

Виктор Беседин (UA9LAQ)

г. Тюмень

E-mail: ua9laq@mail.ru

В Интернете "ходит" достаточно много различных схем простых измерительных приборов и, пожалуй, самый нужный для радиолюбителя, после АВО-метра, прибор – это гетеродинный индикатор резонанса (ГИР). В своё время мне приходилось изготавливать эти приборы с использованием биполярных и полевых транзисторов, ИМС и радиоламп. Более всего мне понравились ГИР на полевых транзисторах, как более надёжные и стабильные, имеющие удобные в эксплуатации габариты и массу, хотя не стоит сбрасывать со счетов и остальные...

ГИР и волномер на ПТ

В [1] приведена схема одной из реализаций ГИР на полевых транзисторах (ПТ), схема содержит два ПТ, один из которых работает в схеме РЧ генератора, другой – в усилителе (истоковый повторитель), что способствует большему выбору измерительных головок (50...500 мкА) и минимальной связи нагрузки (схемы измерения) с генератором.

На рис. 1 приведена принципиальная схема ГИР.

Генератор прибора, собранный на ПТ VT1, генерирует РЧ колебания с частотой, определяемой индуктивностью L1 и конденсатором C1 (на резонансной частоте контура L1C1). С делителя R1/R2 часть протектированного переходом транзистора напряжения генератора поступает на затвор транзистора VT2 и управляет током его стока, переменным резистором R6 производится установка стрелки микроамперметра в зону, близкую к максимальному её отклонению.

Индуктивно связываем катушку L1 с исследуемым контуром, при совпадении их частот происходит отток энергии, и напряжение генератора ГИР уменьшается, причём, тем больше, чем выше добротность исследуемого контура. В результате, по цепочке происходит уменьшение тока стока VT2, падения напряжения на резисторе (истоковой нагрузке) R3, и предустановленное с помощью R6 положение стрелки микроамперметра изменяется, – стрелка движется в сторону нулевого значения по его шкале. Этот "провал" в показаниях стрелочного индикатора и указывает на момент совпадения частот генератора прибора, частоту которого можно посмотреть на его шкале частот, градуированной заранее по эталону, при этом, при минимальной связи с исследуемым контуром (минимальный "провал", достаточный лишь для индикации резонанса) принимается собственная частота исследуемого контура, равная частоте генерации

ГИР. При измерениях сначала сильно связывают ГИР с исследуемой цепью, после обнаружения резонанса удаляют ГИР на максимально большое расстояние, достаточное лишь для едва заметной реакции стрелки на резонанс, – в этом случае обеспечивается максимальная точность измерения, в противном случае, при сильной связи, частота генератора ГИР "уходит" (прибор расстраивается, градуировка прибора по частоте становится неправильной, увеличивается погрешность измерений).

Практике работы с этим универсальным прибором посвящено очень много материалов как в печати, так и в Интернете, поэтому описание всех применений ГИР здесь не приводится.

Градуировка прибора производится по эталонным генераторам,

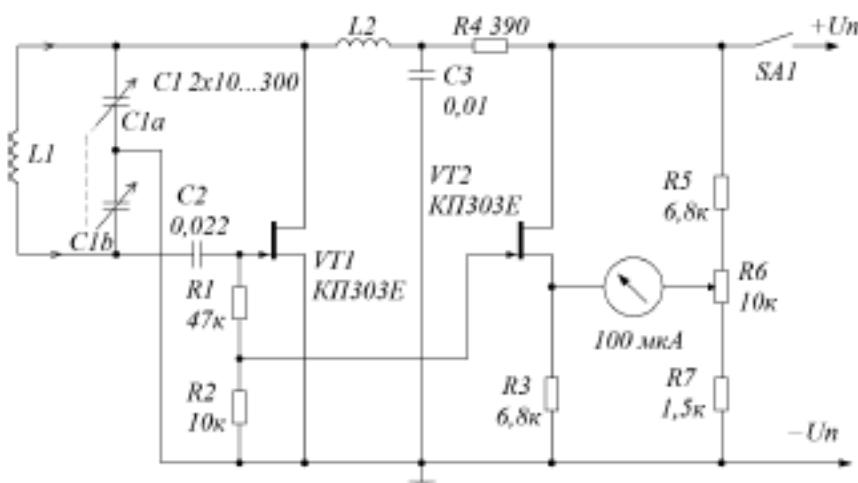


Рис. 1. Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР).
Схема принципиальная электрическая



Рис. 2. Эскиз монтажной платы ГИР.
Вид со стороны печатных проводников.
Размеры: 40x27,5x1,5 мм

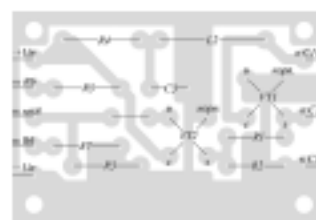


Рис. 3. Эскиз монтажной платы ГИР.
Вид со стороны установки деталей

путём индуктивной связи их выхода (катушки, включенной на выход эталонного генератора, ГСС) с катушкой ГИР, при индикации нулевых биений, также по сигналу ГСС можно производить градуировку в режиме волномера (см. ниже) – по максимальному отклонению стрелки прибора, или по сигналам ГИР на приёмниках, шкалах, дисплеях частотомеров.

Монтаж большинства деталей ГИР размещён на плате из фольгированного (с одной или двух сторон) стеклотекстолита размерами 40x27,5x1,5 мм. На рис. 2 приведён эскиз печатной платы ГИР, на рис. 3 – эскиз расположения деталей на его монтажной плате.

Применён малогабаритный двухсекционный КПЕ с воздушным диэлектриком 2x10...300 пФ. Резисторы МЛТ-0,125...0,25, конденсаторы постоянной ёмкости К10-17 или их импортные аналоги. Транзисторы КП303, КП307, КП364, МРФ102. Сменные катушки L1 намотаны на каркасах, укрепленных на ответных частях соединителей, в качестве которых можно использовать, например, октальные цоколи радиоламп с керамическими ламповыми панельками, другие соединители с числом контактов не менее трёх (при использовании ГИР на низких частотах – ниже 3 МГц, в случае отсутствия генерации (сначала проверить достаточность индуктивности дросселя L2), от средней точки L1 следует сделать отвод и соединить его с общим проводом ГИР – корпусом КПЕ через разделительный конденсатор ёмкостью 0,01...0,1 мкФ). Если необходимо сделать растяжку каких-либо поддиапазонов ГИР, следует использовать разъёмные части со сменными катушками на основаниях с большим числом выводов, КПЕ, при этом будет подключаться со сменой катушек к ним (катушкам) либо через переключки (напрямую) – см. рис. 4, либо через одинаковые по ёмкости конденсаторы (включенные последовательно с C1a и C1b), также на сменном блоке (с целью ещё большей растяжки шкалы) можно включать

и параллельные катушке конденсаторы (см. рис. 5). Конденсатор C2 включен между платой и “фазным” выводом C1b. Катушка L2 – дроссель. Его индуктивность зависит от нижней границы диапазонов частот, перекрываемых ГИР. При нижней границе порядка 3 МГц, достаточно индуктивности L2 порядка 1 мГн, ниже – 2,2 мГн и более. Обычно, это – катушка, намотанная

проводом ПЭЛШО-0,1...0,15 – 2...4 секции “Универсаль” или “внавал” на каркасе диаметром 5...6 мм, количество витков в каждой секции 100. Критерий “достаточности” индуктивности L2 – работа генератора ГИР на самой низкой, из выбранных Вами, частоте. Для обеспечения меньшей неравномерности выходного напряжения генератора ГИР, дроссель

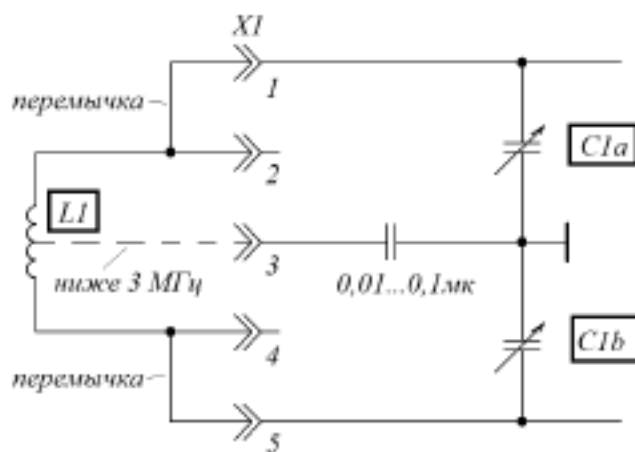


Рис. 4. Вариант подключения к ГИР катушек “обзорных” диапазонов через переключки. Конденсаторы Cр1 и Cр2 устанавливаются вместо переключек (см. рис. 5). Отвод от середины катушки L1 устанавливается по необходимости (если нет генерации, после проверки достаточности индуктивности дросселя L2) ниже частоты 3 МГц. Конденсатор 0,01...0,1 мкФ – разделительный, исключает замыкание источника питания через L1, в случае применения переключки. X1 – соединитель съёмной катушки ГИР

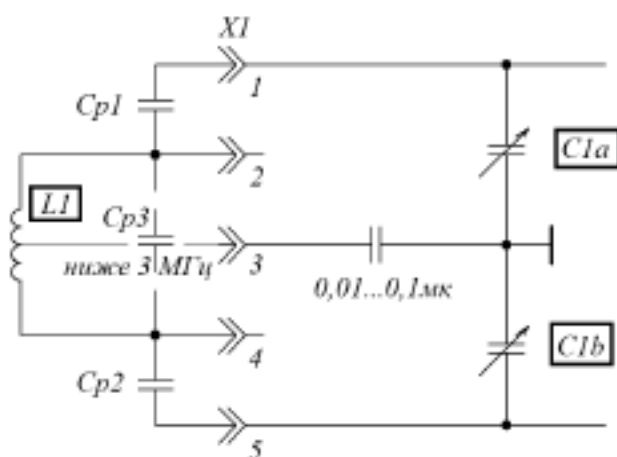


Рис. 5. Вариант подключения к ГИР катушек “растянутых” диапазонов (считывание значения частоты осуществляется по отдельным шкалам). Конденсаторы Cр1 и Cр2 устанавливаются вместо переключек (см. рис. 4), они равны по ёмкости, конденсатор Cр3 устанавливается для обеспечения ещё большей растяжки диапазона частот, перекрываемых с этой катушкой. Отвод от середины катушки L1 устанавливается по необходимости (если нет генерации, после проверки достаточности индуктивности дросселя L2) ниже частоты 3 МГц. Конденсатор 0,01...0,1 мкФ – разделительный, исключает замыкание источника питания. X1 – соединитель съёмной катушки ГИР. Катушку можно смонтировать и на отдельных стойках, тогда будет достаточно трёхконтактного соединения

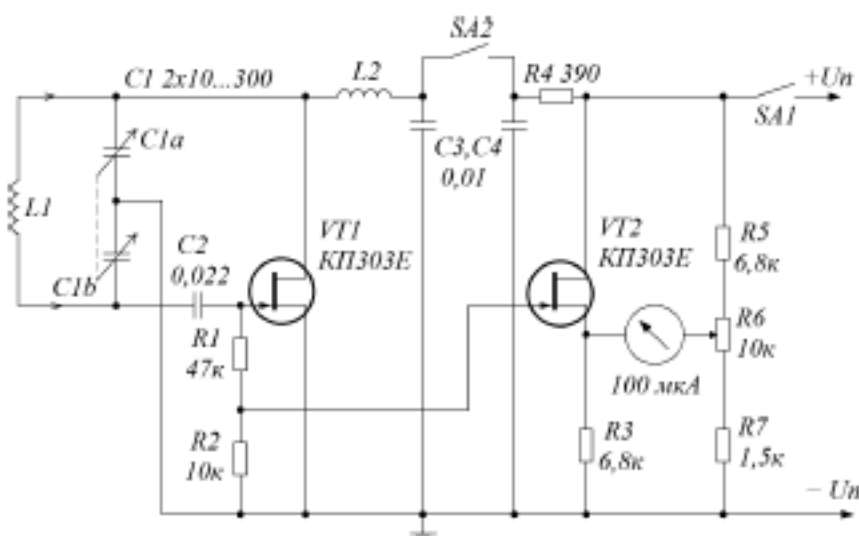


Рис. 6. Гетеродинный индикатор резонанса (ГИР)-вольтметр.

Схема принципиальная электрическая. Выключатель питания SA1 может быть конструктивно объединён с потенциометром R6

не должен содержать сердечника, что, однако, повлияет на его габариты. Напряжение питания ГИР – 9 В. Обычно, это – батарея КРОНА или малогабаритный аккумулятор с таким же напряжением. Возможно питание прибора от сетевого БП со стабилизированным выходным напряжением, но это не очень удобно из-за дополнительных проводов и потребует РЧ развязки по входу питания.

На рис. 6 приведена принципиальная схема ГИР-вольтметра. Она отличается от схемы на рис. 1 дополнительными конденсатором развязки C4 и выключателем питания SA2, с помощью которого можно оставить в работе только усилитель, генератор, при этом, выключен и не генерирует. Наведённое в катушке L1 резонансного контура L1C1 РЧ напряжение детектируется на переходе VT1 и поступает для усиления на затвор VT2. При резонансе в контуре L1C1 РЧ напряжение увеличивается, что приводит к увеличению тока стока VT2, падение напряжения на резисторе R3,

при этом, увеличивается, – результат можно оценить по максимальному отклонению стрелки измерительной головки “мкА”, которая устанавливается перед измерением на нуль. При замыкании контактов выключателя SA2 прибор работает в активном режиме, генерирует РЧ, при размыкании – пассивен и эквивалентен детекторному приёмнику с УПТ и микроамперметром на выходе.

Цепь R5...R7 включена между полюсами источника питания и позволяет уравнивать напряжения: получаемое на резисторе R3, в результате прохождения тока стока VT2 и поступающее с движка R6, при этом стрелка мкА лежит на нуле (режим вольтметра), или устанавливать их разницу, при этом стрелка отклоняется почти на всю шкалу (режим ГИР). Если не устраивает диапазон регулировки переменным резистором R6, то можно его передвинуть, подбирая сопротивления резисторов R7 и R5.

На рис. 7 приведён эскиз печатной платы ГИР-вольтметра, на рис. 8 –

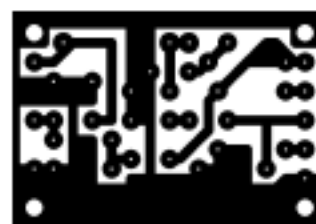


Рис. 7. Эскиз монтажной платы ГИР-вольтметра. Вид со стороны печатных проводников.

Размеры: 40x27,5x1,5 мм

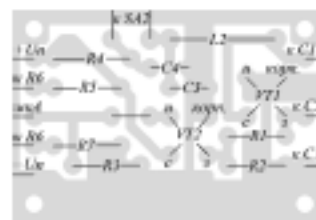


Рис. 8. Эскиз монтажной платы ГИР-вольтметра. Вид со стороны установки деталей

эскиз расположения деталей на его монтажной плате.

В случае перестройки монтажной платы, связанной с применением других деталей или собственного дизайна, необходимо все цепи генератора, “заходящие” на плату, осуществлять кратчайшим путём с минимальной поверхностью печатных дорожек – от этого зависит достижимая верхняя частотная граница прибора, которая для данного прибора находится в пределах 150 МГц. Более высокочастотная версия ГИР описана в [2]. Следует отметить, что схемотехника широкодиапазонных приборов зачастую конфликтует в них и требует применения некоторого количества (набора) ГИР, в которых можно реализовать все положительные качества аппаратуры в полной мере. Так, для радиолюбителя средней квалификации можно рекомендовать изготовить два-три ГИР, распределив их частотные возможности, например, так: 0,1...30 МГц, 15...150 МГц, 100...1500 МГц.

Рисунки печатных плат (файл [gir_lay.zip](#)) вы можете загрузить с сайта нашего журнала: <http://www.radioliga.com> (раздел “Программы”)

Литература

- Graham Firth (G3MFJ/W3MFJ). A Gate Dip Oscillator. QRP Homebrewer # 8 April 2002
- <http://forum.schem.net/index.php?/topic/13268простые-схемы-для-лаборатории-радиолюбителя/&page=71>