

Усилитель мощности с микроконтроллерной системой управления

Схема защиты полностью переработана (рис. 6). Теперь она размещена на основной плате. Таким образом, каждый канал имеет свою независимую схему. Это несколько избыточно, зато каждая основная плата полностью автономна и представляет собой законченный монофонический усилитель. Часть защитных функций несет микроконтроллер, но для повышения надежности достаточный набор защит реализован аппаратно. В принципе, плата усилителя может работать вообще без микроконтроллера. Поскольку УМ имеет отдельный дежурный источник питания, схема защиты питается от него (уровнем +12 В). Это делает поведение схемы защиты более предсказуемым при аварии одного из основных источников питания.

Защита от перегрузки по току осуществляется триггером, собранным на транзисторах VT3, VT4 (рис. 3), который включает при открывании транзистора VT13. Этот транзистор принимает сигнал с датчика тока и открывается при достижении током установленного с помощью подстроечного резистора R30 значения. Триггер выключает генераторы тока VT5, VT6, что приводит к запертию всех транзисторов составного эмиттерного повторителя. Кроме того, состояние триггера считывается через цепочку VD13, R63 (рис. 6), и когда он включается, на входах логического элемента U4D устанавливается низкий логический уровень. Транзистор VT24 обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала IOF (I Out Fail), который опрашивается микроконтроллером.

Защита от постоянной составляющей на выходе усилителя реализована на транзисторах VT19–VT22 и логических

элементах U4B, U4A. Сигнал с выхода усилителя через делитель R57R59 поступает на ФНЧ R58C23 с частотой среза около 0,1 Гц, который выделяет постоянную составляющую сигнала. Если появляется постоянная составляющая положительной полярности, то открывается транзистор VT19, включенный по схеме ОЭ. Он, в свою очередь, открывает транзистор VT22, и на входах логического элемента U4B появляется высокий логический уровень. Если появляется постоянная составляющая отрицательной полярности, то открывается транзистор VT21, включенный с ОБ. Такая асимметрия схемы – вынужденная мера, связанная с однополярным питанием схемы защиты. Для того, чтобы повысить коэффициент передачи тока, применено каскадное включение транзисторов VT21, VT20 (ОБ–ОК). Далее, как и в первом случае, открывается транзистор VT22 и т. д. К выходу логического элемента U4A подключен транзистор VT23, который обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала DCF (DC Fail).

Защита от пропадания сетевого напряжения содержит вспомогательный выпрямитель VD1, VD2 (VD3, VD4), который имеет сглаживающий фильтр (рис. 11) с очень маленькой постоянной времени. Если подряд пропадают несколько периодов сетевого напряжения, выходное напряжение выпрямителя падает, и на входах логического элемента U4C устанавливается низкий логический уровень.

Логические сигналы с трех описанных выше схем защиты поступают на элемент «ИЛИ» U5C, на выходе которого формируется низкий логический уровень в случае срабатывания любой схемы. При этом через диод VD17 разря-

жается конденсатор C24, и на входах логического элемента U5B (а также на выходе U5A) появляется низкий логический уровень. Это приводит к закрытию транзистора VT27 и отключению реле K1. Цепочка R69, C24 обеспечивает некоторую минимальную задержку при включении питания на тот случай, если микроконтроллер по каким-то причинам не сформирует начальную задержку. Транзистор VT25 обеспечивает выход с открытым коллектором для сигнала OKL (OK Left) или OKR (OK Right). Микроконтроллер может запретить включение реле. Для этого установлен транзистор VT26. Эта возможность необходима при реализации программной защиты от перегрева, программной задержки включения реле и для синхронизации работы систем защиты каналов.

Взаимодействие микроконтроллера с аппаратной схемой защиты происходит следующим образом: при включении усилителя, после того как напряжение питания достигло номинального значения, микроконтроллер опрашивает сигналы готовности аппаратных защит OKL и OKR. Все это время включение реле запрещено микроконтроллером путем поддержания сигнала ENB (Enable) в состоянии высокого логического уровня. Как только микроконтроллер получит сигналы готовности, он формирует временную задержку и разрешает включение реле. В процессе работы усилителя микроконтроллер постоянно следит за сигналами готовности. В случае пропадания такого сигнала для одного из каналов, микроконтроллер снимает сигнал ENB, выключая таким образом реле в обоих каналах. Затем он опрашивает сигналы состояния защит для идентификации канала и вида защиты.

Сигнал ENB снимается микроконтроллером и в случае срабатывания защиты от перегрева, которая реализована полностью программно. Эта защита срабатывает при температуре радиаторов 59,8 °С. При температуре 55,0 °С на дисплее появляется предварительное сообщение о перегреве: автоматически выводится температура

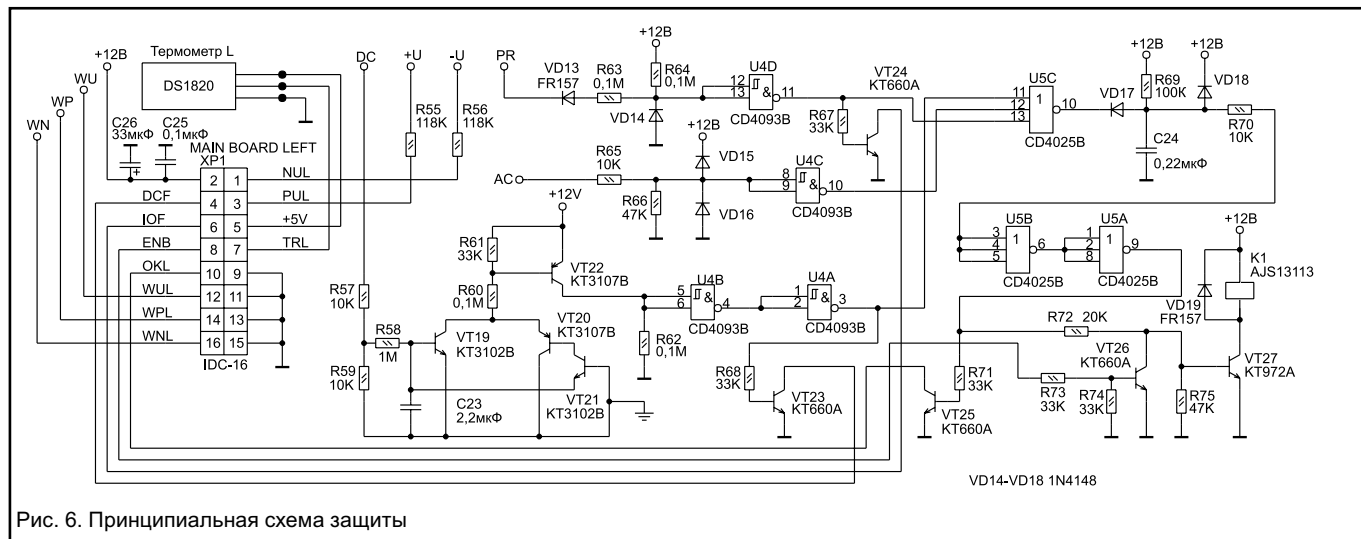


Рис. 6. Принципиальная схема защиты

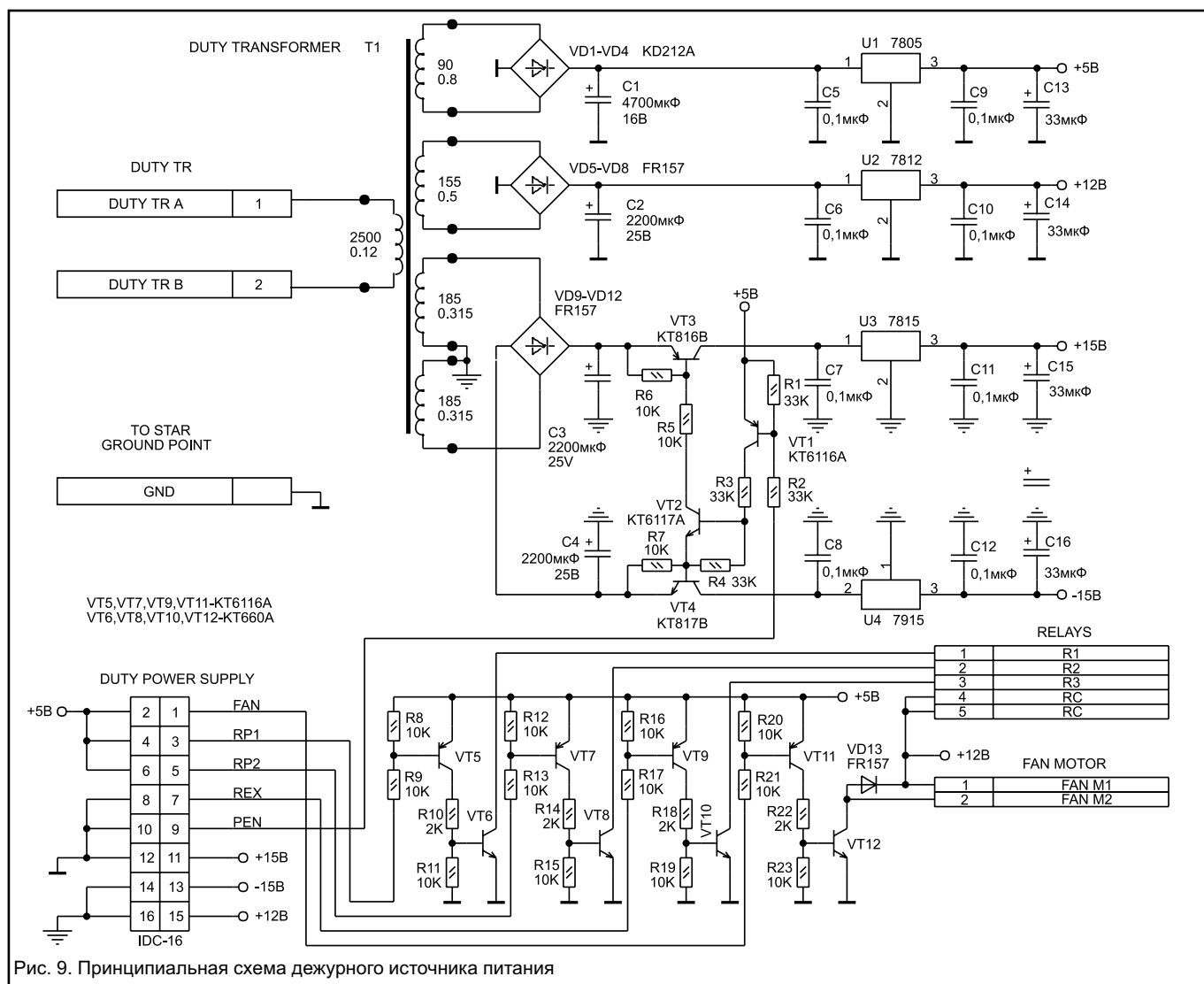


Рис. 9. Принципиальная схема дежурного источника питания

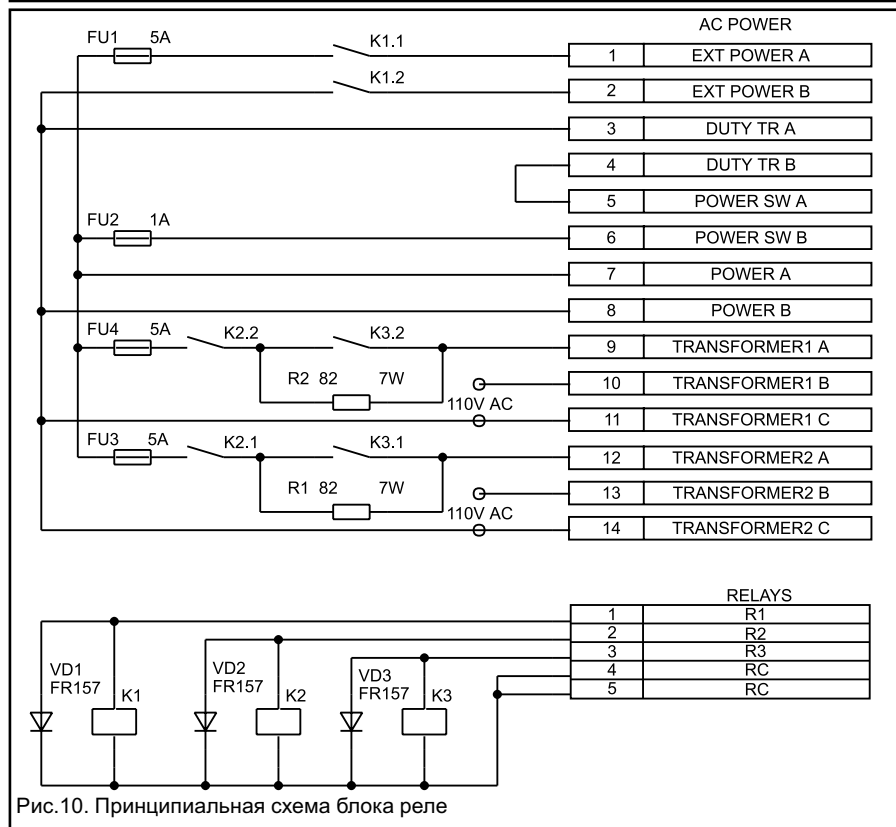


Рис.10. Принципиальная схема блока реле

радиаторов. При температуре радиаторов 45,0 °С начинает работать вентилятор, при остывании радиаторов до 35,0 °С вентилятор отключается. При выходной мощности менее 2 Вт работа вентилятора запрещена, чтобы не был замечен его шум. Используется вентилятор с бесколлекторным двигателем от компьютерного источника питания. Для измерения температуры радиаторов на каждом из них закреплен термометр DS1820 фирмы Dallas.

Микроконтроллер с помощью АЦП следит за напряжениями питания обоих каналов усилителя. Это напряжение поступает на процессор с основных плат, где установлены резисторы делителей R55R56 (рис. 6). При включении усилителя порог устанавливается равным 38 В. Когда напряжение достигает этого уровня, исключаются резисторы из первичных цепей основных трансформаторов. Если этот порог не будет достигнут за установленное время, то процесс включения прерывается. Это может иметь место в том случае, если потребляемый схемой усилителя ток существенно повышен (усилитель поврежден). После достижения напряжением порога 38 В, порог снижается до 20 В, и микроконтроллер продолжает следить за напряжениями питания.

Если во время работы усилителя напряжение питания падает ниже 20 В, срабатывает защита и усилитель отключается.

Принципиальная схема платы процессора приведена на рис. 7. Основной процессор является микроконтроллер U1 типа AT89C51 фирмы Atmel. Для повышения надежности системы применен супервизор U2. Для сброса сторожевого таймера используется отдельная линия WD. Дисплей связан с процессором с помощью 8-разрядной шины (разъем XP5). Для стробирования регистров платы дисплея служат сигналы C0...C4, которые вырабатываются дешифратором адреса U4. Регистр U3 является защелкой младшего байта адреса, используются только разряды A0, A1, A2. Старший байт адреса вообще не используется, что позволило освободить порт P2 для других целей. Для измерения выходной мощности и контроля за напряжениями питания применяется 12-разрядный АЦП U6 типа AD7896 фирмы Analog Devices. Одного канала АЦП недостаточно, поэтому на входе установлен коммутатор U5 (еще лучше было бы просто использовать 8-канальный АЦП типа AD7888, но на момент проведения разработки их не оказалось в наличии). Данные считываются из АЦП в последовательном виде. Для этого используются линии SData (последовательные данные) и SClk (тактовый сигнал). Запуск процесса преобразования производится программно сигналом Start. В качестве опорного источника для АЦП использован REF195 (U7). Из восьми входов коммутатора задействованы шесть: два – для измерения мощнос-

ти, четыре – для контроля напряжений питания. Нужный канал выбирается с помощью адресных линий AX0, AX1, AX2.

Рассмотрим схему измерения мощности левого канала. Через резисторные делители, расположенные на основной плате, напряжение с разных выводов датчиков тока поступает на дифференциальный усилитель U8A, который выделяет сигнал тока. С выхода U8A через подстроечный резистор R17 сигнал поступает на вход Y аналогового перемножителя U9 типа K525ПС2. Сигнал напряжения просто снимается с делителя и поступает на вход X аналогового перемножителя. На выходе перемножителя установлен ФНЧ R18C13 с временем интегрирования около 10 мс, который выделяет сигнал, пропорциональный квазипиковой выходной мощности. Он поступает на один из входов коммутатора, далее на АЦП. Среднее значение мощности вычисляется программно. Диод VD1 защищает вход коммутатора от отрицательного напряжения.

Линии TRR и TRL используются для чтения термометров; IOF, DCF, OKL, OKR – для считывания состояния защиты; сигнал ENB разрешает включение реле нагрузки; сигнал PEN управляет дежурным источником питания; сигнал REX включает реле внешних розеток; сигналы RP1 и RP2 включают реле основного источника питания; сигнал FAN включает вентилятор.

При нажатии на кнопки управления программно генерируются звуковые сигналы. Для этого задействована линия BPR, к которой подключен транзисторный ключ VT1, нагруженный на ди-

намический излучатель HA1.

На плате дисплея (рис. 8) установлены два двухразрядных индикатора: HG1 и HG2 типа LTD6610E. Они управляются параллельными регистрами U1–U4. Регистр U5 управляет светодиодами. Последовательно с каждым сегментом и с каждым светодиодом включены ограничительные резисторы. Входы ОС всех регистров объединены и подключены к сигналу PEN микроконтроллера. Во время сброса и инициализации регистров этот сигнал находится в состоянии высокого логического уровня. Это предотвращает случайное зажигание индикации при переходных процессах. На плате дисплея также установлены кнопки управления SB1–SB6. Они подключены к линиям шины данных и к линии возврата RET. Диоды VD1–VD6 предотвращают короткое замыкание линий данных при одновременном нажатии двух и более кнопок. При сканировании клавиатуры микроконтроллер использует порт P0 как простой порт вывода, формируя на его линиях бегущий ноль. Одновременно опрашивается линия RET. Таким образом определяется код нажатой кнопки. Рядом с индикаторами на плате дисплея установлен фотоприемник дистанционного управления U6. С его выхода сигнал поступает на вход SER микроконтроллера. Декодирование кода RC-5 осуществляется программно.

Платы процессора и дисплея, а также система защиты питаются от дежурного источника питания. Дежурный источник (рис. 9) обеспечивает на выходе 4 уровня: +5 В, +12 В, +15 В и –15 В. Уровни ±15 В в дежурном режиме отключаются. В источнике применен не-

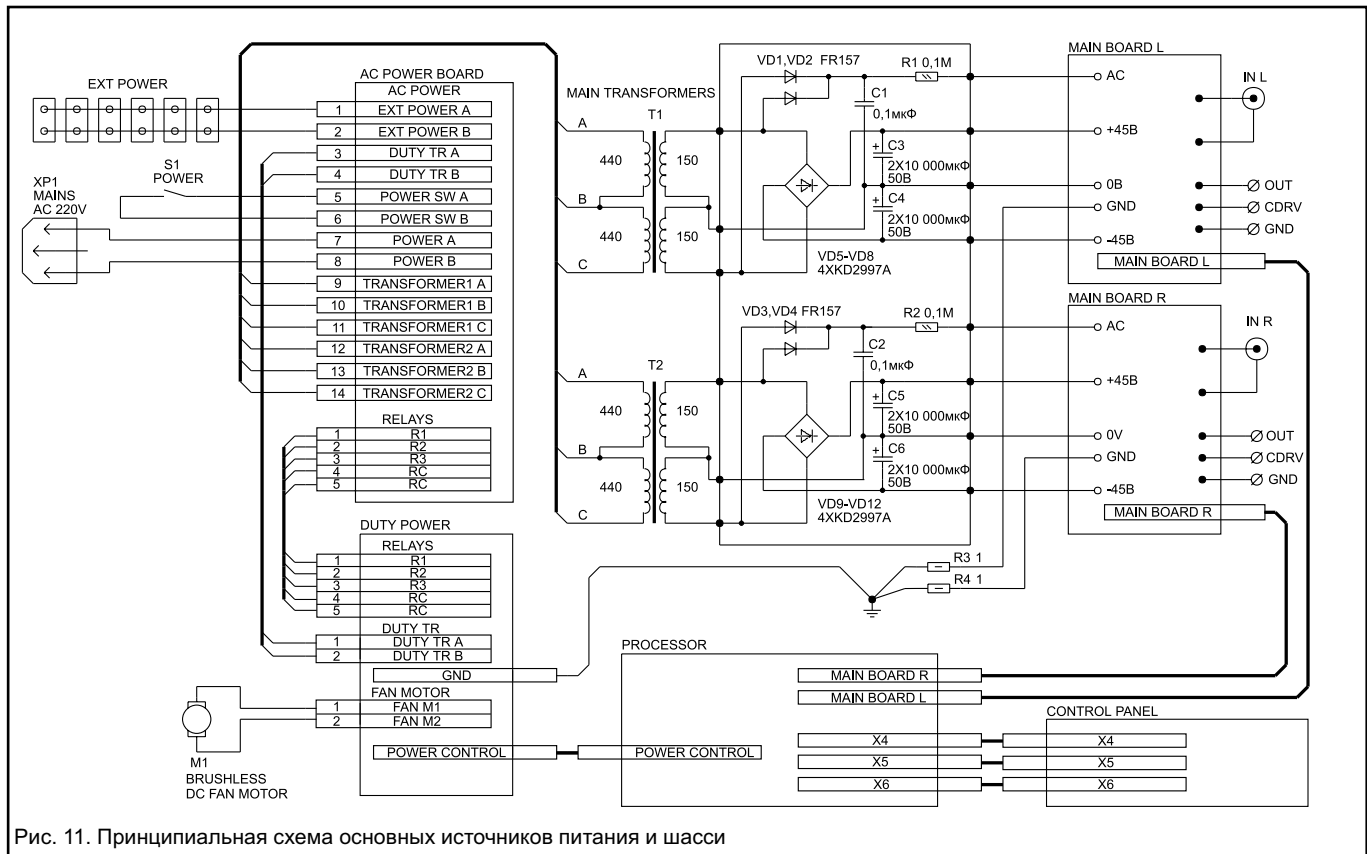


Рис. 11. Принципиальная схема основных источников питания и шасси

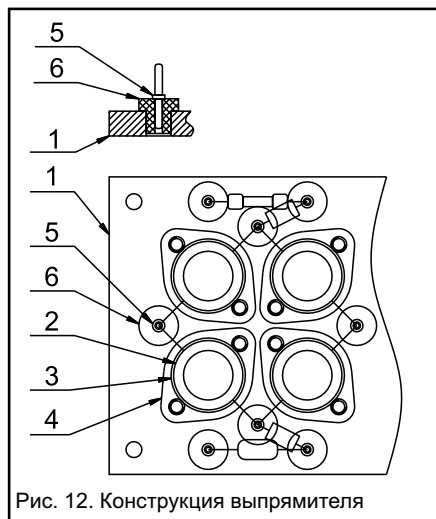


Рис. 12. Конструкция выпрямителя

большой тороидальный трансформатор, намотанный на сердечнике 50x20x25мм. Дежурный трансформатор имеет большой запас по мощности, при этом число витков на вольт выбрано больше расчетного. Благодаря этим мерам, трансформатор практически не нагревается, что повышает его надежность (ведь он должен работать непрерывно в течение всего срока службы усилителя). Намоточные данные и диаметр провода указаны на схеме. Стабилизаторы напряжения особенностей не имеют. Для выключения уровней ± 15 В используются ключи на транзисторах VT1–VT4, которые управляются с помощью сигнала PEN.

На плате дежурного источника питания установлены ключи на транзисторах VT5–VT12 для управления реле и вентилятором. Поскольку у микроконтроллеров семейства MCS-51 во время действия сигнала "Reset" порты находятся в состоянии высокого логического уровня, все исполнительные устройства должны включаться низким уровнем, иначе будут ложные срабатывания в момент включения питания или в случае срабатывания сторожевого таймера. По этой причине в качестве ключей нельзя применять одиночные p–p–n транзисторы с ОЭ или микросхемы драйверов ULN2003 и подобные.

Реле, предохранители и ограничительные резисторы расположены на отдельной плате (рис. 10). Подключенные всех сетевых проводов производится через клеммники. Основные трансформаторы имеют отвод от середины первичной обмотки. Этот отвод может быть использован для получения напряжения 110 В для питания других компонентов комплекса.

Основные трансформаторы установлены на шасси, к ним подключен блок выпрямителей (рис. 11). Конструкция блока выпрямителей показана на рис. 12. На плате 1 из алюминиевого сплава толщиной 5 мм через керамические диоды 2 установлены прокладки 3, которые прижаты накладками 4. Монтаж выпрямителя выполнен на монтажных стойках 5 (такие применялись в качестве разъемов в телевизорах), которые запрессованы в диэлектрические

втулки 6. Втулки выточены из эбонита или текстолита и запрессованы в плату 1. Плата имеет гладкую нижнюю поверхность и привинчена к шасси. Таким образом, теплопроводом для диодов является все шасси. Это, возможно, избыточно, так как мощность, выделяемая на диодах, мала. Кроме основных выпрямителей, здесь смонтированы и вспомогательные, которые используются в схеме слежения за сетевым напряжением.

Для усилителя мощности конструкция и компоновка не менее важны, чем схемотехника. В усилителе есть цепи, ток в которых достигает 20 А, поэтому соединения должны быть как можно более короткими.

Основой корпуса усилителя является шасси из алюминиевого сплава Д16Т толщиной 4 мм (рис. 13). К шасси 1 по бокам прикреплены радиаторы 2 и 3, которые выфрезерованы из алюминиевой плиты или отливки. Необходимая площадь радиаторов сильно зависит от условий эксплуатации усилителя, но она не должна быть меньше 2000 см². На каждом радиаторе 1 (рис. 14) имеется гладкая поверхность 2, которая обработана после чернения. На ней через керамические прокладки 2 установлено по девять транзисторов 4. Рядом с транзисторами установлен термометр 9. Выходные транзисторы прижаты накладками 5, остальные транзисторы крепятся с помощью винтов. Это не очень хорошо, так как требует сверления керамических прокладок, что удается сделать только с помощью алмазных сверл, да и то с большим трудом.

Как показал опыт, при креплении термометров DS1820 на их корпус нельзя оказывать большого давления. Иначе показания искажаются, причем весьма значительно (лучше приклеить термометры с помощью клея, обладающего высокой теплопроводностью).

Снизу на радиаторе закреплена плата транзисторов 6. На нижней стороне этой платы проводники отсутствуют, поэтому ее можно крепить прямо на поверхность радиатора. Выводы всех транзисторов припаивают к площадкам

на верхней стороне платы. Соединения платы транзисторов с основной платой выполнены короткими проводами, которые впаяны в пустотелые заклепки 7. Для того чтобы заклепки не замыкали на радиатор, в нем сделано углубление 8. На расстоянии 15 мм параллельно радиатору на резьбовых стойках установлена основная плата 10.

Проведенные исследования показали, что слюда, а тем более современные эластичные прокладки, не обладает достаточной теплопроводностью. Лучшим материалом для изолирующих прокладок является керамика на основе ВеО. Однако, для транзисторов в пластмассовых корпусах такие прокладки почти не встречаются. Довольно хорошие результаты удалось получить, изготовив прокладки из подложек гибридных микросхем. Это керамика розового цвета (к сожалению, материал точно не известен, скорее всего на основе Al₂O₃). Для сравнения теплопроводности разных прокладок был собран стенд, в котором на радиаторе были закреплены два одинаковых транзистора в корпусе ТО-220: один непосредственно, другой – через исследуемую прокладку. Ток базы у обоих транзисторов был один и тот же. Транзистор на прокладке рассеивал мощность порядка 20 Вт, а другой транзистор мощности не рассеивал (на коллектор не подавалось напряжение). Измерялась разность падений напряжения на переходе база-эмиттер у двух транзисторов, и по этой разности вычислялась разность температур переходов. Для всех прокладок использовалась теплопроводящая паста, без нее результаты были худшими и нестабильными. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Для облегчения доступа к платам усилителя, радиаторы закреплены на шасси 1 (рис. 13) с помощью петель, что позволяет откидывать радиаторы. Для того чтобы этому не мешали провода входных и выходных разъемов 6 и 7, задняя панель разбита на три части. Средняя часть закреплена с помощью кронштейна на шасси, а две боковые части закреплены на радиаторах.

Разъемы установлены на боковых частях панели, которые откидываются вместе с радиаторами. Таким образом, радиатор в сборе представляет собой монофонический УМ, который подключается только проводами питания и плоским кабелем управления.

При таком расположении основных плат звезды земли каналов удалены друг от друга. Через общий провод входных кабелей (и источник сигнала) земли входных разъемов оказываются соединенными. В то же время, эти земли должны быть всегда (даже при отключенных входных кабелях) при-

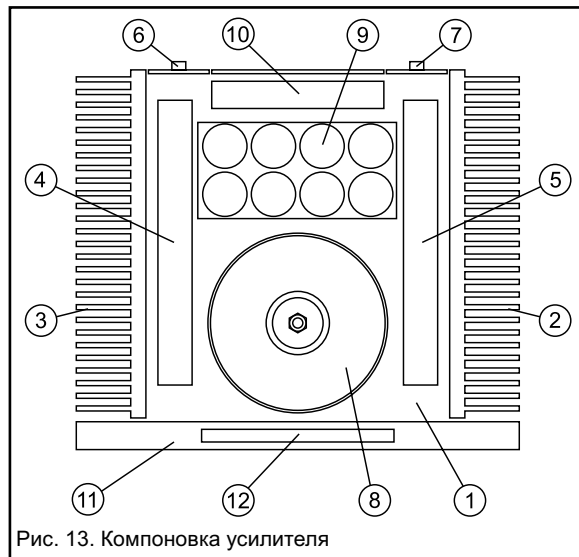


Рис. 13. Компоновка усилителя

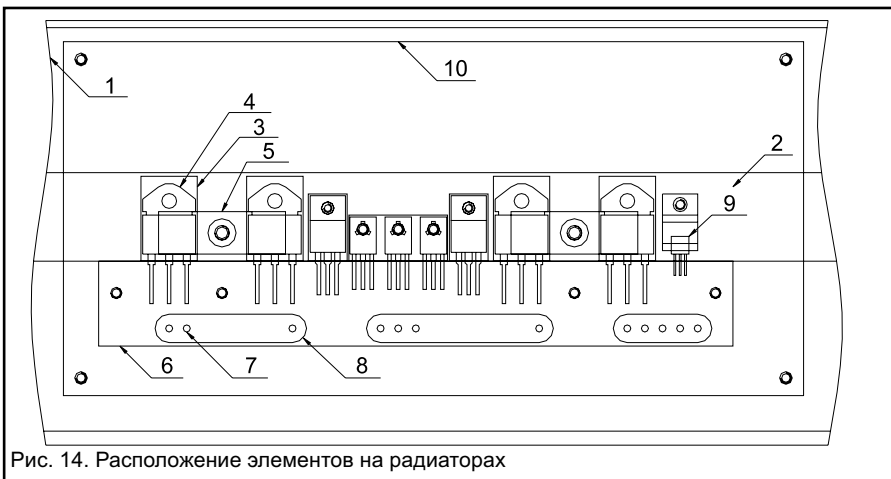


Рис. 14. Расположение элементов на радиаторах

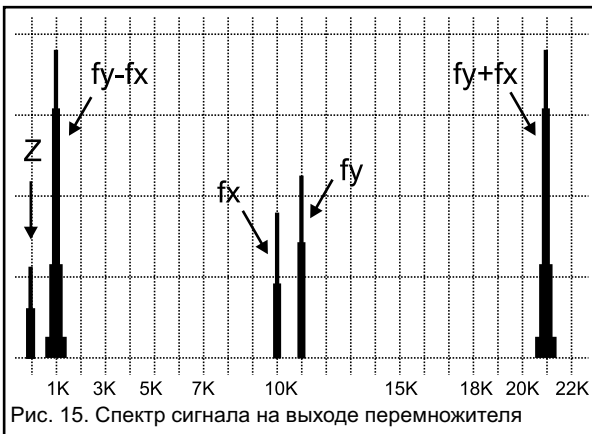


Рис. 15. Спектр сигнала на выходе перемножителя

Таблица 1

Тип прокладки	Относительное превышение температуры, °С
Без прокладки	0
Керамика на основе BeO, 1,5 мм	4
Керамическая подложка, 1,0 мм	16
Слюда, 0,05 мм	28
эластичная прокладка, 0,2 мм	88

близительно эквипотенциальными для нормальной работы системы защиты. Поэтому земли каналов соединены между собой в одной точке на шасси. При подключенных входных кабелях земляные проводники образуют виток, который пронизывают силовые линии магнитного поля рассеяния основных трансформаторов. В петле наводится ЭДС, которая приводит к падению напряжения на всех участках земляной цепи. Часть этого падения прикладывается ко входу, что ухудшает отношение сигнал/шум. Для предотвращения этого явления в проводники, соединяющие земли каналов с шасси, введены небольшие резисторы (R3 и R4 на рис. 11). Эти резисторы ограничивают ток в витке на достаточно малом уровне, чтобы уровень фона стал намного ниже уровня собственных шумов УМ.

Основные тороидальные трансформаторы 8 (рис. 13) через эластичные прокладки установлены друг на друга. Для уменьшения наводок со стороны трансформаторов на другую аппаратуру (кассетную деку, например), рекомендуется поместить их в экран из оцинкованной стали толщиной не менее

1,5 мм. Экран представляет собой стальной цилиндр и две крышки, стянутые шпилькой. Чтобы избежать появления короткозамкнутого витка, верхняя крышка имеет диэлектрическую втулку. Однако, если предполагается эксплуатировать УМ на большой средней мощности, следует предусмотреть в экране вентиляционные отверстия или вовсе от него отказаться. Казалось бы, для взаимной компенсации

полей рассеяния трансформаторов достаточно просто включить их первичные обмотки противофазно. Но на практике эта мера очень неэффективна. Поле рассеяния тороидального трансформатора, при кажущейся его осевой симметрии, имеет очень сложное пространственное распределение. Поэтому переполосовка одной из первичных обмоток приводит к ослаблению поля рассеяния в одной точке пространства, но к усилению в другой. Более того, конфигурация поля рассеяния существенно зависит от нагрузки трансформатора.

К трансформатору питания УМ предъявляются очень жесткие требования. Это связано с тем, что он нагружен на выпрямитель с конденсаторами фильтра очень большой емкости. Поэтому потребляемый от вторичной обмотки трансформатора ток носит импульсный характер, причем значение тока в импульсе во много раз превышает средний потребляемый ток. Чтобы потери в трансформаторе оставались низкими, обмотки должны иметь очень малое активное сопротивление. Другими словами, трансформатор дол-

жен быть рассчитан на значительно большую мощность, чем в среднем от него потребляется. В описываемом усилителе применены два тороидальных трансформатора, каждый из которых намотан на сердечнике 110x60x40мм из стальной ленты Э-380. Первичные обмотки содержат 2x440 витков провода диаметром 0,6–0,8 мм, вторичные – 2x135 витков провода диаметром 1,25–1,5 мм.

Выходы вторичных обмоток трансформаторов распаяны непосредственно на монтажных стойках выпрямителя. Выход выпрямителя короткими проводами соединен с платой конденсаторов фильтра 9 (рис. 13), которая установлена на резьбовых стойках над плитой выпрямителя. С платы конденсаторов фильтра напряжение подается короткими проводами большого сечения на основные платы 4 и 5.

Параллельно задней панели на специальном кронштейне установлена плата дежурного источника питания 10, а под ней – плата реле. Дежурный трансформатор закреплен рядом на кронштейне.

Передняя стенка корпуса образована панелью 11, которая имеет коробчатое сечение. Внутренняя стенка передней панели изготовлена из сплава Д-16Т толщиной 3 мм. Внешняя накладка панели изготовлена из листового полистирола толщиной 2,5 мм. Внутри передней панели установлена плата процессора 12, а ниже – плата дисплея. Из соображений дизайна передняя накладка панели разбита на две части – нижнюю и верхнюю (рис. 1), имеющие выпуклую форму. Все органы управления и индикации размещены на нижней части. Кнопки изготовлены из черного листового полистирола и подвешены на упругих полистироловых полосках. Напротив светодиодов в накладке проделаны отверстия диаметром 2 мм, в которые запрессованы световоды – цилиндрики из молочного оргстекла. Стекло дисплея также несколько выпуклое, под ним установлена маска из черной пластмассы, в которой проделаны отверстия для индикаторов и транспарантов. Транспаранты напечатаны на прозрачной пленке с помощью струйного принтера. Позади транспарантов помещена матовая пленка, которая хорошо рассеивает свет. За ней установлены светодиоды.

Настройка дежурного источника питания и цифровой части процессора особенностей не имеет, поэтому останавливаться на них подробно нет смысла. Некоторые трудности могут возникнуть с регулировкой схемы измерения выходной мощности. Дело в том, что аналоговые перемножители К525ПС2 требуют внешних подстроечных резисторов регулировки смещения X, Y и Z (существуют более удобные для применения перемножители, например AD633, но цена в \$7 отбивает всякую охоту их использовать). Методика регулировки смещений довольно сложная. Быстрее всего настройку можно произвести с помощью анализатора спектра. Для этого в канал X нужно подать синусоидальное напря-

жение частотой 10 кГц и амплитудой 1–5 В, а в канал Y – частотой 11 кГц и такой же амплитудой. При правильной регулировке смещений в выходном сигнале должны быть только две составляющие: $F_y - F_x$ и $F_y + F_x$ (рис. 15). Если неправильно отрегулировано смещение X, то на выходе появляется составляющая F_y , если смещение Y – то F_x , если смещение Z – то постоянная составляющая. Такой метод регулировки хорош тем, что каждый подстроечный резистор влияет только на одну компоненту. После регулировки смещений остается лишь отрегулировать коэффициент передачи канала Y для калибровки шкалы измерителя мощности. Сделать это можно на полностью настроенном усилителе. На вход необходимо подать синусоидальный сигнал частотой 1 кГц и установить мощность на эквиваленте нагрузки 50–100 Вт. Ее необходимо измерить обычными приборами (достаточно вольтметра переменного напряжения, ведь сопротивление нагрузки известно), а затем подстройкой коэффициента передачи канала Y добиться таких же показаний на дисплее усилителя. Если в измерительных цепях применены не очень точные резисторы, то, возможно, понадобится регулировка дифференциального усилителя. Цель регулировки – добиться наилучшего подавления синфазной составляющей. Сделать это можно, например, подбором резистора R47, который расположен на основной плате усилителя. Этим добиваются нулевых показаний измерителя мощности при отключенном эквиваленте нагрузки (т. е. когда выходное напряжение не равно нулю, а выходной ток – нулевой).

Настройку основных плат усилителя производят последовательно, вначале для левого, а затем для правого канала по следующей схеме:

1. Отключить разъем процессора от основной платы усилителя. Выпаять C2 и R44 на основной плате. Закоротить нормально разомкнутые контакты реле перемычкой. Установить подстроечный резистор R24 в нижнее по схеме положение, а R30 – в среднее положение. Подключить первичную обмотку трансформатора настраиваемого канала к ЛАТРу.
2. Плавно повысить напряжение питания канала примерно до ± 12 В и проследить скорость разрядки конденсаторов фильтра при выключении питания. Если напряжение падает плавно (5 с и более), значит потребление в норме.
3. На короткое время плавно подать номинальное напряжение питания и проконтролировать прохождение сигнала со входа на выход усилителя.
4. Подключить эквивалент нагрузки. Подать номинальное напряжение питания и подстроечным резистором R24 установить ток покоя, равный 133 мА (на каждом из резисторов R32–R35 должно падать около 20 мВ).
5. Проверить напряжение питания U1–U3, которое должно быть в пределах $\pm 13...16$ В.

6. Проверить постоянную составляющую выходного напряжения, которая не должна превышать 1 мВ.
7. Подать на вход меандр с частотой 20 кГц и проверить переходную характеристику. Выброс на переходной характеристике не должен превышать 3%. Измерить скорость нарастания выходного напряжения. Она должна быть около 60 В/мкс. Подключить C2.
8. Подключить на выход резистор сопротивлением 1–1,5 Ом. Резистор будет рассеивать значительную мощность, поэтому, скорее всего, придется применить для него водяное охлаждение. Подать на вход синусоидальное напряжение частотой 1 кГц. Увеличить его амплитуду так, чтобы пиковое значение тока в нагрузке достигло 20 А. С помощью подстроечного резистора R30 добиться срабатывания защиты по току. Эту операцию нужно проделать оперативно, иначе выходные транзисторы могут перегреться.
9. Проверить работу системы Clean Drive. Для этого подключить эквивалент нагрузки проводами малого сечения и длиной 2–3 м. На вход подать синусоидальное напряжение частотой 1 кГц, обеспечив в нагрузке мощность 40–50 Вт. При подключении третьего провода системы Clean Drive амплитуда сигнала на нагрузке должна возрастать, компенсируя падение на проводах.
10. Снять перемычку с контактов реле, подключить R44.
11. Провести действия, описанные в пунктах 1–10, с платой другого канала.
12. После настройки основных плат двух каналов нужно полностью восстановить межплатные соединения: подключить процессор, подключить основные трансформаторы к блоку реле. Включить питание. Убедиться, что процесс включения усилителя проходит нормально. Включение должно происходить и при пониженном до 186 В напряжении сети. В противном случае нужно уменьшить номиналы резисторов R55, R56 в схеме защиты (они расположены на основных платах). Нужно


иметь в виду, что если хотя бы один канал неисправен или неподключен, то нормальное включение невозможно.

13. Проверить защиту от пропадания сетевого напряжения. При выключении сетевой вилки на работающем усилителе реле нагрузки должно сразу выключаться.
14. Проверить защиту от постоянной составляющей. Для этого через резистор 10 кОм подать попеременно ± 15 В в точку соединения резисторов R57 и R59. При этом защита должна срабатывать. На этом настройку можно считать законченной. Необходимое ПО доступно на сайте www.platan.ru/shem/.

Леонид Ридико,
wubblick@yahoo.com

Литература

1. Н. Сухов. УМЗЧ высокой верности. – Радио, №6, 1989, с. 55–57, №7, 1989, с. 57–61.
2. Н. Сухов. К вопросу об оценке нелинейных искажений УМЗЧ. – Радио, №5, 1989 с. 54–57.
3. Л. Ридико. Предварительный усилитель с микроконтроллерной системой управления. – Схемотехника, №1, 2000.
4. А. Белов. Личные беседы. НИИ Ядерных Проблем, г. Минск.


Программаторы "Стерх"

Универсальный программатор ST-011

- программирование более 500 типов **BPROM, E²PROM, FLASH, SerialE²PROM, MPU/MCU, PAL, PLD** производства **Россия, Altera, AMD, Intel, Microchip, National, Philips, Siemens, SST, SGS-Thomson, TI, Winbond, Zilog** и др.
- одна универсальная **DIP40** или **DIP42 ZIF**-панель
- определение правильности установки микросхем
- идентификация производителя и типа микросхемы
- быстросрабатывающая защита от перегрузок
- встроенный источник питания
- **RS-232** со скоростью обмена до 115 кбод
- программное обеспечение с русскоязычным интерфейсом и поддержкой «мыши»
- программное обновление версий через Internet
- дополнительно: адаптеры для микросхем в корпусах **PLCC, SOP** и др.

УФ-излучатель UV-01

- устройство стирания микросхем **EPROM**: таймер до 99 мин, звуковая сигнализация, до 16 микросхем одновременно.

Более подробную информацию об изделиях и последние версии ПО можно найти на нашем WWW-сервере:
<http://www.sterh.com>

Изготовитель: НПО «БОНД» г. Бердск
 ☎ (38341) 5-15-62, E-mail: pprog@bond.nsk.su

Москва: «Точка Опоры» ☎ (095) 956-39-42/43

Санкт-Петербург: «ЭФО» ☎ (812) 247-89-00

Екатеринбург: «Институт радиотехники» ☎ (3432) 74-58-61