

ГЕНЕРАТОР НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ. НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ЧАСТОТОМЕР

Генератор низкой (звуковой) частоты типа RC (рис. 1) вырабатывает синусоидальные электрические колебания в диапазоне частот 20 Гц...20 кГц. Весь диапазон частот разбит на три поддиапазона 20...200 Гц, 200...2000 Гц и 2...20 кГц. Наибольшее напряжение на выходе 1 В, наименьшее — 0,1 мВ. Коэффициент нелинейных искажений не превышает 0,5%. Малая нестабильность выходного напряжения (не более 1 дБ) позволяет отказаться от его контроля с помощью вольтметра. Потребляемый ток не более 10 мА.

Питается генератор от отдельного стабилизированного выпрямителя с напряжением на выходе 15 В при токе до 50 мА. От этого выпрямителя можно подавать питание и на все остальные приборы любительской измерительной лаборатории.

Генератор представляет собой трехкаскадный усилитель низкой частоты с положительной обратной связью. Для получения такой связи напряжение из эмиттерной цепи транзистора V3 подается в цепь базы транзистора V1 через делитель, одно звено которого состоит из резисторов R3, R4 и одного из конденсаторов C4...C6, соединенных последовательно, а другое — из резисторов R1, R2 и одного из конденсаторов C1...C3, соединенных параллельно.

Плавное изменение частоты колебаний осуществляется двоянным переменным резистором R2R3, а скачкообразное — переключателем S1, который изменяет величины конденсаторов, входящих в цепь делителя (C1, C4; C2, C5; C3, C6). Для получения высокой стабильности колебаний первые два каскада усиления на транзисторах V1, V2 имеют между собой гальваническую связь и охвачены отрицательной связью по постоянному току через резистор R5. Кроме того, первый каскад охвачен отрицательной обратной связью по переменному току через резистор R9. Благодаря этому генератор работает стабильно в диапазоне температур +60...-20°C.

Со вторым каскадом усиления непосредственно связан вход эмиттерного повторителя на транзисторе V3, исключаяющий реакцию выходных цепей и подключаемых нагрузок на первые два каскада. Его нагрузкой служит установочный резистор R12.

Для стабилизации выходного напряжения все каскады охвачены отрицательной обратной связью, напряжение которой с эмиттера транзистора V3 через конденсатор C8 и терморезистор R11 подается в цепь эмиттера транзистора V1. Если по каким-либо причинам амплитуда колебаний генератора увеличится, то ток через терморезистор возрастет, его сопротивление уменьшится, величина отрицательной обратной связи увеличится, и, в результате, напряжение на выходе генератора восстановится до прежней величины. Отрицательная обратная связь способствует также и уменьшению нелинейных искажений.

Выходное напряжение плавно регулируется переменным резистором R13. Скачкообразный делитель напряжения — attenuator (R14...R20) с помощью переключателя S2 позволяет ослаблять сигнал в 10, 100 и 1000 раз.

В генераторе использованы конденсаторы БМ-2 (C1, C4), МБМ (C2, C3, C5, C6), К50-6 (C7...C10), постоянные резисторы МЛТ 0,25. Резисторы attenuатора R15...R20 необходимо подбирать с точностью $\pm 0,5\%$, а конденсаторы C1...C6 — с точностью $\pm 2\%$. В приборе использованы также двоянные переменные резисторы R2R3 СПЗ-7а-В, переменный резистор R13 СП-1-А, подстроечные резисторы R6, R12 СПЗ-16, а также переключатели S1, S2 малогабаритные, галетного типа (ПМ). Возможно применение и других деталей, например транзисторов П421...П423, П401...П403 любой группы, конденсаторов БМ, БМТ, КБГИ, ЭМ, К50-16, переменных резисторов СП-4а-М (R13), СП-III-В (R2R3), СП-2 (R6, R12).

При использовании малогабаритных деталей часть из них располагается на печатной плате размером 85×45 мм (рис. 2). Конденсаторы C1...C6 и резисторы R14...R20 размещают на свободных платах (дспестках) переключателей S1 и S2 соответственно. Конструктивное оформление прибора зависит от возможностей и вкуса радиолюбителя.

На передней панели прибора (рис. 3) расположены: ручка плавной установки частоты (от двоянного переменного резистора R2R3), ручка переключения поддиапазонов (от переключателя S1), ручка плавной/регулировки выходного напряжения (от

резистора R13), ручка скачкообразного изменения выходного напряжения (от переключателя S2), выключатель питания S3 и выходное гнездо X1. Если применен встроенный стабилизированный выпрямитель, на передней панели устанавливается индикаторная лампа H1 включения сети (ТН-0,3), а выключатель S3 соединяется последовательно с первичной обмоткой силового трансформатора.

Убедившись в исправности всех деталей и отсутствии ошибок в монтаже, на прибор подают питание и устанавливают режим работы транзисторов V1...V3 (см. рис. 1) при отсутствии положительной обратной связи. Для этого движок переменного резистора R12 устанавливают в нижнее по схеме положение и перемещением движка подстроечного резистора R6 добиваются на эмиттере транзистора V3 напряжения 7...7,2 В. Так как все каскады имеют между собой гальваническую связь, режим работы остальных транзисторов устанавливается автоматически.

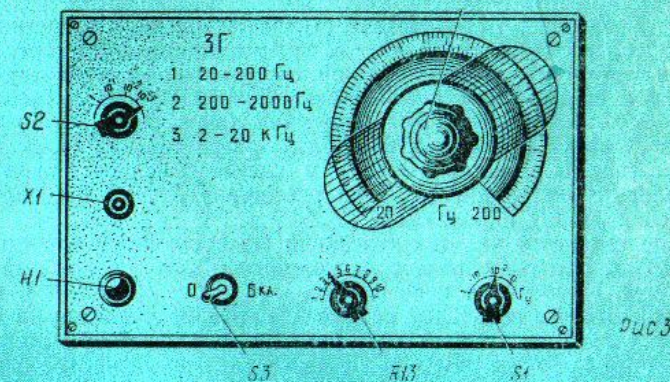
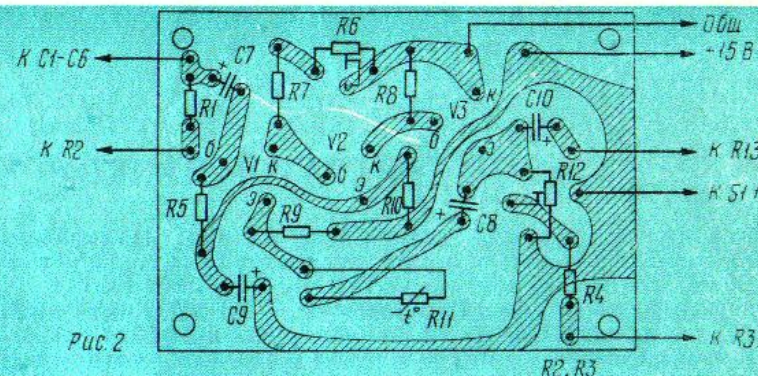
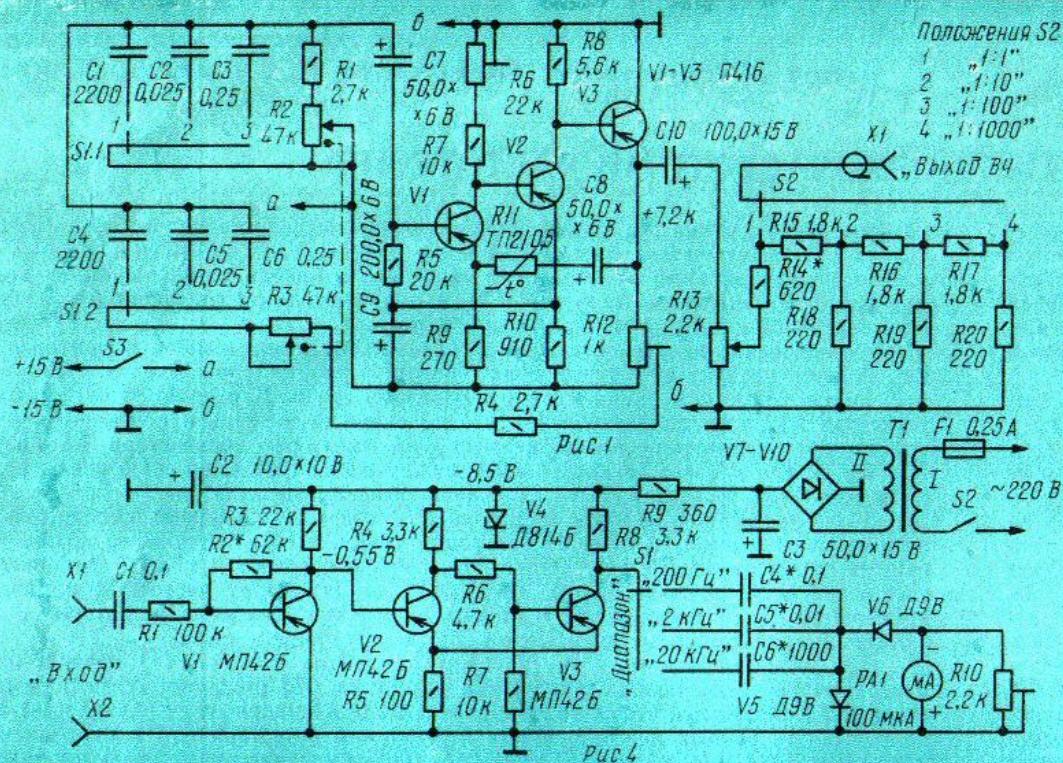
Далее, перемещая движок резистора R12 вверх, увеличивают положительную обратную связь и выбирают режим генерации таким, чтобы напряжение низкой частоты, измеренное на переменном резисторе R13, было в пределах 1,5...1,7 В. Минимальных искажений и устойчивой работы генератора на всех трех частотных поддиапазонах добиваются более тщательным подбором положений движков резисторов R12 и R6. Постоянные и переменные напряжения контролируют авометром.

Для удобства работы с генератором в позиции «1» («1:1») переключателя S2 и верхнем по схеме положении движка резистора R13 подбором сопротивления резистора R14 добиваются, чтобы на выходе — гнезде X1 напряжение равнялось 1 В. Тогда каждое из 10 равных делений шкалы переменного резистора R13 в положениях переключателя S2: «1:1», «1:10», «1:100», «1:1000» будет соответствовать напряжению на выходе, равному 100, 10, 1 и 0,1 мВ. Но при этом необходимо, чтобы в качестве R13 было применено переменное сопротивление с линейной зависимостью изменения сопротивления от угла поворота оси.

Градуируется генератор по общепринятой методике, которая неоднократно описывалась на страницах радиолобительской литературы. Если номиналы конденсаторов C1...C6 подобраны с требуемой точностью, то градуировку шкалы производят только на низшем поддиапазоне частот. На остальных поддиапазонах отсчитанное значение частоты (по шкале) надо умножить на 10 или 100.

На рис. 4 приведена схема простого частотомера, работающего в диапазоне частот 20...20 000 Гц, который разбит на три поддиапазона 20...200 Гц, 200...2000 Гц и 2...20 кГц. Питается прибор от сети переменного тока напряжением 220 В через выпрямитель с двоянным параметрическим стабилизатором или от батареи с напряжением 12...15 В.

Переменное напряжение, частоту которого нужно измерить, через гнезда X1, X2, разделительный конденсатор C1 и ограничительный резистор R1 поступает на базу транзистора V1. Режим работы этого транзистора выбран таким, что он почти полностью открыт, и отрицательные полупериоды входного напряжения ограничиваются, а положительные — усиливаются. К нагрузочному резистору R3 усилителя подключен вход триггера Шмитта (V2, V3). При сигнале отрицательной полярности на базе V2 и величине, превышающей величину порога срабатывания триггера, он формирует на резисторе R8 последовательность прямоугольных импульсов напряжения с амплитудой, не зависящей от величины и формы входного сигнала, и с частотой повторения этого сигнала. С выхода триггера напряжение прямоугольной формы через переключатель S1 подается в измерительную цепь, состоящую из конденсаторов C4...C6, диодов V5, V6 и стрелочного индикатора с подстроечным резистором R10. В зависимости от положения переключателя во время действия импульса один из конденсаторов C4...C6 будет заряжаться через индикатор PA1 и диод V6, а в паузах — разряжаться через диод V5, резистор R5 и открытый транзистор V3. Заряд и разряд указанного конденсатора будут происходить с частотой следования импульсов. А так как частота импульсов равна частоте исследуемого сигнала, то и средний ток, протекающий через индикатор, будет пропорционален частоте сигнала.



С конденсатором C_4 в измерительной цепи прибором можно измерять частоты до 200 Гц, с C_5 — до 2 кГц, с C_6 — до 20 кГц. Если емкости конденсаторов C_4 , C_5 , C_6 увеличить в два раза ($C_4=0,2$; $C_5=0,02$; $C_6=0,002$ мкФ), то пределы измерения частоты уменьшатся в два раза и будут равны 100 Гц, 1 и 10 кГц соответственно.

В частотомере хорошо работают транзисторы типа П416, П422, П423, МП42Б с коэффициентом передачи тока не менее 80. При изготовлении прибора использованы постоянные резисторы МЛТ 0,25, подстроечный резистор СПЗ-9 (R_{10}), электролитические конденсаторы К50-6 (C_2 , C_3), постоянные конденсаторы МБМ, БМ, ПМ. Стабилитрон Д814Б можно заменить на Д809 или Д808 с напряжением стабилизации около 3,5 В. Переключатель S_1 — галтовый, на 3 положения и 3 направления (используется только одно направление), выключатель S_2 — ТБ2-1.

Индикатор PA_1 — микроамперметр на 50 мкА, с сопротивлением рамки около 700 Ом (например, типа М24). Трансформатор питания выполнен на сердечнике Ш-10, набор 15 мм, площадь окна 4,32 см². Обмотка I содержит 6600 витков провода ПЭВ-1 0,1, обмотка II — 320 витков провода ПЭВ-1 0,12. Практически можно использовать любой силовой трансформатор небольших габаритов, обеспечивающий понижение сетевого напряжения до 10...12 В. При питании частотомера от автономного источника 3 батареи 3336Л соединяют последовательно и подключают их вместо конденсатора C_3 , отключив сетевой блок питания.

Все детали размещают на плате из гетинакса с помощью навесного монтажа. Габариты прибора в основном определяются размером шкалы стрелочного индикатора.

Налаживание прибора начинают с измерения напряжения на коллекторе транзистора V_1 (при отсутствии входного сигнала). Требуемое напряжение — 0,55 В устанавливают резистором R_2 . Если нет высокоомного вольтметра на малый предел измерения, можно измерить ток в цепи коллектора. Он должен быть около 0,36 мА.

Затем движок резистора R_{10} ставят в среднее положение, переключатель S_1 — в положение «200 Гц», и на вход частотомера от звукового генератора подают сигнал частотой 200 Гц и амплитудой около 1 В. Изменяя положение движка резистора R_{10} , устанавливают стрелку индикатора точно на конечную отметку шкалы. Переключив прибор на поддиапазон «2 кГц», подают сигнал с частотой 2 кГц и подбором конденсатора C_5 устанавливают стрелку индикатора на конечную отметку.

На поддиапазоне «20 кГц» на вход прибора подают сигнал с частотой 20 кГц и добиваются отклонения стрелки индикатора на всю шкалу подбором емкости конденсатора C_6 .

Чувствительность частотомера на каждом из поддиапазонов определяют путем плавного увеличения (начиная с нуля) входного сигнала. Как только стрелка отклонится на соответствующее деление шкалы (момент срабатывания триггера Шмитта), замечают амплитуду сигнала от звукового генератора. Это напряжение и будет соответствовать чувствительности частотомера — минимальному напряжению, при котором обеспечивается нормальная работа прибора.

Измеряя сигнал неизвестной частоты, переключатель S_1 сначала ставят в положение «20 кГц». Если стрелка индикатора не отклоняется или отклоняется едва заметно, то переходят на более низкий поддиапазон, стараясь добиться возможно большего показания стрелки индикатора.