

## Сигнал-генератор на транзисторах

Высокочастотные генераторы, у которых параметры выходного сигнала могут регулироваться в широких пределах при повышенной точности их калибровки, называются генераторами стандартных сигналов.

Генераторы стандартных сигналов (ГСС) являются сложными устройствами, изготовить их в домашних условиях трудно. В радиолюбительской практике широкое применение нашли сигнал-генераторы. По сравнению с ГСС сигнал-генератор (СГ) имеет более простую схему и конструкцию. Он не содержит приборов для контроля величины выходного напряжения и глубины модуляции, у него более низкая стабильность частоты и выходного напряжения по диапазону и т. д. Однако, несмотря на эти недостатки, с помощью СГ можно настроить усилители высокой и промежуточной частоты, проверить сопряжение контуров в супергетеродинном приемнике, ориентировочно оценить его чувствительность и избирательность и провести ряд других измерений.

Сигнал-генератор (принципиальная схема его приведена на рисунке) рассчитан на работу в диапазоне частот от 100 кГц до 26 МГц, который разбит на пять поддиапазонов: 100—300, 300—1000 кГц; 1—3, 3—9,5 и 9—26 МГц. В нем предусмотрена возможность амплитудной модуляции высокочастотных (ВЧ) колебаний низкочастотным сигналом (частотой 1000 Гц). Максимальное напряжение на выходе СГ—100 мВ. Питание СГ производится от одной батареи 3336Л (КБС-Л-0,5). Потребляемый ток при включенном модуляторе не превышает 4—5 мА.

Как видно из схемы, прибор состоит из генератора высокой частоты (транзистор *T1*), выходного каскада (транзистор *T2*) и модулятора (транзистор *T3*). Генератор высокой частоты (ГВЧ) собран по схеме с автотрансформаторной обратной связью. Переход с одного поддиапазона на другой осуществляется переключателем *B1*, контактной группой *B1a* которого в коллекторную цепь транзистора *T1* подключается одна из катушек индуктивности *L1—L5*. Плавное перекрытие частоты в пределах каждого из поддиапазонов обеспечивается конденсатором переменной емкости *C1*, образующим с одной из катушек *L1—L5* колебательный контур ГВЧ.

Для получения незатухающих колебаний эмиттер транзистора *T1* через конденсатор *C3*, контакты переключателя *B1b* и один из резисторов *R5—R7* или один из конденсаторов *C9, C10* соединяется со средней точкой одной из катушек *L1—L5*, благодаря чему создается цепь положительной обратной связи. Подбором глубины этой связи, которая в значительной степени зависит от элементов *R5—R7, C9, C10*, удается заметно уменьшить неравномерность высокочастотного напряжения на выходе СГ при переходе с одного поддиапазона на другой и в пределах любого из поддиапазонов.

Режим работы транзистора *T1* определяется делителем *R1R2* и резистором *R3*, включенным в цепь эмиттера. Конденсатор *C2* по высокой частоте соединяет базу транзистора *T1* с плюсовым выводом источника питания. Резистор *R8* и конденсаторы *C11, C12* выполняют функции развязывающего фильтра ГВЧ по цепи питания.

Напряжение высокой частоты с коллектора транзистора *T1* через разделительный конденсатор *C4* и цепь *R4 C5* поступает на базу транзистора *T2*, включенного по схеме с общим эмиттером. Номиналы элементов *R4* и *C5* выбраны такими, чтобы влияние выходного каскада на частоту и уровень высокочастотного напряжения было минимальным. Режим работы транзистора *T2* определяется резисторами *R9, R10* и *R12*. С коллекторной нагрузки этого транзистора, состоящей из резистора *R11* и дросселя *Др1*, высокочастотное напряжение через разделительный конденсатор *C7* и резистор *R13* поступает на переменный резистор *R14*. С помощью него производят плавную регулировку выходного напряжения высокой частоты. Ступенчатый делитель напряжения — аттенуатор (резисторы *R18—R23*) подключен к выходу СГ отрезком коаксиального кабеля с разъемом. Аттенуатор позволяет ослабить высокочастотное напряжение, снимаемое с части переменного резистора *R14*, в 10, 100 или 1000 раз. На вход аттенуатора напряжение ВЧ поступает через разделительный конденсатор *C8*.

Модулятор представляет собой низкочастотный генератор колебаний фиксированной частоты 1000 Гц. Требуемую глубину модуляции, порядка 30%, устанавливают подстроечным резистором *R17*. Выключение модулятора производится выключателем *B2*. Модуляция осуществляется в цепи базы транзистора *T2*, на которую одновременно с высокочастотным сигналом поступает и низкочастотный сигнал от модулятора через конденсатор *C13* и дроссель *Др2*. Последний препятствует замыканию тока высокой частоты через источник питания.

СГ монтируют в металлическом корпусе размерами 240×140×100 мм. Катушки индуктивности *L1—L5* наматывают на цилиндрических полнстаторовых каркасах диаметром 12 мм (можно использовать каркасы катушек от радиоприемников «Балтика» или «ВЭФ-Аккорд»). Катушки *L1—L3* имеют намотку «Универсаль», ширина секции —

5 мм. Катушка *L1* содержит 3 секции по 350 (350×3) витков провода ПЭЛШО 0,1. Отвод делается от 120-го витка (считая от верхнего по схеме вывода катушки). Катушка *L2* содержит 135×3 витков провода ПЭЛШО 0,12. Отвод делается от 65-го витка. Расстояние между секциями у катушек *L1, L2* равно 4 мм. Катушка *L3* содержит одну секцию — 110 витков провода ПЭЛШО 0,12; отвод — от 18-го витка. Катушка *L4* содержит 24 витка провода ПЭВ-1 0,38; отвод — от 7-го витка. Катушка *L5* содержит 6 витков провода ПЭВ-1 0,69; отвод — от 2-го витка. Намотка катушек *L4, L5* рядовая, виток к витку.

Дроссель *Др1* намотан на резисторе ВС-0,25 сопротивлением не менее 100 кОм и содержит 60 витков провода ПЭЛШО 0,1. Намотка — «Универсаль», ширина секции 4 мм. Дроссель *Др2* намотан на кольцевом сердечнике из феррита М1000НН (типоразмер К10×6×5) проводом ПЭЛ 0,08 до заполнения внутреннего диаметра. В качестве конденсатора *C1* использована одна секция блока конденсаторов переменной емкости от радиоприемника «Спидола». Ось ротора блока удлинена с помощью специально выточенной насадки, на которой укреплены детали верньерного устройства, обеспечивающего замедление порядка 1:10, и визир шкалы. Переключатель *B1* — галетного типа на 2 направления и 5 положений. Выключатели *B2, B3* — тумблеры типа ТВ2-1. Трансформатор *Тр1* собран на сердечнике ШЗ×6. Обмотка *I* содержит 2100 витков провода ПЭВ 0,06; обмотка *II* — 580 витков того же провода. В качестве *Тр1* можно использовать согласующий трансформатор усилителя НЧ от радиоприемников «Сокол» или «Топаз-2».

Транзисторы П416А, ГТ313А можно заменить транзисторами ГТ311Ж, ГТ313Б, П403А и другими с коэффициентом передачи  $B_{ст}$  не менее 40. В модуляторе можно применить любые низкочастотные маломощные транзисторы. В конструкции использованы переменные резисторы СП-1А (*R14*), СПН (*R17*); постоянные резисторы УДМ-0,125; конденсаторы БМТ-2, МБМ (*C7, C8, C11, C15, C16*), К50-6, ЭМ (*C12, C13, C14, C17*), КСО, КТ (*C2, C3, C4, C5, C6, C9, C10*).

Налаживание СГ начинают с проверки потребляемого тока, который при неправильной работе прибора и нормальном напряжении батареи (4,5 В) обычно не превышает 4—5 мА. Затем с помощью осциллографа, усилителя низкой частоты либо с помощью телефонов по общепринятой методике определяют, работает ли модулятор. При этом движок подстроечного резистора *R17* устанавливают в верхнее (по схеме) положение. Если окажется, что модулятор не работает, т. е. в нем не возникают низкочастотные колебания, следует поменять местами выводы у обмотки *I* или *II* трансформатора *Тр1*. Требуемую частоту колебаний (1000 Гц) получают подбором конденсатора *C15*.

Закончив налаживание модулятора, проверяют, возбуждается ли высокочастотный генератор. Сделать это можно, например, с помощью всеволнового радиоприемника. СГ располагают около приемника и к его гнезду *Гн1* подключают отрезок провода длиной 20—30 см. Движок переменного резистора *R14* устанавливают в верхнее (по схеме) положение, а переключатель поддиапазонов *B1* — на первый поддиапазон, соответствующий частотам 100—300 кГц. Настроив приемник на работу в указанном диапазоне частот и вращая ручку конденсатора *C1*, пытаются принять сигналы СГ. При нормальной работе СГ и его настройке на частоту приемника на выходе последнего будет прослушиваться сигнал с частотой модуляции. Работа высокочастотного генератора проверяется при максимальной и минимальной емкости переменного конденсатора *C1*. Таким же образом проверяется работа ГВЧ и на других поддиапазонах.

Величину напряжения высокочастотного напряжения на выходе СГ можно измерить с помощью высокочастотного лампового или транзисторного милливольтметра.

Наиболее трудным этапом налаживания СГ является процесс градуировки, перед началом которого на шкале конденсатора переменной емкости *C1* надо установить начало и конец каждого поддиапазона. Так как в высокочастотном генераторе начальная емкость колебательного контура на любом из поддиапазонов определяется начальной емкостью конденсатора *C1*, емкостью монтажа, собственной емкостью катушки индуктивности и другими факторами, которые не регулируются, то значение частоты сигнала в начале или конце шкалы на любом из поддиапазонов устанавливают только изменением числа витков соответствующей катушки индуктивности *L1—L5*. Если при этом интервал частот на отдельных поддиапазонах будет отличаться от значений, указанных в начале листовки, то это существенной роли не играет.

При градуировке шкалы частот СГ приемник настраивают точно на частоту сигнала, поступающего от СГ, и ее значение наносят на шкалу СГ. Чтобы не впасть в ошибку, связанную с настройкой приемника на частоту гармоник сигнала, посту-

пающего от СГ, уровень сигнала на входе приемника должен быть минимальным. Такую градуировку шкалы производят на каждом из поддиапазонов через интервал частот, который практически определяется шкалой приемника.

Градуировку СГ можно также производить с помощью генератора стандартных сигналов, позволяющего ее выполнить более точно, либо с помощью гетеродинного волномера. Глубину модуляции устанавливают подстроечным резистором  $R17$ .

Налаживание выходного каскада сводится к более точному подбору резисторов

$R11$ ,  $R12$ , конденсатора  $C6$  и числа витков дросселя  $Др1$ , при которых усиление этого каскада во всем рабочем диапазоне частот более равномерное.

Перед сборкой и налаживанием СГ целесообразно ознакомиться с общими рекомендациями, содержащимися в листовке № 53 «Что надо знать, собирая сигнал-генератор» и статьей «Генератор ВЧ», опубликованной в журнале «Радио» № 5 за 1972 г. (с. 49–51). В указанной статье достаточно подробно рассмотрены вопросы градуировки СГ.

