



Устройства защиты громкоговорителей

Как известно, при некоторых неисправностях усилителя мощности звуковой частоты (УМЗЧ) с двуполярным питанием на выходе появляется постоянное напряжение, представляющее опасность для динамических головок акустической системы. Неудивительно поэтому, что со временем, по мере распространения таких УМЗЧ, их атрибутом стали устройства защиты, отключающие громкоговорители при появлении на выходе постоянного напряжения любой полярности, превышающего порог срабатывания. Нередко на эти устройства возлагают также другие функции, например, реле времени, задерживающего подключение громкоговорителей на несколько секунд и тем самым предотвращающего щелчки, обусловленные переходными процессами при включении питания.

Описания различных устройств защиты громкоговорителей в журнале «Радио» публиковались не раз [1—5]. Однако, как свидетельствует редакционная почта, «дефицит» подобных устройств пока еще существует: некоторые из описанных конструкций оказались довольно сложными для повторения из-за использования таких пока еще недостаточно доступных широкому кругу радиолюбителей комплектующих изделий, как диносторы, оптроны, однопереходные транзисторы. Естественно, многие читатели просят рассказать о конструкциях на более доступной элементной базе, об устройствах защиты с более широкими возможностями, например, реагирующих на отклонения напряжений питания УМЗЧ за пределы установленных допустимых значений, отключающих громкоговорители при опасных перегрузках и т. д. С несколькими такими устройствами мы знакомим читателей сегодня. Для облегчения их повторения приведены необходимые расчетные соотношения и рекомендации, позволяющие выбрать элементы устройств при иных, чем указано в описаниях, напряжениях срабатывания, питания и т. д.

Устройство, разработанное В. Фоминным из г. Владимира, предназначено для задержки подключения громкоговорителей на время переходных процессов в УМЗЧ при включении питания и отключения их при появлении на его выходе постоянного напряжения любой полярности.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1. Оно состоит из диодного распределителя (VD1—VD6) и электронного реле на транзисторах VT1—VT4. К выходам каналов УМЗЧ оно подключается вместе с громкоговорителями через контакты реле К1. Цепи R1C1, R2C2 предотвращают срабатывание устройства на колебания звуковой частоты. При необходимости число контролируемых каналов можно увеличить простым подключением соответствующего числа дополнительных цепей, аналогичных цепи R1C1VD1VD2, и применением электромагнитного реле с большим числом контактных групп.

Постоянное напряжение U_{cp} на выходе УМЗЧ, при котором срабатывает устройство защиты, определяется напряжением стабилизации $U_{ст}$ стабилитрона VD7 и связано с ним соотношением $U_{cp} \approx 1,2(U_{ст} + 2)$.

При включении питания (источником напряжения — $U_{пит}$ может быть блок питания УМЗЧ) начинает заряжаться (через резистор R9) конденсатор C3, поэтому транзистор VT4 закрыт и реле К1 обесточено. По мере зарядки напряжение на конденсаторе растет, транзистор VT4 начинает открываться и через некоторое время (примерно 3 с) его эмиттерный ток возрастает настолько, что реле К1 срабатывает и подключает громкоговорители к выходу УМЗЧ.

Транзисторы VT1—VT3 в исходном состоянии также закрыты. При появлении на выходе любого из каналов напряжения любой полярности, превышающего указанное выше значение U_{cp} , открывается транзистор VT2, а вслед за ним и транзисторы VT1, VT3. В результате конденсатор C3 разряжается через участок эмиттер — кол-

лектор транзистора VT3 и резистор R8, транзистор VT4 закрывается и реле К1 отключает громкоговорители и вход устройства от выхода УМЗЧ. Транзистор VT1, осуществляющий положительную обратную связь в каскаде на транзисторе VT2, играет роль «защелки», поддерживая последний в открытом состоянии и после отключения устройства от выхода УМЗЧ: не будь его, после пропадания напряжения на входе и закрывания транзисторов VT2, VT3 вновь началась бы зарядка конденсатора C3 и по истечении времени задержки громкоговорители снова подключились бы к УМЗЧ.

В устройстве применено реле РЭС-9 (паспорт РС4.524. 200). Транзисторы КТ603Б (VT3, VT4) могут быть заменены на КТ315Г.

Для питания устройства автор использовал источник напряжением около 20 В. При большем напряжении из-за обратных токов коллекторов возможно самопроизвольное открывание транзисторов VT1, VT2. Чтобы этого не случилось, необходимо уменьшить сопротивление резисторов R5, R6. Если же напряжение питания больше 30 В, в устройстве следует использовать транзисторы с допустимым напряжением коллектор — эмиттер не менее $U_{пит}$.

При снижении напряжения U_{cp} (заменой стабилитрона Д814А) необходимо позаботиться о том, чтобы амплитуда переменного напряжения низших частот на выходах фильтров R1C1, R2C2 не достигала значений, вызывающих отключение громкоговорителей. Сделать это нетрудно — достаточно увеличить постоянные времени названных цепей (например, увеличить емкость конденсаторов C1, C2).

Большими возможностями обладает устройство защиты (рис. 2), разработанное А. Дмитриевым из пос. Алабушево Солнечногорского района Московской области, А. Лукичевым из Москвы и В. Трубиновым из г. Клин Московской области. Оно предохраняет громкоговорители от бросков выходного напряжения как при включении, так и при выключении питания, при неисправности УМЗЧ и в моменты вероятного отказа последнего — при понижении или полном исчезновении одного или обоих напряжений питания, а также при превышении ими предельно допустимых значений (это может иметь место при питании от стабилизированных источников) и, наконец, отключает их при подсоединении головных стереотелефонов. Питается устройство от того же двуполярного источника, что и выходные каскады УМЗЧ.

В момент включения питания начинает заряжаться конденсатор C3, поэтому транзистор VT2 открыт, VT3 закрыт, реле К1 обесточено и громкоговорите-

ли отключены. Как только напряжение на конденсаторе достигает значения $2U_{пит} - U_{ст}$ ($U_{ст}$ — напряжение стабилизации стабилитрона VD9), состояния указанных транзисторов изменяются на обратные, срабатывает реле K1 и громкоговорители подключаются к выходам УМЗЧ. Время задержки подключения $t_3 \approx 0,7C_3[R_{11} \parallel (R_6 + R_7)]$. Формула справедлива при условии $R_{11} \approx R_6 + R_7$. При указанных на схеме номиналах элементов $t_3 \approx 1,5$ с.

Напряжение стабилизации стабилитрона VD11 выбрано из условия $U_{пит} < U_{ст VD11} < 2U_{пит}$. При понижении напряжения любого источника питания на величину, большую чем $2U_{пит} - U_{ст VD11}$, транзистор VT3 закрывается и реле K1 отключает громкоговорители от УМЗЧ.

Стабилитроны VD7 и VD9 в цепях баз соответственно транзисторов VT1, VT2 одинаковы и выбраны с учетом следующего. Как видно из схемы, для того, чтобы открылся транзистор VT2 (а следовательно, закрылся транзистор VT3 и отпустило реле K1), напряжение питания $U_{пит}$ должно удовлетворять условию $U_{пит} \geq U_{ЭБ VT2} + U_{ст} + I_{ст min} \times R_7 + U_{пр VD6}$, где $U_{ст}$ и $I_{ст min}$ — соответственно напряжение и минимальный ток стабилизации стабилитрона VD9. Отсюда $U_{ст min} = U_{пит} - U_{ЭБ VT2} - I_{ст min} R_7 - U_{пр VD6}$. При указанных на схеме номиналах и типах деталей $U_{ст min} = U_{пит} - 2,8$ В, а это значит, что при $U_{ст} = U_{пит}$ устройство отключит громкоговорители, если отрицательное напряжение питания возрастет (по отношению к номинальному) на 2,8 В.

Транзистор VT1 открывается по цепи VD1—R5—VD7, идентичной цепи VD6—R7—VD9. Это приводит к открытию транзистора VT2 и закрытию транзистора VT3, т. е. к отключению громкоговорителей при увеличении на 2,8 В напряжения питания положительной полярности.

В случае появления на выходе УМЗЧ постоянного положительного напряжения транзистор VT2 открывается током, протекающим через резистор R3 (или R4), VD4 (VD5) и цепь R7VD9. Условие его открывания в этом случае выглядит так: $U_{пит} \leq U_{ЭБ VT2} + U_{ст} + I_{ст min}(R_7 + R_3) + U_{пр VD4}$. Если же напряжение на выходе УМЗЧ имеет отрицательную полярность, по цепи R3(R4) — VD2(VD3) — R5—VD7 открывается транзистор VT1.

Для подключения стереотелефонов служит розетка XS1, с которой механически связан выключатель SA1. При установке вилки стереотелефонов в розетку контакты выключателя замыкаются, реле K1 отпускает и громкоговорители отключаются от УМЗЧ. То же происходит и при выключении пи-

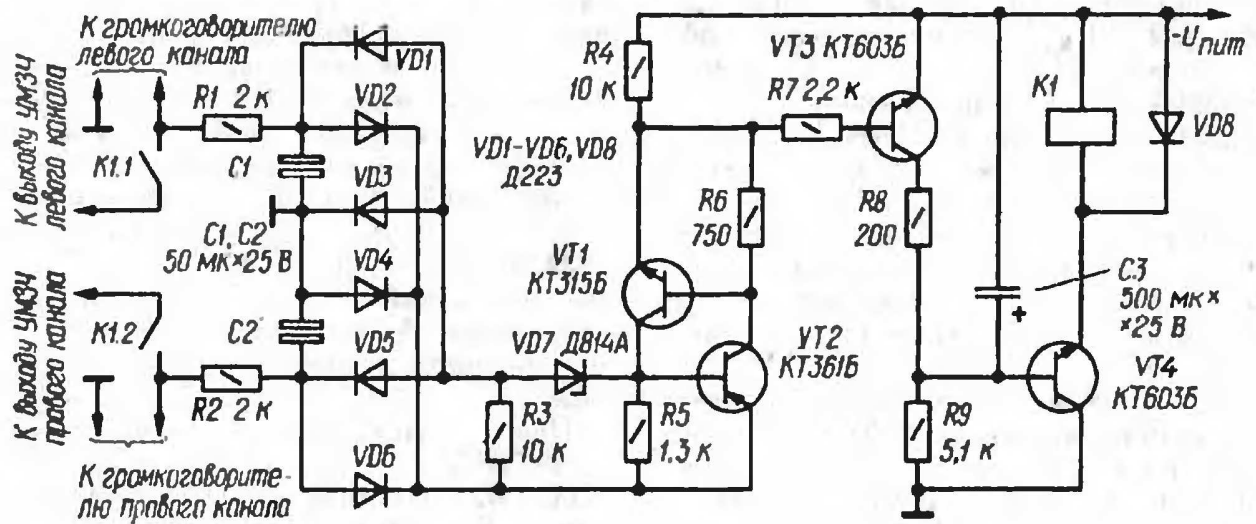


Рис. 1

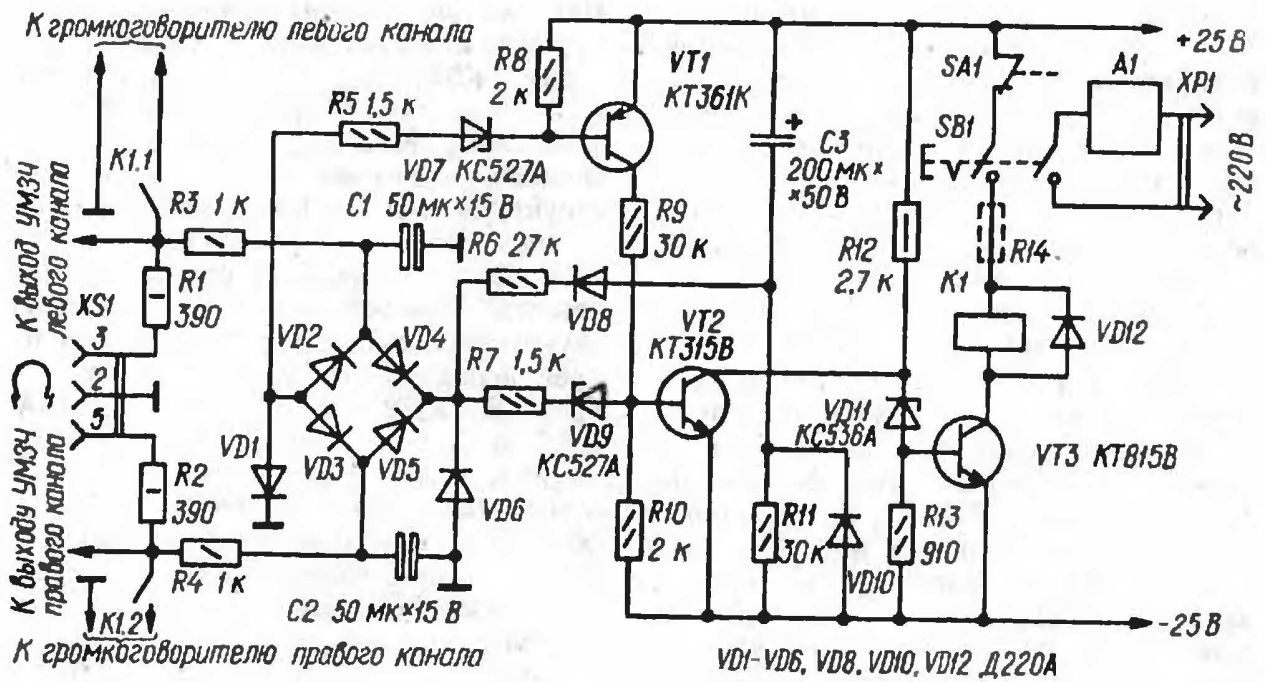


Рис. 2

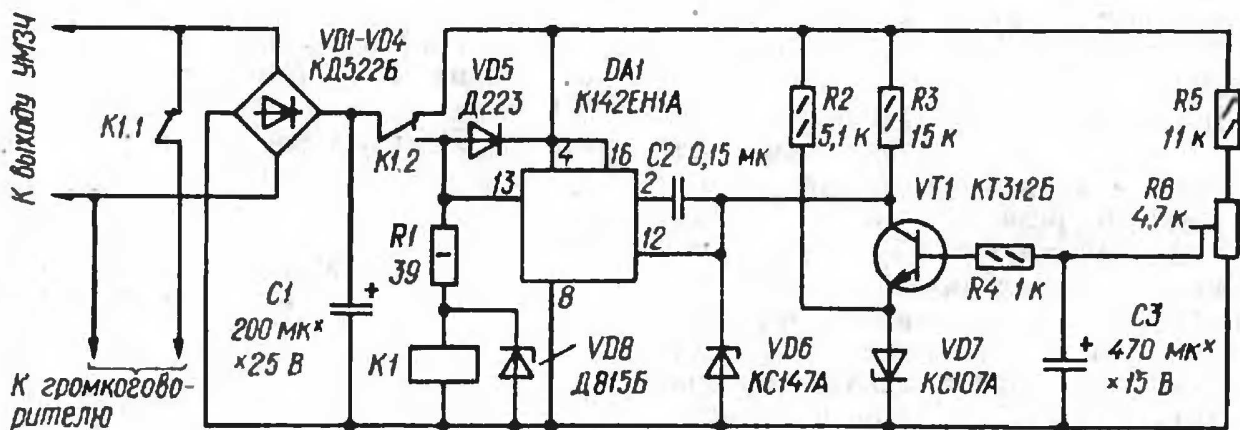


Рис. 3

тания УМЗЧ кнопкой SB1 (A1 — источник питания). Поскольку коллекторная цепь транзистора VT3 и цепь сетевого питания разрываются практически одновременно, громкоговорители отключаются до начала переходного процесса и щелчок не прослушивается.

В устройстве применено реле РЭС-22 (паспорт РФ4.500.130). Неполарные оксидные конденсаторы C1, C2 — К50-6. Транзистор КТ815В можно заменить любым другим с допустимым напряжением коллектор — эмиттер более 50 В и максимальным током

коллектора не менее значения $2U_{пит}/R_{K1}$ (R_{K1} — сопротивление обмотки реле К1). Вместо стабилитронов КС527А можно использовать КС482А, КС510А, КС512А, КС175Ж, КС182Ж, КС191Ж и т. п., соединив нужное число приборов для получения напряжения стабилизации, выбранного по приведенным формулам. Диоды VD1—VD6, VD8, VD10, VD12 — любые кремниевые маломощные с обратным напряжением более 50 В.

Оригинальное устройство защиты громкоговорителей (рис. 3) предложил москвич Е. Голиков. Питается оно напряжением сигнала звуковой частоты, что позволяет встроить его в громкоговоритель. Устройство отключает последний при перегрузке по мощности, а также в случае появления на выходе УМЗЧ постоянного напряжения любой полярности. Автор использовал устройство в самодельном громкоговори-теле с номинальной мощностью 10 Вт и электрическим сопротивлением 4 Ом.

В исходном состоянии реле К1 обесточено и сигнал ЗЧ с выхода усилителя поступает через контакты К1.1 на громкоговоритель. Одновременно он выпрямляется мостом VD1—VD4, и его постоянная составляющая через нормально замкнутые контакты К1.2 подводится к пороговому устройству, выполненному на транзисторе VT1 и микросхеме DA1. Пока напряжение входного сигнала не превышает порога срабатывания, транзистор закрыт и напряжение на выводе 12 микросхемы DA1 равно напряжению стабилизации стабилитрона VD6, что больше напряжения образцового источника микросхемы, которое может находиться в пределах 1,5...3 В. (Стабилитрон VD6 предотвращает пробой эмиттерного перехода транзистора дифференциального каскада микросхемы обратным напряжением).

В момент, когда входной сигнал достигает уровня срабатывания устройства (напряжение на движке подстроечного резистора R6 — около 1,5 В), транзистор VT1 открывается и напряжение на выводе 12 микросхемы DA1 становится меньше образцового. В результате открывается регулирующий транзистор микросхемы, срабатывает реле К1 и громкоговоритель отключается от УМЗЧ, а обмотка реле подключается непосредственно к выходу выпрямительного моста VD1—VD4. При уменьшении выпрямленного напряжения до напряжения отпускания реле устройство возвращается в исходное состояние.

Аналогично ведет себя устройство и при появлении на выходе УМЗЧ постоянного напряжения.

Порог срабатывания устанавливают подстроечным резистором R6. Конден-

сатор С3 предотвращает срабатывание устройства при кратковременном превышении сигналом порога срабатывания. Минимальное напряжение сигнала, при котором устройство работоспособно, определяется напряжением срабатывания реле. В случае использования реле РЭС47 (паспорт РФ4.500.407-04) и деталей с указанными на схеме номиналами оно не превышает 5 В. Стабилитрон VD8 ограничивает напряжение на обмотке реле.

При отсутствии микросхемы К142ЕН1А можно применить К142ЕН1, К142ЕН2 с любым буквенным индексом. Диоды КД522Б можно заменить любыми другими с обратным напряжением более 40 В, прямым током не менее 100 мА и максимальной частотой $f_{max} > 50$ кГц (КД510А, диодные сборки серии К542 и т. п.), стабилитрон КС107А — любым кремниевым диодом, транзистор КТ312Б — любым маломощным кремниевым транзистором структуры п-р-п с допустимым напряжением коллектор — эмиттер не менее 40 В. При изготовлении устройства для защиты громкоговорителей мощных звуковоспроизводящих устройств следует использовать диоды КД204А — КД204В, КД212А, КД212Б, КД213А, КД213Б и т. п., заменить реле РЭС47 другим, с контактами, допускающими коммутацию больших токов, а если необходимо, и «умощнить» микросхему DA1 внешним транзистором для обеспечения необходимого тока через обмотку реле.

Может случиться, что в момент срабатывания устройства будет возникать дребезг контактов реле. Предотвратить его можно, включив конденсатор емкостью 10...20 мкФ между выводами 16 и 8 микросхемы DA1 или резистор сопротивлением 1 кОм между ее выводом 13 и базой транзистора VT1 (создав, таким образом, положительную обратную связь).

Материал подготовил
Ф. МАРИН

г. Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. Войшвилло Г. О способах подключения нагрузки усилителей НЧ. — Радио, 1979, № 11, с. 36, 37.
2. Корнев П. Защита громкоговорителей. — Радио, 1980, № 5, с. 28.
3. Рогонов В. Устройство защиты громкоговорителей. — Радио, 1981, № 11, с. 44, 45; 1982, № 4, с. 62.
4. Устройство защиты громкоговорителей. — Радио, 1983, № 2, с. 61.
5. Решетников О. Устройство защиты на оптронах. — Радио, 1984, № 12, с. 53.

Регулятор ширины стереобазы

В последние годы большой популярностью пользуются стереофонические магнитофоны и магнитолы с встроенными акустическими системами (АС). Они привлекают потребителей своей компактностью и высоким качеством звучания. Однако из-за малых габаритов ширина стереобазы этих аппаратов ограничена 0,5...0,8 м.

Для улучшения стереоэффекта нередко используют специальные устройства, позволяющие расширить стереобазу. Самые простые из них представляют собой широкополосные устройства (рис. 1) и состоят обычно из двух фазоинверторов (WT1, WT2), такого же числа аттенюаторов (WU1, WU2) и двух аналоговых сумматоров (A1, A2).

Выходной сигнал левого канала $U_{вых.лев}$ определяется суммой его входного сигнала $U_{вх.лев}$ и частью инвертированного сигнала правого канала $U_{вх.прав}$: $U_{вых.лев} = U_{вх.лев} - mU_{вх.прав}$, где m — коэффициент смешивания.

Аналогично выходной сигнал правого канала $U_{вых.прав} = U_{вх.прав} - mU_{вх.лев}$.

Выходные сигналы устройства усиливаются усилителями мощности и излучаются громкоговорителями АС. На рис. 2 приведена упрощенная векторная диаграмма звукового давления в месте прослушивания. На ней входным напряжениям регулятора $U_{вх.лев}$ и $U_{вх.прав}$ соответствуют векторы звукового давления $P_{лев}$ и $P_{прав}$, а составляющим $mU_{вх.лев}$ и $mU_{вх.прав}$ — векторы $mP'_{лев}$ и $mP'_{прав}$. Эти векторы создают в точке прослушивания результирующие векторы $P'_{лев}$ и $P'_{прав}$, определяющие смещение кажущихся источников звука (КИЗ), т. е. кажущееся расширение стереобазы АС. Как видно, длина этих векторов, а значит, величина смещения КИЗ зависят от коэффициента смешивания m . Его можно определить, воспользовавшись теоремой синусов для косоугольных треугольников: $P_{лев}/\sin\gamma = mP_{лев}/\sin\beta$, откуда $m = \sin\beta/\sin\gamma$. Необходимые для расчета значения углов можно вычислить по формулам: $\beta = \arctg \cdot (b'/2d) - \arctg (b/2d)$ и $\gamma = 180^\circ - [\arctg (b'/2d) + \arctg (b/2d)]$, где b — расстояние