

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КОЛЛЕДЖ СЕРВИСА И ДИЗАЙНА

КУРСОВАЯ РАБОТА

МДК 03.02 «Теоретические основы ремонта различных
видов радиоэлектронной техники»

Теоретические основы ремонта импульсного блока
питания персонального компьютера

КД-С9-РЭ-21-164831.8206-с.01.000.КР

Студент СОРТ-21-1

Багель А.Д.

Руководитель

Козина Т.Н.

Содержание

Введение	3
1 Теоретическая часть	4
1.1 Основные параметры импульсного блока питания персонального компьютера	4
1.2 Анализ структурной схемы импульсного блока питания персонального компьютера..	5
1.3 Описание принципиальной схемы импульсного блока питания персонального компьютера.....	7
1.4 Анализ элементной базы импульсного блока питания персонального компьютера ..	12
2 Практическая часть	14
2.1 Основные правила техники безопасности.....	14
2.2 Описание основных методов ремонта	16
2.3 Обоснование выбора необходимой измерительной аппаратуры	18
2.4 Обоснование выбора необходимых материалов и инструментов.....	20
2.5 Составление типового алгоритма поиска неисправностей.....	22
2.6 Перечень основных неисправностей и способы их устранения	23
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	29

Введение

Выполнение курсовой работы способствует систематизации и закреплению знаний и умений при изучении междисциплинарного курса МДК 03. 02. Теоретические основы ремонта различных видов радиоэлектронной техники.

Тема курсовой работы «Теоретические основы ремонта импульсного блока питания персонального компьютера». В курсовой работе изучаются основные параметры, исследуется структурная схема, анализируется принцип действия, исследуются методы ремонта блока питания.

Компьютеры, ноутбуки, игрушечные железные дороги, радиоприемники и телевизоры - всюду трудятся блоки питания. Первый источник питания был изобретён в начале девятнадцатого века великим учёным Александром Вольтом. Целью курсовой работы является описание теоретических основ обслуживания и ремонта блока питания.

Чтобы выполнить поставленную цель необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать электрические параметры;
2. Изучить структурную схему;
3. Выполнить анализ принципиальной схемы;
4. Произвести анализ типовых неисправностей;
5. Ознакомиться с основными методами ремонта.

На основании этого составить типовой алгоритм поиска неисправностей.

1 Теоретическая часть

1.1 Основные параметры импульсного блока питания персонального компьютера

Встроенный источник электропитания компьютера — устройство, предназначенное для преобразования напряжения переменного тока от сети в напряжение постоянного тока с целью питания компьютера или компьютер-сервера.

Параметры, представленные в данном разделе, являются стандартными для блоков АТХ конструктива и могут быть использованы при работе с аналогичными изделиями других фирм-производителей. Общие требования, следующие:

- напряжения первичной питающей сети: 115 или 220 В;
- рабочий диапазон для первичного напряжения: 115 В-90-135 В; 220 В-180-265 В
- диапазон частот первичного питающего напряжения - 47-63 Гц;
- устойчивость к нестабильности сетевого напряжения (на частотах 50-60 Гц)

Основной функцией источника электропитания является обеспечение стабильного заданного выходного напряжения при изменении в широких пределах входного напряжения, выходного тока и рабочей температуры. Степень, с которой источник электропитания обеспечивает стабильность выходного напряжения в вышеприведенных условиях, является основным показателем качества источника. В таблицах 1;2 представленных ниже, расписано токопотребление БП при разной мощности и напряжений.

Таблица 1. Максимальное токопотребление типовым ИБП от первичной сети.

Напряжение сети (действующее значение)	Максимальная выходная мощность			
	150Вт	200Вт	230Вт	250Вт
115В	3А	4А	5А	6А
230В	1,5А	2,5А	3А	3,5А

Таблица 2. Диапазон токопотребления в нагрузках типового ИБП

Напряжение сети (действующее значение)	Максимальная выходная мощность			
	150Вт	200Вт	230Вт	250Вт
+5В	3-15А	5-20А	5-23А	5-25,5А
+12В	0,5-6А	2-8А	2-9А	2-9,5А
-5В	0-0,5А	0-0,5А	0-0,5А	0-0,5А
-12В	0-0,5А	0-0,5А	0-0,5А	0-0,5А

1.2 Анализ структурной схемы импульсного блока питания персонального компьютера

Структурная схема импульсного блока питания персонального компьютера конструктива ATX приведена на рис. 1.

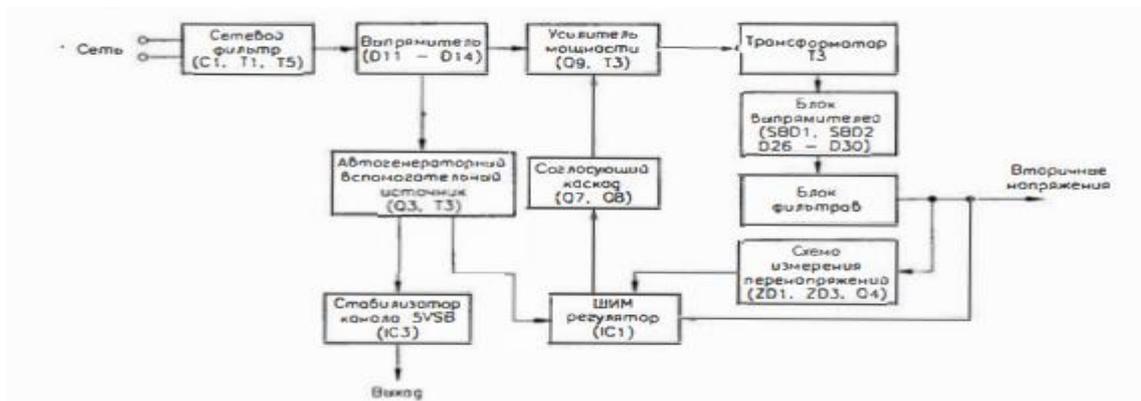


Рисунок 1 - Структурная схема импульсного блока питания ATX

Входное переменное напряжение 220 В, 50 Гц поступает на входной каскад импульсного преобразователя напряжения - на сетевой фильтр. Этот узел предназначен для подавления помех, возникающих в промышленной сети переменного тока и проникающих на вход данного источника питания. В направлении от данного источника питания в сеть распространяются помехи, производимые самим преобразователем и частично импульсными устройствами электронной схемы вычислительного средства. Помеха такого рода является кондуктивной, то есть может распространяться в проводах питающей сети и по проводникам вторичного питания источника. Помехи, распространяющиеся по проводам, могут быть симметричными и несимметричными. Так как заранее вид помехи предсказать трудно, то схема фильтра строится в расчете на подавление обоих видов помех.

К выходу сетевого фильтра подключается выпрямитель, выполненный по двухполупериодной схеме. В его состав входит селектор входного питающего напряжения - переключатель, установленный в корпусе источника питания. Позиции переключателя обозначены на его движке. Положение переключателя определяется по маркировке, которая видна через специальное окошко. С его помощью осуществляется выбор номинала напряжения питающей сети 115 или 220 В. Нагрузкой выпрямителя являются: полумостовой усилитель мощности основного высокочастотного преобразователя напряжения первичной сети и маломощная схема автогенераторного вспомогательного источника.

Во вторичную цепь АВИ включена схема линейного параметрического стабилизатора для формирования напряжения +5 В, обеспечивающая питание элементов

компьютера в течение дежурного режима. Для гальванической развязки с вторичными напряжениями питания к усилителю мощности подключен импульсный трансформатор ТЗ. Позиционное обозначение трансформатора соответствует принципиальной схеме источника питания. Импульсные напряжения с вторичных обмоток трансформатора поступают на блок выпрямителей. В схемах выпрямителей вторичных напряжений используются диоды различных модификаций, что определяется номинальной токовой нагрузкой каждого от цельного канала. Во вторичном канале напряжения +3,3 В введен дополнительный стабилизатор. Регулировка и подстройка номиналов вторичных напряжений по всем каналам осуществляется с помощью системы обратной связи, вход которой подключен к выходам блока фильтров.

Для управления работой усилителя мощности в цепи обратной связи применен каскад широтноимпульсного модулятора длительности импульсов возбуждения. После сравнения поступившего сигнала с эталонным уровнем, ШИМ каскад формирует сигналы об увеличении поступления энергии во вторичную цепь или о ее сокращении. В соответствии с этим производится модуляция длительности импульсов, которые через согласующий каскад, усиливающий их, подаются на входные цепи усилителя мощности. Воздействие на ШИМ регулятор оказывается не только при изменении вторичных напряжений в пределах диапазона регулирования, соответствующего нормальной работе, но и в случае возникновения экстренной ситуации (неконтролируемого увеличения или снижения напряжений на нагрузке). Ключевая СИП воздействует на ШИМ модулятор, блокируя его работу в случае возникновения аномальных процессов в цепи нагрузки.

В процессе работы блок питания нагревается. Одними из наиболее нагруженных его компонентов являются высоковольтные транзисторы и низковольтные диодные выпрямители, выделяющие значительное количество тепла.

Поэтому на них установлены радиаторы охлаждения. Кроме того, БП имеет вентилятор. Задний вентилятор расположен на его задней стенке у гнезда шнура питания и работает на выдув; нижний вентилятор работает на вдув и расположен на съёмном кожухе, прикреплённом винтами к корпусу БП. На стенках корпуса такого БП, расположенных во внутреннем пространстве корпуса системного блока расположены отверстия, через которые засасывается холодный воздух в БП. 120-мм вентилятор расположен во внутреннем пространстве корпуса системного блока. Задняя стенка такого БП выполнена в виде решётки, через которую выходит нагретый воздух.

Для защитного отключения схемы первичного преобразования входного напряжения при неисправностях во входной цепи перед помехоподавляющим фильтром установлен плавкий предохранитель. Наличие плавкого предохранителя обязательно и является выполнением соответствующего требования «Руководства по проектированию источников питания». Ток его срабатывания составляет 5 А при уровне питающего напряжения 250 В. Предельные параметры предохранителя выбраны с учетом технологического запаса. Необходимость выбора предохранителя с таким запасом обусловлена использованием емкостного фильтра, установленного после диодного выпрямителя. В соответствии с законом коммутации, напряжение на конденсаторе не может изменяться мгновенно (скачком), то есть в начальный момент подключения преобразователя к питающей сети конденсаторы фильтра С5 и С6 представляют собой короткозамкнутые элементы. В этот момент через цепь входного фильтра происходит скачок тока, который снижается по мере зарядки этих конденсаторов.

В качестве ограничителя пускового тока и для обеспечения плавной зарядки емкостей преобразователя используется терморезистор NTCR1. Терморезистор имеет отрицательный коэффициент сопротивления (обозначен на схеме – t) и соответственно при нагревании сопротивление этого резистора уменьшается. В исходном (холодном) состоянии терморезистор имеет сопротивление, равное нескольким омам, поэтому в начальный (пусковой) момент он выполняет функции ограничителя тока. В процессе работы схемы преобразователя происходит постепенный разогрев терморезистора, при этом его сопротивление снижается до нескольких десятых долей ома. В рабочем режиме он не оказывает заметного влияния не только на работу схемы, но и на его энергетические показатели источника питания.

Далее по схеме между предохранителем и диодным выпрямителем включен индуктивно-емкостной сетевой фильтр, выполненный на элементах С1, Т1, С2, Т5, С3 и С4. Фильтр осуществляет функции помехоподавления как для внешних помех, проникающих из питающей сети на вход источника, так и для внутренних, возникающих при работе ВЧ преобразователя. В фильтре использованы индуктивные элементы, изготовленные с применением высокочастотных ферритовых сердечников – дросселей Т1 и Т5. Поскольку в современных аппаратных средствах вычислительной техники применяются импульсные устройства (цифровые логические элементы электронных схем, импульсные источники питания), основной спектр помех смещен в область частот с нижней границей 20–30 кГц. Помехи, проникающие в сеть от вычислительных средств, являются комбинацией частотных составляющих, появляющихся в результате импульсных помех преобразователя

напряжения и информационных составляющих обрабатываемых данных. Для подавления несимметричных помех используется звено П-типа, состоящее из нескольких элементов: конденсатора С1, дросселя Т1 и конденсатора С2.

Второе звено фильтра, выполненное на следующих элементах: конденсаторе С2, дросселе Т5 с двумя обмотками, включенными навстречу друг другу (отмечено на схеме точками), конденсаторах С4 и С3, – предназначено для фильтрации симметричных помех. Элементы фильтра выбраны таким образом, что затухание помех по мере увеличения частоты их спектральных составляющих относительно частоты среза фильтра непрерывно возрастает. Энергия, накопленная в индуктивно-емкостных элементах входного фильтра, позволяет компенсировать кратковременные сбои питающего напряжения. Точка соединения конденсаторов С4 и С3 выведена на корпус и подключается к защитному заземлению. Подобная конструкция помехоподавляющего фильтра предполагает обязательное заземления корпуса прибора. Если этого не сделать, то на корпусе будет присутствовать потенциал, равный половине питающего напряжения. В данном варианте схемы импульсного источника питания не применяется автоматическое опознавание номинала напряжения первичной питающей сети. При напряжении первичной сети равном 220 в средний контакт переключателя остается свободным и никуда не подключается. Если работа источника питания должна производиться с питанием от напряжения 115 В, то средний контакт переключателя при коммутации соединяется с точкой соединения конденсаторов С5 и С6.

Рассмотрим, как переключатель действует на схему. В положении переключателя, соответствующем входному переменному напряжению 220 В, в работе находятся все диоды двухполупериодного выпрямителя D11 – D14. Действующее значение выпрямленного напряжения, измеренного на положительной обкладке конденсатора С5 относительно отрицательной обкладки С6, составляет $220 \text{ В} \times 1,41 = 310 \text{ В}$. Именно на напряжения, близкие к данной величине, рассчитаны все рабочие режимы усилителя мощности, вторичные цепи и параметры стабилизации ШИМ формирователя. Если сохранять схему выпрямителя без изменения, то при переходе на питание от пониженного напряжения, то есть 115 В, действующее значение напряжения должно снизиться до уровня $115 \text{ В} \times 1,41 = 162 \text{ В}$. Для того чтобы значение выпрямленного напряжения не изменилось переключателем подключают один из фазных проводов первичной сети к точке соединения конденсаторов С5 и С6. В этом случае схема подключения питающего напряжения выглядит так, как показано на рис. 2.3а. Переключатель S1 на этом рисунке показан в замкнутом положении. В активной выпрямительной схеме реально работают только диоды

D12 и D14. Диоды же D11 и D13 не влияют на состояние схемы, так как они оказываются шунтированными замкнутым переключателем S1. Таким образом, полученная схема эквивалентна схеме, представленной на рис. Такой вид выпрямителя известен, как схема с удвоением входного напряжения.

Выходное выпрямленное напряжение будет иметь значение ~ 325 В. Условия работы основных каскадов по напряжению первичного питания сохранены и выполняются. Общая мощность потребления переменного тока источником питания от сети при изменении напряжения сохраняет свое значение. Но при питании от напряжения 115 В ток потребления возрастает примерно в два раза по сравнению с аналогичными условиями работы при питании источника от напряжения 220 В. К установке переключателя селектора входного напряжения следует относиться особенно осторожно. Если селектор напряжения будет установлен в положение 115 В и в таком состоянии источник питания будет подключен к питающей сети на 220 В, то сработает схема удвоения напряжения. Напряжение на положительной обкладке конденсатора C5 будет стремиться к значению $220 \text{ В} \times 1,41 \times 2 = 620 \text{ В}$. Уровни рабочих напряжений большинства элементов не рассчитаны на такой режим электропитания. Поэтому произойдет пробой силовых транзисторов усилителя мощности, диодов выпрямительного моста, сгорит предохранитель и могут выйти из строя конденсаторы сетевого фильтра C5 и C6, предельное напряжение которых обычно не превышает более 200 В. Предохранитель не сможет защитить активные элементы схемы до их пробоя. Менее критичным является включение источника питания в сеть 115 В с переключателем, установленным в положение 220 В. В этом случае значение входного напряжения будет ниже минимального значения, определенного в основных технических характеристиках в 180 В. Условия работы схемы, не будут выполнены и преобразователь не запустится.

Плавкий предохранитель F1 перегорает, когда через пробитые транзисторы начинает протекать значительно увеличенный ток. Сгоревший предохранитель не позволит развиваться процессу повреждения источника питания. Контроль уровня входного напряжения выполняется с помощью двух варисторов Z1 и Z2, установленных во входной цепи источника питания. Варисторы – нелинейные элементы, сопротивление которых зависит от приложенного к ним напряжения. Если напряжение на варисторе не превышает определенного значения, то его сопротивление остается высоким и практически не изменяется. В случае повышения напряжения его сопротивление резко снижается. Эта способность варисторов используется и для создания узла защиты от 14 повышения входного питающего напряжения. Наиболее распространенный тип варисторов,

применяемых в источниках питания, – 07D241. Первый варистор – Z1 постоянно подключен параллельно входным клеммам источника питания. Он рассчитан на срабатывание при напряжении, превышающем значение 260 В, когда его сопротивление снижается настолько, что увеличенный ток выжигает предохранитель F1. Варистор Z2 установлен между средней точкой конденсаторов C5 и C6 сетевого фильтра и корпусом источника питания. Этот элемент выполняет защитные функции при попадании потенциала на корпус прибора. Напряжение на Z2 в нормальных рабочих условиях не превышает 170 В или, если быть точным, 155 В при первичном питании от 220 В и 162 В при питании от 115 В. Попадание фазного напряжения на корпус вызовет увеличение напряжения на Z2, его сопротивление уменьшится и предохранитель F1 сгорит.

Общий принцип функционирования источника питания заключается в следующем. После подачи на вход источника переменного напряжения питания, выпрямления его диодным мостом на диодах D11 – D14 и фильтрации на сглаживающем фильтре, образованном дросселем Т и конденсаторами C5, C6, постоянное напряжение с номинальным значением 310 В поступает на каскад усилителя мощности, основными активными элементами которого являются транзисторы Q9, Q10, и на каскад однотактного высокочастотного преобразователя. Последний выполнен на транзисторе Q3. Если выпрямленное питающее напряжение превышает $\sim 180 \text{ В} \times 1,41 = 254 \text{ В}$ (уровень нижней границы питающего напряжения), происходит самовозбуждение преобразователя на Q3. В состав каскада этого автогенератора входит трансформатор Т6, к вторичной обмотке которого подключены выпрямители на диодах D8 и D9, с выхода которых снимается напряжение для питания ШИМ формирователя и стабилизатора канала питания схемы компьютера в дежурном режиме (+5 VSB). Один вывод вторичной обмотки трансформатора Т6 подсоединен к общему проводу вторичного питания.

Выпрямители ШИМ канала и стабилизатора напряжения питания в дежурном режиме подключены к двум включенным последовательно полуобмоткам трансформатора Т6. Выпрямитель ШИМ формирователя образован диодом D9. Фильтрация напряжения с выхода этого выпрямителя осуществляется конденсатором C24. Выпрямитель и фильтр канала дежурного режима (+5VSB) образован диодом D8 и конденсатором C14 соответственно. При поступлении питания ШИМ преобразователь запускается и начинает формировать импульсные сигналы для возбуждения усилителя мощности. Усилитель мощности выполнен на транзисторах Q9 и Q10 по полумостовой схеме. Для нормальной работы 15 усилителя мощности необходимо, чтобы транзисторы открывались по очереди и в разные промежутки времени. Включение транзисторов в полумостовой схеме требует,

чтобы была исключена возможность их одновременного открывания и протекания сквозного тока, так как это выведет их из строя. Обеспечение корректной работы транзисторов силового каскада выполняется логикой формирования управляющих последовательностей ШИМ регулятора. С вторичных обмоток трансформатора ТЗ импульсные напряжения поступают во вторичные цепи, где происходит их выпрямление и фильтрация. Полученные напряжения затем стабилизируются и используются для питания. К каналам вторичных напряжений подключены датчики, выполняющие функции измерительных цепей по выявлению короткого замыкания в нагрузке, неконтролируемого повышения напряжений по каналам и контролю текущего уровня основных вторичных напряжений. Сигналы этих датчиков воздействуют на ШИМ преобразователь, определяя род его работы в каждый момент времени.

1.4 Анализ элементной базы импульсного блока питания персонального компьютера

Для диагностики и ремонта электронной части БП может потребоваться информация об элементной базе, которая приведена ниже.

Микросхема IC1 TL494 – ШИМ преобразователь. На рисунке 3, расписано обозначение выводов микросхемы TL494, что необходимо при проверке и ремонте.

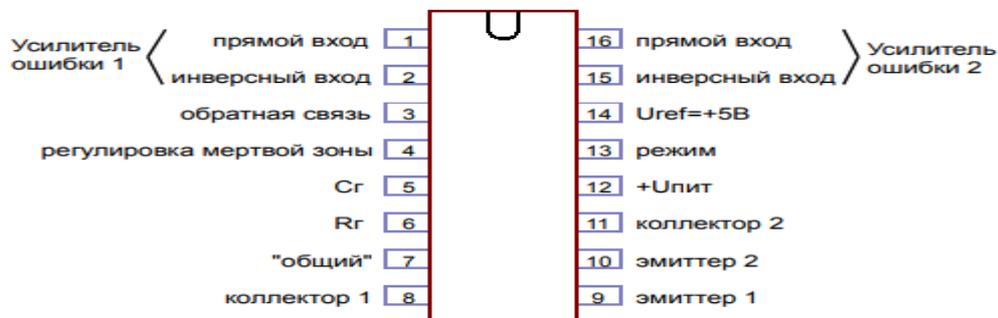


Рисунок 3 - распиновка микросхемы ШИМ контроллера.

Микросхема IC2 LM393 – цепь защиты, формирование сигнала PG. На рисунке 4, расписано обозначение выводов микросхемы LM393, что необходимо при проверке и ремонте.

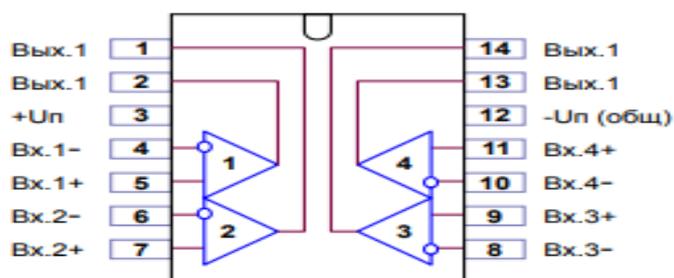


Рисунок 4 – распиновка микросхемы LM393

- 1 – Выход первого компаратора
- 2 – Отрицательный вход первого компаратора
- 3 – Положительный вход первого компаратора
- 4 – Земля
- 5 – Положительный вход второго компаратора
- 6 – Отрицательный вход второго компаратора
- 7 – Выход второго компаратора
- 8 - Питание

Q9 Q10 – Усилитель мощности (2SC4242) – Биполярные кремниевые транзисторы структуры NPN.

Q3 – Автогенераторный вспомогательный источник (C3457) – Биполярный транзистор структуры NPN.

Q7 Q8 – Промежуточный усилитель (C945) - Биполярный транзистор, высокочастотный структуры NPN.

Q1, Q2, Q4 - Q6 - установлен для ШИМ регулятора с целью получения сигналов о неконтролируемом возрастании или понижении уровней вторичного напряжения; он используется также для защиты вторичных цепей.

Q1 – R733 - Биполярный транзистор структуры PNP.

Q2; Q4; Q6 – C945 - Биполярный транзистор, высокочастотный структуры NPN.

Q3 – C3457 - Биполярный транзистор структуры NPN.

Q5 – A733 - Биполярный транзистор структуры PNP.

D11-D14 (1N5406) Диодный мост.

D8; D9 – Выпрямители питания ШИМ и стабилизатора напряжения питания схемы в дежурном режиме.

SBD1 (CTX128) – Вторичный выпрямитель +12В.

SBD2 (D89-004) – Вторичный выпрямитель +5В.

D26; D27 – Вторичные выпрямители -5В.

D28; D29; D30 – Вторичные выпрямители -12В.

SBD3 (F10P048) – Вторичный выпрямитель + 3,3В.

D31 – Стабилизатор канала + 3,3В.

D15; D18; D19; D20 – Защита.

Знание элементной базы дает возможность подбирать аналоги, лучше ориентироваться в принципиальной схеме, что способствует более простому ремонту.

2 Практическая часть

2.1 Основные правила техники безопасности

- К выполнению электромонтажных работ под руководством мастера производственного обучения (преподавателя) допускаются обучающиеся, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.
- Обучающиеся должны соблюдать правила поведения, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.
- При выполнении электромонтажных работ возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:
 - поражение электрическим током при прикосновении к оголенным проводам и при работе с приборами, находящимися под напряжением;
 - травмирование рук при использовании неисправного инструмента;
 - пайка деталей, проводов с использованием оловянно-свинцовых припоев.
- При выполнении электромонтажных работ должна использоваться следующая спецодежда и индивидуальные средства защиты: халат хлопчатобумажный, берет, диэлектрические перчатки, диэлектрический коврик, указатель напряжения и инструмент с изолированными ручками.
- В помещении для выполнения электромонтажных работ должна быть мед. аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.
- Обучающиеся обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. В помещении для выполнения электромонтажных работ должен быть огнетушитель и ящик с песком.
- При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить мастеру производственного обучения (преподавателю), который сообщает об этом администрации учреждения. При неисправности оборудования, инструмента прекратить работу и сообщить об этом мастеру производственного обучения (преподавателю).
- В процессе работы соблюдать правила ношения спецодежды, пользования индивидуальными и коллективными средствами защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.
- Обучающиеся, допустившие невыполнение или нарушение Инструкции по охране труда, привлекаются к ответственности, и со всеми обучающимися проводится внеплановый инструктаж по охране труда.

- Требования безопасности перед началом работы
- Надеть спецодежду, волосы тщательно заправить под берет.
- Проверить состояние и исправность оборудования и инструмента.
- Подготовить необходимые для работы материалы, приспособления и разложить на свои места, убрать с рабочего стола все лишнее.
- Подготовить к работе средства индивидуальной защиты, убедиться в их исправности.
- При пайке деталей и проводов с использованием оловянно-свинцовых припоев включить вытяжную вентиляцию.
- Требования безопасности во время работы
- Запрещается подавать на рабочие столы учащихся напряжение выше 42В переменного и 110В постоянного тока.
- Собирать электрические схемы, производить в них переключения необходимо только при отсутствии напряжения. Источник тока подключать в последнюю очередь.
- Электрические схемы собирать так, чтобы провода не перекрещивались, не были натянуты и не скручивались петлями.
- При пайке использовать в качестве флюса только канифоль, кислотой пользоваться запрещается.
- Собранную электрическую схему включать под напряжение только после проверки ее мастером производственного обучения (преподавателям).
- При работе с электрическими приборами и машинами следить, чтобы руки, одежда и волосы не касались вращающихся деталей машин и оголенных проводов.
- Не проверять наличие напряжения прикосновением пальцев, использовать для этого указатель напряжения.
- Не оставлять без надзора не выключенные электрические устройства.
- Строго выполнять инструкцию по охране труда при электропаянии.
- Требования безопасности в аварийных ситуациях
- При обнаружении повреждений электропроводки, неисправности оборудования, приборов немедленно отключить питание и сообщить об этом мастеру производственного обучения (преподавателю).
- При загорании электрооборудования немедленно выключить рубильник и приступить к тушению очага возгорания углекислотным, порошковым огнетушителем или песком.

– При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение и сообщить об этом администрации учреждения

2.2 Описание основных методов ремонта

Неисправности, возникающие в бытовой радиотехнике при эксплуатации, хранении и транспортировке могут быть вызваны различными факторами. В первую очередь их можно разделить на механические и электрические. Механические неисправности связаны с поломкой или повреждением элементов различных схем привода устройства загрузки носителей аудиоинформации и т.п. Электрические вызываются выходом из строя или нарушением режимов тех или иных элементов электрической принципиальной схемы, а также дефектами монтажа.

Неисправность приводит к нарушению работы радиоаппаратуры. Такие нарушения работоспособности принято называть отказом. Конструкция влияет на отказ в следствии нарушения установленных норм, правил конструирования радиоаппаратуры. Производственным отказом называется нарушение технологического процесса при изготовлении или ремонте. Эксплуатационный – в результате нарушения установленных правил или условий эксплуатации. Для обнаружения явных отказов не требуется измерительных приборов они проявляются сразу.

Скрытые дефекты не имеют внешних признаков и их можно обнаружить только с помощью соответствующих измерений. Характерным свойством внезапных отказов является скачкообразное изменение одного или нескольких параметров. При постепенных отказах их значение изменяется постепенно. Если отказ того или иного элемента аппаратуры вызван отказом другого ее элемента – это зависимый отказ. При отсутствии такой связи отказы считаются независимыми. Сбоями называются само устраняемые отказы приводящие к кратковременному нарушению работоспособности аппаратуры. Передающиеся представляют собой многократно возникающий сбой одного и того же характера. Практика показывает, что найти причину неисправности в современной бытовой радиоэлектронной аппаратуре бывает значительно сложнее чем устранить ее. Знание наиболее распространенных практических способов поиска местонахождения отказов позволит вести ремонт с наименьшими затратами времени и средств.

При ремонте необходимо использовать следующие методы:

- метод анализа монтажа - этот метод позволяет, используя органы чувств человека
- (зрение, слух, осязание, обоняние), отыскать место нахождения дефекта со следующими признаками: сгоревший радиоэлемент, некачественная пайка, трещина в

печатном проводнике, дым, искрение и т.д.; разнообразные звуковые эффекты (писк, "цыкание" и т.д.), источником которых является импульсный трансформатор ИБП; перегрев радиоэлементов; запах сгоревших радиоэлементов;

– метод измерений основан на использовании измерительных приборов при поиске дефектов: вольтметра, омметра, осциллографа; при периодическом срабатывании защиты, например, предпочтительнее начинать с анализа измеренных высокоомным вольтметром напряжений на выводах транзисторов, это вызвано тем, что при проверке неисправного транзистора омметром, периодический обрыв его вывода может быть временно устранен, однако такое восстановление работоспособности схемы ненадежно и в дальнейшем "потерянный" дефект обязательно проявится;

– метод замены основан на замене сомнительного радиоэлемента на заведомо исправный;

– метод исключения основан на временном отсоединении (при возможной утечке или пробое) или перемыкание выводов (при возможном обрыве) сомнительных элементов, при поиске дефекта следует широко использовать как "прозвонку" цепей нагрузки, так и отсоединение подозрительных цепей;

– метод воздействия основан на анализе реакции схемы на различные манипуляции, производимые техником: изменение положений движков установочных переменных резисторов (если они имеются), перемыкание выводов транзисторов в цепях постоянного тока (эмиттер с базой, эмиттер с коллектором), изменение напряжения питающей сети (с контролем по осциллографу работы схемы кадровой развертки), поднесение жала горячего паяльника к корпусу сомнительного радиоэлемента и т.п. манипуляции;

– метод электропрогона позволяет отыскать периодически повторяющиеся дефекты и проверить качество произведенного ремонта (в последнем случае прогон должен составлять не менее 4 часов);

– метод простука позволяет выявить дефекты монтажа на включенном телевизоре путем покачивания элементов, подергивания за проводники, постукивания по шасси резиновым молоточком и др.;

– метод эквивалентов основан на временном отсоединении части схемы и замене ее совокупностью элементов, оказывающих на нее такое же воздействие; подобными участками схемы могут быть генераторы импульсов, вспомогательные источники постоянного напряжения, эквиваленты нагрузок; при этом любые конкретные характеристики блока, полученные из документации на него, либо считанные с его корпуса,

могут и должны быть использованы при его ремонте; при устранении неисправности техник должен не только применять эти методы в чистом виде, но и комбинировать их.

Если правильно выбран метод ремонта, то ремонт будет произведен быстро и качественно.

2.3 Обоснование выбора необходимой измерительной аппаратуры

Для осуществления измерений и регулировки универсального вольтметра необходимы следующие измерительные приборы: для измерения параметров цепей, контроля режимов работы микросхем или других полупроводниковых приборов используется мультиметр, например Mastech MY68; для исследования формы сигнала, фазы или измерения частоты используется универсальный осциллограф, например GOS-7630FC. Технические характеристики приборов приведены в таблицах 3, 4.

Таблица 3 - Технические характеристики цифрового мультиметра Mastech MY68

Количество измерений в сек.	2-3
Разрядность	3¾ (3260)
Постоянное напряжение	U=326мВ (± 0,5%) 3,26В / 32,6В / 326В (± 0,3%) 1000В (± 0,5%)
Переменное напряжение	U~3,26В / 32,6В / 326В / 700В (± 0,8%)
Переменный ток	I~*0,326мА / 3,26мА / 32,6мА / 326мА (± 1,5%); 10А (± 3,0%)
Постоянный ток	I=**0,326мА / 3,26мА / 32,6мА / 326мА (± 1,2%); 10А (± 2,0%)
Сопротивление	R326Ом / 3,26кОм / 32,6кОм / 326кОм / 3,26Мом; 32,6МОм (± 1,2%)
Входное сопротивление	R10 МОм
Ёмкость	С 326нФ / 326мкФ(± 3,0%)
Память «HOLD»	есть
Частота	F32,6кГц (± 1,2%); 150кГц (± 2,5%)
Коэффициент усиления Транзисторов	до 1000
Режим «прозвонка»	<50 Ом
Диод-тест	есть
Питание	9В (типа NEDA 1694, Крона ВЦ)
Габариты, мм	91 × 189 × 31,5
Вес, грамм (с батареей), гр	310

Сервис	Индикация разряда батарейки Индикация перегрузки «1»
--------	---

Таблица 4 - Технические характеристики осциллографа GOS-7630FC

КАНАЛ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	
Полоса пропускания	0 ... 30МГц (-3дБ) (0 ... 7МГц при усилении x5)
Коэффициент отклонения	5мВ/дел ... 5В/дел (шаг 1-2-5), усиление ×5
Погрешность установки	±3% (±5% при 1 мВ/дел, 2 мВ/дел)
Регулировка	Плавное перекрытие в 2,5 раза
Время нарастания	≤ 11,7нс (≤ 50нс при 1 мВ/дел, 2 мВ/дел)
Входной импеданс	1МОм/25пФ
Максимальное входное напряжение	300В (DC+АСпик., до 1кГц)
Режимы работы	Канал 1, канал 2, каналы 1+2, каналы 1 и 2 прерывисто или поочередно
Выход канала 1	≥ 20мВ/дел на 50Ом, частота 50 Гц ~ 5 МГц
КАНАЛ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТКЛОНЕНИЯ	
Коэффициент развертки	0,2мкс/дел ... 0,5с/дел (шаг 1-2-5), растяжка ×10
Погрешность установки	±3% (±5% при растяжке x10)
Регулировка	Плавное перекрытие в 2,5 раза
СИНХРОНИЗАЦИЯ	
Источники синхронизации	Автовыбор, канал 1, канал 2, сеть, внешний
Режимы запуска развертки	Автоколебательный, ждущий, ТВ (кадр, строка)
Уровень внешней синхронизации	До 300 В (DC+АС пик., до 1 кГц)
Вход внешней синхронизации	1 МОм / 30 пФ
X-Y ВХОД	
Полоса пропускания	0 ... 500 кГц (-3 дБ)
Коэффициент отклонения	5 мВ/дел...5 В/дел (±4%)
Разность фаз X-Y	≤ 3° в диапазоне 0 ... 50 кГц
Z-ВХОД	
Частотный диапазон	0 ... 2 МГц
Чувствительность	≥ 5 В (макс. до 30 В DC+AC пик., до 1 кГц)
Входное сопротивление	47 кОм
ЭЛТ	
Размер экрана	8 x 10 дел. (1 дел. = 10 мм)
Напряжение ускорения	2 кВ
ЖК-ИНДИКАТОР	
Функции	Отображение коэффициента развертки, коэф. отклонения, X-Y режим, частоты входного сигнала (5 разрядов)
Подсветка	оранжевая
ЧАСТОТОМЕР	
Диапазон	50 Гц ... 30 МГц
Число разрядов	5
Погрешность измерения	±0,05 %: 50 Гц – 1 кГц, ±0,02 %: 1 кГц – 30 МГц

Чувствительность	> 2 делений по горизонтальной оси
ОБЩИЕ ДАННЫЕ	
Напряжение питания	115 В / 230 В ± 15%, 50 / 60 Гц

2.4 Обоснование выбора необходимых материалов и инструментов

На рабочем месте размещается оборудование для обслуживания и ремонта радиоэлектронной техники:

Плоскогубцы.

В комплект монтажного инструмента обычно входит пара плоскогубцев. Одни длиной 150-170 мм имеют насечку на губках и служат для вытягивания толстых одножильных проводов, поджатия различных крепежных скобок. Другие длиной 100-120 мм имеют более тонкие и узкие губки длиной 40-50 мм без насечки, чтобы при сгибании изоляционного провода не портить его поверхность, а при укладке изолированного не повредить изоляцию.

Кусачки.

Для монтажных работ наиболее удобны боковые кусачки – бокорезы, которыми можно откусывать лишние концы проводов внутри прибора. Режущие губки таких кусачек должны быть острыми и плотно сходиться. Боковыми кусачками можно резать провода диаметром 2 мм. Провода большого диаметра режут менее удобными торцовыми кусачками, режущие губки которых расположены под прямым углом к плоскости рукояток. Иногда ими трудно подобраться к откусываемому проводу, но они более прочны. Боковые и торцовые кусачки выбирают обычно одной длины – не более 150 мм. Для монтажных работ с толстыми проводами полезно иметь торцовые кусачки длиной 200 мм.

Пинцеты.

Обычно используют хирургические пинцеты длиной не более 130-140 мм и часовые. Пинцет должен хорошо пружинить. Часовой пинцет имеет острые сходящиеся концы и применяется при работе с проволокой диаметром 0,03-0,08 мм (заделка концов обмотки потенциометров, контурных катушек). Для заводки, выгибания и закрепления концов проводов на деталях, поддержки провода по пайке используют более прочный, имеющий насечки на губках, хирургический пинцет.

Паяльник.

Электрические паяльники непрерывного действия обеспечивают интенсивный подвод тепла к месту пайки. Необходимо работать электропаяльниками, рассчитанными на питание переменным током от понижающего трансформатора напряжением 12—42В, так как при работе электропаяльниками с питанием от сети 127 или 220В в случае пробоя

изоляции между нагревателем и стержнем можно оказаться под воздействием напряжения, опасного для жизни. Стержень выполняют из меди. Рабочая часть его должна быть зашпильена с двух сторон под углом 30—40°, а затылочная часть — под углом 75—80°. Такая форма рабочей части паяльника обеспечивает хорошее стекание припоя в месте спая.

На рабочем месте размещаются расходные материалы, используемые при ремонте радиоэлектронной техники:

Припой.

Припой должен обладать следующими качествами: хорошо растворять основной металл, смачивать его, иметь хорошую жидкотекучесть и достаточную механическую прочность. Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления основного металла.

В качестве припоев используют цветные металлы и их сплавы, которые в зависимости от температуры плавления подразделяются на низкотемпературные (мягкие) с температурой плавления до 350С и высокотемпературные (твердые) с температурой плавления 350...1850С.

В соответствии с ГОСТ 21 930-76 и ГОСТ 21 931-76 припои характеризуются температурой начала и конца плавления.

При монтажной пайке применяют оловянно-свинцовые припои.

Припоями называют цветные металлы и сплавы, которые предназначены для создания неразъемных соединений металлических частей путем пайки. В расплавленном состоянии припой смачивают поверхность металлов, проникают в зазоры между соединяемыми деталями и после затвердения дают прочное соединение. Для пайки монтажных соединений в радиоэлектронной аппаратуре широко применяют припои марок ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61, ПОСК.-50-18.

Флюсы.

Для успешного осуществления пайки и получения качественного соединения применяются активные вещества – флюсы. По своему состоянию флюсы могут быть твердыми (канифоль чистая), мягкими (различные пасты на основе канифоли) и жидкими (составы кислот или спиртовые флюсы на основе разведенной канифоли).

Флюсы должны обеспечивать своевременное и полное растворение оксидов основного металла, равномерное покрытие поверхности металла у места пайки и предохранение его от окисления в продолжение всего процесса пайки.

При электронной пайке РЭА в основном применяют флюс ФКСп (30...40%-й раствор канифоли на этиловом спирте).

2.5 Составление типового алгоритма поиска неисправностей

Процесс поиска неисправностей представляет собой совокупность элементарных проверок, т.е. физических экспериментов над ремонтируемым устройством, определяемых значением воздействия, которое подается на устройство, а также его реакцией на это воздействие. Процесс поиска неисправности требует глубокого анализа результатов измерений многократного сравнения этих результатов. При отыскании неисправности в РЭТ можно использовать технологическую схему контроля и поиска неисправностей, приведенную на рисунке 5.

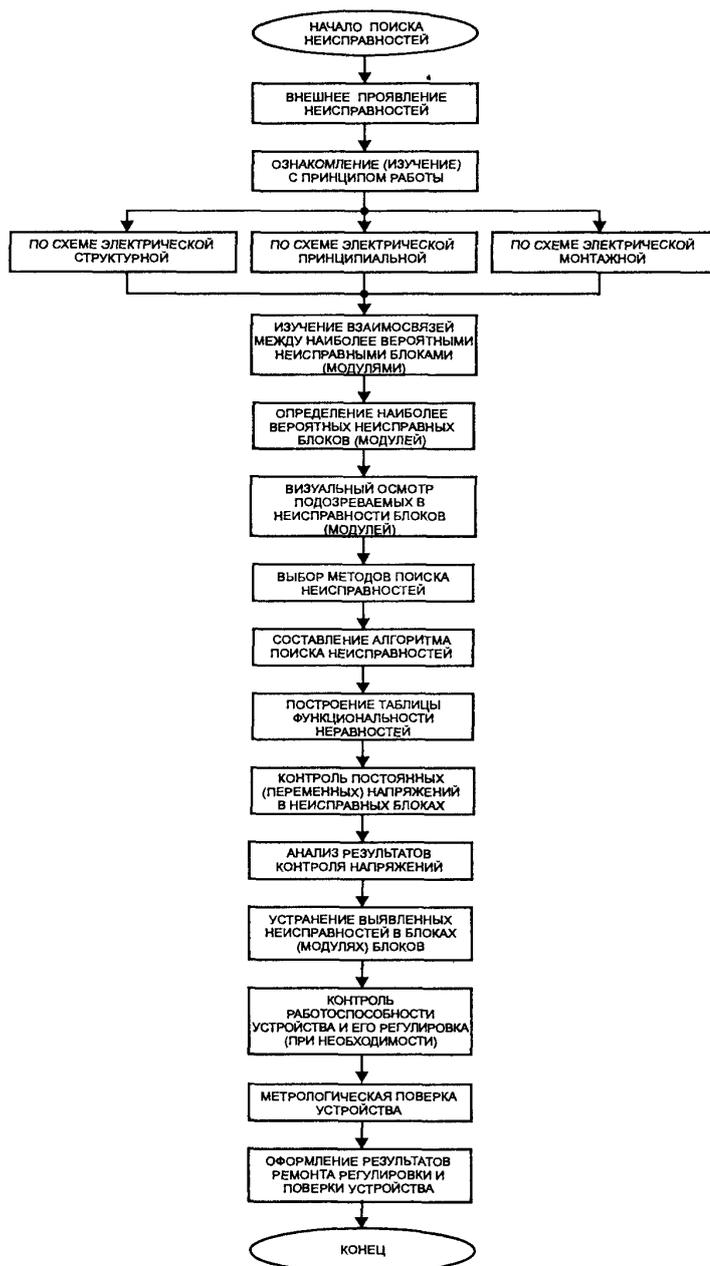


Рисунок 5 – Технологическая схема контроля и поиска неисправностей в РЭТ

2.6 Перечень основных неисправностей и способы их устранения

Проведение ремонтных работ любого электронного устройства в большинстве случаев имеет комплексный характер. Поиск неисправности, ее локализация и устранение проводятся, как правило, с помощью контрольно-диагностических измерительных приборов.

При включении блока питания сгорает предохранитель.

Возможная причина: в каскаде усилителя мощности неисправны силовые транзисторы.

Алгоритм поиска неисправности:

1. При отключенном электропитании импульсного преобразователя тестером провести проверку целостности внутренней структуры силовых транзисторов Q5 и Q6. Дополнительно проверить отсутствие электрического контакта корпусов этих транзисторов с радиатором.

2. Выход из строя силовых транзисторов может повлечь за собой отказ пассивных элементов, установленных в базовых цепях транзисторов.

Возможная причина: выход из строя элементов, обеспечивающих режим медленного запуска источника питания.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Убедиться в целостности печатных проводников, соединяющих элементы R16 и С6 с соответствующими выводами микросхемы IC1.

2. Обязательно проконтролировать соответствие обозначенных на элементах номиналов реальным параметрам, а также отсутствие повреждений на них.

Возможная причина: переключатель S1 установлен неправильно, вследствие чего уровень входного напряжения не соответствует номиналу.

После подачи питания запуска источника не происходит.

Возможная причина: неисправность в цепи фильтрации импульса начального питания.

Алгоритм поиска неисправности:

1. В схеме с самовозбуждением узел начального питания ШИМ преобразователя IC1 подключается к выходу выпрямителя канала +12 В. В схеме, это диод D18 и RC фильтр на С17, С18 и R31. Если есть повреждение в цепи, связывающей указанные элементы, то начальный импульс не дойдет до микросхемы IC1. Если же существуют повреждения конденсаторов в цепи фильтрации, то импульс, действующий на IC1/12, будет очень коротким и внутренняя логика микросхемы не успеет выработать импульсы возбуждения усилителя мощности.

2. Для проверки работы цепи подачи первичного питания на микросхему IC1 при подключении источника питания к сети переменного тока проконтролируйте появление положительного импульса на конденсаторе C18, его сглаживание на C17 и подачу этого напряжения на вывод IC1/12.

Возможная причина: отказ элементов каскада задержки включения защиты на транзисторе Q2.

Алгоритм поиска неисправности:

1. В начальный момент включения источника питания вследствие появления импульса положительной полярности на базе Q2 транзистор открывается и шунтирует каскад датчиков перегрузки вторичных цепей на Q1. Если импульс не появляется или неисправен транзистор Q2, шунтирование не происходит. В отсутствие вторичных напряжений транзистор Q1 закрыт и на его коллекторе устанавливается напряжение, равное по уровню опорному выработанному на IC1/14. Высокий уровень напряжения через диод D4 поступит на IC1/4 и вызовет блокировку ШИМ преобразователя.

2. При нормальной работе каскада на Q2 после появления импульса начального питания на IC1/12 через конденсатор C5 проходит положительный импульс, уровень которого делится на резисторах R4 и R5. По мере перезаряда конденсатора C5 напряжение на базе Q2 снижается и синхронно с ним закрывается транзистор Q2.

Возможная причина: после включения происходит блокировка ШИМ преобразователя. Алгоритм поиска неисправности:

1. Блокировка ШИМ преобразователя может возникать из-за сигналов, поступающих на входы IC1/15 и IC1/4. Ложное срабатывание защиты по входу IC1/15 может возникнуть, если нарушены связи между резисторами R13 - R15. Если из трех резисторов с IC1/15 соединен только один R14, то на этом выводе будет отрицательное напряжение.

2. Для проверки данного узла следует проверить все соединения элементов, подключенных к IC1/15, на соответствие принципиальной схеме.

Возможная причина: происходит ложное срабатывание защиты из-за нарушения электрических связей между элементами в эмиттерной цепи Q1.

Алгоритм поиска неисправности:

1. При нормальном режиме работы, транзистор Q1 находится в проводящем состоянии. Уровень напряжения на его коллекторе близок к потенциалу общего провода. Если транзистор Q1 неисправен или нарушены связи между элементами, подключенными к его эмиттеру, напряжение на коллекторе будет иметь положительный уровень. Через диод D4 оно будет подаваться на вывод IC1/4 и приведет к блокировке ШИМ преобразователя.

2. Чтобы убедиться в исправности этого каскада, необходимо проверить правильность соединений элементов, подключенных к эмиттеру Q1. Проверить сам транзистор Q1.

Возможная причина: отказ микросхемы ШИМ преобразователя или элементов промежуточного усилителя.

Алгоритм поиска неисправности:

1. При отсутствии воздействий по входам IC1/4 и IC1/15, приводящим к блокировке ШИМ преобразователя, микросхема IC1 начинает функционировать сразу после подачи питания на ее вывод 12. Проверку микросхемы IC1 следует проводить, отключив элементы, воздействующие на входы блокировки работы ШИМ. Все нагрузки каналов вторичных напряжений должны быть отсоединены. Для отключения элементов защиты по выводу IC1/4 нужно отпаять один из выводов диода D4. При этом останутся включенными элементы, обеспечивающие процесс «медленного» запуска. Отпаяйте один из выводов резистора R14, при этом будет отключен датчик контроля длительности импульсов возбуждения силового каскада.

2. Включите источник питания. Проверьте генерацию импульса начального питания по появлению положительного напряжения на выводе IC1/14. На выводе IC1/12 должно появиться напряжение +5 В. Появление пилообразного напряжения на выводе IC1/5 будет свидетельствовать о нормальном запуске внутреннего генератора.

3. Если все предыдущие проверки дали положительный результат, проконтролируйте появление импульсов на выводах IC1/11 и IC1/8. Кратковременное появление импульсов на выходах микросхемы может служить признаком нормального ее запуска, но затем она может отключаться вследствие появления сигнала блокировки.

4. Если такой эффект наблюдается, проверьте работоспособность всех элементов, подключенных к выводам IC1/1,2,4, 15. Полное отсутствие переменных сигналов на сигнальных выводах и напряжения +5 В на IC1/14 указывает на отказ микросхемы и необходимость ее замены

Возможная причина: выход из строя резисторов смещения в базовых цепях силовых транзисторов.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Если в результате проверок предыдущих пунктов обнаружено отсутствие импульса начального питания микросхемы IC1, необходимо проверить исправность элементов в базовых цепях силовых транзисторов. Отсутствие положительного смещения

в базовых цепях Q5 и Q6 приведет к нарушению условий автогенерации начального импульса питания и не запуску.

Возможная причина: выход из строя резисторов в делителе на R7 и R8.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Если неисправен резистор R7, то вывод IC1/1 постоянно подключен к общему проводу через R8. В результате напряжения во вторичных каналах будут чрезмерно возрастать, и включится защита по каналу +12 В. Либо от датчика на трансформаторе ТЗ на микросхему IC1 поступит сигнал, свидетельствующий о слишком большой длительности импульсов управления, что также вызовет блокировку ШИМ.

2. Отказ резистора R8 приведет к тому, что во вторичных каналах уровни напряжений не будут повышаться до номинальных значений. Сопротивления резисторов в плечах делителей на R7, R8 и R9, R10 должны быть примерно одинаковы. Проверьте правильность соединений этих резисторов и их номиналы.

Короткое замыкание в канале с отрицательным номиналом напряжения не вызывает блокировки источника.

Возможная причина: нарушение электрических связей в канале защиты от перегрузки Q1.

Алгоритм поиска неисправности: Такой эффект может возникнуть при КЗ в канале -5 В, если неисправен диод D2 или он не подсоединен к выходу этого канала. Проверьте исправность диода и корректность его подключения в электрической цепи.

Вторичные напряжения в норме. С данным блоком питания компьютер не включается.

Возможная причина: нарушение работы узла формирования сигнала «питание в норме».

Алгоритм поиска неисправности:

1. При включении источника питания и появлении вторичного напряжения +5 В на базе Q7 возникает положительный импульс, открывающий транзистор. На его коллекторе устанавливается напряжение, близкое к потенциалу общего провода. Постепенно положительный заряд на отрицательной обкладке конденсатора C22 спадает и транзистор Q7 закрывается. На коллекторе появляется напряжение, уровень которого равен значению, установившемуся во вторичном канале +5 В. В отсутствие этого сигнала не произойдет инициализации логики компьютерной системы.

2. При включении источника проследите логику срабатывания элементов, подключенных к транзистору Q7 и самого транзистора. Отказавший элемент замените.

В одном из вторичных каналов напряжение не достигает номинального уровня.

Возможная причина: отказ одного из диодов выпрямителя или отсутствие у него электрической связи с вторичной обмоткой.

Алгоритм поиска неисправности:

1. Если произошел отказ выпрямительного диода, то в контролируемый канал будет поступать энергии в два раза меньше номинального уровня.

2. Проверьте электрические соединения выпрямительных диодов и их исправность.

Заключение

В курсовой работе был проведен: анализ параметров импульсного блока питания, структурной схемы; изучена принципиальная схема, приведено ее описание; приведен перечень основных неисправностей и способы их устранения; осуществлен выбор технологического оборудования и измерительных приборов; рассмотрены основные правила техники безопасности.

Тема курсовой работы: «Теоретические основы ремонта импульсного блока питания персонального компьютера», при подготовке курсовой работы осуществлялся подбор и исследование литературных источников по выбранной теме; выполнение анализа работы, определение достоинств и недостатков, диагностика отказов и составление алгоритма поиска неисправностей.

В курсовой работе описано устройство и принцип действия импульсного блока питания, технические характеристики, описана конструкция и назначение. Основной акцент был направлен на рассмотрение устройства блока питания, а также на ремонт при отказах.

В курсовой работе рассмотрены основные и часто встречающиеся неисправности, способы их обнаружения и устранения, а также технология всего процесса ремонта. В пунктах 2.1, 2.3 и 2.4 описаны инструмент, необходимый для ремонта, и перечень контрольно-измерительного оборудования для проведения работ по ремонту и регулировке. Описаны правила техники безопасности при ремонте радиоэлектронной аппаратуры.

Цель работы достигнута, благодаря выполнению задач: изучения и анализа ремонта БП ПК.

Данная работа является актуальной, так как в ней отражены все аспекты ремонта импульсного блока питания ПК. Методика ремонта и описание схемы, рассмотренные в работе могут использоваться при ремонте, в качестве инструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берикашвили, В. Ш. Основы радиоэлектроники: системы передачи информации : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Ш. Берикашвили. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 105 с. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456548>
2. Фролов А.Д. Теоретические основы конструирования и надежности РЭА – уч. изд. – М: Высшая школа. 1970. 486с.
3. Половко А.М. Основы теории надежности. Издание 2. - ВHV-Санкт-Петербург, 2006. - 704с.
4. Ярочкина Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: монтаж и регулировка, учебник, Москва, Академия, 2008г.
5. Электрорадиоизмерения : учебник / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков, Е.В. Самохина ; под ред. А.С. Сигова. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. — 383 с. — Текст : электронный // ЭБС Znanium [сайт].- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1069168>
6. Хрусталева, З.А. Источники питания радиоаппаратуры : учебник / Хрусталева З.А., Парфенов С.В. — Москва : КноРус, 2021. — 240 с. — Текст : электронный// ЭБС BOOK [сайт].- URL: <https://book.ru/book/936678>