

ЗВУКОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ТРАНЗИСТОРАХ

Звуковой генератор (ЗГ) является источником электрических колебаний низкой частоты. В радиолобительской практике ЗГ наиболее часто применяется при налаживании и регулировке усилителей низкой частоты, при проверке низкочастотного тракта радиоприемных и телевизионных устройств, для питания измерительных мостов переменного тока и других целей. В этой листовке рассматриваются несколько практических схем ЗГ различной сложности.

На рис. 1 приведена схема звукового RC генератора, работающего на фиксированной частоте. Такой генератор представляет собой обычный резистивный усилитель, выполненный на одном транзисторе, дополненный резистивно-емкостной фазовращающей цепочкой из резисторов $R1-R3$, $R5$ и конденсаторов $C1-C4$. Она обеспечивает получение положительной обратной связи, необходимой для возникновения и поддержания незатухающих электрических колебаний. Фазовращающая цепочка включена между коллектором и базой транзистора $T1$. В подобном генераторе электрические колебания могут возникнуть только на одной частоте F , при которой цепь положительной обратной связи обеспечивает сдвиг фаз между переменными напряжениями на коллекторе и базе на 180° .

При указанных на схеме данных фазовращающей цепочки ЗГ создает колебания с частотой 1000 Гц. Питание осуществляется от источника постоянного тока напряжением 9 В (батарея «Крона», аккумулятор 7Д-0,11). Потребляемый ток не превышает 0,7–1 мА. Коэффициент нелинейных искажений — не более 1%.

Режим работы транзистора устанавливают подбором резистора $R4$. Напряжение на выходе звукового генератора регулируют переменным резистором $R6$.

В ЗГ могут быть использованы любые низкочастотные транзисторы с коэффициентом усиления $B_{ст}$ не менее 40.

На рис. 2 приведен другой вариант схемы ЗГ на фиксированную частоту порядка 700 Гц. Эта схема отличается от предыдущей лучшими электрическими параметрами и, в частности, меньшим влиянием нагрузки на частоту колебаний, а также наличием ступенчатого и плавного делителей напряжения. Принцип работы задающего генератора, выполненного на транзисторе $T1$, аналогичен генератору, описанному ранее. В коллекторную цепь транзистора $T1$ включена первичная обмотка трансформатора $Tr1$. Вторичная обмотка этого трансформатора нагружена на подстроечный резистор $R6$, с движка которого переменное напряжение звуковой частоты через конденсатор $C5$ подается на базу транзистора $T2$, включенного по схеме эмиттерного повторителя.

Режим работы транзистора $T1$ устанавливают резистором $R4$, а транзистора $T2$ — резистором $R7$. Максимальное переменное напряжение на переменном резисторе $R9$, равное 1 В, устанавливают подстроечным резистором $R6$ при налаживании.

При работе с прибором плавную регулировку выходного напряжения производят переменным резистором $R9$, а ступенчатую — делителем (аттенуатором), составленным из резисторов $R10-R12$. Резисторы аттенуатора выбраны так, чтобы напряжения на гнездах $Гн3$ и $Гн4$ составляли 1/10 и 1/100 части всего напряжения, снимаемого с движка переменного резистора $R9$. Таким образом, в генераторе можно плавно изменять выходное напряжение в пределах 0–1 В (гнездо $Гн2$), 0–10 мВ (гнездо $Гн3$) и 0–10 мВ (гнездо $Гн4$).

При использовании малогабаритных деталей ЗГ может быть весьма компактным. Трансформатор $Tr1$ набирают из стандартных пермаллоевых пластин Ш4 с толщиной набора 6–8 мм. Обмотка I содержит 1200 витков провода ПЭТ 0,08; обмотка II — 600 витков ПЭТ 0,1 с отводами от 200-го и 400-го витков. Подстроечный резистор $R6$ — СП-11, переменный резистор $R9$ — СП-1А. Транзисторы $T1$, $T2$ — такие же, какие указывались ранее.

На передней панели прибора располагают: регулятор выходного напряжения ($R9$), гнезда аттенуатора ($Гн2-Гн5$), выключатель ($B1$). Все остальные детали размещают на монтажной панели внутри корпуса.

Если при монтаже не допущено ошибок и все детали исправны, ЗГ сразу начинает работать. Его устойчивой работы добиваются изменением режима работы транзистора $T1$ (резистор $R4$). Необходимую величину выходного напряжения 1 В на аттенуаторе (гнездо $Гн2$) получают подбором числа витков вторичной обмотки трансформатора $Tr1$ и установкой движка подстроечного резистора $R6$ в нужное положение. При налаживании ЗГ к гнездам $Гн2$ и $Гн5$ подключают милливольтметр переменного тока, а движок переменного резистора устанавливают в верхнее (по схеме) положение.

При нормальной работе прибора ток, потребляемый от батареи, не превышает 3–5 мА. Если необходимо, частоту колебаний автогенераторов, схемы которых изображены на рис. 1 и 2 можно изменять в некоторых пределах подбором элементов фазовращающей цепочки.

На рис. 3 приведена схема современного любительского ЗГ с плавным перекрытием частоты. Этот прибор незаменим при налаживании высококачественных усилителей низкой частоты, магнитофонов и стереофонических устройств. Его диапазон частот 20–20 000 Гц разбит на три поддиапазона 20–200, 200–2000 и 2000–20 000 Гц. Коэффициент нелинейных искажений не превышает 0,5%, нестабильность амплитуды выходного сигнала по диапазону не превышает 1 дБ, наибольшее напряжение на выходе — 1 В, наименьшее — 0,1 мВ. Питание ЗГ может осуществляться от четырех батарей 3336Л, соединенных последовательно или от сети переменного тока через стабилизированный выпрямитель с выходным напряжением порядка 12–15 В. Ток, по-

требляемый ЗГ от источника питания, не превышает 12–15 мА.

ЗГ — представляет собой усилитель низкой частоты с положительной обратной связью, подаваемой из эмиттерной цепи транзистора $T3$ в цепь базы транзистора $T1$ через делитель. Одно звено делителя состоит из последовательно соединенных резисторов $R3$, $R4$ и конденсатора $C1$, $C2$ или $C3$; другое звено делителя состоит из резисторов $R1$, $R2$ и включенного параллельно резисторам конденсатора $C4$, $C5$ или $C6$. Главное изменение частоты колебаний производится двояким переменным резистором $R1R3$, а ступенчатое — переключателем $B1$.

Для улучшения стабильности частоты колебаний первые два каскада усиления на транзисторах $T1$, $T2$ имеют между собой непосредственную связь и охвачены отрицательной обратной связью по постоянному току (через резистор $R5$). Кроме того, первый каскад через резистор $R9$ охвачен отрицательной обратной связью по переменному току. Со вторым каскадом усиления непосредственно связан вход эмиттерного повторителя (транзистор $T3$). Его нагрузкой служит подстроечный резистор $R12$. На выходе генератора включен аттенуатор (резисторы $R14-R19$).

Для стабилизации выходного напряжения все каскады охвачены отрицательной обратной связью. С этой целью напряжение с эмиттера транзистора $T3$ через конденсатор $C9$ и терморезистор $R11$ подается в цепь эмиттера транзистора $T1$. Использование отрицательной обратной связи способствует также и уменьшению нелинейных искажений.

Плавная регулировка выходного напряжения производится переменным резистором $R13$. Ступенчатый делитель напряжения — аттенуатор $R14-R19$ — позволяет уменьшать выходное напряжение в 10, 100 и 1000 раз (коэффициент деления изменяют переключателем $B3$). Вольтметр для контроля напряжения на выходе переменного резистора $R13$ выполнен по мостовой схеме на диодах $Д1-Д4$. В качестве измерительного прибора ИП1 используется микроамперметр с током полного отклонения 100 мА.

Габариты прибора определяются в основном размерами микроамперметра, шкалой генератора и другими используемыми радиодетальными. В генераторе желательны применять конденсаторы БМ-2-200 ($C1$, $C4$), БММ-160 ($C2$, $C3$, $C5$, $C6$), двоякий переменный резистор СПЗ-7а-В ($R1$, $R3$), переменный резистор СП-4аМ-А ($R13$). Типы других деталей существенного значения не имеют. Транзисторы П416 можно заменить любыми другими маломощными высокочастотными транзисторами. Следует отметить, что в генераторе достаточно хорошо работают и низкочастотные транзисторы МП39—МП42.

Монтаж прибора может быть выполнен на Г-образном шасси из дюралюминия толщиной 1 мм. На вертикальном шасси укрепляют переменные резисторы $R1$, $R3$ и $R13$, переключатели $B1$ (с конденсаторами $C1-C6$) и $B3$ (с резисторами $R14-R19$), выключатель $B2$, микроамперметр, гнездо $Гн4$. Все остальные детали монтируют на отдельной плате.

Собранный генератор помещают в металлический корпус.

Кратко остановимся на налаживании подобного генератора. Убедившись в исправности всех деталей и отсутствии ошибок в монтаже, выключателем $B2$ включают питание. Движок подстроечного резистора $R12$ устанавливают в нижнее (по схеме) положение и регулируют режим работы транзисторов $T1-T3$ по постоянному току. Для этого вольтметр постоянного тока включают между плюсом источника питания и эмиттером транзистора $T3$ и медленно вращают ось подстроечного резистора $R6$ до тех пор, пока вольтметр не покажет напряжение порядка —7,2 В. Так как все каскады имеют между собой гальваническую связь, режимы работы остальных транзисторов устанавливаются автоматически. Далее переключатель $B3$ устанавливают в положение «1:1», а движок переменного резистора $R13$ — в верхнее (по схеме) положение. К гнезду $Гн1$ подключают ламповый или транзисторный вольтметр со шкалой 1–3 В и осциллограф и, медленно изменяя положение движка подстроечного резистора $R12$, добиваются возбуждения генератора. Вблизи порога возбуждения генератора измеряют выходное напряжение, которое обычно лежит в пределах 1,5–2 В. Минимальные искажения и наибольшее выходное напряжение достигаются более точной установкой режима транзисторов с помощью подстроечного резистора $R6$. После этого выбором оптимальной величины положительной обратной связи добиваются устойчивой генерации на всех поддиапазонах.

Для удобства работы с прибором между входом аттенуатора и движком переменного резистора $R13$ включают дополнительный резистор $R20$, сопротивление которого подбирают так, чтобы показание образцового вольтметра соответствовало 1 В. При этом напряжении подбором резистора $R21$ устанавливают стрелку микроамперметра на последнюю отметку шкалы. Градуирование шкалы вольтметра производят по общепринятой методике, через 0,1 В. В принципе, от применения вольтметра переменного напряжения в приборе можно отказаться, так как амплитуда выходного напряжения ЗГ достаточно стабильна по диапазону. В этом случае шкала плавной регулировки выходного напряжения должна иметь десять равных делений, каждое из которых в нашем случае будет соответствовать 0,1 В. При этом необходимо, чтобы в качестве переменного резистора $R13$ использовался переменный резистор только с линейной зависимостью изменения сопротивления от угла поворота оси (группы «А»).

Градуирование шкалы генератора по частоте, которая на отдельных поддиапазонах кратна 1, 10 или 100, производят либо с помощью осциллографа, (по фигурам Лиссажу), либо с помощью вазкочастотного частотомера.

