

ГЕТЕРОДИННЫЕ ИНДИКАТОРЫ РЕЗОНАНСА НА ТРАНЗИСТОРАХ

Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР) — это простейший высокочастотный универсальный прибор, позволяющий производить самые разнообразные измерения, основанные на использовании явления резонанса. ГИР позволяет определять частоту настройки негенерирующих колебательных контуров, производить настройку приемных и передающих устройств, измерять частоту гетеродина, а также осуществлять ряд других измерений.

Основой ГИРА является маломощный автогенератор, работающий в определенном диапазоне частот и настраиваемый в резонанс с частотой исследуемой цепи. В качестве индикатора резонанса наиболее часто применяются микроамперметры магнитно-электрической системы. В настоящей листовке рассматриваются два ГИРА, выполненные на транзисторах.

На рис. 1 приведена простейшая схема ГИРА на одном транзисторе. Автогенератор собран по схеме с общей базой и емкостной связью (через конденсатор $C2$). Частота генерируемых колебаний определяется индуктивностью катушек $L1, L2$ и емкостью переменного конденсатора $C1$. Для того чтобы перекрыть диапазон частот от 5,8 до 59 МГц и определить частоту колебаний по шкале конденсатора $C1$ с достаточной для практики точностью, указанный выше диапазон частот разбит на шесть поддиапазонов: 5,8—9; 9,2—11; 10—16,5; 16—27; 26—41 и 37—59 МГц. Выбор частотного поддиапазона производится переключателем $B1$, замыкающим часть витков контурной катушки $L2$. Режим работы транзистора $T1$ по постоянному току определяется делителем напряжения, образованным резисторами $R1, R2$.

Переменное напряжение высокой частоты на резисторе $R3$, пропорциональное амплитуде высокочастотных колебаний в контуре, через конденсатор $C5$ поступает на детектор $D1$. Постоянная составляющая тока в цепи детектора измеряется микроамперметром $ИП1$ с током полного отклонения 50—100 мкА. Если катушку индуктивности $L1$ приблизить к колебательному контуру LC (на рис. 1 он изображен штриховыми линиями), частоту которого требуется измерить, а конденсатором переменной емкости $C1$ частоту ГИРА сделать равной собственной частоте контура LC , то часть высокочастотной энергии из контура $L1L2C1$ будет «отсасываться». Это вызовет уменьшение высокочастотного напряжения, подаваемого на детектор, а следовательно, и уменьшение показаний по шкале микроамперметра. Таким образом, если шкалу ГИРА поградуировать по частоте, легко определить резонансную частоту контура LC . Следует учесть, что чем слабее будет связь между катушками $L1$ и $L2$, тем резче будет проявляться минимум тока в момент резонанса в цепи микроамперметра, а следовательно, точнее будут результаты измерения. Чувствительность микроамперметра можно изменять переменным резистором $R4$.

При разомкнутом выключателе $B2$ питание на транзистор $T1$ не подается, и ГИР преобразуется в обычный резонансный абсорбиционный волномер. При этом о настройке контура $L1L2C1$ в резонанс с частотой генерирующего контура (контура гетеродина, задающего генератора и т. д.) судят по максимуму тока в цепи микроамперметра. Этот микроамперметр измеряет, как и прежде, постоянную составляющую тока в цепи детектора, на который высокочастотное напряжение поступает с контура $L1L2C1$ через конденсаторы $C2, C5, C4$.

ГИР вместе с источником питания — батареей «Крона» размещается в футляре размерами 50×75×130 мм, изготовленном из тонкого мягкого листового дюралюминия.

Катушка индуктивности $L2$ намотана на полистироловом каркасе диаметром 19 и длиной 40 мм. На каркасе размещено 37 витков провода ПЭЛ 0,59 с отводами от 15, 23, 29 и 33-го витков, считая от нижнего (по схеме) вывода катушки. Шаг намотки — 0,9 мм. Катушка индуктивности $L1$ состоит из одного витка провода ПЭЛ 1,35. Ее габариты указаны на рис. 2. Катушку $L1$ устанавливают на торцевой части корпуса ГИРА, а $L2$ — внутри корпуса, как можно ближе к переключателю $B1$. Для защиты от повреждения катушка $L1$ закрывается цилиндрическим колпаком, выполненным из органического стекла.

На рис. 3 приведен один из возможных вариантов конструктивного оформления подобного ГИРА. В нем использованы конденсатор с воздушным диэлектриком и максимальной емкостью порядка 50 пФ ($C1$), переключатель галетного типа ($B1$), выключатель-тумблер ($B2$) на два направления, конденсаторы KT ($C2, C5$), конденсаторы $БМ-2$ ($C3, C4$), переменный резистор СПО-0,5 ($R4$), постоянные резисторы МЛТ-0,25.

Налаживание ГИРА производится после окончания монтажа и устранения всех выявленных ошибок. Подключив к прибору питание, подбирают номиналы резисторов $R1, R3$ и конденсатора $C2$ такими, чтобы в пределах рабочего диапазона автогенератор устойчиво возбуждался. Ток коллектора при этом обычно не превышает 2—4 мА. Если автогенератор работает, то при перемещении движка переменного резистора $R4$ показания микроамперметра должны плавно изменяться.

Убедившись в работоспособности автогенератора, переходят к определению пределов первого поддиапазона (37—59 МГц) и к градуировке шкалы переменного конденсатора $C1$. Эту операцию можно произвести с помощью резонансного волномера, генератора стандартных сигналов либо сигнал-генератора, радиоприемного устройства, рассчитанных на работу в диапазоне порядка 5—60 МГц.

При использовании резонансного волномера, который наиболее доступен радиолюбителям, его катушку индуктивно связывают с катушкой $L1$, конденсатор $C1$ устанавливают в положение максимальной емкости, включают ГИР, ручкой переменного резистора $R4$ устанавливают стрелку микроамперметра в среднее положение и, меняя частоту настройки резонансного волномера, настраивают его на частоту ГИРА (по минимуму тока через микроамперметр). Это значение частоты наносят на шкалу переменного конденсатора $C1$. Верхнюю границу частоты поддиапазона I определяют при минимальной емкости конденсатора $C1$.

Если окажется, что границы поддиапазона значительно отличаются от требуемых значений, изменяют индуктивность катушки $L1$ и повторяют измерения. Градуировка шкалы ГИРА внутри поддиапазона производится аналогично, при этом сначала устанавливают частоту резонансного волномера через 0,5—1 МГц, а затем на эту же частоту настраивают ГИР. Закончив градуировку поддиапазона I , переключатель $B1$ устанавливают в положение «II» (26—41 МГц) и переходят к установлению пределов и к градуировке шкалы на поддиапазоне II . Если необходимо устранить смещение частоты на поддиапазоне II , следует более тщательно подобрать место припайки отвода (точку «а») к виткам катушки $L2$. На следующих поддиапазонах уточняют места припайки отводов от витков катушки $L2$ (точки «б», «в», «г»).

В процессе градуировки может оказаться, что ширина каждого из поддиапазонов будет отличаться от указанных выше значений (за счет начальной емкости конденсатора $C1$, емкости монтажа, собственной емкости катушек $L1, L2$). С этим следует мириться, так как в данном случае элементов для подстройки частоты в начале и конце поддиапазонов нет. Важно, чтобы нижняя частота поддиапазона I была несколько меньше высшей частоты поддиапазона II ; нижняя частота поддиапазона II меньше высшей частоты поддиапазона III и т. д.

Окончив градуировку, витки катушки $L2$ желательно закрепить на каркасе в отдельных точках полистироловым лаком, чтобы исключить их смещение, а, наоборот, следовательно, нарушение градуировки.

Схема более современного ГИРА, содержащего модулятор ($T2$) и усилитель в индикаторном устройстве ($T3$), приведена на рис. 4. Такой ГИР обладает более широкими измерительными возможностями и позволяет использовать более грубый стрелочный измерительный прибор — чувствительностью 0,5—1 мА.

Схема автогенератора ($T1$) аналогична рассмотренной выше. Перекрытие диапазона частот 1,3—50 МГц обеспечивается шестью сменными катушками ($L1—L5$), работающими в частотных поддиапазонах 1,3—2,5; 2,3—5; 4,8—10; 9,7—20; 9,6—55 и 33—50 МГц. Для питания ГИРА применяется батарея напряжением 6 В, состоящая из четырех элементов «316», соединенных последовательно.

Модулятор собран по схеме с индуктивной обратной связью. В качестве колебательного контура модулятора, представляющего собой звуковой генератор на частоту 1900 Гц, используется обмотка I трансформатора $Tr1$ и конденсатор $C5$. На коллектор и базу транзистора $T1$ напряжение питания подается с коллектора транзистора $T2$, благодаря чему осуществляется процесс модуляции высокочастотных колебаний. Включение модулятора производится выключателем $B1$.

Индикаторное устройство состоит из детектора, выполненного по схеме удвоения напряжения на диодах $D1, D2$, регулятора чувствительности индикатора ($R6$), микроамперметра $ИП1$ и телефона, включаемого в гнездо $Гн1$. При выключенном модуляторе и подключенном телефоне типа ТОН-2 прибор работает в режиме гетеродинного волномера и позволяет измерить частоту f_x различных генерирующих устройств методом «нулевых биений». В таком же режиме прибор можно применить (в том числе и при отключенном телефоне) в качестве гетеродинного индикатора резонанса для измерения частоты пасторы f_x негенерирующих колебательных контуров. Момент резонанса фиксируется по минимуму показания микроамперметра. При замкнутом выключателе $B1$ ГИР используется как сигнал-генератор при проверке и настройке высокочастотных каскадов приемника. Одна из катушек $L1—L6$ в этом случае индуктивно связывается с соответствующими контурами приемника.

Прибор смонтирован в футляре размерами 80×60×150 мм, изготовленном из дюралюминия толщиной 1 мм. Один из возможных вариантов конструктивного оформления подобного ГИРА приведен на рис. 5. Все катушки наматывают на полистироловых каркасах диаметром 18 мм, намотка — рядовая. Катушка $L1$ содержит 140 витков провода ПЭЛ 0,1; $L2$ — 60 витков ПЭЛ 0,14; $L3$ — 20 витков ПЭЛ 0,25; $L4$ — 10 витков ПЭЛ 0,44; $L5$ — 5 витков ПЭЛ 0,8 и $L6$ — 2,5 витка ПЭЛ 0,9. Для защиты от повреждения катушек последние помещают в цилиндрические корпуса из полистирола, в донышке которых укрепляют контакты для соединения с гнездами, находящимися на торцевой стенке футляра ГИРА. Дроссель $Dr1$ содержит 200 витков провода ПЭШО, намотка «внавал», ширина секции — 4 мм, диаметр каркаса — 15 мм.

В конструкции использованы: конденсатор с воздушным диэлектриком ($C3$), резисторы МЛТ-0,25, керамические ($C1, C7, C8$) и бумажные ($C2, C4, C5, C6$) конденсаторы, переменный резистор СПЗ-4 ($R6$), согласующий трансформатор от радиоприемника «Сокол».

Процесс градуировки каких-либо особенностей не имеет.

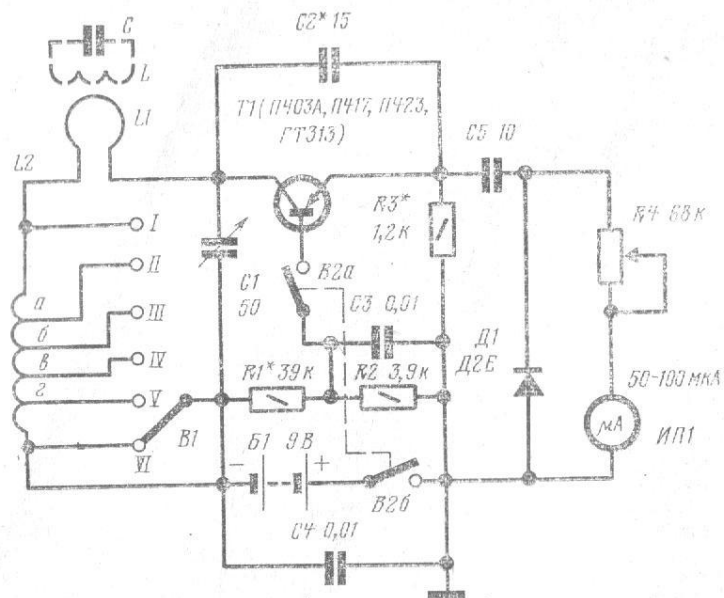


Рис. 1

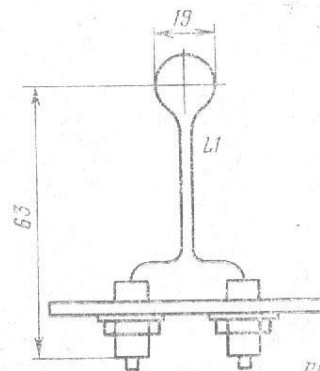


Рис. 2

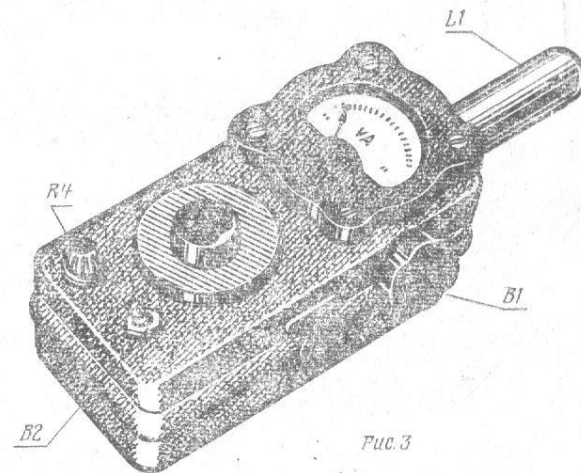


Рис. 3

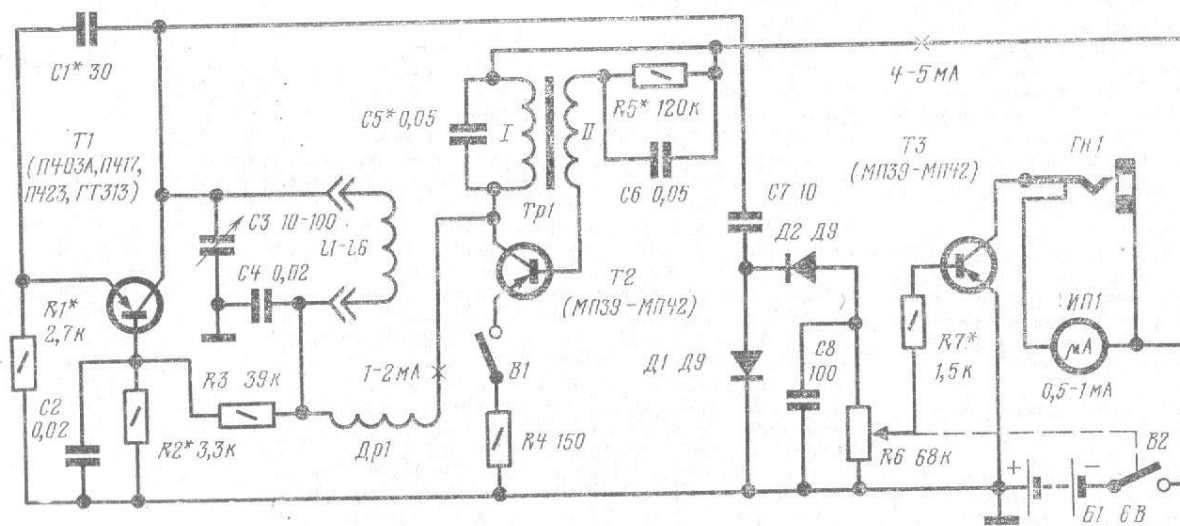


Рис. 4

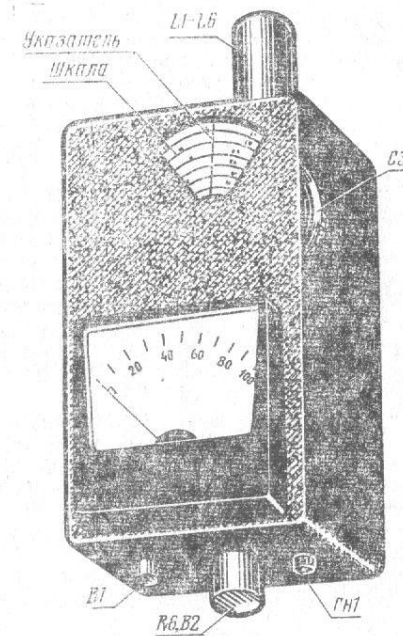


Рис. 5