

ПУТЬ В ЭФИР

УЗЧ С ТЕЛЕГРАФНЫМ ФИЛЬТРОМ

Усилитель звуковых частот, схема которого приведена на рис. 1, предназначен для несложных связных устройств — супергетеродинов и приемников прямого преобразования. Коэффициент усиления этого УЗЧ около 1000 (60 дБ). Полоса пропускания от 250 до 2700 Гц (по уровню – 6 дБ). Для приема телеграфных сигналов ее можно сузить до 300 Гц при средней частоте примерно 900 Гц.

УЗЧ выполнен на операционном усилителе DA1, режим работы которого по постоянному току задает делитель на резисторах R1, R2. Сигнал звуковой частоты поступает на неинвертирующий вход ОУ, а на его инвертирующий вход с выхода ОУ подается сигнал обратной связи. Он проходит через RC-цепи, которые определяют коэффициент усиления устройства и его амплитудно-частотные характеристики (АЧХ).

Когда контакты выключателя SA1 разомкнуты, АЧХ усилителя формируют резисторы R3, R4 и конденсаторы C2, C6. На средних частотах (1...2 кГц) коэффициент усиления K определяется только резисторами R3 и R4. Поскольку сигнал подается на неинвертирующий вход, то $K=1+R3/R4$. При приведенных на рис. 1 номиналах этих резисторов коэффициент усиления будет около 1000. Заметим, что 1000 — максимально допустимый коэффициент усиления УЗЧ при использовании операционного усилителя К140УД8 и некоторых

других операционных усилителей с внутренней коррекцией. Это иллюстрирует рис. 2, на котором показана АЧХ собственно ОУ. Видно, что при больших значениях коэффициента усиления даже без учета влияния навесных элементов полоса пропускания уже будет меньше требуемых 3 кГц.

АЧХ усилителя на низких частотах в первую очередь формирует цепочка R4C2. На частоте $F=1/2\pi R4C2$ коэффициент усиления уменьшится на 3 дБ по отношению к средним частотам. Нетрудно убедиться, что при указанных на схеме номиналах это произойдет на частоте примерно 280 Гц.

На высоких частотах АЧХ усилителя будет в основном определять АЧХ операционного усилителя DA1 (рис. 2). Дополнительно ослабить высокие частоты можно, включив параллельно R3 конденсатор (C6), емкость которого подбирают экспериментально. Если бы сам ОУ эффективно не “заваливал” частоты выше 3 кГц, то емкость этого конденсатора при указанном на схеме номинале резистора R3 должна быть около 1000 пФ (она рассчитывается по такой же формуле, как и в предыдущем случае). С учетом реальной АЧХ конкретного экземпляра ОУ на практике емкость этого конденсатора будет меньше. В частности, он может вообще отсутствовать.

При приеме телеграфных сигналов в условиях помех полосу пропускания це-

ная связь будет усиливаться (двойной Т-мост как бы шунтирует резистор R3), уменьшая коэффициент передачи усилителя. В результате формируется “резонансная” АЧХ (кривая 1 на рис. 4). На этом же рисунке приведена и АЧХ усилителя с отключенным двойным Т-мостом (кривая 2). За уровень 0 дБ на этом рисунке принят коэффициент усиления УЗЧ на частоте 1 кГц.

Частота квазирезонанса двойного Т-моста определяется номиналами его элементов. При выполнении условий $C=C7=C8=C9$ и $R=R6=R7=4R8$ ее можно рассчитать по формуле $F=0,45/RC$. В небольших пределах частоту квазирезонанса можно изменять подбором только одного резистора R8.

Резистор R5 — развязывающий. Он уменьшает нагрузку моста относительно низкоомным резистором R4. Если его не устанавливать, то сужение полосы пропускания УЗЧ при подключении двойного Т-моста будет существенно меньшим, т.е. фильтр будет неэффективным. Подбирая этот резистор и контролируя при этом АЧХ усилителя, можно установить полосу пропускания УЗЧ при приеме телеграфных сигналов в соответствии с индивидуальными вкусами оператора.

Использование в УЗЧ операционного усилителя дает одно преимущество — собранная из исправных деталей конструкция налаживания не требует. Включив усилитель “не пошел” с первого включения, то надо проверить режим ОУ по постоянному току. Напряжение на его выходе (вывод 7) должно быть близко к половине напряжения источника питания (оно задается делителем на резисторах R1 и R2). Если

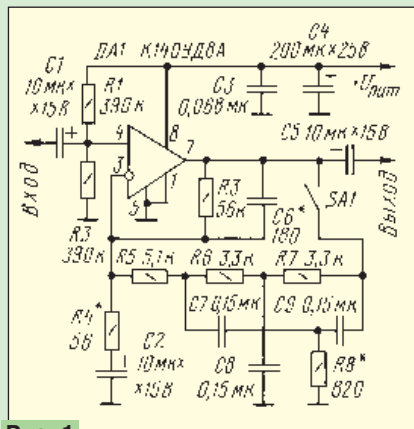


Рис. 1

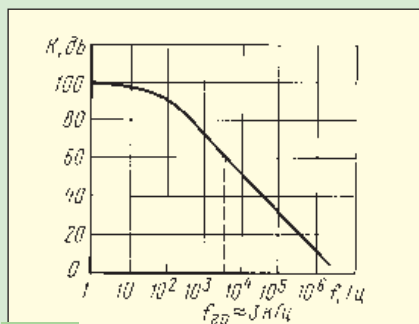


Рис. 2

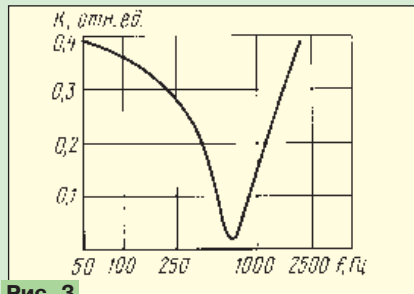


Рис. 3

лесообразно сузить. Для этого в цепь обратной связи ОУ подключают так называемый “двойной Т-мост”, который образован двумя Т-образными цепочками (R6R7C8 и R8C7C9), включенными параллельно.

Зависимость коэффициента передачи сигнала двойным Т-мостом от частоты приведена на рис. 3. На некоторой частоте (ее принято называть частотой квазирезонанса) коэффициент передачи такой цепи существенно — в сто и более раз — уменьшается. Если двойной Т-мост подключить в цепь обратной связи нашего усилителя параллельно резистору R3, то на частоте квазирезонанса мост практически не будет влиять на коэффициент передачи УЗЧ в целом. На частотах выше и ниже этой частоты отрицательная обрат-

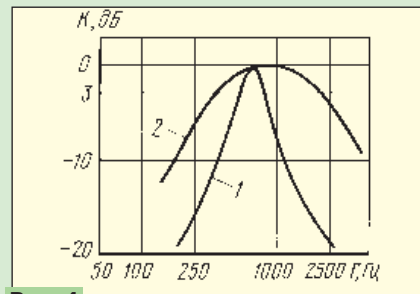


Рис. 4

это не так, то либо вы сделали ошибки при монтаже или отборе элементов для конструкции, либо просто неисправен ОУ.

При повторении конструкции можно использовать большинство современных и не очень современных операционных усилителей. Если применен ОУ без полевых транзисторов на входе (например, К140УД7), то сопротивление резисторов R1 и R2 целесообразно уменьшить примерно до 100 кОм, сохраняя условие $R1=R2$. Оксидные конденсаторы могут быть любого типа.

Усилитель предназначен для использования с головными телефонами сопротивлением 50...100 Ом. Если в распоряжении радиолюбителя есть головные телефоны с меньшим сопротивлением, то придется добавить к этому усилителю