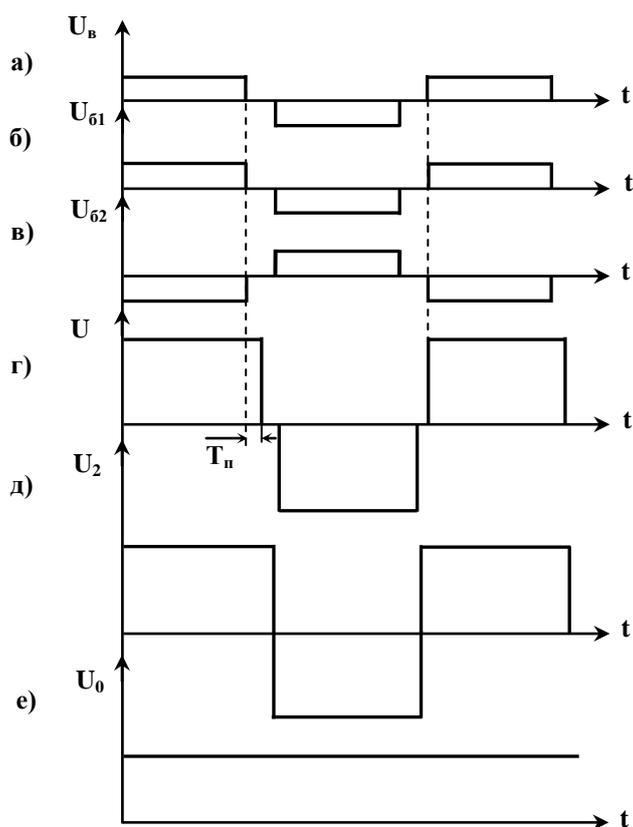


Рис. 2.4. Временные диаграммы преобразователя напряжения с независимым возбуждением

Если рассматриваемое устройство входит в инвертор, то к выходной обмотке TV1 подсоединяется нагрузка. Если оно является составной частью преобразователя напряжения, то к выходной обмотке подключается выпрямитель. Так как в электрическом выпрямителе цепи постоянного и переменного тока связаны между собой с помощью вентиля и цепью переменного тока является инвертор, то характер реактивности фильтра

выпрямителя сказывается на форме и значении токов коллекторов силовых транзисторов. Это обстоятельство обязывает рассматривать процессы в инверторе преобразователя совместно с процессами в выпрямителе этого преобразователя.

Если выбрать длительность отпирающих импульсов напряжения возбуждения равными  $T/2 - t_p$ , то на выходе получим переменное напряжение в форме меандра (рис. 2.4,д). Такое напряжение, будучи пропущено через безинерционный выпрямитель, преобразуется в постоянное напряжение без дополнительной фильтрации. Реально фронты переменного напряжения на выходной обмотке TV1 имеют конечную крутизну, поэтому на выходе выпрямителя необходимо включить фильтр, сглаживающий провалы выходного напряжения.

Если возбуждать силовые транзисторы напряжением прямоугольной формы без нулевых пауз (рис. 2.4,д), то на время рассасывания заряда неосновных носителей оба транзистора в схеме рис. 3.3 окажутся открытыми, что равносильно кратковременному короткому замыканию обмоток силового трансформатора. Для того чтобы предотвратить неприятные, последствия этих кратковременных замыканий, возникающих в конце каждого полупериода, в схеме инвертора необходимо предусмотреть ряд дополнительных элементов (диоды VD1 и VD2) .

### 3. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ

Среди цифровых интегральных микросхем микроконтроллеры (МК) сегодня занимают примерно такое же место, как операционные усилители среди аналоговых. Это – универсальные приборы, их применение в электронных устройствах самого различного назначения постоянно расширяется. Разработкой и производством МК занимаются почти все крупные и многие средние фирмы, специализирующиеся в области полупроводниковой электроники.

Современные МК (их раньше называли однокристалльными микро-ЭВМ) объединяют в своем корпусе мощное процессорное ядро, запоминающее устройства для хранения выполняемой программы и данных, устройства приема входных и формирования выходных сигналов, многочисленные вспомогательные узлы. Общая тенденция современного «микроконтроллеростроения» - уменьшение числа внешних элементов, необходимых для нормальной работы. На кристалле микросхемы размещают не только компараторы, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, но и всевозможные нагрузочные и «подтягивающие» резисторы, цепи сброса.

Выходные буферы МК рассчитывают на непосредственное подключение наиболее типичных нагрузок, например светодиодных индикаторов. Почти любой из выводов МК (за исключением, конечно, выводов общего провода и питания) разработчик может использовать по своему усмотрению в качестве входа или выхода. В результате довольно сложный по выполняемым функциям прибор нередко удается выполнить всего на одной микросхеме.

Постоянное удешевление МК и расширение их функциональных возможностей снизило порог сложности устройств, которые целесообразно строить на их основе. Сегодня имеет смысл конструировать на МК даже такие приборы, для реализации которых традиционными методами

потребовалось бы менее десятка логических микросхем средней и малой мощности интеграции. Пожалуй, главным препятствием на этом пути остается консерватизм разработчиков, многие из них которых до сих пор считают МК чем-то непостижимо сложным.

Между тем процессы разработки программы для МК и обычной принципиальной схемы цифрового устройства во многом схожи. В обоих случаях «задание» нужной формы строят из элементарных «кирпичей». Просто «кирпичи» разные: в первом случае - набор логических элементов, во втором - набор команд микроконтроллера.

Вместо взаимодействия между элементами с помощью обмена сигналами по проводам - пересылка данных из одной ячейки памяти в другую внутри МК. Процесс пересылки «выплескивается» на ружу, когда МК поддерживает связь с подключенными к нему датчиками, индикаторами, исполнительными устройствами и внешней памятью. Различаются и рабочие инструменты разработчика. На смену привычным: карандашу, бумаге, паяльнику и осциллографу приходят компьютер и программатор, хотя на последнем этапе отладки изделия без осциллографа и паяльника все же не обойтись.

Еще одна трудность – недостаточное количество полноценной технической документации и справочной литературы. Большинство публикаций такого рода изданиях и особенно Интернете, зачастую – не более чем подстрочные переводы английских оригиналов. Причем переводчики, иногда мало знакомые с предметом и терминологией, истолковывают «темные» места по своему, и они (места) оказываются довольно далекими от истины. Практически отсутствуют русскоязычные программные средства разработки и отладки программ МК.

Первое знакомство с МК для многих начинается с повторения одной из опубликованных в «Радио» или другом издании конструкций на их основе. И здесь сразу проявляется главное отличие МК от обычной микросхемы: он не способен делать что-либо полезное, пока в его внутреннее (иногда внешнее)

запоминающее устройство не занесена программа – набор кодов, задающий последовательность операций, которые предстоит выполнять. Процедуру записи кодов в память МК называют его программированием (не путать с предшествующим этому одноименным процессом разработки самой программы).

Необходимость программирования, на первый взгляд, может показаться недостатком. На самом же деле это главное достоинства, благодаря которому можно, изготовив, например, всего одну плату с МК и несколькими соединенными с ним светодиодными индикаторами и кнопками, по желанию, превращать ее в частотомер, счетчик импульсов, электронные часы, цифровой измеритель любой физической величины, пульт дистанционного управления и контроля и многое другое.

Возможность сохранять в секрете коды программы помогает производителями аппаратуры на МК в борьбе с конкурентами. Правда, излишняя секретность программ нередко создает радиолюбителям дополнительные трудности при ремонте или совершенствовании устройств на МК «чужой» разработки. Но это – другой вопрос.

Еще недавно, приступая к проектированию конструкции на МК, разработчик стоял перед проблемой: можно ли решить поставленную задачу, используя приборы одного – двух известных ему типов. Сегодня ситуация изменилась в корне. Из множества доступных МК следует выбрать тот, с помощью которого задача будет решена оптимальным образом. К сожалению, так поступают далеко не все. Возникла даже определенная «мода» на изделия тех или иных типов, образуются своеобразные группировки сторонников МК определенных семейств. Свой выбор они обосновывают, как, правило, на уровне «нравится – не нравится». Нередко отрицательное мнение о каком – либо приборе объясняется единственной неудачной попыткой его применения, зачастую без попытки анализа и устранения причин неудачи. Некоторые фирмы распространяют документы под названием «Правда о ...» с «объективным» сравнением своих приборов с

изделиями своих конкурентов, и, как правило, - в пользу первых. Особо доверять подобным публикациям не стоит, всегда найдется отчет о сравнении с обратными результатами и выводами.

Следует сказать, что, как и во многих других случаях, заведомо хороших или плохих МК нет, и не может быть. Каждый из них способен показать отличные результаты при решении задач определенного класса и с трудом справляется с другими. Отсюда и разнообразие типов. Как правило, выигрыш по одному параметру сопровождается ухудшением других. Самые простые примеры: МК, рассчитанный на многократное перепрограммирование, всегда дороже однократно программируемого аналога, а более скоростной прибор чувствительнее медленного к импульсным помехам и требовательнее к трассировке печатной платы. Конечно, существуют универсальные приборы, в достаточной мере пригодные для решения широкого класса задач. Тем не менее проектируя, скажем, устройство с жидкокристаллическим дисплеем, стоит подумать об использовании в нем МК с встроенным контроллером такого дисплея.

Однако если необходимо лишь повторить ту или иную конструкцию, особой возможности выбирать МК нет, нужно использовать указанный в описании или его полный аналог, например из числа изготавливаемых другими фирмами по лицензии. На вопрос, можно ли заменить МК одного типа другим, зачастую приходится давать отрицательный ответ, хотя теоретически такая возможность имеется: надо лишь переработать программу, а если число и назначение выводов заменяемого и заменяющего МК, различны, то и печатную плату.

Если речь идет о замене МК близким по структуре и принадлежащим к тому же семейству или о замене устаревшего изделия современным аналогом, адаптировать программу, как правило, удастся. Фирма Microchip даже включает в справочные данные своих МК рекомендации по такой адаптации. В общем случае полноценный перенос программы на другой МК требует наличия не только публикуемой обычно «прошивки» РПЗУ, а и

полного исходного текста, желательно с комментариями программиста. Листинг, полученный в результате дизассемблирования «прошивки», - далеко не полноценный эквивалент.

На рис. 3.1 приведена схема счетчика на основе микроконтроллера. В устройстве допустимо применение: микроконтроллера PIC16F84 с любыми: предельной частотой, типом корпуса и рабочим интервалом температур (об этих параметрах говорят цифровые и буквенные индексы после дефиса в обозначении микросхемы, например, - 10 I/P). А если совершенствование программы не предполагается, можно использовать и дешевый однократно программируемый аналог PIC16CR84.

Датчики перемещения предмета – транзисторные оптроны с открытым каналом АОТ147Б (U1, U2). Нагрузкой их фототранзисторов служат имеющиеся в МК внутренние резисторы. Допустимо использовать и оптопары, состоящие из отдельных свето- и фотодиодов (фототранзисторов). В подобном случае, возможно, придется подобрать резистор R1, задающий ток через светодиоды.

Оптические датчики при необходимости заменяют любыми другими: магнитными, контактными, индуктивными. Важно лишь, чтобы при их срабатывании на соответствующих входах МК изменялись логические уровни.

В устройстве применен четырехразрядный семиэлементный светодиодный индикатор CA56 - 11SR фирмы Kingbright. Его достоинство – большие цифры и достаточно яркое свечение при небольшом потребляемом токе. Возможно использование любых семиэлементных светодиодных индикаторов с общим анодом, например, четырех отечественных АЛС324Б. Набор резисторов DR1 можно заменить сопротивлением 300 Ом.

При включении питания во всех разрядах индикатора зажигаются нули. После каждого выполнения цикла «затенен U1» - «затенены U1 и U2» - «не затенен U2» показания увеличиваются на единицу. Счетчик реверсивный, поэтому при срабатывании датчиков в обратном порядке

показания на столько же уменьшаются. Максимальное число – 9999, после него следует ноль.

В следующих статьях цикла будет подробно рассказано о том, как создавались и отлаживались схема и программа счетчика, об их совершенствовании и введении дополнительных функций. Этими примерами будут проиллюстрированы основные возможности МК PIC16F84 и приемы работы с предоставляемыми фирмой Microchip бесплатными средствами программирования и отладки.

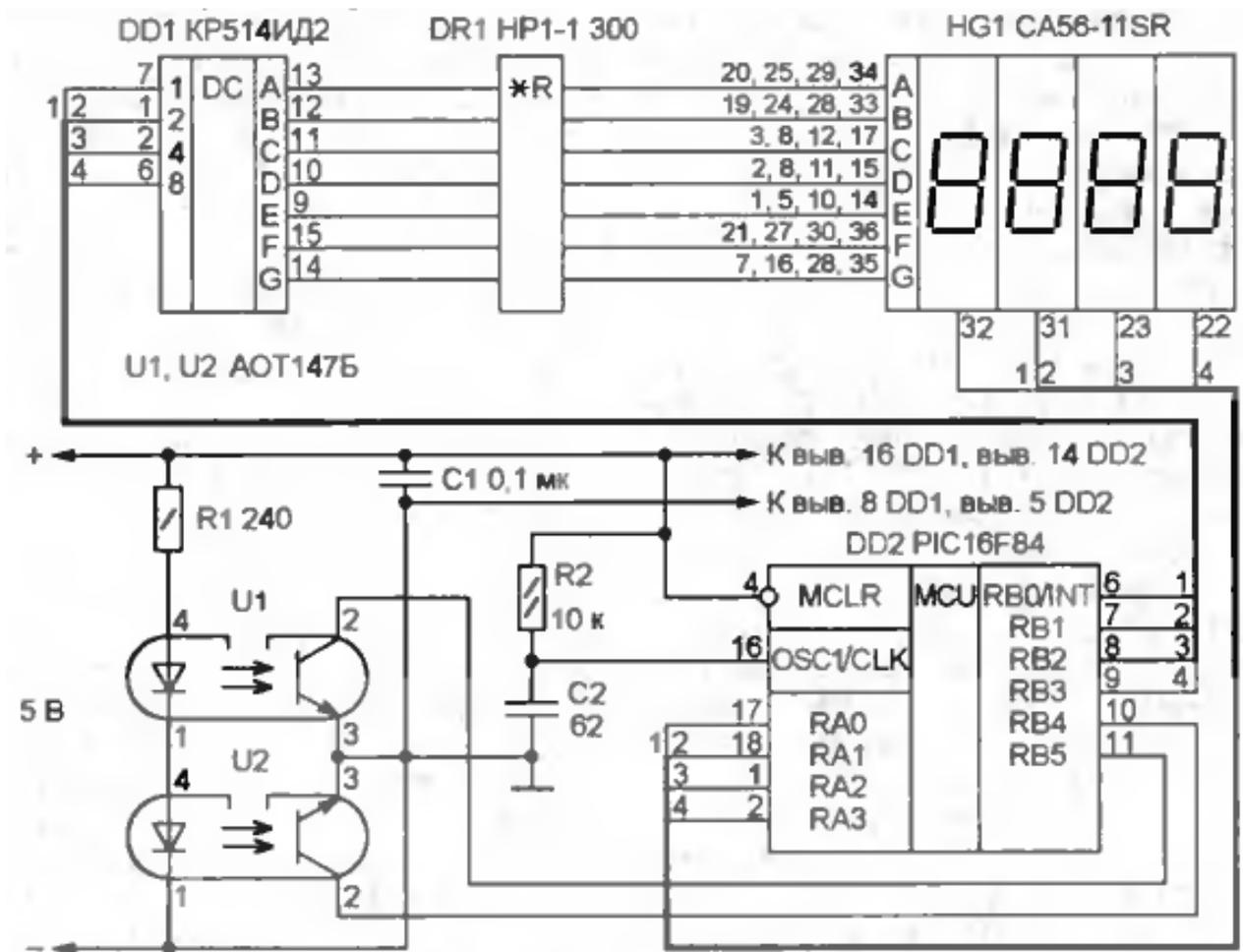


Рис. 2.1. Схема счетчика на основе микроконтроллера.

### **3. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

На рис.1 приведена структурная схема разработанного устройства. Устройство состоит из двух частей. Первая часть – микроконтроллерная система управления (МКСУ). Вторая часть – двухканальный преобразователь.

МКСУ состоит из следующих блоков и узлов:

- МК - микроконтроллер;
- ЗГ – задающий генератор;
- СВН – супервизор напряжения;
- СН1, СН2 – стабилизаторы напряжения на 5 В и 12 В соответственно.

Каждый канал двухканальный преобразователя (ДКП) состоит из следующих блоков и узлов:

- Д –драйвер;
- Кл – транзисторный ключ;
- ИТр – импульсный трансформатор;
- В – выпрямитель;
- Ф- фильтр;
- ОС – цепь обратной связи.

Устройство работает следующим образом. Управление устройством осуществляется в помощью микроконтроллера МК, который контролирует выходные напряжения, напряжения питания самого МК и температуры, управляет режимами работы преобразователя, хранит всю необходимую информацию в памяти, выдает сигналы ШИМ на оба канала преобразования, а также, при необходимости, организует последовательного двух- или трехпроводный интерфейса с внешней аппаратурой контроля, управления или автоматической проверки и настройки. Супервизор напряжения питания микроконтроллера СВН организывает режим питания самого микроконтроллера.

Задающий генератор ЗГ тактирует работу всей МКСУ. Стабилизаторы напряжения СН1 и СН2 обеспечивает стабильными напряжениями питания 5 В и 12 В блоки и узлы устройства.

Сигнал ШИМ с выхода МКСУ поступает на драйвер канала преобразования напряжения. Драйвер Д управляет работой транзисторного ключа Кл, который в свою очередь осуществляет коммутацию сигнала импульсного трансформатора ИТр. Напряжения с выхода ИТр поступает на выпрямитель В и далее на фильтр Ф. С выхода фильтра формируется стабильное выходное напряжение.

Также с выхода фильтра выходное напряжение по цепи обратной связи ОС подается на МКСУ для контроля и управления режимом работы преобразователя.

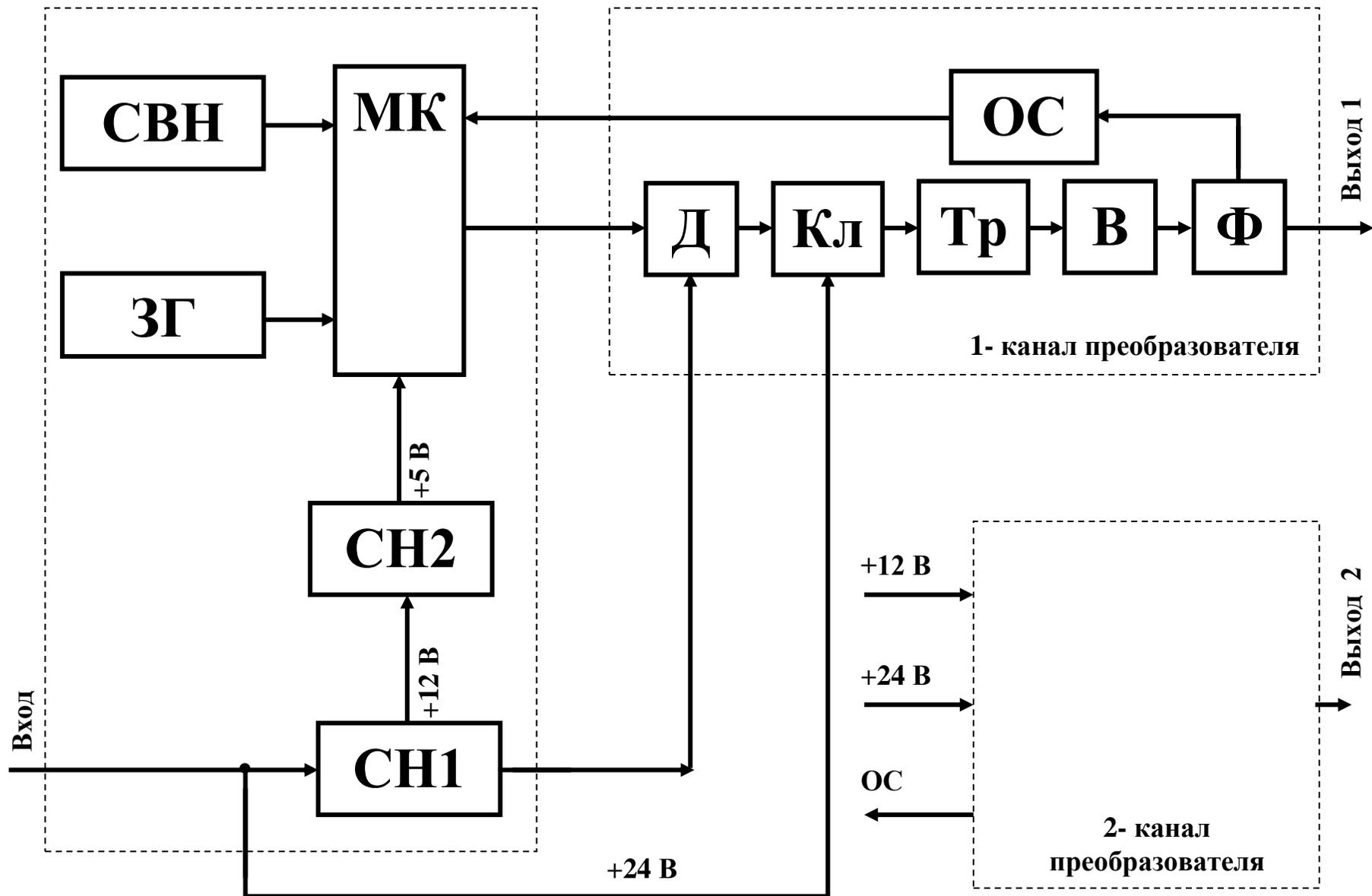


Рис. 3.1. Структурная схема преобразователя

## **4. РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ**

### **4.1. Принцип работы устройства**

В данном преобразователе применен микроконтроллер PIC16F876A-I/P [2]. Микроконтроллер имеет два независимых 10-битных широтно-импульсных модулятора (ШИМ), пятиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), содержит энергонезависимую память данных. У него также есть множество других выводов, которые можно использовать под всевозможные интерфейсы.

Преобразователь состоит из двух независимых каналов — источников питания, которые гальванически изолированы как от входного напряжения, так и друг от друга. Преобразование энергии осуществляется синхронно, что исключает биения частот.

Преобразователь имеет защиту по входу от переплюсовки, заниженного или завышенного напряжения, от превышения максимальной мощности канала, потребляемой нагрузкой, от короткого замыкания, а также по перегреву. Подстройка выходных напряжений в пределах  $\pm 1$  В осуществляется при помощи нажатия на кнопки. Результат подстройки заносится в энергонезависимую память микроконтроллера.

Для индикации режимов работы на фронтальную плоскость выведен светоизлучающий диод красного свечения. При подаче входного напряжения микроконтроллер осуществляет временную задержку 3 с, анализирует уровень входного напряжения, внутреннюю температуру и выполняет запуск преобразователя. При наличии короткого замыкания (КЗ) по одному из каналов микроконтроллер приостанавливает преобразование энергии на 15 с, после чего опять выполняет запуск преобразователя. При наличии КЗ такой

аварийный режим не приводит к перегреву силовых элементов устройства и может продолжаться до устранения причины короткого замыкания. Этот режим реализован программно и позволяет резко повысить надежность преобразователя. Еще одним важным преимуществом использования программируемого микроконтроллера является контроль температуры и температурная коррекция выходных напряжений, что повышает точность их поддержания в широком температурном диапазоне.

В преобразователе можно изменять выходное напряжение канала с 12 на 5 В. Такая гибкость позволяет получить довольно широкий спектр источников питания, например: два по 12 В, два по 5 В, один на 24 В, один на 9 В, один двуполярный по 12 В, два на 12 и 5 В и т. д. Преобразователь предназначен для применения в связи и телекоммуникации, спецтехнике.

На рис.4.1 показана часть схемы, которая относится к микроконтроллеру DD1.

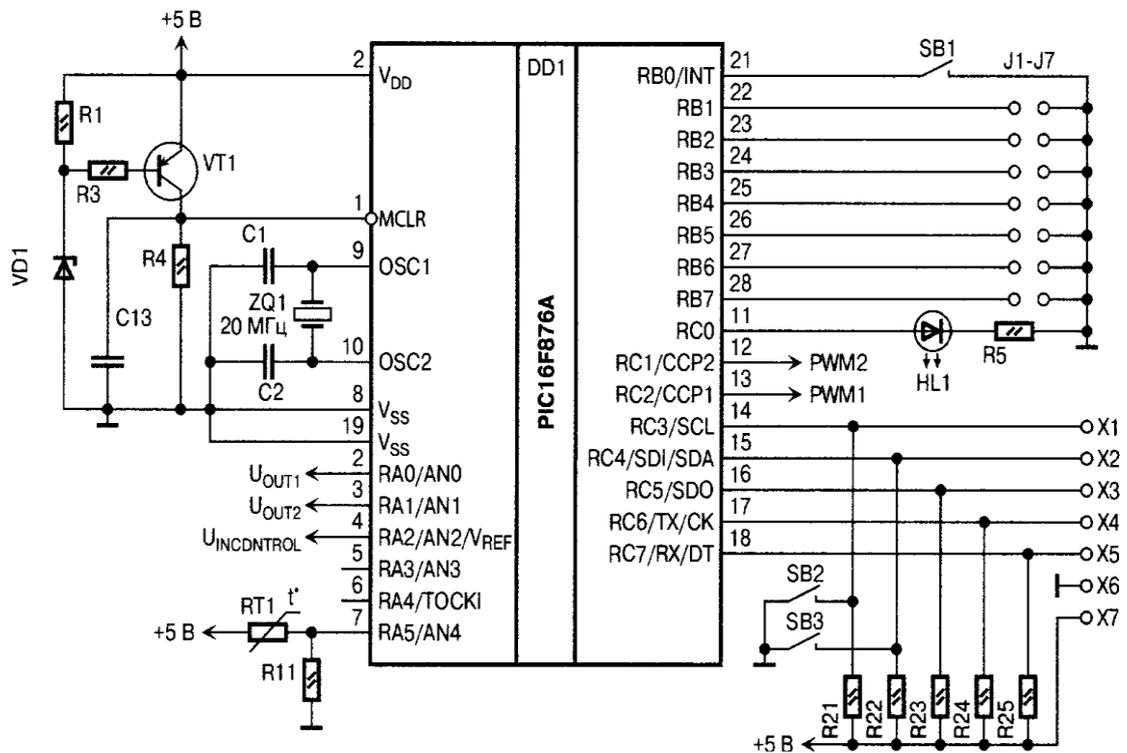


Рис.2.1. Микроконтроллер

Порт А, выводы которого используются как входы АЦП, предназначен для контроля выходных напряжений (выводы RA0, RA1), напряжения питания (RA2) и температуры (RA5). Порт В используется для организации управления режимами работы преобразователя. При помощи установки переключателей на штырьковые контакты на выводы порта, к которым программно подключены внутренние подтягивающие резисторы, подаются лог. 0. Кроме того, вывод RB0 используется для обслуживания кнопки SB1 «Память». На порт С возложены следующие задачи: опрос кнопок SB2 и SB3 «+» и «-», включение светодиода HL1 (RC0), выдача сигналов ШИМ (PWM1 и PWM2) на оба канала преобразования, а также, при необходимости, организация последовательного двух- или трехпроводного интерфейса с внешней аппаратурой контроля, управления или автоматической проверки и настройки. На элементах VT1, VD1, R1, R3, R4 организован супервизор напряжения питания микроконтроллера.

Для фильтрации пульсаций установлен конденсатор C13.

Узел питания (рис.4.2) вырабатывает два напряжения питания - +12 и +5 В. Если + 5 В необходимо для микроконтроллера, то + 12 В используется для драйверов полевых транзисторов. VD5 — защита от переплюсовки по входу.

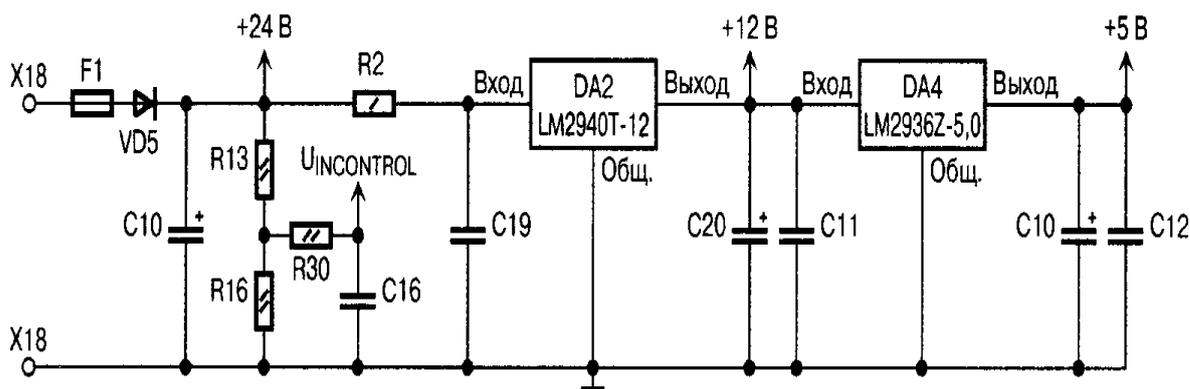


Рис.4.2. Узел питания микроконтроллера

На рис.4.3 показана схема одного из каналов преобразователя.

На транзисторах VT2, VT4, VT8, VT9 собран драйвер полевого транзистора. Преобразование энергии осуществляется обратноходовым импульсным трансформатором T1. На элементах C5, R6 собрана демпфирующая цепочка [3]. Она необходима для подавления импульсных выбросов напряжения и шунтирует первичную обмотку трансформатора, подавляя тем самым паразитные колебания, возникающие в нем. VD2, VD3, C3 — выпрямитель вторичной цепи, L1, C14, C4 — сглаживающий фильтр. С помощью резисторов R19, R20 управляемый стабилитрон DA1 настроен на напряжение стабилизации 8,5 В. Поэтому при изменении выходного напряжения в диапазоне 9,5... 14,5В напряжение, поступающее через резистор R31 на АЦП микроконтроллера, изменяется в диапазоне 0.. .5 В.

Таким образом достигается необходимая крутизна прередиачи отклонения выходного напряжения от номинала на вход АЦП, обеспечивающая требуемую точность и устойчивость петли обратной связи.

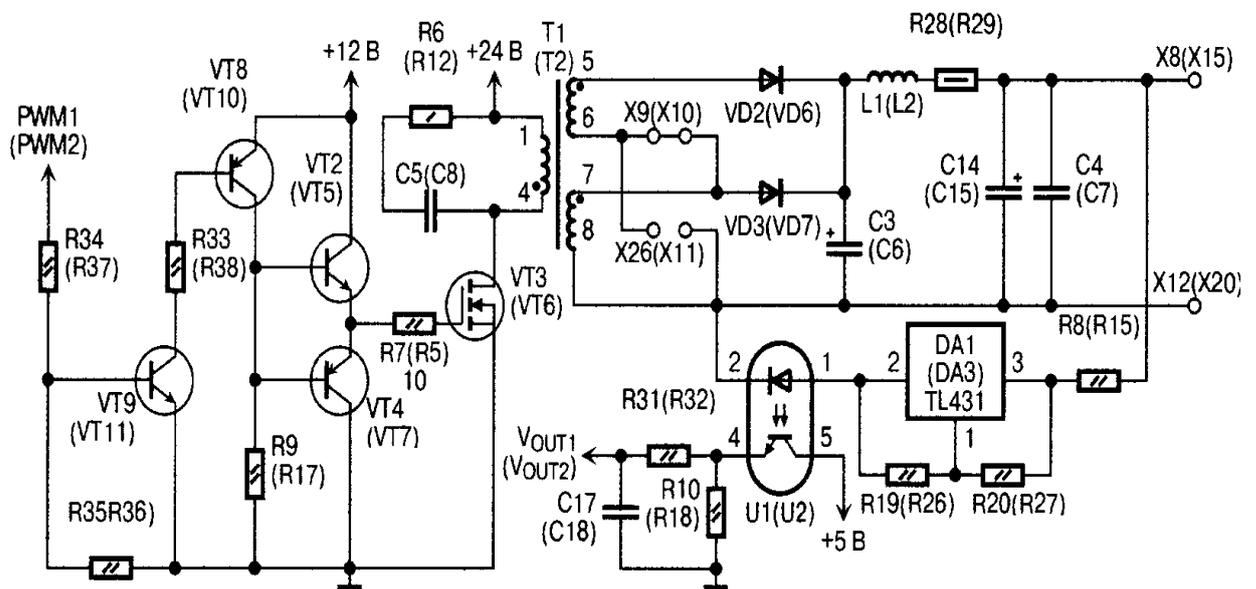


Рис.4.3. Один из каналов преобразователя

Оптотранзистор U1 обеспечивает гальваническую изоляцию, но повышает температурный дрейф. Задача компенсации этого дрейфа решается

программным путем. Микроконтроллер измеряет напряжения на своих входах RA0 и RA1, сравнивает эти напряжения с опорными, которые хранятся в его энергонезависимой памяти в цифровом виде, и в зависимости от величины и знака разности корректирует скважность сигналов ШИМ по соответствующим каналам. Программный блок, который отвечает за установку скважности, имеет довольно сложную структуру. Решение принимается не только по величине и знаку измеренного и опорного напряжений, но и по динамике изменения выходного напряжения и его отклонения. Также в этом логическом программном блоке реализована подпрограмма демпфирования возможной неустойчивой работы петли ОС. При резком отклонении напряжения от номинального, например, вниз, программа энергично изменяет скважность ШИМ, т. е. увеличивает длительность импульса открытого состояния ключевого транзистора. Но при восстановлении напряжения может произойти перекомпенсация, оно станет выше номинала, программе придется резко уменьшить длительность импульса ШИМ и т. д., в результате возникнет колебательный процесс. Для демпфирования паразитных колебаний программа анализирует, с какой стороны идет приближение к номиналу и с какой скоростью. При приближении к номинальному напряжению происходит более точная подстройка скважности. Период измерения выходных напряжений обоих каналов составляет 0,6 мс. Через каждые 255 измерений выходных напряжений производится контроль входного напряжения и температуры. Сразу после измерения температуры по ее значению способом табличного перевода микроконтроллер получает коэффициент температурной коррекции и соответственно изменяет значение опорного напряжения. При завышенном или заниженном входном напряжении микроконтроллер прекращает преобразование и включает светодиод HL1. выполнен по обратнoходовой схеме, короткое замыкание выхода приводит к увеличению длительности импульсов ШИМ до предельно возможной величины. Защита от короткого замыкания реализована за счет прекращения выдачи сигналов ШИМ в

режиме КЗ. Пороговое значение длительности изменяется в зависимости от входного напряжения — чем напряжение выше, тем допустимая длительность меньше. Для ограничения тока короткого замыкания в выходных цепях введены резисторы R28, R29.

При необходимости изменить выходные напряжения нажимают и удерживают микрокнопки SB2 или SB3. В пошаговом режиме изменяются значения опорного напряжения, следовательно, и выходные напряжения, поскольку микроконтроллер отслеживает равенство опорного и выходного напряжений. После подстройки необходимо кратковременно нажать на кнопку SB1 и микроконтроллер занесет новые значения опорных напряжений в энергонезависимую память. Выполнение этой операции будет сопровождаться свечением светодиода HL1. При выключении и повторном включении преобразователя на выходах установятся необходимые новые значения напряжений. Если установить переключки на контакты J6 и J7 (рис.4.1), то изменение напряжений будет запрещено. При отсутствии переключек изменение напряжений будет происходить синхронно по обоим каналам, а при установке одной из переключек изменение напряжения произойдет только в одном канале.

Для выходного напряжения 12 В на печатную плату устанавливают переключки X9, X10 (рис.4.3), а диоды VD3, VD7 удаляют. Указанные переключки находятся ближе к центру платы. При выходном напряжении 5 В эти переключки выпаивают и впаивают диоды VD3, VD7 и переключки X26, X11.

## **4.2. Микроконтроллер PIC16F876**

PIC16F876 – это 8-разрядный микроконтроллер с RISC архитектурой, производимый фирмой Microchip Technology. Этот микроконтроллер отличается низкой ценой, низким энергопотреблением и высокой скоростью. Микроконтроллер имеет встроенное ЭППЗУ программы, ОЗУ данных .



В таблице 4.1 приведена цоколёвка и назначение ножек микроконтроллера.

Таблица 4.1

Цоколёвка и назначение ножек микроконтроллера.

<b>Обозначение вывода</b>	<b>Описание</b>
OSC1/CLKIN	Вход генератора/ вход внешнего тактового сигнала
OSC2/CLKOUT	Выход генератора. Подключается кварцевый или керамический резонатор. В RC режиме тактового генератора на выходе OSC2 присутствует тактовый сигнал CLKOUT, равный $F_{osc}/4$
-MCLR/Vpp	Вход сброса микроконтроллера или вход напряжения программирования. Сброс микроконтроллера происходит при низком логическом уровне сигнала на входе.
	Двунаправленный порт ввода/вывода PORTA.
RA0/AN0	RA0 может быть настроен как аналоговый канал 0
RA1/AN1	RA1 может быть настроен как аналоговый канал 1
RA2/AN2/Vref-	RA2 может быть настроен как аналоговый канал 2 или вход отрицательного опорного напряжения
RA3/AN3/Vref+	RA3 может быть настроен как аналоговый канал или вход положительного опорного напряжения
RA4/T0CKI	RA4 может использоваться в качестве входа внешнего тактового сигнала для TMR0. Выход с открытым стоком.
RA5/-SS/AN4	RA5 может быть настроен как аналоговый канал 4 или вход выбора микросхемы в режиме ведомого SPI
	Двунаправленный порт ввода/вывода PORTB. PORTB имеет программно подключаемые подтягивающие резисторы на входах.

RBO/INT	RBO может использоваться в качестве входа внешних прерываний
RB1	-
RB2	-
RB3/PGM	RB3 может использоваться в качестве входа для режима низковольтного программирования
RB4	Прерывания по изменению уровня входного сигнала.
RB5	Прерывания по изменению уровня входного сигнала.
RB6/PGC	Прерывания по изменению уровня входного сигнала или вывод для режима внутрисхемной отладки ICD. Тактовый вход в режиме программирования.
RB7/PGD	Прерывания по изменению уровня входного сигнала или вывод для режима внутрисхемной отладки ICD. Вывод данных в режиме программирования.
	Двухнаправленный порт ввода/вывода PORTC
RC0/T1OSO/T1CKI	RC0 может использоваться в качестве выхода генератора TMR1 или входа внешнего тактового сигнала для TMR1.
RC1 /T1OSI/CCP2	RC1 может использоваться в качестве входа генератора для TMR1 или вывода модуля CCP2.
RC2/CCP1	RC2 может использоваться в качестве вывода модуля CCP1.
RC3/SCK/SCL	RC3 может использоваться в качестве входа/выхода тактового сигнала в режиме SPI и I2C.
RC4/SDI/SDA	RC4 может использоваться в качестве входа данных в режиме SPI или вход/выход данных в режиме I2C.
RC5/SDO	RC5 может использоваться в качестве выхода данных в режиме SPI.
RC6/TX/CK	RC6 может использоваться в качестве вывода передатчика USART в асинхронном режиме или вывода

	синхронизации USART в синхронном режиме.
RC7/RX/DT	RC7 может использоваться в качестве вывода приемника USART в асинхронном режиме или вывода данных USART в синхронном режиме.
V <sub>SS</sub>	Общий вывод для внутренней логики и портов ввода/вывода
V <sub>DD</sub>	Положительное напряжение питания для внутренней логики и портов ввода/вывода

Микроконтроллер имеет 6 портов ввода/вывода канала “А” (RA0-RA5), 8 портов канала “В” (RB0-RB7) 8 портов канала “С” (RC0-RC7). Некоторые порты кроме стандартных функций ввода/вывода имеют дополнительные возможности, которые мультиплицированы с периферийными модулями. В PIC-контроллерах каждому порту соответствует два регистра - данных и направления (TRIS). При этом в зависимости от содержания регистра направления каждый вывод может быть индивидуально запрограммирован или на ввод или на вывод. Максимальная нагрузочная способность портов 25 мА втекающий ток, 20 мА вытекающий ток, но с учетом, что общая нагрузка на порты не будет превышать 200 мА. Входное напряжение порта не может быть более  $U_{пит}+0,3 В$  и не менее  $U_{пит}-0,3 В$ , так как для защиты каждого порта на входе установлены диоды. Выход порта RA4 с открытым коллектором и триггером Шмидта на входе. Для формирования уровня логической 1 необходимо дополнительно навесить внешний резистор. Внутри микроконтроллера к каждому порту канала “В” подключены подтягивающие резисторы которые можно отключить с помощью программы. Четыре канала RB4-RB7 могут генерировать прерывания по изменению логического уровня на входах. RB0/INT может работать как вход внешнего источника прерывания. Все входы канала “С” имеют триггер Шмидта.

Кроме портов микроконтроллер содержит FLASH память программ, 14-разрядных слов расположенную по адресам с 0000H по 0FFFh (4 KB). 192 байта ОЗУ (память данных или регистры общего назначения и представляет собой статическую память, при отключении питания информация обнуляется). И 128 байт EEPROM (Электрически стираемая память данных ППЗУ, при отключении питания информация остаётся). ОЗУ или регистры общего назначения физически находятся в одном адресном пространстве с регистрами специального назначения и имеют общее количество более 256, поэтому адресное пространство разбито на 4 банка. Каждый банк имеет адреса от 00H до 7FH (128 байт) и для полной адресации необходимо 7 разрядное слово. Банки переключаются еще 2 разрядами. Адресация всех трех видов памяти находится в разном адресном пространстве и при изменении счетчика памяти программ не может изменить адреса регистров или EEPROM памяти. Такая архитектура основанная на концепции отдельных шин и областей памяти для данных и команд называется Гарвардской архитектурой. Шина данных и память данных имеют ширину 8 бит, а программная шина и программная память имеют ширину 14 бит. Такая концепция обеспечивает простую, но мощную систему команд, разработанную так, что битовые, байтовые и регистровые операции работают с высокой скоростью и с перекрытием по времени выборок команд и циклов выполнения. 14-битовая ширина программной памяти обеспечивает выборку 14-битовой команды в один цикл. Двухступенчатый конвейер обеспечивает одновременную выборку и исполнение команды. Все команды выполняются за один цикл, (200нс при использовании кварцевого резонатора на частоту 20МГц) исключая команды переходов. Данный микроконтроллер имеет всего 35 команд (инструкций). Смысл и принципы работы команд будут рассмотрены позже.

Микроконтроллер имеет 8 уровневый стек, в котором хранятся адреса, и необходим в случае перехода по прерыванию или обработки

подпрограммы. Он работает, как и во всех других микропроцессорах по принципу оружейного магазина, первым вошел, последним вышел.

Контроллер PIC16F876 имеет 8 разрядное арифметическо -логическое устройство (ALU) необходимое для проведения операций вычитания, сложения, операций “И”, “ИЛИ” и некоторых других инструкций. А также аккумулятор, (в PIC контроллерах обозначается как “W”) 8 разрядный регистр, с которым ALU производит свои действия и иногда помещает результаты операции.

### 4.3. Расчет блока питания

Произведем расчет блока питания для устройства.

Исходные данные:

$U_0 = 12 \text{ В}$  - номинальное выпрямленное напряжение;

$I_0 = 0,5 \text{ А}$  - ток нагрузки;

$U_1 = 220 \pm 10\% \text{ В}$  - напряжение промышленной сети;

$f_c = 50 \text{ Гц}$  - частота промышленной сети;

$K_p = U / U_0 = 0,05$  - коэффициент пульсаций;

Произведем расчет сопротивления нагрузки:

$R_0 = U_0 / I_0 = 12 / 0,5 = 24 \text{ Ом}$ .

Найдем выходную мощность:

$P_0 = U_0 * I_0 = 12 * 0,5 = 6 \text{ Вт}$ .

Выбираем мостовую схему выпрямителя (рис.4.5) так как он обладает наилучшими техническими показателями.

Достоинства - повышенная частота пульсаций, оптимальное использование трансформатора.

Определим сопротивление трансформатора:

$B = 1,5 \text{ Т}$  - магнитная индукция;

$j = 2,5 \text{ А/мм}$  - средняя плотность тока в обмотках трансформатора;

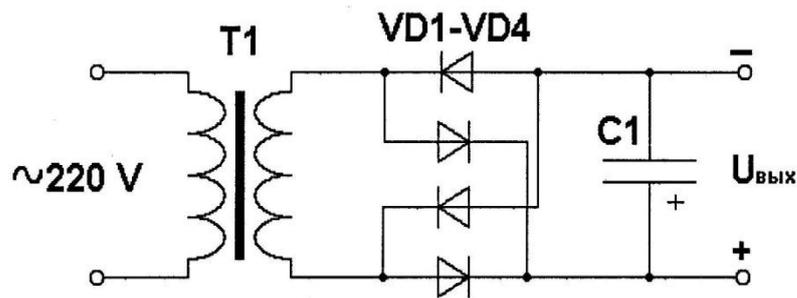


Рис.4.5. Схема выпрямителя

Определим средний выпрямленный ток и амплитуду обратного напряжения:  $I_{np.cp} = I_o / 2 = 0.5 / 2 = 0,25 \text{ A}$ ;

$$U_{обр.max} = 1,5 * U_o * (1 + dU_{max});$$

$dU_{max} = (U_{l.max} - U_1) / U_1 = 0,1$  - относительное отклонение сети в сторону повышения;

$$U_{обр.max} = 1,5 * 9 * (1 + 0,1) = 14,85 \text{ В.}$$

По полученным значениям выберем из справочника диод. Из справочника получаем удовлетворяющий данным значениям диод КД208А со следующими параметрами:

$$I_{np} = 1,5 \text{ A}; U_{обр.max} = 100 \text{ В}; U_{np} = 1 \text{ В};$$

Определим прямое сопротивление:

$$R_{np} = U_{np} / I_{np} = 1 / 0,25 = 4 \text{ Ом.}$$

Определяем сопротивление фазы выпрямителя:

$$R_{\phi} = R_{tm} + 2 * R_{np} = 6,74 + 2*4 = 14,74 \text{ Ом.}$$

Определим параметр (A):

$$A = I_o * \pi * R_{\phi} / (2 * U_o) = 0,5 * 3,14 * 14,74 / 18 = 1,29.$$

По справочным данным определим значащие параметры выпрямителя:

$$F = 4,5; D = 1,82; B = 1,41; H = 880.$$

Определим параметры трансформатора:

$$\text{- действующее напряжение обмотки, } U_2 = B * U_o = 1,41 * 9 = 12.69 \text{ В};$$

- коэффициент трансформации,

$$K_T = U_1 / U_2 = 220 / 12,69 = 17.34;$$

- ток вторичной обмотки,

$$I_2 = D * I_0 / 2 = 1,43 * 1,82 * 0,5 = 0,64 \text{ A};$$

- ток первичной обмотки,

$$I_1 = I_2 / K_T = 0,64 / 17,34 = 0,037 \text{ A};$$

- типовая мощность трансформатора,

$$P_{\text{тип}} = U_2 * I_2 = 12,69 * 0,64 = 8,12 \text{ В.}$$

Определим следующие параметры вентиляей:

- обратное напряжение,

$$U_{\text{обр}} = 2 * U_2 = 2 * 12,69 = 17,95 \text{ В};$$

- средний ток одного вентиля,

$$I_{\text{пр.ср}} = 0,5 * I_0 = 0,5 * 0,5 = 0,25 \text{ А.}$$

Следовательно, основываясь на полученных данных, можно применить в схеме в качестве диодов VD1 - VD4, диоды КД208А. Определим емкость C1:

$$C1 = H / ( R_{\text{ф}} * K_{\text{п}} ) = 880 / ( 14,74 * 0,05 ) = 1194,02 \text{ мкФ, используя ГОСТ получим: } C1 = 2200 \text{ мкФ.}$$

Определим габаритную мощность трансформатора:

$$S_T = 0,7 * B * D * P_0 = 0,7 * 1,41 * 1,82 * 4,5 = 8,1 \text{ В А.}$$

Стандартный магнитопровод выбираем по произведению:

$$S_{\text{СТ}} * S_{\text{ОК}} [\text{см}^2];$$

где  $S_{\text{СТ}}$  и  $S_{\text{ОК}}$  - соответственно площадь сечения и окна магнитопровода

$$S_{\text{СТ}} * S_{\text{ОК}} = S_r * 10 / ( 2,22 * f_c * B * j * K_T * K_c * \eta ),$$

где  $B = 1,5 \text{ Т}$  - магнитная индукция;

$j = 4 \text{ А/мм}$  - плотность тока в проводах обмотки;

$K_T = 0,5$  - коэффициент заполнения медью окна сердечника;

$K_c = 0,95$  - коэффициент заполнения сталью площади поперечного сечения стержня магнитопровода;

$\eta = 0,75$  - КПД трансформатора;

$$S_{\text{СТ}} * S_{\text{ОК}} = 8,1 * 10 / ( 2,2 * 50 * 1,5 * 4 * 0,5 * 0,95 * 0,75 ) = 3,41 \text{ см}^2.$$

Выбираем ленточный магнитопровод ШЛМ 10 х 32 с размерами:  $a = 10$  мм,  $b = 32$  мм,  $c = 6$  мм,  $h = 18$  мм;  $S_{CT} = b \cdot a = 32 \cdot 10 = 320 \text{ мм}^2 = 3,2 \text{ см}^2$ ;  $S_{OK} = c \cdot h = 6 \cdot 18 = 108 \text{ мм}^2 = 1,08 \text{ см}^2$ .

Определим число витков и диаметр проводов;

$$W1 = U1 \cdot (1 - U1 / 100) \cdot 10 / (4,44 \cdot f_c \cdot B \cdot S_{CT});$$

$$W1 = 220 \cdot (1 - 14 / 100) \cdot 10 / (4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 3,2) = 1775 \text{ вит.};$$

$$W2 = U2 \cdot (1 - U2 / 100) \cdot 10 / (4,44 \cdot f_c \cdot B \cdot S_{CT});$$

$$W2 = 12,69 \cdot (1 - 14 / 100) \cdot 10 / (4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 3,2) = 132 \text{ вит.};$$

$$D1 = 1,13 \cdot (I1 / j) = 1,13 \cdot (0,037 / 4) = 0,108;$$

выбираем провод ПЭВ - 2 - 0,1;

$$D2 = 1,13 \cdot (I2 / j) = 1,13 \cdot (0,064 / 4) = 0,452;$$

выбираем провод ПЭВ - 2 - 0.5;

Рассчитаем стабилизатор.

Исходные данные:

$U_{\text{вых}} = 5 \text{ В}$  - номинальное выходное напряжение на стабилизаторе;

$dU_{\text{вых}} = 1 \text{ В}$  - предел регулировки выходного напряжения в сторону увеличения или уменьшения;

$I_{\text{нmax}} = 0,5 \text{ А}$  - ток нагрузки;

Принципиальная схема стабилизатора приведена на рис.2.6.

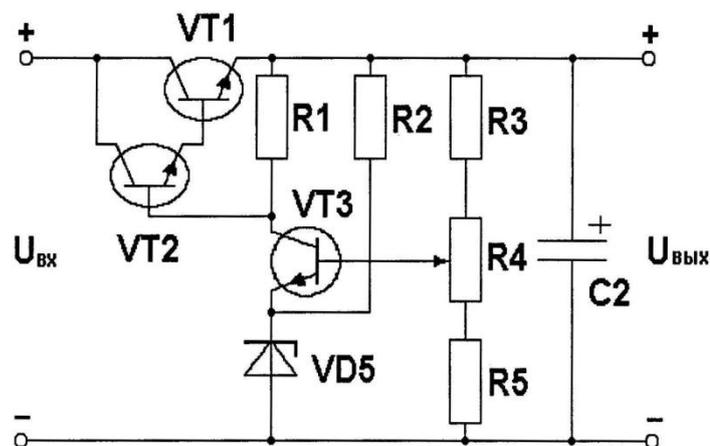


Рис.4.6. Схема стабилизатора.

$$U_{\text{выхmin}} = U_{\text{вых}} + dU_{\text{вых}} + 1 = 5 + 1 + 1 = 7 \text{ В.}$$

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{выхmin}} / (1 - dU_{\text{min}}) = 7 / (1 - 0.1) = 7,78 \text{ В.}$$

$$U_{\text{вхmax}} = U_{\text{вх}} * (1 + dU_{\text{max}}) = 7,78 * (1 + 0.1) = 7,558 \text{ В.}$$

$$\text{Коэффициент пульсаций: } K_{\text{пвх}} = U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}} = 0,05.$$

Ток потребляемый от стабилизатора и источника питания:

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{о}} = I_{\text{нmax}} = 0,5 \text{ А.}$$

Выбираем транзистор VT1.

$$I_{\text{к max}} = 1,15 * I_{\text{нmax}} = 1,15 * 0,5 = 0,575 \text{ А.}$$

Выбираем из справочника транзистор КТ603Е с следующими параметрами:

$$I_{\text{кmax}} = 1 \text{ А; } I_{\text{кбmax}} = 60 \text{ В; } U_{\text{кэmax}} = 60 \text{ В; } h_{21э} = 160, 480, 320;$$

$$I_{\text{кбо}} = 10^{-3} \text{ А.}$$

Выбираем транзистор VT2.

$$I_{\text{к max}} = I_{\text{к max}} / h_{21э} = 0,575 / 320 = 1,8 * 10^{-3} \text{ А.}$$

$$U_{\text{кэ max}} = U_{\text{вхmax}} - U_{\text{вых}} - dU_{\text{вых}} = 8,558 - 5 - 1 = 2,558 \text{ В.}$$

Выбираем из справочника транзистор КТ-203В с следующими параметрами:  $I_{\text{кmax}} = 0,02 \text{ А; } U_{\text{кэ}} = 10 \text{ В; } h_{21э} = 60; I_{\text{кбо}} = 10^{-3} \text{ А.}$

Выбираем стабилитрон VD5.

$$U_{\text{ст}} = U_{\text{вых}} - dU_{\text{вых}} - 2 = 5 - 1 - 2 = 2 \text{ В;}$$

$$I_{\text{стmax}} = 5 * 10^{-3} + (U_{\text{вых}} + dU_{\text{вых}}) / R_2,$$

$$\text{откуда } R_2 = (U_{\text{вых}} - dU_{\text{вых}} - U_{\text{ст}}) / (5 * 10^{-3}) =$$

$$= (5 - 1 - 2) / (5 * 10^{-3}) = 400 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший по номиналу резистор  $R_2 = 430 \text{ Ом.}$

$$I_{\text{стmax}} = 5 * 10^{-3} + (5 + 1) / 430 = 1,89 * 10^{-3} \text{ А.}$$

Выбираем из справочника стабилитрон КС-121Д с следующими параметрами:  $U_{\text{ст}} = 2 \text{ В; } I_{\text{стmax}} = 22,8 * 10^{-3} \text{ А.}$

Выбираем транзистор VT3.

Выбираем из справочника транзистор КТ203А с следующими параметрами:  $I_{\text{кmax}} = 0,02 \text{ А; } U_{\text{кэ}} = 10 \text{ В; } h_{21э} = 65; I_{\text{кбо}} = 10^{-3} \text{ А.}$

Величину сопротивления R1 для создания режима работы транзистора определим по формуле:

$$R1 = U_{СТ} / ( 5 * 10^{-3} ) = 2 / ( 5 * 10^{-3} ) = 400 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший по номиналу резистор

$$R1 = 430 \text{ Ом.}$$

$$R3 + R4 + R5 = R_{дел} = U_{ВЫХ} / (4 * 10^{-3} );$$

$$R_{дел} = 5 / ( 4 * 10^{-3} ) = 1250 \text{ Ом;}$$

$$R4 = R_{дел} * ( 1 - U_{СТ} / ( U_{ВЫХ} - dU_{ВЫХ} ) ) =$$

$$= 1250 * ( 1 - 2 / ( 5 - 1 ) ) = 625 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший по номиналу резистор R4 = 680 Ом.

$$R5 = R_{дел} * U_{СТ} / ( U_{ВЫХ} + U_{ВЫХ} ) = 1250 * 2 / ( 5 + 1 ) = 417 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший по номиналу резистор R5 = 430 Ом.

$$R3 = R_{дел} - R4 - R5 = 1250 - 680 - 430 = 140 \text{ Ом.}$$

Выбираем ближайший по номиналу резистор R5 = 150 Ом.

Конденсатор C2 выбираем из справочника с следующими параметрами: типонаминал - К50-16; емкость – 100 мкф X 16 В.

## 5 . РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Надёжность – это свойство системы сохранять во времени и в установленных пределах значения всех информативных параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции данной системы в данных режимах, условиях применения и технического обслуживания.

При разработке аппаратуры вопросам надёжности уделяется большое внимание. Характеристики надёжности называются критериями. Так как процесс появления отказа носит по своей физической природе случайный характер, то критерий надёжности является статистической величиной и определяется на основе правил математической статистики.

К критериям надёжности относятся:

- вероятность безотказной работы  $p(t)$ ;
- частота отказов  $\nu(t)$ ;
- интенсивность отказов  $\lambda(t)$ .

Методика расчёта надёжности во многом зависит от вида закона распределения отказов.

В нашем случае будет учитываться только внезапный отказ. При этом будем считать, что выход из строя любого элемента приведёт к отказу всего устройства и вероятность безотказной работы устройства будет равна произведению вероятностей безотказной работы всех элементов:

$$P_c = \prod_{i=1}^N p_i(t), \quad (5.1)$$

где  $p_i(t)$  – вероятность безотказной работы  $i$ -го элемента.

Для радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) интенсивность отказов считают постоянной ( $\lambda(t)=\text{const}$ ), то есть берут нормальный участок эксплуатации, и поэтому здесь применим экспоненциальный закон

распределения. При экспоненциальном законе распределения отказов во времени, который применим для большинства узлов и блоков РЭА, в том числе для интегральных микросхем (ИМС), интенсивность отказов не зависит от времени. Поэтому для экспоненциального закона имеем:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (5.2)$$

Условия эксплуатации ИМС характеризуются комплексом воздействующих факторов, которые имеют различную физико-химическую природу, изменяются в достаточно широких пределах и по разному влияют на работоспособность ИМС и их надёжность. В зависимости от области применения ИМС подвергаются воздействию отдельных факторов, которые по разному влияют на работоспособность ИМС.

Интенсивность отказов полупроводниковых ИМС  $\lambda_{ИМС}$  с учетом того, что время появления внезапных отказов распределено по экспоненциальному закону определяется выражением:

$$\lambda_{ИМС} = \sum_{i=1}^m n_i \alpha_i k_i \lambda_i, \quad (5.3)$$

где  $m$ - число групп элементов;

$n_i$ - число элементов данного типа с одинаковым режимом работы;

$\alpha_i$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние окружающей среды и электрической нагрузки;

$k_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий механическое воздействие, относительную влажность и изменения атмосферного давления;

$\lambda_i$ - интенсивность отказов элементов структуры (транзисторов, резисторов), металлизации, кристалла и конструкции (соединения, корпус).

Для примера рассчитаем интенсивность отказов ИМС 7805:

$n_p = 16$ - количество резисторов;

$n_{тр} = 16$ - количество транзисторов;

$n_d = 4$  - количество диодов;

$n_{в} = 14$  – количество выводов.

Интенсивность отказов элементов структуры микросхемы поправочные коэффициенты:

$$\lambda_{р} = 0,6 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{тр} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{д} = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч};$$

$$\lambda_{в} = 0,1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч};$$

$$\alpha_{р} = \alpha_{в} = 1,15;$$

$$\alpha_{тр} = \alpha_{д} = 1,34$$

$$k = 1.$$

Тогда получим:

$$\begin{aligned} \lambda_{имс} &= 16 \cdot 1,15 \cdot 0,6 \cdot 10^{-8} + 4 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-8} + 16 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 10^{-8} + 14 \cdot 1,15 \cdot 0,1 \cdot 10^{-8} = \\ &= 39,65 \cdot 10^{-8} \text{ (1/ч)}. \end{aligned}$$

Микросхема PIC16F876A относится к микросхемам третьей степени интеграции, поэтому  $\lambda = 342,8 \cdot 10^{-8}$  (1/ч).

Микросхема LM940T относится к микросхемам третьей степени интеграции, поэтому  $\lambda = 47,2 \cdot 10^{-8}$  (1/ч).

В таблице 5.1 приведен расчёт интенсивности отказов всех элементов устройства.

Интенсивность отказов элементов устройства:

$$\Lambda = 8076,5 \cdot 10^{-8} \text{ (1/ч)}$$

Среднее время наработки на отказ:

$$T_{ср} = 1 / \Lambda = 1 / 8076,5 \cdot 10^{-8} = 12\,500 \quad (\text{ч})$$

Определим вероятность безотказной работы устройства по формуле:

$$P(t) = e^{-\Lambda \cdot t} \quad (5.4)$$

Расчёт величины  $P(t)$  приведён в таблице 5.2.

На рисунке 5.2 приведен график безотказной работы устройства.

Таблица 5.1

## Расчёт интенсивности отказов

Тип элемента	Количество штук	$\lambda_i \cdot 10^{-8}, 1/\text{ч}$	$\lambda_c \cdot 10^{-8}, 1/\text{ч}$
PIC16F876A	1	342,8	342,8
7805	2	39,65	79,3
TL431	2	47,2	94,4
4N35 (оптроны)	2	120	240
Транзисторы	10	100	1000
Диоды	7	80	560
Трансформатор	2	200	400
Резисторы	38	100	3800
Конденсаторы	19	150	2850
Кварц	1	200	200
Кнопки	2	250	500
Соединения пайкой	100	0,1	10
Итого $\Lambda, 1/\text{ч}$	-	-	8076,5

Таблица 5.2

## Расчёт вероятности безотказной работы

t, час	500	1000	2000	3000	5000	6000	8000
P(t)	0,92	0,88	0,83	0,77	0,72	0,67	0,62

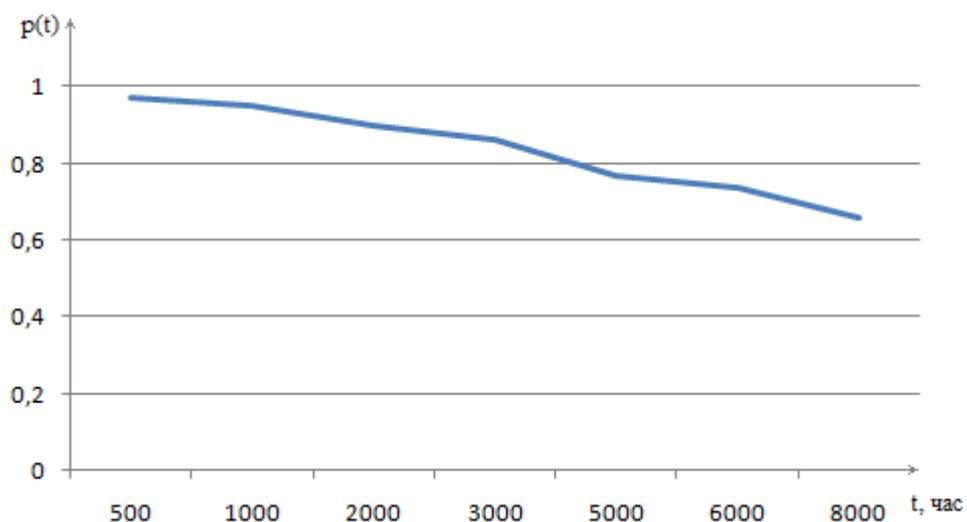


Рис 5.2. Вероятность безотказной работы устройства.

В связи с тем, что надёжность работы разработанного устройства получается невысокой, необходимо предложить следующие мероприятия по повышению надёжности:

1. Снизить электрические нагрузки на детали.
2. Использовать микросхемы после предварительного диагностирования для устранения постепенных отказов.
3. Использовать методы резервирования наиболее слабых узлов по надёжности.

## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 6.1. Опасность электрического тока для человека

Воздействие электрического тока на организм человека может вызвать поражения, исход которых зависит от величины тока и продолжительности его действия, а также от частоты и пути прохождения через тело человека и индивидуальных свойств организма.

Опасность воздействия электрического тока на человека велика еще и потому, что он не заметен для глаза, не слышим, не чувствуется на расстоянии, не имеет запаха, а воспринимается лишь в момент соприкосновения с незащищенными токонесущими проводами или деталями электроустановок и их корпусами, которые по каким-либо причинам попали под напряжение.

Человеческий организм, оказавшийся под действием электрического тока не может рассматриваться только как физическое тело. Электроток, поступив через место «входа» в человеческий организм, оказывает раздражающее действие по всему пути прохождения тока, а не только в местах его «входа» или «выхода». В этом заключается особенность действия тока по сравнению с другими раздражителями (механическими, тепловыми и др.), вызывающими только местное раздражение (на входе).

Действие электротока на организм человека может быть тепловым (ожог), механическим (разрыв тканей) или химическим (электролиз). Ток может оказывать и биологическое воздействие, вызывая сокращение мышц, паралич дыхания, паралич сердца.

Основные факторы, влияющие на исход поражения человека электрическим током – это величина тока, проходящего через человека и продолжительность его воздействия.

Переменный ток промышленной частоты 50-60 Гц сильнее поражает человека, чем постоянный ток такой же величины.

Величина переменного тока, при которой человеку трудно самостоятельно оторваться от электродов 12- 15 мА – считается опасным для жизни человека.

За безопасную величину для переменного тока чистотой 50-60 Гц принято 10 мА. Для постоянного тока – 50 мА.

Человек начинает ощущать воздействие, проходящего через него тока малого значения :

0,6- 1,5 мА - при переменном токе  
5 – 7 мА - при постоянном токе. } Пороговый осязаемый ток

Большие токи вызывают у человека судороги мышц и неприятные болезненные ощущения, которые с увеличением тока усиливаются и распространяются на все большие участки тела.

При токе 3-5 мА и частоте 50 Гц раздражающее действие тока ощущается всей кистью руки. При 8-10 мА боль резко усиливается и охватывает всю руку, сопровождая произвольными судорожными сокращениями мышц кисти руки и предплечья. При 10-15 мА боль становится невыносимой, а судороги мышц рук настолько значительные, что человек не в состоянии их преодолеть. При этом он не может разжать руку, в которой удерживается токоведущая часть.

Переменные токи 10-15 мА при  $f = 50$  Гц  
Постоянные токи 50-80 мА } Пороговые неотпускающие токи

Переменный ток 25-50 мА – воздействует на мышцы рук и туловища, на мышцы грудной клетки, дыхание сильно затрудняется. Длительное воздействие этого тока может вызвать прекращение дыхания, после чего, спустя некоторое время, наступает смерть от удушья. Такое же воздействие

на легкие, но более быстро оказывает переменный ток 50-100 мА. Одновременно нарушается и работа сердца. Однако первой по времени прекращается работа легких, а затем сердца.

Переменные токи 100 мА – 5 А	}	Пороговые фибрилляционные токи
Постоянные токи 300 мА - 5 А		

Эти токи распространяют свое раздражающее действие на мышцу сердца. Это обстоятельство является весьма опасным для жизни человека, поскольку спустя 1-2 секунды с момента замыкания цепи этого тока через человека может наступить фибриляция сердца. В результате прекращается кровообращение и в организме возникает недостаток кислорода, что приводит к остановке дыхания, т.е. смерть.

Ток больше 5 А фибрилляцию сердца не вызывает, происходит немедленная остановка сердца (минуя состояние фибрилляции), а также паралич дыхания. Если действие тока кратковременное (до 1-2 сек.) и не вызывает повреждения сердца (в результате нагрева, ожога и т.п.), то после отключения тока, сердце самостоятельно возобновляет нормальную деятельность, а дыхание при этом не восстанавливается, требуется немедленная помощь пострадавшему в виде искусственного дыхания.

Длительность прохождения тока через организм существенно влияет на исход поражения: чем продолжительнее действие тока, тем больше вероятность тяжелого или смертельного исхода. Это объясняется тем, что с увеличением времени воздействия тока на живую ткань, возрастает значение этого тока (за счет уменьшения сопротивления тела) и растут (накапливаются) последствия воздействия тока на организм и повышается вероятность совпадения момента прохождения тока через сердце с уязвимой для тока фазой T- 0,2 сек. сердечного цикла (кардиоцикл). Какое же время протекания тока можно считать безопасным для организма человека?

Можно принять для расчета и оценки защитных мероприятий, что допустимый интервал времени существования электрической цепи через тело человека составляет от 0,01 до 2 сек.

Важное значение для исхода поражения имеет путь эл. тока через тело человека. Установлено, что ткани разных частей тело человека имеют различные удельные сопротивления. При прохождении тока через тело человека наибольшая часть тока проходит по пути наименьшего сопротивления, главным образом вдоль кровеносных и лимфатических сосудов. Наиболее опасным является путь тока вдоль тела, например: рука – ноги или через сердце, голову, спинной мозг. Однако известны смертельные поражения, когда ток проходил по пути нога- нога или рука – рука.

Анализ электротравматизма показывает, что общего тока проходит по пути рука- рука через сердце – 3,3%, левая рука- ноги через сердце -3,7%, голова – руки – 7 %, голова – ноги – 6,8 %, нога- нога через сердце – 0,4 %, правая рука – ноги через сердце – 6,7 %.

Вопреки установившемуся мнению наибольшая величина тока через сердце оказывается не по пути левая рука – ноги, а по пути правая рука – ноги. Это объясняется тем, что большая часть тока входит в сердце по продольной его оси, лежащей по пути правая рука – ноги.

В результате анализов случаев электротравматизма установлено, что одним из важнейших биологических факторов, обуславливающих исход поражения электрическим током является фактор внимания.

Если работающий на электроустановке, находящейся под напряжением, внимательно относится к выполняемым операциям и постоянно помнит о возможных последствиях своей неосторожности, то его сосредоточенность и напряженное внимание в состоянии не только ослабить действие электротока, но иногда даже уничтожить. Если электрический удар – в период напряженного внимания работающего, то его действие будет значительно слабее, чем в момент неожиданного удара.

## **6.2. Безопасность жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций**

Стихийные бедствия, аварии, катастрофы, загрязнения окружающей среды промышленными отходами и другими веществами, применение противником в случае войны различных видов оружия создают ситуации, опасные для жизни, здоровья и благополучия значительных групп населения. Эти воздействия становятся катастрофическими, когда они приводят к большим разрушениям, вызывают смерть, ранения и страдания значительного числа людей.

Чрезвычайные ситуации весьма разнообразны. Для успешного решения задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности в условиях чрезвычайных ситуаций необходимо знать причины их возникновения, а также характер воздействия на человека и среду его обитания.

По причинам возникновения можно выделить четыре класса ЧС: стихийные бедствия, техногенные катастрофы, антропогенные (экологические) катастрофы и социально-политические конфликты.

Стихийные бедствия—опасные природные явления или процессы, имеющие чрезвычайный характер и приводящие к нарушению повседневного уклада жизни более или менее значительных групп людей, человеческим жертвам, разрушению и уничтожению материальных ценностей. Всемирная организация здравоохранения определяет стихийные бедствия как ситуации, характеризующиеся непредусмотренными серьезными и непосредственными угрозами общественному здоровью.

Стихийные бедствия могут возникать в результате воздействия атмосферных явлений (ураганы, смерчи, снежные заносы и обвалы), огня (лесные, торфяные пожары, пожары в населенных пунктах), изменения уровня воды в водоемах (паводки, наводнения), изменений в почве и земной коре (оползни, извержения вулканов, землетрясения, цунами).

Техногенными катастрофами принято считать внезапный выход из строя машин, механизмов и агрегатов во время их эксплуатации, сопровождающийся серьезными нарушениями производственного процесса, взрывами, образованием очагов пожаров, радиоактивным, химическим или биологическим заражением больших территорий, групповым поражением (гибелью) людей.

К техногенным катастрофам относятся аварии на промышленных объектах, строительстве, а также на железнодорожном, воздушном, автомобильном, трубопроводном и водном транспорте, в результате которых образовались пожары, разрушения гражданских и промышленных зданий, создалась опасность радиационного загрязнения, химического и бактериального заражения местности, произошло растекание нефтепродуктов и агрессивных (ядовитых) жидкостей на поверхности земли и воды, и возникли другие последствия, создающие угрозу населению и окружающей среде.

Пожары на предприятиях могут возникнуть также вследствие повреждения электропроводки и машин, находящихся под напряжением, топков и отопительных систем, емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, нарушений правил техники безопасности.

Сильнодействующими ядовитыми веществами называются химические соединения, которые в определенных количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (плотность заражения), оказывают вредное воздействие на людей, сельскохозяйственных животных, растения и вызывают у них поражения различной степени.

Антропогенные (экологические) катастрофы—качественное изменение биосферы, вызванное действием антропогенных факторов, порождаемых хозяйственной деятельностью человека, и оказывающее вредное влияние на людей, животный и растительный мир, окружающую среду в целом.

Деградация окружающей среды является следствием развития урбанизации, резкого расширения масштабов хозяйственной деятельности человечества, бездумно потребительского отношения к природе.

К чрезвычайным ситуациям экологического характера можно отнести: интенсивную деградацию почвы и ее загрязнение тяжелыми металлами (кадмий, свинец, ртуть, хром и т. д.) и другими вредными веществами; загрязнение атмосферы вредными химическими веществами, шумом, электромагнитными полями в ионизирующими излучениями; кислотные дожди; разрушение озонового слоя; температурные инверсии над промышленными городами (смог); загрязнение, засорение и истощение водных ресурсов и другие ситуации, которые не только снижают качество жизни людей, но и угрожают их здоровью.

Социально-политические конфликты — крайне острая форма разрешения противоречий между государствами с применением современных средств поражения (региональные и глобальные военно-политические конфликты), а также межнациональные и религиозные противоречия, сопровождающиеся насилием.

Война с точки зрения безопасности жизнедеятельности объединяет по существу опасные и вредные факторы, присущие почти всем стихийным бедствиям и катастрофам. В войне с применением обычного оружия это разрушение зданий и пожары в результате действий артиллерии и авиации, катастрофические наводнения в связи с повреждением гидротехнических сооружений, заражение обширных территорий радиоактивными и химическими веществами при разрушении атомных электростанций и химических предприятий. В случае же применения средств массового поражения резко возрастут масштабы разрушений, очагов радиоактивного химического и бактериологического заражения, а также зон катастрофического затопления с вытекающими отсюда последствиями.

Характерными условиями возникновения ЧС являются:

— существование источника опасных и вредных факторов (предприятия и производства, продукция и технологические процессы которых предусматривают использование высоких давлений, взрывчатых, легковоспламеняющихся, а также химически агрессивных, токсичных,

биологически активных и радиационно опасных веществ и материалов; гидротехнические сооружения; транспортные средства; продуктопроводы; места захоронения отходов токсичных и радиоактивных веществ; здания и сооружения, построенные с нарушением санитарных норм; военная деятельность и т.п.);

— действие факторов риска (высвобождение энергии различных видов, а также токсичных, биологически активных или радиоактивных веществ в количествах или дозах, представляющих угрозу жизни и здоровью населения и загрязняющих окружающую среду);

— экспозиция населения, а также среды его обитание (зданий, орудий труда, воды, продуктов питания и т. д.), способствующих повышению факторов риска.

В развитии ЧС любого типа можно выделить четыре характерных стадии:

— первая — стадия накопления проектно-производственных дефектов сооружений (зданий, оборудования) или отклонений от норм (правил) ведения того или иного процесса. Иными словами, это стадия зарождения ЧС, которая может длиться сутки, месяцы, а иногда годы и десятилетия;

— вторая — инициирование чрезвычайного события;

— третья — процесс чрезвычайного события, во время которого происходит высвобождение факторов риска—энергии или вещества, оказывающих неблагоприятное воздействие на население и окружающую среду;

— четвертая — стадия затухания, которая хронологически охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности — локализации чрезвычайной ситуации, до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и т.д. последствий. Продолжительность данной стадии может составлять годы, а то и десятилетия.

Каждому виду чрезвычайного события свойственна своя скорость распространения опасности. Она является одной из составляющих интенсивности протекания события и характеризует степень внезапности действий поражающих факторов. Характер мер, принимаемых по защите от поражающего воздействия, во многом определяется для каждого данного чрезвычайного события степенью его внезапности.

По времени, которое проходит от момента возникновения чрезвычайной ситуации до ее кульминационной точки, все ситуации можно разделить на “взрывные” и “плавные”. У чрезвычайных ситуаций первого типа время нередко исчисляется минутами, а то и секундами—достаточно назвать стихийные бедствия (например, землетрясение), некоторые виды техногенных катастроф (аварии на крупных энергетических объектах, химических предприятиях и т. д.). Напротив, для ситуаций “плавного” типа свойственен весьма продолжительный скрытый период, длящийся иногда десятилетиями (засухи, аварии на промышленных очистных сооружениях, загрязнение почвы и воды вредными химическими веществами и т. д.).

Кроме того, рассматриваемые ситуации могут характеризоваться с точки зрения их масштаба воздействия и последствий, включая как пространственный, так и социально-экологический и экономический (людские и материальные потери, деградация экосистем) аспекты. По этому комплексному признаку ЧС можно подразделить на пять типов: локальные (объектовые), местные, региональные, национальные и глобальные.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные технические характеристики

Входное напряжение, В	18. ..30
Номинальное выходное напряжение каналов, В	12 или 5
Точность поддержания напряжения канала, %	
для канала с напряжением 12 В	±0,5
для канала с напряжением 5 В	±1,2
Пульсации выходного напряжения, мВ, не более	50
Выходная мощность канала, Вт, не менее	6
Коэффициент полезного действия, %, не менее	77
Рабочий диапазон температур, °С	-15...+85

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Заболотский, Ю. Владимиров. Использование микроконтроллеров фирмы Microchip в импульсных источниках питания. — Схемотехника, 2001, № 7, с. 12—16.

2. <http://www.microchip.com>

3. Б. Ю. Семенов. Силовая электроника для любителей и профессионалов. М.: Солон-?, 2001.

4. <http://www.epcos.com>

## **5. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

### **5.1. Действие электрического тока на организм человека**

Тяжесть поражения электрическим током зависит от целого ряда факторов: значения силы тока, электрического сопротивления тела человека и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека и условий окружающей среды.

Основным фактором, обуславливающим ту или иную степень поражения человека, является сила тока.

На исход поражения сильно влияет сопротивление тела человека, которое изменяется в очень больших пределах.

Существенное значение имеет и путь тока через тело человека. Наибольшая опасность возникает при непосредственном прохождении через жизненно важные органы.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока.

Влияние состояния окружающей среды учитывается классификацией помещений и условий труда по опасности поражения электрическим током.

В зависимости от условий, повышающих или понижающих поражение человека электрическим током, все помещения делят на: помещения с повышенной опасностью, особо опасные помещения, помещения без повышенной опасности.

Электробезопасность обеспечивается соответствующей конструкцией электрооборудования, применением технических способов и средств защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Конструкция электрооборудования должна соответствовать условиям его эксплуатации, обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими частями и оборудования – от попадания внутрь посторонних предметов и воды.

Наиболее распространёнными техническими средствами защиты являются защитное заземление и зануление.

Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности заключаются в основном в соответствующем обучении, инструктаже и допуске к работе лиц, прошедших медицинское освидетельствование, выполнении ряда технических мер при проведении работ с электрооборудованием, соблюдении особых требований при работах с находящимися под напряжением частями.

На исход опасного и вредного воздействия на человека электрического тока влияют следующие факторы :

1. Величина тока. Обычно человек начинает ощущать раздражающее действие переменного тока (50 Гц) при величине 0,5-1,5 мА. Такие токи называются пороговыми ощутимыми токами. При этих токах человек может самостоятельно отключиться от цепи. Затем, при повышении величины тока, действие его становится более сильным и при токах 8-25 мА боль становится трудно переносимой, а судороги мышц рук и ног становятся такими сильными, что человек не может самостоятельно освободиться от действия тока (разжать руку, отойти).

Пример :электросварщик, 35 лет, включая рубильник заметил, что из-за неисправности рубильника одна фаза оказалась неотключенной. При попытке устранить неисправность случайно коснулся правой рукой привода и получил поражение током. Руку оторвать от детали из-за судорожного сжатия пальцев не мог, более того, был прижат лбом к корпусу генератора, в результате чего получил ожог кожи лба и глубокие ожоги кисти. Сознание спутанное, произносит лишённые смысла слова, пытается встать, сорвать повязки.

Электромонтер, прикоснулся к токоведущему проводу грудной клеткой. Вследствие судорожного сокращения мышц спины не мог оторваться от провода, пока не выключили ток.

Токи 6-25 мА называются пороговыми неотпускающими, а токи больше этих величин - неотпускающими токами.

Ток около 80-100 мА и более называют фибрилляционным. Фибрилляция - беспорядочное сокращение (подергивание) волокон сердечной мышцы и сердце не может обеспечить передвижение крови по сосудам. Сердце человека (в отличие от сердца собаки) не может спонтанно (самостоятельно) выходить из фибрилляционного состояния. Для восстановления работы сердца человека применяют дефибриллятор, подающий кратковременный пульс электрического тока напряжением в несколько тысяч вольт. При прохождении тока мышца сердца резко сокращается и затем после прекращения действия тока начинает работать нормально.

2. Продолжительность действия тока влияет на исход поражения чем меньше время действия тока, тем меньше вероятность опасного поражения человека, т.к. а)остановка дыхания происходит не мгновенно, а через определенное время, длительность которого пропорциональна величине тока; б)по мере действия электричества на человека сопротивление его тела уменьшается, а значит и возрастает сила тока; в)полный цикл работы сердца составляет около 1 секунды, причем в каждом цикле в течении 0,15-0,2 с.

сердце наиболее чувствительно к току (фаза Т), а в остальное время цикла сравнительно большие токи не вызывают фибрилляцию сердца; при кратковременном воздействии тока возможно несовпадение его действия с фазой Т (рис.44).

3. Путь тока (петля тока) в теле человека. Возможны различные пути в теле человека, предложена классификация (стандартные петли тока) из 10 петель тока. Наиболее тяжелое поражение вероятно, если на пути тока оказывается сердце, грудная клетка, головной или спинной мозг. Наиболее опасен путь тока : "рука-ноги", "рука-рука". Но надо иметь в виду, что имелись факты смертельного исхода при протекании тока через палец руки, с одной его стороны на другую.

4. Род и частота тока. Переменный ток частотой 50-60 Гц наиболее опасен и опасность почти не снижается до частоты 500 Гц. (рис.45) Однако постоянный ток - ниже порога ощущения - при быстром разрыве цепи дает очень резкие удары. В 1949 году В.Н.Чиколев писал : "Когда вы прикасаетесь к проводнику с постоянным током, то в момент прикосновения вы почувствуете сотрясение, затем вы ничего не почувствуете или мало почувствуете, когда через вас проходит ток; только когда отнимете руки от проводников, вы снова испытаете такое же состояние. Совсем другое значение имеет переменный ток прикосновение происходит громадные сотрясения".

5. Сопротивление тела человека - зависит от :

- состояния кожи (сухая, влажная, чистая и т.п.)
- плотности и площади контакта
- величины и частоты тока и приложенного напряжения
- времени воздействия тока на человека

Однако необходимо отметить, что на теле человека имеется ряд определенных точек, наиболее чувствительных к электрическому току и имеющих пониженное сопротивление ему : поверхности лба, ладоней, подошв, шеи и др.

6. Индивидуальные особенности людей в значительной мере влияют на исход поражения. Характер воздействия одной и той же величины тока зависит от опасности состояния нервной системы и всего организма в целом, от возраста и состояния здоровья человека. Более подвержены воздействию электрического тока дети и пожилые люди или лица с заболеваниями нервной системы, сердца, легких. Для женщин пороговые значения тока в 1,5 раза ниже. Фактор внимания - тяжелее воздействие, когда оно неожиданно.

Величина напряжения сама по себе не обуславливает тяжести поражения, но от величины напряжения зависит величина тока, проникающего в тело человека. Имеются случаи гибели людей при низком напряжении. Например, сборщик, 19 лет, на месте работы по уборке талого снега с металлического настила держал в руке за провода около патрона переносную лампу, второй сборщик подсоединял провода этой лампы к сети напряжением 36 В, в момент загорания лампы первый сборщик, даже не вскрикнув, упал. Вернуть его к жизни не удалось. При расследовании выяснилось, что провод у лампы был оголен, на руке больного имеется небольшая электрометка. Обувь пострадавшего была сырая. Умер от остановки дыхания. Опытным путем установлено сопротивление цепи тела пострадавшего рука-нога - 10 кОм, максимальный ток 10 мА.

Электромонтер 21 год, при приемке стационарной сети в подвальном помещении пользовался переносной лампой, питаемой напряжением 12 В. Лампа была подвешена вместе с проводом на перилах железной лестницы. Пострадавший взялся правой рукой за бухту кабеля с лампой, чтобы унести вверх, а левой рукой коснулся металлической лестницы и в этот момент вскрикнул и упал. Привести его в чувство не удалось. Опытным путем установлено сопротивление цепи рука-нога пострадавшего - 16-27 кОм, ток 1,2-4,5 мА.

Инженер-электрик, любитель-садовод, смонтировал сигнализирующее устройство с напряжением 12 В, по его замыслу цепь в 12 В, через протянутые х/б нитки замыкает постороннее лицо и прозвенит звонок, но

замкнула цепь его жена, которая погибла при случайном касании шеей звонкового провода. Накануне шел дождь.

Нужно иметь ввиду, что смертельный исход после поражения электротоком может наступить неожиданно по истечении некоторого сравнительно большого промежутка времени.

От повреждения изоляции напряжение в 220 В оказалось в сети сварочного напряжения. Удар электрическим током почувствовали трое рабочих. Один из них сказал : "Ребята, надо сказать мастеру", - отправился через всю территорию стройки в помещение, где находился мастер на втором этаже. Пострадавший сообщил о случившемся мастеру, сел на стул и умер. Вскрытие показало - умер от остановки дыхания.

Рабочий потерял сознание, попав под напряжение 220 В - цепь возникла между кистью руки и ногами, ему оказали первую помощь и пострадавший быстро пришел в себя, на носилках был доставлен в медпункт. После оказания помощи врачом, через два часа пострадавший заявил, что кроме слабости ничего не ощущает. Врач направил его домой, выдав больничный лист. Пострадавший начал одеваться, и в этот момент умер. Диагноз - сердечная недостаточность.

За допустимую величину тока можно считать ток 10 мА. Однако при работе на высоте, вблизи движущихся частей и т.п., когда резкие произвольные движения могут быть причиной несчастного случая, допустимый ток должен быть ниже порога ощущения (0,5 мА).

## **5.2. Оказание первой помощи пострадавшим**

Первую помощь пострадавшему при несчастном случае оказывают сразу же на месте происшествия до прихода врача или до транспортировки пострадавшего в больницу. Каждый работающий должен уметь оказать первую помощь пострадавшему и помощь самому себе («самопомощь»). При оказании первой помощи необходимо:

- 1) удалить травмирующий фактор;
- 2) вынести пострадавшего с места происшествия;
- 3) обработать поврежденные участки тела и остановить кровотечение;
- 4) обеспечить неподвижность места перелома, предотвратить травматический шок;
- 5) доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

При оказании первой помощи следует обладать навыками обращения с раненым. Это особенно важно при переломах, сильных кровотечениях, потере сознания, термических и химических ожогах. Приподнимать и переносить раненого следует осторожно, поддерживая его снизу. Для оказания первой помощи каждый производственный участок, каждая строительная площадка должна быть оснащена стандартными средствами первой помощи.

Аптечка первой помощи. В аптечку входят перевязочные материалы (бинты, вата, индивидуальные пакеты, лейкопластырь, стерильные салфетки, кровоостанавливающий жгут); нашатырный спирт (применяют для возбуждения дыхания, обработки кожи при ожогах кислотами, при укусах насекомыми); 5%-ный спиртовой раствор йода (для обработки ран); перманганат калия (марганцовка) — для промывания желудка делают слабо-розовый раствор, применяют также для обработки ран; питьевая сода (для промывания желудка, обработки кожи при ожогах); борный вазелин (для смазывания салфеток при закрытии проникающих ранений, смазывания кожи); активированный уголь (5...10 таблеток растолочь и выпить при различных отравлениях); борная кислота (для промывки глаз, обработки кожи); нитроглицерин (при болях в сердце); анальгин, амидопирин (обезболивающие препараты); папаверин (применяют при болях в сердце, гипертоническом кризе); ножницы, нож, стаканчик для приема лекарств, напальчники, запас питьевой воды.

***Первая помощь при ранениях и ушибах.***

Оказывающий помощь должен вымыть руки с мылом, протереть их спиртом или смазать пальцы йодом. Нельзя промывать рану водой, очищать ее, прикасаться к ней даже вымытыми руками. Если рана загрязнена, можно только протереть кожу вокруг нее от краев раны к периферии стерильной ватой или марлей. Ссадины, уколы, мелкие ранения, которые не кровоточат, необходимо смазать 5%-ной настойкой йода или бриллиантовой зеленью и наложить повязку.

Небольшие раны можно заклеить полоской пластыря, клеем БФ-6, коллодием, которые дезинфицируют рану и предохраняют от загрязнения. При отсутствии индивидуального перевязочного пакета можно использовать чистый носовой платок, предварительно смочив его йодом.

Ранения сопровождаются повреждением кровеносных сосудов и кровотечением, которое бывает внутренним (наиболее опасное) и наружным. Внутреннее кровотечение возникает при проникающих ранениях в брюшную или грудную полость, при разрыве внутренних органов в результате сильного удара, падения с высоты, сдавливания и т.п. Кровь при этом скапливается во внутренних полостях тела.

Симптомы внутреннего кровотечения; бледность лица, слабость, частый пульс, одышка, головокружение, жажда, обморочное состояние. Остановить внутреннее кровотечение методами первой помощи нельзя. Пострадавшему необходимо обеспечить покой и вызвать врача. На место травмы следует положить холод (лед, снег и т.п.). Наружное кровотечение может быть:

- 1) капиллярным — кровь выступает отдельными каплями по всей поверхности раны;
- 2) венозное — кровь темно-красного цвета вытекает ровной струйкой;
- 3) артериальное — кровь обогащена кислородом алого цвета, вытекает в виде пульсирующей струи.

Остановить венозное кровотечение можно наложением тугой повязки ниже поврежденного места или наложить жгут, скрутку.

Наиболее опасное артериальное кровотечение. Остановить артериальное кровотечение можно наложением тугой повязки выше поврежденного места или наложить жгут, скрутку.

Для скрутки можно использовать шарф, пояс, ремень, резиновую трубку и т.п. Перед наложением жгута раненую конечность поднимают, жгут, скрутку накладывают поверх одежды или подкладывают под него кусок материи (рис. 5.1.).

Затягивать шнур нужно только до остановки кровотечения. Жгут нельзя оставлять в затянутом состоянии более 2 ч, иначе может наступить омертвление конечности, За это время необходимо доставить пострадавшего в ближайшее медицинское учреждение.



Рис. 6.1. Остановка кровотечения закруткой: а — затягивание узла; б— закручивание с помощью палочки; в — закручивание палочки

### ***Солнечный и тепловой удары.***

Признаки: вначале сильная головная боль, слабость, прилив крови к голове, шум в ушах, тошнота, головокружение, жажда, синюшность лица, одышка, пульс 120... 140 ударов в минуту, температура тела повышается до 40 °С. Кожа пострадавшего горячая и покрасневшая, зрачки расширены. У пострадавшего появляются судороги, галлюцинации, бред. Состояние быстро ухудшается и он может погибнуть в течение нескольких часов от паралича дыхания и остановки сердца.

Первая помощь: пострадавшего перенести в прохладное место, в тень, снять с него одежду и уложить, несколько приподняв голову, на голову и область сердца прикладывать холодные компрессы или поливать холодной водой. Если сознание не потеряно, надо обильно поить холодными напитками. Для возбуждения пострадавшему давать нюхать ватку, смоченную нашатырным спиртом. При нарушении дыхания или остановке сердца — немедленно проводить искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе разработан импульсный преобразователя напряжения с микроконтроллерным управлением.

Использование микроконтроллеров в преобразователях напряжения позволяет заметно упростить конструкции радиоэлектронных аппаратур, улучшить их качественные характеристики, обеспечить высокое подавления помех, повысить надежность, уменьшить габариты и массы. Кроме того, микроконтроллеры обеспечивают эффективную защиту от перегрузок и коротких замыканий в цепи нагрузки.

В импульсном преобразователе напряжения в качестве устройства управления применен микроконтроллер PIC16F876A-I/P. Микроконтроллер имеет два независимых 10-битных широтно-импульсных модулятора (ШИМ), пятиканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), содержит энергонезависимую память данных.

Рассмотрены устройства управления преобразователями напряжения, импульсные преобразователи напряжения и разработка устройств на микроконтроллерах. Разработаны структурная и принципиальная схема устройства, выбрана элементная база и произведен расчет основных узлов.

Произведен расчет надежности, среднее время наработки на отказ 19500 часов, а также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И.А. Каримов. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры его преодоления в условиях Узбекистана.-Т.: Узбекистан.
2. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. -М.: «Три Л», 2000.-400 с.
3. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. -М.:СОЛОН-ПРЕСС, 2008.-448 с.
4. Иванов-Цыганов А.И. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника».-М.: Высш.шк.,1991.-272 с.
5. Китаев В.Е. и др. Расчет источников электропитания устройств связи. Учебное пособие для высших учебных заведений.-М.: Радио и связь. 1993.-230 с.
6. Костиков В.Г., Парфёнов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов.-М.: Радио и связь, 1998г.
7. Mulder S.A. Loss formulas for power ferrites and their in transformer design. Philips Components. 1994.
8. Телекоммуникация ускуналари электр таъминотида оид терминларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. т.ф.д. М.Мухиддиновнинг тахрири остида. «Фан» нашриёти, 2009 й.
9. Хиленко В.И., Хиленко А.В. Электропитание устройств связи. Учебное пособие. М.: Радио и связь, 1998г.
10. Электропитание устройств связи / под ред. Ю.Д.Козляева.-М.: Радио и связь, 1998.-328 с.
11. Электропитание устройств связи: Учебник для вузов/А.А.Бокуняев, Б.В.Горбачев, В.Е.Китаев и др.; Под ред. В.Е.Китаева.-М.: Радио и связь. 1988.-280 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**