

Простой металлоискатель

В. СОЛОНЕНКО, г. ГеничеськХерсонской обл., Украина

Не будет преувеличением сказать, что металлоискатели неизменно привлекают внимание радиолюбителей. Немало таких приборов опубликовано и в журнале "Радио". Сегодня мы предлагаем читателям описание еще одной конструкции, созданной в кружке радиоконструирования Генической станции юных техников (см. статью о нем в "Радио", 2005, № 4, 5). Перед кружковцами была поставлена задача: разработать несложный в изготовлении прибор на доступной элементной базе, для налаживания которого достаточно одного мультиметра. Насколько это удалось ребятам, судить вам, читатели.

Предлагаемый металлоискатель работает по принципу "передатчик—прием". В качестве передатчика использован мультивибратор, а в качестве приемника — усилитель звуковой частоты (34). К выходу первого из этих устройств и входу второго подключены одинаковые по размерам и намоточным данным катушки.

Для того чтобы система из таких передатчика и приемника стала металлоискателем, их катушки необходимо

и алюминиевой закаточных крышек — соответственно 23 и 25 см; стального и алюминиевого листов размерами 200х300 мм — 40 и 45 см; канализационного люка — 60 см.

Передатчик. Схема передатчика показана на рис. 1. Как упоминалось, это симметричный мультивибратор на транзисторах VT1, VT2. Частота генерируемых им колебаний определяется емкостью конденсаторов C1, C2 и сопротивлением резисторов R2, R3. Сигнал 34 с коллекторной нагрузки транзистора VT2 — резистора R4 — через разделительный конденсатор C3 поступает на катушку L1, которая преобразует электрические колебания в переменное магнитное поле 34.

Приемник представляет собой грехкаскадный усилитель 34, выполненный по схеме, изображенной на рис. 2. На его входе включена такая же катушка L1, как и в передатчике. Выход

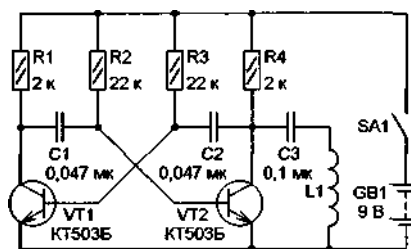


Рис. 1

расположить так, чтобы в отсутствие посторонних металлических предметов связь между ними практически отсутствовала, т. е. сигнал передатчика не попадал напрямую в приемник. Как известно, индуктивная связь между катушками минимальна, если их оси взаимно перпендикулярны. Если катушки передатчика и приемника расположить именно так, то сигнал передатчика в приемнике прослушиваться не будет. При появлении поблизости от этой сбалансированной системы металлического предмета в нем под действием переменного магнитного поля передающей катушки возникают так называемые вихревые токи и, как следствие, собственное магнитное поле, которое наводит в приемной катушке переменную ЭДС. Сигнал, принятый приемником, преобразуется телефонами в звук. Его громкость зависит от размеров предмета и расстояния до него.

Технические характеристики металлоискателя: рабочая частота — около 2 кГц; глубина обнаружения монеты диаметром 25 мм — около 9 см; железной

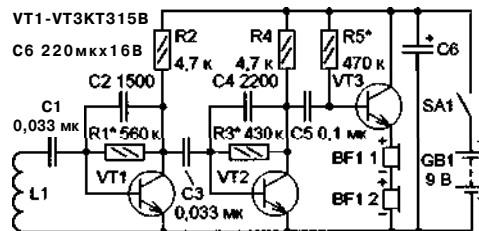


Рис. 2

усилителя нагружен включенными последовательно телефонами BF1.1, BF1.2.

Переменное магнитное поле передатчика, наведенное в металлическом предмете, воздействует на катушку приемника, в результате чего в ней возникает электрический ток частотой около 2 кГц. Через разделительный конденсатор C1 сигнал поступает на вход первого каскада усилителя, выполненного на транзисторе VT1. Усиленный сигнал с его нагрузки — резистора R2 — подается через разделительный конденсатор C3 на вход второго каскада, собранного на транзисторе VT2. Сигнал с его коллектора че-

рез конденсатор C5 поступает на вход третьего каскада — эмиттерного повторителя на транзисторе VT3. Он усиливает сигнал по току и позволяет подключить в качестве нагрузки низкоомные телефоны.

Чтобы уменьшить влияние температуры окружающей среды на стабильность работы усилителя, в первый и второй каскады введена отрицательная обратная связь по постоянному напряжению включением резистора R1 между коллектором и базой транзистора VT1 и резистора R3 между коллектором и базой VT2. Снижение усиления на частотах ниже 2 кГц достигнуто соответствующим выбором емкости разделительных конденсаторов C1, C3, на частотах выше этой частоты — введением в первый и второй каскады частотозависимой отрицательной обратной связи по переменному напряжению через конденсаторы C2 и C4. Эти меры позволили повысить помехоустойчивость приемника. Конденсатор C6 предотвращает самовозбуждение усилителя при увеличении внутреннего сопротивления батареи питания по мере ее разрядки.

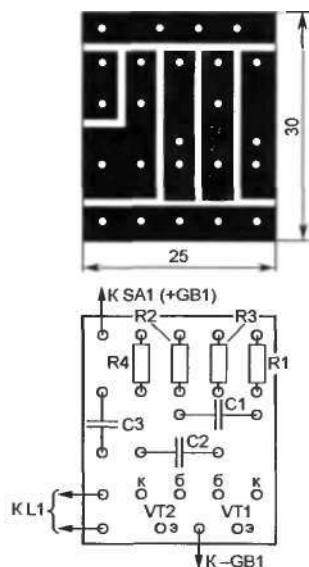


Рис. 3

Детали и конструкция Детали передатчика и приемника размещены на печатных платах, изготовленных методом прорезания изолирующих дорожек на заготовках из односторонне фольгированного стеклотекстолита. Чертеж платы передатчика изображен на рис. 3, приемника — на рис. 4. Платы рассчитаны на применение резисторов МЛТ мощностью 0,125 или 0,25 Вт и конденсаторов К73-5 (C2, C4 в приемнике) и К73-17 остальные. Оксид-

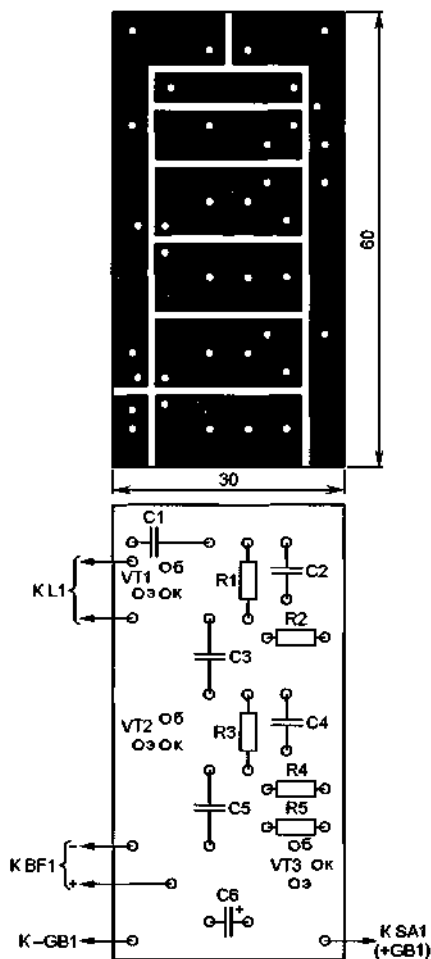


Рис. 4

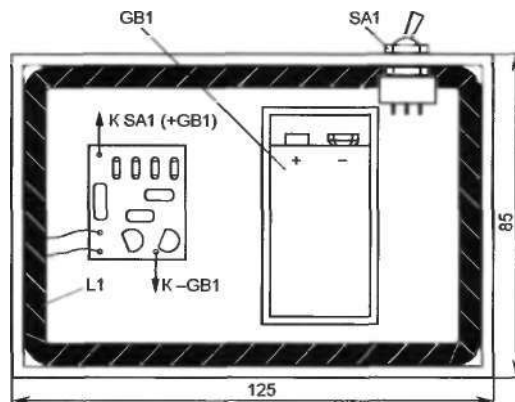


Рис. 5

ный конденсатор C6 в приемнике — К50-35 или аналогичный зарубежного производства. Вместо указанных на схеме в передатчике можно использовать любые другие транзисторы серии КТ503, а в приемнике — транзисторы серии КТ315 с любым буквенным индексом или серии КТ3102 с индексами А—В. Применение последних предпо-

читительнее, так как у них меньше коэффициент шума, и сигнал от мелких предметов будет меньше маскироваться шумом усилителя. Выключатели SA1 могут быть любой конструкции, но желательно меньших размеров. Телефоны BF1, BF2 — малогабаритные вкладные, например, от аудиоплеера

Катушки приемника и передатчика, как уже говорилось, одинаковы. Изготавливают их так. По углам прямоугольника размерами 115x75 мм в доску вбивают четыре гвоздя диаметром 2...2,5 и длиной 50...60 мм, предварительно надев на них поливинилхлоридные или полиэтиленовые трубки длиной 30...40 мм. На изолированные таким образом гвозди наматывают 300 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,12...0,14 мм. По завершении намотки витки обматывают по всему периметру узкой полоской изоляционной ленты, после чего любые два соседних гвоздя отгибают в сторону центра прямоугольника и снимают катушку.

В качестве корпусов приемника и передатчика использованы полистироловые коробки для пуговиц (внутренние размеры — 120x80 мм). Отсеки для батареи питания, стойки для печатных плат и элементы крепления катушек изготовлены из такого же материала и приклеены к корпусам растворителем марки Р-647 (можно использовать и Р-650). Расположение деталей в корпусе передатчика показано на рис. 5, аналогично скомпонованы и детали приемника.

Все металлические элементы конструкции, расположенные внутри катушек приемника и передатчика (батарея питания, плата с деталями, выключатель питания), влияют на их магнитное поле. Для исключения возможного изменения их положения в процессе эксплуатации все они должны быть надежно закреплены. Особенно это касается батареи "Крона" как сменного элемента конструкции

Налаживание. Для проверки работы передатчика вместо катушки L1 подключают телефоны и убеждаются в том, что при включении питания в телефонах слышен звук. Затем, подключив на место катушку, контролируют ток, потребляемый передатчиком, он должен быть в пределах 5...7 мА.

Приемник настраивают при замкнутом накоротко входе. Подбором резистора R1 в первом каскаде и R3 во втором устанавливают на коллекторах соответственно транзисторов VT1 и VT2 напряжение, равное примерно половине напряжения питания. Затем подбором резистора R5 добиваются того, чтобы ток коллектора транзистора VT3 стал равным 5...7 мА. После этого, разомкнув вход, подключают к нему катушку приемника L1 и, принимая сиг-

нал передатчика на расстоянии примерно 1 м, убеждаются в работоспособности системы в целом.

До сборки узлов в единую конструкцию есть смысл провести несколько экспериментов. Установив передатчик и приемник на столе вертикально на расстоянии 1 м (с таким расчетом, чтобы оси катушек как бы продолжали одна другую) и контролируя уровень сигнала в телефонах, медленно поворачивайте приемник вокруг вертикальной оси в положение, в котором плоскости катушек перпендикулярны одна другой. При этом сигнал сначала будет медленно убывать, затем исчезнет полностью и при дальнейшем повороте начнет нарастать. Эксперимент проведите несколько раз, чтобы при сборке и налаживании металлоискателя легко определять минимум сигнала в приемнике.

Затем на столе, не содержащем металлических элементов конструкции, поставьте передатчик вертикально, а на расстоянии 10 см от него положите приемник горизонтально на подставку (одну или несколько книг) с таким расчетом, чтобы плоскость катушки приемника расположилась перпендикулярно плоскости катушки передатчика и по высоте находилась чуть ниже ее центра. Контролируя уровень сигнала в телефонах, приподнимите сторону приемника, обращенную к передатчику, и добейтесь пропадания сигнала. Подбором прокладок между приемником и подставкой найдите его положение, при котором малейшее перемещение прокладки, изготовленной из бумажной открытки, позволяет устанавливать минимум сигнала в приемнике, что соответствует максимальной чувствительности металлоискателя.

Внося в зону действия макета металлоискателя поочередно закаточные крышки из жести и алюминия, убедитесь, что зона максимальной чувствительности металлоискателя находится под и над катушкой приемника (магнитные поля катушек приемника и передатчика симметричны). Обратите внимание на то, что на одинаковые по размерам крышки из разных металлов металлоискатель реагирует по-разному.

Если при минимальной связи катушек сигнал немного прослушивается и при внесении крышки с одной стороны сначала уменьшается до полного исчезновения, а затем начинает нарастать, а при внесении ее с другой стороны нарастает без провала, то это свидетельствует либо о неточной установке минимума, либо об искажениях магнитного поля катушки приемника или передатчика. В то же время этот факт говорит о том, что внесением дополнительного металлического

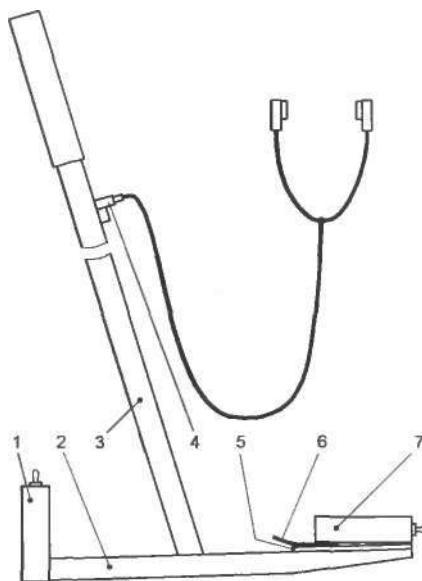


Рис. 6



Рис. 7

предмета можно подстроить систему до полного исчезновения сигнала на минимуме, т. е. добиться максимальной чувствительности устройства. Если при внесении закаточной крышки сигнал исчезает полностью с расстояния 15...20 см, то внесением в поле металлоискателя предмета меньшего размера тот же эффект можно получить при размещении его на корпусе приемника или передатчика. В авторском варианте таким предметом оказалась монета диаметром 25 мм из желтого металла (аналогичный эффект получится и при внесении близкой по размерам алюминиевой пластинки). Мест, в которых монета выполняла возложенную на нее задачу, оказалось три: снизу под передатчиком, под приемником в районе батареи питания и на ручке между приемником и передатчиком.

Сборка. Конструкция авторского варианта устройства в упрощенном виде показана на рис. 6, а внешний вид — на рис. 7. Несущая рейка 2 (см. рис. 6) и ручка 3 изготовлены из древесины. Верхняя часть ручки для удобства пользования оклеена пластмассой, а нижняя вставлена в предварительно сделанное отверстие в рейке и закреплена клеем. После сборки деревянная часть ручки 3 и несущая рейка 2 покрыты лаком для защиты от влаги. В верхней части ручки установлено телефонное гнездо 4, которое соединено с приемником проводами, свитыми в пару.

При сборке передатчик 1 жестко закрепляют на несущей рейке 2 с таким расчетом, чтобы приемник 7, расположенный на ее другом конце, находился немного ниже линии, соответствующей минимуму принимаемого сигнала. Затем подбирают толщину прокладки 5 (из любого изоляционного материала), пока перемещением регулировочной пластины 6 не будет легко устанавливаться минимум принимаемого сигнала. После этого приемник 7 закрепляют на несущей рейке 2 двумя шурупами. Шуруп у края несущей рейки 2 ввинчивают до упора, а второй (примерно в середине нижней стенки корпуса) не довинчивают на 1...2 мм. Это исключает перемещение приемника в горизонтальной плоскости и в то же время позволяет подсовывать под его корпус регулировочную пластину 6, приподнимая край приемника. Перемещая его таким образом в вертикальной плоскости, добиваются минимума принимаемого сигнала. После окончательной сборки уточняют место положения компенсирующего предмета и приклеивают его.