

Поисковая головка «Кольцо»

Применяется в металлодетекторах серии "Фазитрон. Имеет следующие характеристики:

Габаритные размеры	Ø 270 x Ø 100 x 26 мм
Вес	410 гр
Чувствительность	17÷20 см ¹
Выходное напряжение	1÷5 мВ
Рабочая частота	4 кГц

¹ по началу роста амплитуды на экране осциллографа, заметной невооруженным глазом. В зависимости от класса металлодетектора чувствительность на 5 копеек СССР может быть от 20 до 36 см.

Поисковая головка является наиболее важным компонентом металлодетектора (МД). От качества ее изготовления зависит чувствительность МД, его способность различать металлы. Головка также должна обеспечивать хорошую термостабильность в процессе работы. Пожалуй, это важнейший, наряду с чувствительностью, параметр. Довольно легко добиться термостабильности электронной схемы (кварцевание рабочей частоты, стабилизация напряжения питания и пр.). Но попробуйте за те же деньги получить термостабильную механическую конструкцию !

Прежде всего, поисковая головка должна обеспечивать хорошее подавление сигнала собственного передатчика. Для хорошей головки выходной сигнал должен лежать в пределах 3÷5 мВ V_{pp} (1.5÷2.5 мВ). Это значит, что приходится добиваться отличного баланса между наведенным сигналом от собственного передатчика и компенсирующим сигналом. К сожалению, с трудом добившись этого баланса, очень легко его можно потерять. На стабильность результатов влияет, в первую очередь, жесткость и термостабильность конструкции. Очень трудно найти такой материал, который был бы легок и термостабилен.

Фирменные головки, как правило, наматываются на основаниях из жесткого пластика. Затем катушки помещаются в корпус из токопроводящего пластика, который играет роль экрана Фарадея. Нам это недоступно...

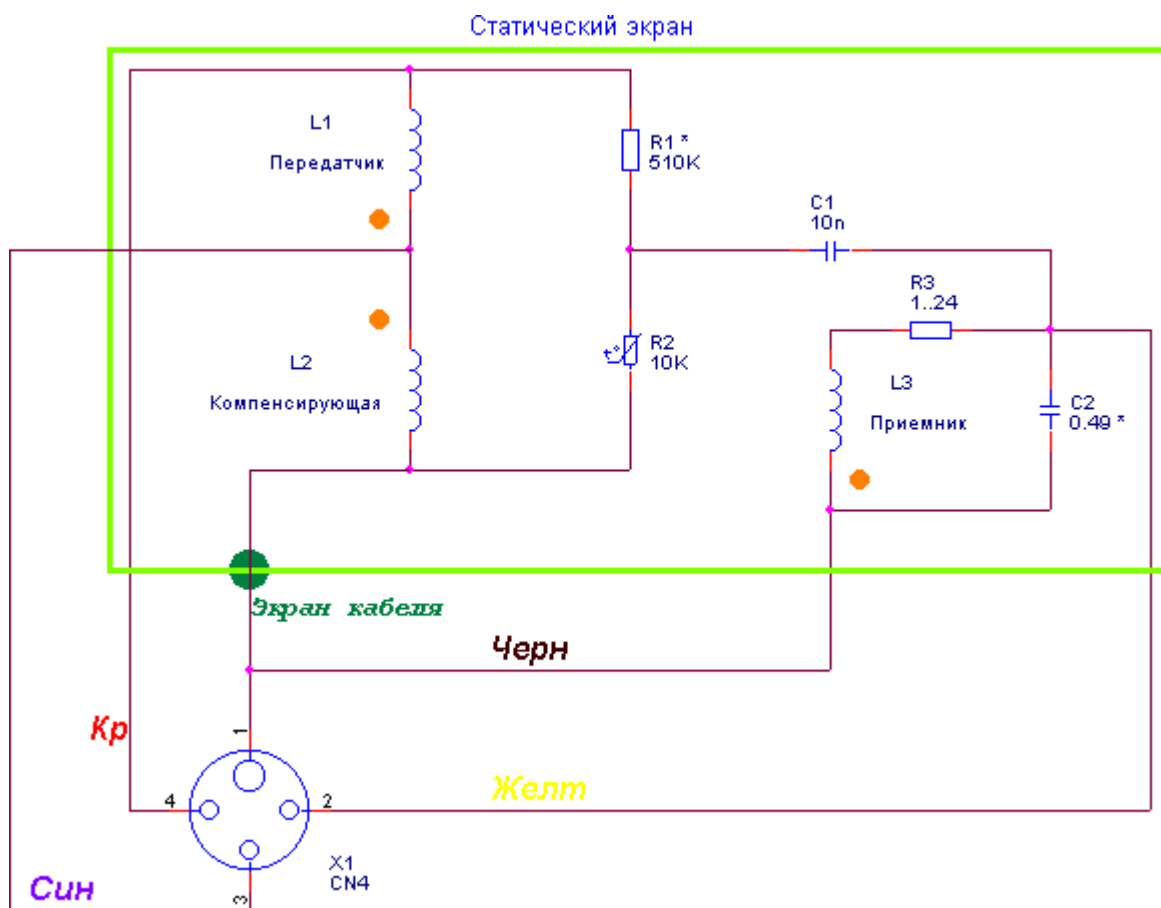
Обратите внимание на жесткость и точность намотки катушек. Они обязательно должны быть пропитаны лаком и высушены перед наклейкой на каркас.

Большое значение имеет выбор клея. Лучше всего, если катушки и внешний каркас будут склеены разными клеями. Зачем? Ответ очень прост – заклеивая каркас, растворитель (в клею) будет размягчать застывший клей уже настроенных катушек, и баланс потеряют.

Главное, не забывать о таких «мелочах», и все будет в порядке.

Остальные параметры – диаметр намотки, число витков, толщина, - не играют особого значения и легко могут быть пересчитаны. Как правило, за основу берется сопротивление катушки передатчика. Она зависит от примененной схемы. Для резонансной головки с управляемым источником тока - 6÷9 Ом, диаметр провода не менее 0.45 мм; для УНЧ на микросхеме - 8÷32 Ом, в зависимости от примененной ИМС, диаметр провода 0.3 мм.

1.Схема головки



Принцип действия головки основан на балансе напряжений, создаваемых обмотками объемного трансформатора передатчика L1 и L2, на катушке приемника L3 (на самом деле это не приемник, а просто обмотка согласующего трансформатора).

Казалось бы, в этой схеме возможно добиться абсолютного равенства напряжений U_{L1} , U_{L2} и, следовательно, нулевого выходного напряжения на L3. Однако этого не происходит, и минимальное напряжение на L3 около 0,2мВ для хорошо сбалансированной катушки. Это легко объяснить, если проанализировать эквивалентную схему: полное равенство напряжений возможно только в случае равных собственных емкостей и активных сопротивлений катушек. Но из-за разных геометрических размеров емкости катушек разные, а из-за разного диаметра провода и числа витков не равны их активные сопротивления, так что полного подавления никогда не будет.

Катушки приемника и передатчика – резонансные. Поэтому номиналы резонансных емкостей приведены для сведения, точно эти емкости будут подбираться при настройке головки.

Резистор R3 нужен только в случае применения термически нестабильного материала основания и его номинал подбираются во время испытания головки. Следует учесть, что применение R3 снижает чувствительность головки примерно пропорционально его сопротивлению, но чувствительно стабилизирует сдвиг фазы при изменении температуры окружающего воздуха.

Схема R1-R2-C1 служит для термокомпенсации выходного напряжения на поисковой головке.

Резистор R1 устанавливает выходное напряжения на головке в пределах 2÷4 мВ. Без него это напряжение равно примерно 0,2мВ, а это не очень хорошо – возможен «переворот» фазы при минусовой температуре. Впрочем, такое подавление можно получить, применяя только хорошие материалы и имея достаточный опыт в изготовлении поисковых головок.

Контур зеленого цвета – статический экран Фарадея, он устраняет эффект «емкостного датчика».

Без него головка реагирует на траву, руки и прочие предметы. Экран заземляется через контакт 1 разъема.

Намоточные данные катушек:

диаметр катушки передатчика	260 x 4 мм
диаметр катушки приемника	130 x 4 мм
катушка передатчика	71 + 5 ¹ витков ПЭВ-2 Ø0.45 мм
катушка приемника	100 витков ПЭВ-2 Ø0.25 мм
компенсирующая катушка	19 витков ПЭВ-2 Ø0.45 мм

¹ 71 виток – номинальное число, 5 – запас для настройки

Катушки наматываются на оправках и пропитываются мебельным лаком для придания им жесткости. Направление намотки – в одну сторону.

Приемная катушка.

Сначала наматывается компенсирующая катушка – 19 витков ПЭВ-2 Ø0.45 мм и тщательно пропитывается лаком. Поверх нее наматывается приемная катушка – 100 витков ПЭВ-2 Ø0.25 мм и также тщательно пропитывается лаком. Высота намотки 4 мм.

Катушки высушиваются при температуре около 200°C.

Мы применяем для пропитки полиэфирную смолу (Polyester resin). Она быстро застывает и не требует просушки.

Передающая катушка.

Наматывается из двух частей – 71 виток ПЭВ-2 Ø0.45, хорошо пропитывается лаком. Последние 5 витков пропитываются лаком слабо - так, чтобы их можно было смотать при настройке. Высота намотки 4 мм.

Катушка высушиваются при температуре около 200°C.

2. Конструкция головки

Головка конструктивно состоит из прочного основания, на котором закреплены катушки, и пластикового защитного корпуса. Штанга крепится к защитному корпусу.



На крышке головки укреплен кронштейн, согнутый из ПВХ толщиной 4,5 мм в размер водопроводного тройника 1/2" (пластиковый, холодная вода). В него вставляется пластиковый винт и барашек (от унитаза :-). Штанга (пластиковая труба 1/2") вклеена в верхнюю часть тройника.



3.Изготовление основания поисковой головки

Основание поисковой головки должно быть изготовлено из прочного материала. Подойдет любой материал, лишь бы он не коробился при нагреве/охлаждении, не впитывал влагу и не был бы чересчур тяжелым. Мы пробовали гетинакс, текстолит, ДВП. Искали, нашли и сделали опытную катушку на основании из мелавара. Но в конце концов пришли к простой, достаточно легкой и, главное, очень простой в изготовлении конструкции из твердого пенопласта. К тому же катушки к этому основанию приклеиваются обычным термоклеем. В общем, конструкция оказалась настолько простой, технологичной в изготовлении и удачной, что мы прекратили

эксперименты и производим такие головки более года.



На левом рисунке показана заготовка толщиной 60мм, на правом заготовка порезана на "блины" толщиной 20мм. Порезка производится на простейшем приспособлении. Режущий инструмент, как Вы догадались - нихромовая проволока $\varnothing 0.5\text{мм}$.



На этих рисунках показана обрезка заготовки основания по наружному и внутреннему диаметрам. Инструмент - та же нихромовая проволока, только расположенная вертикально.



Канавки вырезаются специальным резаком с нагревающимся лезвием. Мы сделали его за пару часов, из подручных материалов, для эксперимента. В результате пользуемся им более года :-)



Приспособлением вырезаем две кольцевые канавки размером 8 x 8 мм – большая, отступ от края около 2мм (диаметром D), для катушки передатчика, и малая (диаметр $0.5D$), для приемника и

компенсирующей катушек. Между ними сегментная выборка – это зона для монтажа элементов схемы (на рисунке справа). Радиальные выборки сейчас мы не делаем.

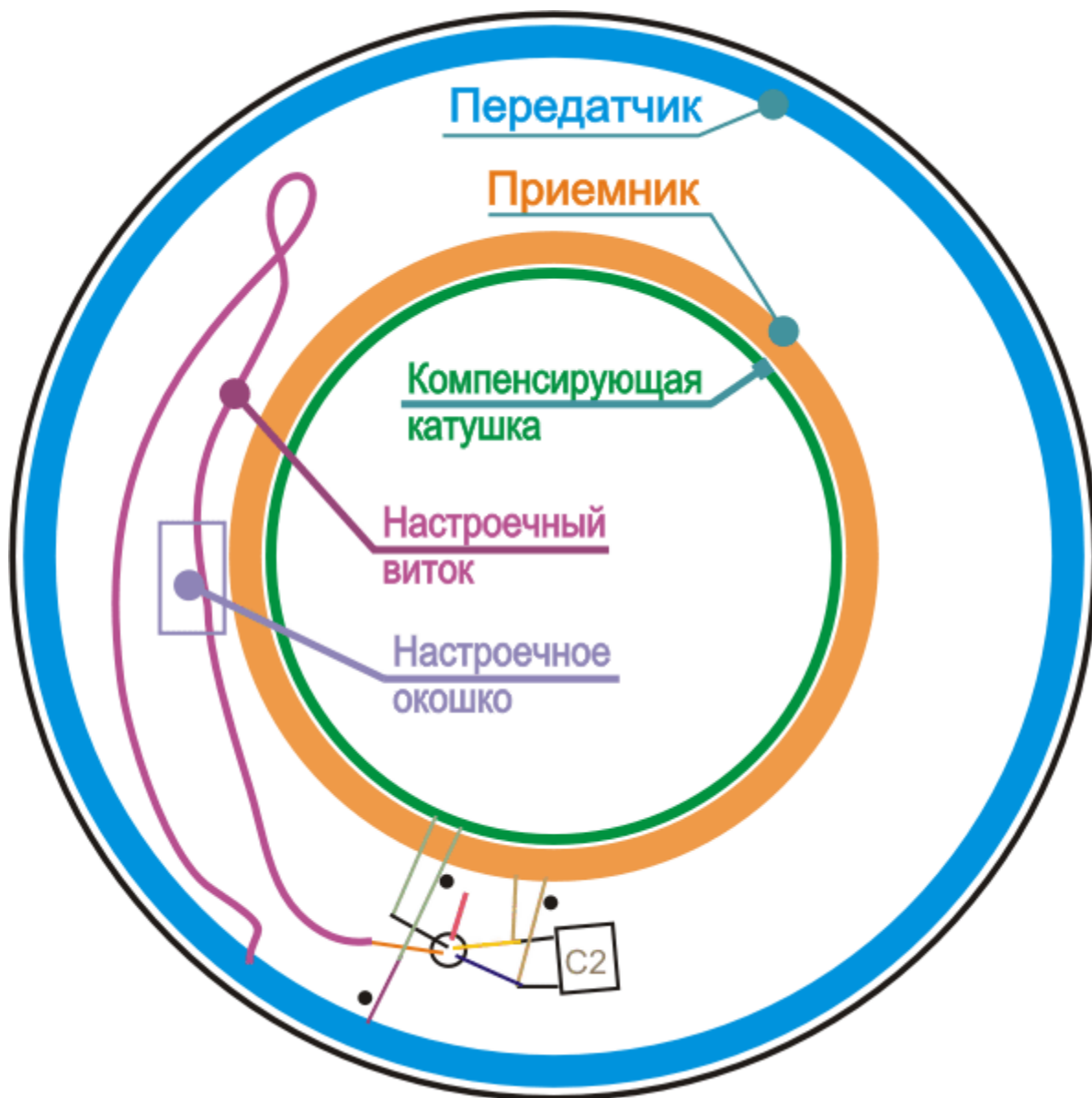


На этих рисунках показана укладка намотанных и высушенных катушек приемника и передатчика.

Пропускаем кабель через отверстие в верхней крышке корпуса головки, на которой нанесен токопроводящий слой. Если головка имеет другую конструкцию - например, с отдельным экраном, - сразу устанавливаем его. Он может выглядеть примерно так.



Затем необходимо распаять кабель, причем длина его сразу должна соответствовать желаемой. Настройка катушки ведется только с кабелем и штатным разъемом..



На этом рисунке показана распайка катушек головки. Конец обмотки передатчика оставлен достаточной длины, для формирования настроечного витка. Он может быть любой длины, его конфигурация и положение определяется при настройке головки.



На рисунке показано основание поисковой головки в разрезе. Следует обратить внимание на то, чтобы катушки и настроечный виток лежали в одной плоскости. Иначе будет трудно добиться

хорошего подавления сигнала на выходе приемника.

4. Настройка поисковой головки

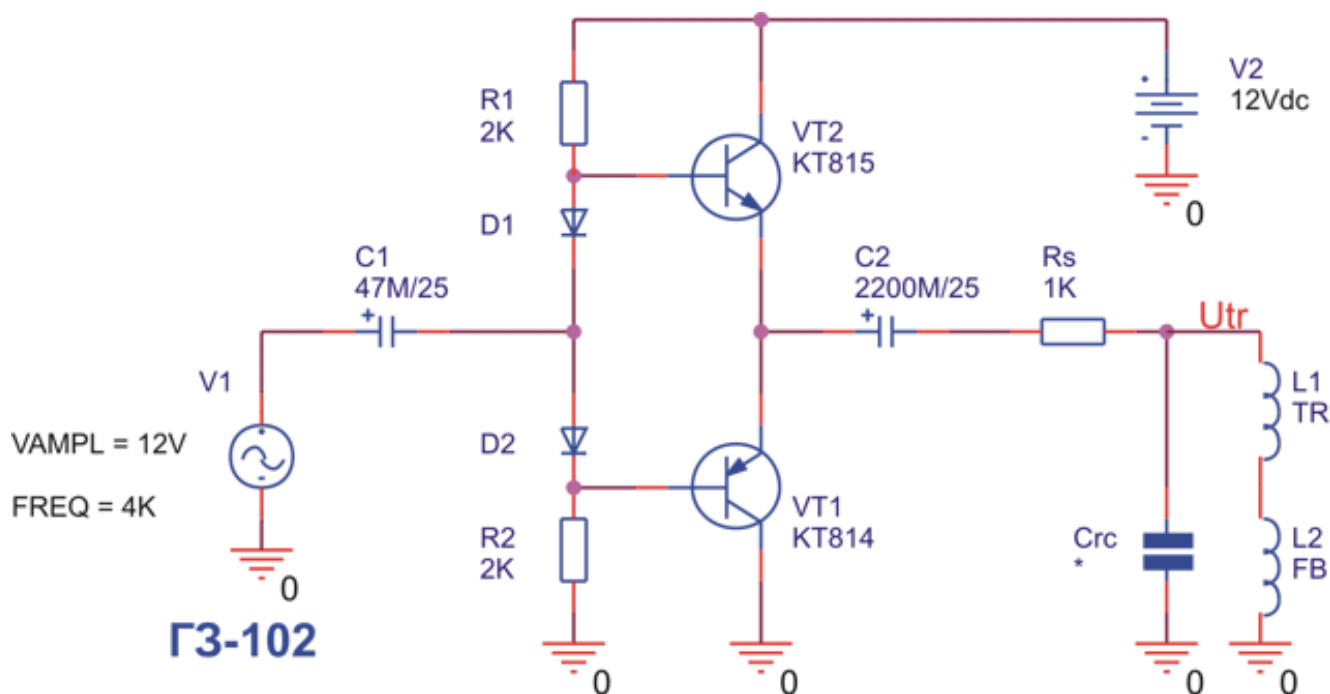
Настройка головки состоит из двух этапов: предварительная и окончательная настройка.

Во время предварительной настройки уточняется количество витков передатчика и настраивается в резонанс катушка приемника. Сигнал подается на катушку передатчика от внешнего генератора через двухтактный усилитель мощности (иначе просто не хватает мощности имеющегося у нас генератора). На выходе приемника получаем минимально возможный сигнал.

При окончательной настройке подбирается величина и расположение настроечного витка таким образом, чтобы получить выходное напряжение порядка $2 \div 5$ мВ.

Предварительная настройка головки

Подать сигнал на катушку передатчика через любой двухтактный усилитель мощности (УМ). Мы используем такую схему:



Сигнал с выхода УМ подается на осциллограф.

Сначала настраиваем в резонанс катушку приемника - как обычно, до достижения максимума сигнала U_{rc} , подбором емкости C_{rc} . Резистор R_s при этом можно удалить или закоротить.

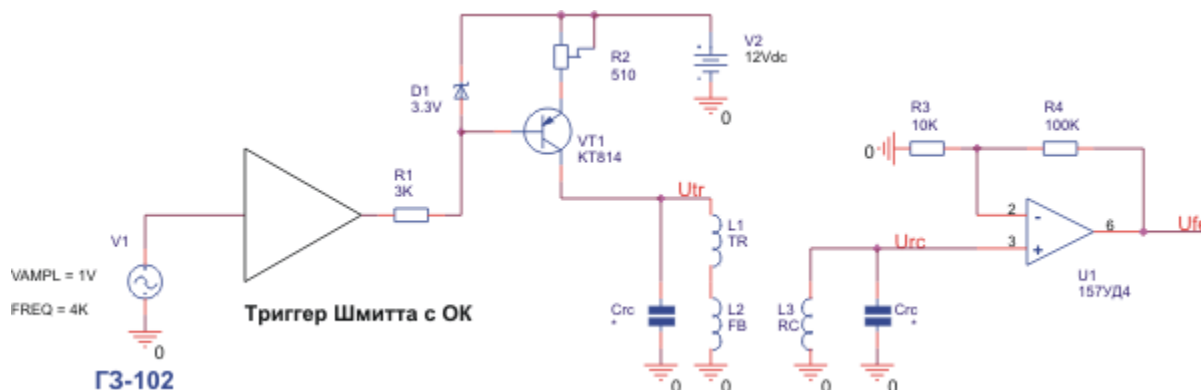
Понемногу сматывая витки передатчика, добиваемся минимального размаха U_{rc} . Пытаемся сформировать настроечный виток минимальной длины. Это операция сродни шаманству, так что я навряд ли смогу вразумительно описать ее. Для начала, добившись минимальной амплитуды и зафиксировав конец обмотки передатчика, определяем, с какой стороны будет виток. Попробуйте выяснить, нужно ли делать перегиб витка. Затем уложите его примерно посередине между обмотками приемника и передатчика и, двигая его части, добейтесь максимального подавления сигнала. Как-нибудь временно закрепите его на основании - например, кусочками пластилина.

Подбираем резонансный конденсатор передатчика. Для этого между $C2$ и обмоткой передатчика включите резистор $R_s=1K$ и добейтесь подбором C_{tr} максимального размаха U_{tr} на катушке передатчика.

После этого закрепляем каплей термоклея вывод передатчика.

Окончательная настройка головки

Подключаем поисковую головку к МД. Мы собрали наладочный стенд по следующей схеме:

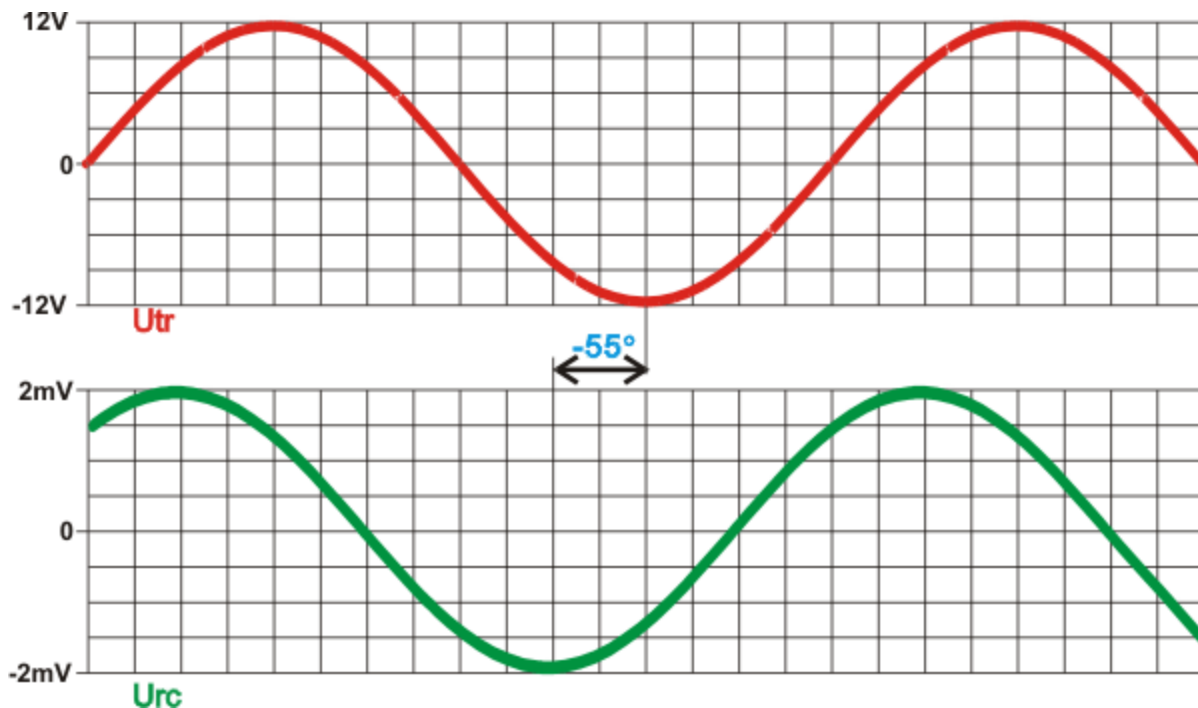


ОУ U1 питается от источника напряжения $\pm 5V$.

Включаем стенд. Уточняем емкость C_{rc} , если надо - подбираем ее по максимальному размаху напряжения U_{tr} .

Резистором $R2$ устанавливаем рабочий ток источника тока на VT1 - добиваясь максимального напряжения U_{tr} при сохранении минимальных искажений сигнала. У нас размах напряжения U_{tr} получается не менее 12В (24 В V_{pp}) при рабочем токе 12÷16мА. Если применить алюминиевый провод \varnothing 0.8мм, можно добиться размаха U_{tr} до 32В при токе 8÷30мА (ток может и уменьшится!).

Укладываем более точно настроечный виток до получения напряжения на выходе усилителя, эквивалентного $U_{rc}=2mV$ (20мВ на экране осциллографа).



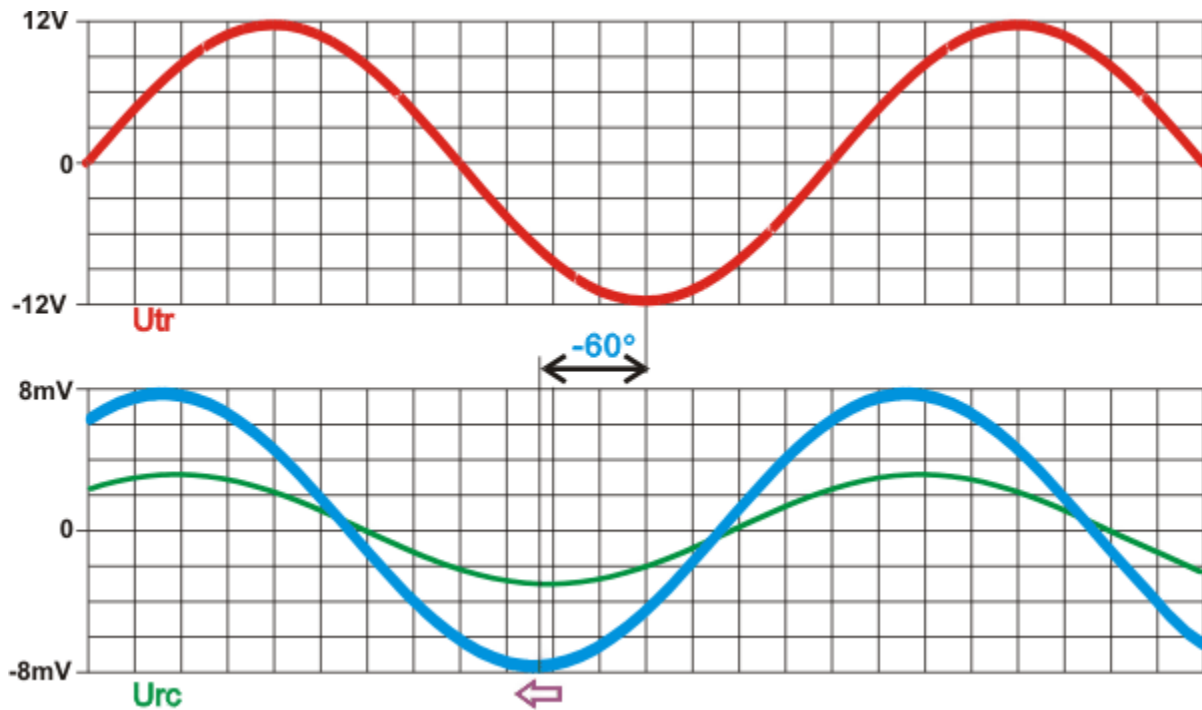
Скальпелем прорезаем канавку для укладки настроечного витка на уровне катушек приемника и передатчика. Вырезаем настроечное окошко - для последующей подгонки выходного напряжения головки.



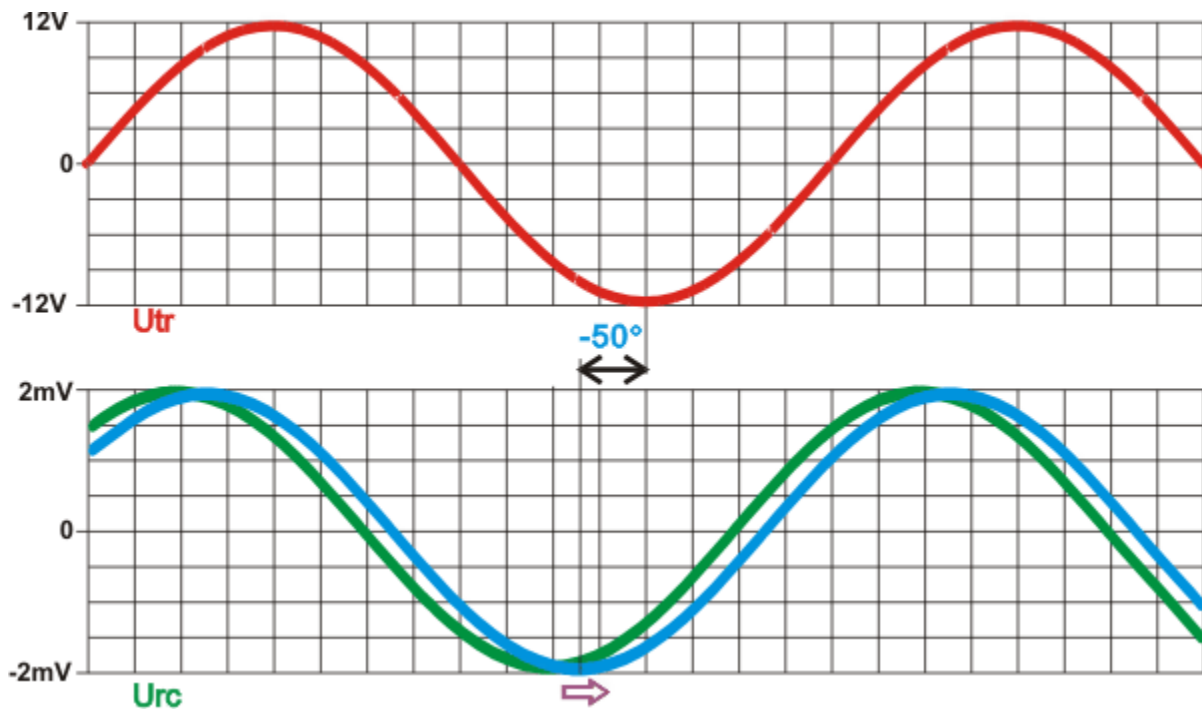
Заливаем термоклейем обмотки приемника, передатчика и настроечный виток. Термоклей очень хорошо крепит обмотки к основанию (хорошая адгезия), и не требуется никакого дополнительного крепления. Кроме того, головка влагоустойчива. Но погружать ее в воду можно только при использовании соответствующего кабеля.

5. Проверка поисковой головки

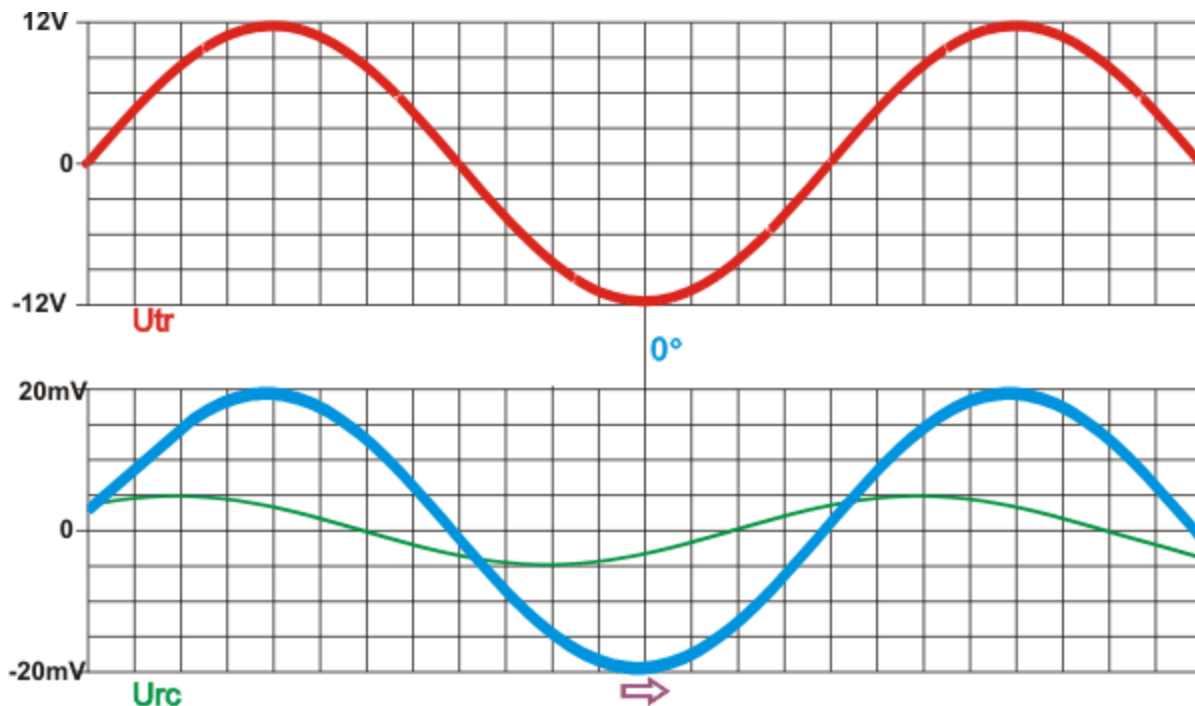
Теперь можно проверить работу поисковой головки, поднося к ней тестовые предметы.



Вот так реагирует головка на ферромагнетики - небольшим фазовым сдвигом и значительным ростом амплитуды.



Так реагирует головка на приближение монеты 5 копеек - сначала сдвиг фазы, без роста амплитуды.



Затем происходит сдвиг фазы и рост амплитуды одновременно. На самом деле рост амплитуды есть и в первом случае, просто чувствительность схемы синхронизации осциллографа выше.

Теперь самый ответственный этап: проверка термостабильности головки. Вам придется несколько раз охладить головку в холодильнике и нагревать ее, например, под лампой. Если сдвиг фазы превышает $5 \div 10^\circ$ или, самое худшее, наблюдается переворот фазы (или значительное изменение амплитуды сигнала) - придется собрать схему термостабилизации.

Не усердствуйте с охлаждением и, в особенности, с нагревом. Я думаю, охлаждать нужно до $-5 \div 10^\circ\text{C}$, не более. Все равно при меньшей температуре земля твердая, как камень. Нагревать нужно до $35 \div 40^\circ\text{C}$. Дело в том, что основание из пенопласта само по себе хороший термоизолятор, и головка не нагреется сильнее. По этой же причине не рекомендуем красить головку в темный цвет, разве только при особой необходимости.

После достижения приемлемой термостабильности нужно залить детали головки термоклеем. Дать ей остыть - не жалейте времени, лучше, если пройдет несколько часов. Затем подпаивается провод верхней крышки корпуса и окончательно подстраивается выходное напряжение и фазовый сдвиг при "надвинутой" крышке. После этого заливается термоклеем настроечное окошко. Затем склеиваются клеем половинки корпуса. Лучше, если клей будет соответствовать примененному пластику.

Вот и все - головка собрана и настроена

<mailto:phazitron@mail.ru>

[На главную страницу сайта](#)