

МИХАИЛ АДАМЕНКО

МЕТАЛЛО ИСКАТЕЛИ

СПОСОБ ОБОГАЩЕНИЯ ИЛИ КОЛЛЕКТ?



Михаил Васильевич Адаменко

Металлоискатели

Текст предоставлен издательством
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=632415
Металлоискатели: ДМК-пресс; Москва; 2006
ISBN 5-9706-0022-9

Аннотация

Книга предназначена для радиолюбителей, интересующихся вопросами поиска различных металлических предметов с помощью специального оборудования, к которому, в первую очередь, относятся металлоискатели.

В соответствующих разделах приведены принципиальные схемы и рисунки печатных плат как простых, так и более сложных конструкций. Даны рекомендации по самостоятельному изготовлению и настройке металлоискателей, а также советы по их практическому применению.

Настоящее издание будет полезно не только подготовленным радиолюбителям, но и всем читателям, интересующимся данной темой, поскольку большинство представленных конструкций может изготовить как взрослый, так и школьник, никогда не державший в руках паяльник.

Содержание

От автора	4
Благодарность	5
Предисловие	6
Глава 1	8
1.1. Классификация металлоискателей	9
1.1.1. Металлоискатели категории FD (Frequency Domain)	10
1.1.2. Металлоискатели категории TD (Time Domain)	11
1.2. Принципы построения металлоискателей	12
1.2.1. Металлоискатели FM (Frequency Meter)	12
1.2.2. Металлоискатели BFO (Beat Frequency Oscillator)	13
1.2.3. Металлоискатели OR (Off Resonance)	13
1.2.4. Металлоискатели TR-IB (Transmitter Receiver – Induction Balance)	14
1.2.5. Радиолокационные металлоискатели	15
1.2.6. Импульсные металлоискатели PI (Puls Induction)	15
Глава 2	18
2.1. Простой транзисторный металлоискатель	19
2.2. Простой металлоискатель на двух транзисторах	24
2.3. Металлоискатель со стрелочным индикатором	29
Конец ознакомительного фрагмента.	31

Михаил Васильевич Адаменко

Металлоискатели

От автора

Уважаемые читатели!

Прежде всего, считаю необходимым ознакомить вас со следующей информацией.

Любые оценки и рекомендации, данные в книге, являются личным мнением автора и не могут рассматриваться как реклама или антиреклама. Ссылки на источники публикуемых материалов, а также иные сведения даются исключительно в информационных целях.

Автор старался предоставлять точные и проверенные сведения, однако не может гарантировать полную достоверность приведенных в книге схем, рисунков и иных материалов. Вся информация, изложенная в этой книге, приводится «как есть» (as is) с возможными ошибками, без всяких гарантий, выраженных прямо или подразумеваемых. Поэтому ни автор, ни издательство не несут ответственность за возможные последствия, вызванные использованием представленных материалов, схем, рисунков и иной информации, в том числе за любые прямые или косвенные убытки, возникшие в результате практического или теоретического применения сведений, изложенных в этой книге.

Использование схем и рисунков, а также иной изложенной в данной книге информации осуществляется читателем на собственные страх и риск с возложением на него ответственности за все возможные последствия, в том числе за возникшие у него или у третьих лиц прямые или косвенные убытки.

**С уважением и наилучшими пожеланиями,
М.В. Адаменко**

Благодарность

Выражаю глубокую благодарность Валерию Владимировичу Адаменко за всестороннюю помощь, оказанную мне в процессе работы над этой книгой.

Желаю моему дорогому брату, одному из самых фанатично увлеченных, неутомимых и настойчивых из всех известных мне искателей, найти в этой жизни все те клады, которые он ищет, а также по достоинству оценить те сокровища, которые он уже нашел. Ведь зачастую самым трудным бывает не найти что-либо, а сохранить то, что тебе даровано.

Предисловие

Каждому человеку в большей или меньшей степени свойственно любопытство по отношению к различным природным и жизненным явлениям. Это в равной степени касается как области духовной, так и материальной. Вопросы о смысле человеческой жизни, о поиске этого смысла, а также о вечности и бесконечности так же стары, как и само человечество. Люди мечтают и по мере сил и возможностей стремятся найти что-то в жизни. Некоторых из нас интересуют деньги, машины, недвижимость или, к примеру, успех в бизнесе. Для других гораздо важнее любовь, гармония, человечность, призвание или внутреннее равновесие.

Среди пытливых российских умов значительную часть составляют энтузиасты, все свое свободное время прямо или косвенно посвящающие поиску различных предметов, в том числе и металлических, а также разработке и изготовлению приборов, облегчающих эту нелегкую задачу.

С первыми упоминаниями о радиоэлектронных приборах, специально разработанных для обнаружения металлических предметов, расположенных на небольшой глубине под поверхностью земли, автор столкнулся при изучении материалов о ходе боевых действий в начальный период войны между Советским Союзом и Финляндией в 1939 году, для многих неизвестной. Именно тогда при проведении наступательных операций частям Красной Армии пришлось преодолевать обширные и практически непроходимые минные поля не только на равнинных пространствах, но и в карельских лесах.

Через несколько дней после начала войны группа инженеров получила государственный заказ на разработку специального прибора, с помощью которого можно было бы обнаруживать мины под небольшим слоем земли или снега. Следует отметить, что срок исполнения заказа был весьма ограничен. Однако по утвердившейся в те годы традиции заказ был выполнен досрочно и с высоким качеством. По некоторым данным, с момента начала работ до первых удачных испытаний образца, предназначенного для серийного производства, прошло всего три недели. Этот прибор и был первым из известных автору металлоискателей. Правда, тогда он имел более конкретное название – миноискатель.

К сожалению, имена специалистов, создавших первый отечественный металлоискатель, автору выяснить не удалось. Однако от этого значение их научного и трудового подвига не становится меньше.

С тех пор прошло много лет. В настоящее время на вооружении всех армий мира находятся самые разнообразные миноискатели. Глобальные изменения претерпела элементная база, значительно пополнилась копилка теоретических изысканий, свой вклад в развитие металлоискателей внесла и практика их повседневного использования.

Без преувеличения можно утверждать, что устройства, с помощью которых можно относительно легко и быстро обнаруживать металлические предметы в различных средах (почве, воде, бетоне, дереве, снеге и т. п.) в сравнительно широком диапазоне глубины залегания (от нескольких миллиметров до нескольких метров), всегда были и будут востребованы не только у профессионалов. В данном контексте под профессионалами автор подразумевает не только представителей силовых структур, но и строителей, работников коммунальных служб, а также представителей других профессий, которым металлоискатели (металлодетекторы) просто необходимы в повседневной деятельности. Такие приборы стали неотъемлемой частью экипировки и любого уважающего себя кладоискателя. Особо следует отметить, что использование металлоискателей участниками поисковых отрядов значительно облегчает выполнение их благородной миссии на полях былых сражений.

Как всегда, спрос рождает предложение. Поэтому на прилавках специализированных магазинов выбор всевозможных металлоискателей также практически неограничен.

Помимо этого все желающие могут собрать такое устройство самостоятельно, воспользовавшись рекомендациями, которые можно найти в специализированных изданиях.

В последнее время на радиорынках продаются всевозможные конструкторы или наборы комплектующих деталей, приобретя которые любой желающий без особых усилий быстро соберет простейший металлодетектор. Предлагаемые конструкторы отличаются друг от друга не только ценой и степенью сложности прибора, который можно изготовить, но и принципом действия, положенным в основу конкретного устройства, а также техническими параметрами (в первую очередь чувствительностью).

Автор имел удовольствие ознакомиться с несколькими такими «детско-юношескими» конструкторами, которые можно рекомендовать и взрослым. Чаще всего детали, входящие в состав подобных наборов, позволяют собрать металлоискатели типа BFO (Beat Frequency Oscillator), в которых оценивается изменение частоты сигнала биений. При этом схемотехнические решения этих устройств довольно разнообразны. Однако встречаются интересные конструкции детекторов металлических предметов, в основу функционирования которых положены и другие принципы (например импульсные, индукционные, принцип частотомера и т. д.).

Следует признать, что автор всегда поддерживал и поддерживает идею продажи наборов, предназначенных для сборки как металлоискателей, так и других радиоэлектронных устройств.

В предлагаемой вниманию читателей книге рассматриваются вопросы самостоятельного изготовления металлоискателей, в основу которых положены наиболее распространенные принципы построения таких приборов. При этом приводятся конструкции разной степени сложности, что позволит всем желающим попробовать свои силы, начав со сборки сравнительно простых устройств и постепенно переходя к созданию более сложной поисковой аппаратуры.

Глава 1

Классификация и виды металлоискателей

Перед тем как приступить к непосредственному рассмотрению схемных решений и конструкций металлоискателей, автор считает необходимым привести некоторые весьма ограниченные сведения о классификации и принципах построения таких устройств.

1.1. Классификация металлоискателей

Классификация современных металлоискателей, иногда называемых детекторами металлических предметов или металлодетекторами, обычно проводится с использованием нескольких основополагающих критериев.

В зависимости от сложности и функциональных возможностей металлоискатели можно условно разделить на простые, полупрофессиональные и профессиональные. В современной литературе чаще всего встречаются описания простых, или любительских, конструкций, изредка – полупрофессиональных. С описанием некоторых профессиональных приборов, принципами их построения, а также с различными методиками проведения поисковых работ можно ознакомиться пока лишь в зарубежных изданиях.

Помимо этого в зарубежной литературе, к примеру, часто приводится классификация электронных детекторов металлических предметов, основанная на оценке используемого сигнала. В зависимости от того, какой сигнал формируется и обрабатывается в конкретном устройстве, металлоискатели условно подразделяются на несколько категорий.

В первую входят приборы, работающие с непрерывным (аналоговым) сигналом в резонансном или частотном режиме. В большинстве встречавшихся автору конструкций этот сигнал имел синусоидальную форму. Иногда такие устройства называют металлодетекторами группы FD (Frequency Domain).

Ко второй категории отнесены приборы, использующие импульсный сигнал с последующей оценкой изменения его параметров во времени. Такие детекторы металлических предметов иногда называют устройствами группы TD (Time Domain).

В отдельную категорию можно выделить различные магнитометры. В основу функционирования таких металлодетекторов положен принцип измерения изменений магнитного поля под влиянием металлических предметов. К сожалению, подробное рассмотрение принципов построения и особенностей конструкции магнитометров выходит за рамки настоящего издания.

Помимо этого существует весьма обширная категория так называемых устройств специального назначения. Приборы, входящие в эту группу, было бы правильно называть не детекторами металлических предметов, а просто детекторами предметов, поскольку в таких устройствах анализируются аномалии электромагнитного поля Земли, вызванные любым находящимся в почве предметом, в том числе и неметаллическим. Появление и дальнейшее бурное развитие таких приборов были обусловлены использованием на различных театрах военных действий пластиковых (бескорпусных) мин. Следует признать, что упомянутые устройства специального назначения достаточно сложны и дороги. Поэтому подробное рассмотрение принципов построения и особенностей конструкции подобных приборов также выходит за рамки настоящего издания.

Необходимо отметить, что в некоторых источниках можно встретить классификацию металлодетекторов, проводимую на основе оценки диапазона частот, в котором работает данное устройство. Так, например, приборы, обозначаемые сокращением VLF (Very Low Frequency) работают в диапазоне частот от 3 до 30 кГц. Устройства, использующие частоты от 30 до 300 кГц, обозначаются сокращением LF (Low Frequency). Для детекторов, работающих на частотах от 300 кГц до 3 МГц, применяют сокращение MF (Medium Frequency), а для приборов с рабочей частотой в диапазоне от 3 до 30 МГц – сокращение HF (High Frequency).

Существуют и другие системы классификации детекторов металлических предметов. Однако при рассмотрении отдельных конструкций автор старался в предлагаемой книге придерживаться приведенных выше критериев.

1.1.1. Металлоискатели категории FD (Frequency Domain)

Большинство известных автору конструкций металлоискателей принадлежат к приборам категории FD (Frequency Domain) и используют принцип оценки изменения электрического поля под влиянием металлического предмета. Общим признаком таких устройств является активная катушка, формирующая электрическое поле. Впрочем, из этого правила есть и исключение: детекторы металлических предметов, работающие по принципу «передача-прием». В них используются две катушки: передающая и приемная.

Отдельные конструкции металлодетекторов группы FD отличаются способом анализа изменения параметров поля под влиянием близко расположенных металлических предметов, а также критериями оценки этих изменений.

Среди приборов категории FD наиболее распространенными, благодаря простоте схемотехнических решений, являются детекторы металлических предметов, в основу которых положен принцип измерения частоты биений, возникающих при сложении двух близких по частоте сигналов. В специализированной литературе такие устройства часто называют металлоискателями BFO (Beat Frequency Oscillator). Необходимо признать, что при поиске металлов со слабыми ферромагнитными свойствами, например таких, как медь, олово или серебро, металлоискатели BFO обладают меньшей чувствительностью по сравнению с приборами, работа которых основана на других принципах.

Металлодетекторы, в которых используется принцип измерения девиации частоты опорного генератора под влиянием металлических предметов, попавших в зону действия поисковой катушки, можно выделить в группу устройств, называемых металлоискателями на основе частотомера. В специализированной литературе такие приборы иногда обозначают сокращением FM (Frequency Meter). Можно утверждать, что в настоящее время, в связи с развитием элементной базы, устройства такого типа переживают второе рождение.

В специальной литературе иногда приводятся схемы детекторов металлических предметов, в основу которых положен так называемый внерезонансный или околорезонансный принцип. В этих устройствах изменение частоты и амплитуды измерительного генератора анализируется с помощью фильтра, настроенного на околорезонансную частоту, т. е. на спаде его характеристики. Такие приборы часто обозначают сокращением OR (Off Resonance).

Отдельную группу составляют мостовые детекторы металлических предметов. Особенность схемы таких приборов состоит в том, что измерительная (поисковая) катушка включается в одно из плеч измерительного моста (на резонансной или околорезонансной частоте). При этом оценивается изменение напряжения на диагонали реактивного сопротивления.

В последнее время значительно повысился интерес к детекторам металлических предметов, функционирование которых основано на так называемом принципе «передача-прием». Следует учесть, что в широком смысле к металлоискателям, использующим принцип «передача-прием», относятся не только устройства, работающие с непрерывным сигналом (категории FD), но и приборы, использующие импульсный сигнал (категории TD). Главное различие этих двух групп металлодетекторов заключается не только в форме используемого сигнала. Устройства, работающие с синусоидальным сигналом, оснащены

двумя катушками – передающей и приемной. При этом система катушек сбалансирована до нулевой взаимной индукции. Поэтому часто такие приборы называют балансными металлодетекторами. В зарубежной литературе эти металлоискатели обычно обозначают сокращением TR-IB (Transmitter Receiver – Induction Balance) или просто TR. В устройствах типа TR-IB в процессе поиска на принимающую катушку поступает сигнал, инициированный вихревыми токами, возникающими в металлическом предмете под воздействием передающего сигнала. Анализ параметров принятого сигнала (например амплитуда и сдвиг фазы) и является источником информации о наличии и особенностях металлических предметов, обнаруженных в зоне работы прибора.

Существуют и другие группы металлоискателей категории FD. Однако ограниченный объем данного издания не позволяет подробно рассмотреть принципы их функционирования. С особенностями построения и работы таких устройств можно ознакомиться в специализированной литературе.

1.1.2. Металлоискатели категории TD (Time Domain)

Среди детекторов металлических предметов, использующих импульсный сигнал с последующей оценкой его изменения во времени и принадлежащих к сравнительно новой категории TD (Time Domain), также можно выделить несколько базовых групп.

К первой относятся так называемые радиолокационные металлоискатели. В таких устройствах оцениваются параметры микроволнового сигнала, отраженного от металлического предмета. При этом амплитуда отраженного сигнала зависит не только от размеров предмета, но и от проводимости материала. Помимо амплитуды анализируется и задержка отраженного сигнала, несущая информацию о глубине залегания металлического предмета.

Вторую группу металлодетекторов категории TD составляют устройства, в которых в качестве излучаемого сигнала также используется импульсный сигнал. Однако длительность этих импульсов значительно больше, чем в радиолокационных металлоискателях. При этом обеспечивается возбуждение в металлическом предмете вихревых токов, информация о которых анализируется в соответствующих каскадах. Такие приборы иногда обозначают сокращением TR-PI (Transmitter Receiver – Puis Induction) или просто PI.

Следует отметить, что в основу функционирования всех рассмотренных выше устройств этой категории положен принцип «передача – прием». Однако основное конструктивное отличие, к примеру, металлодетекторов типа TR-PI от устройств типа TR-IB заключается в том, что в импульсных приборах в качестве приемной и передающей может использоваться одна и та же катушка.

1.2. Принципы построения металлоискателей

При первой же попытке провести классификацию детекторов металлических предметов можно сделать безошибочный вывод о том, что в настоящее время существует довольно значительное число базовых принципов, основанных на разных физических явлениях, положенных в основу самых разнообразных конструкций.

Следует отметить, что в последнее время в связи с развитием элементной базы появилась возможность практической реализации идей, воплощение которых ранее считалось маловероятным.

В связи с ограниченным объемом данной книги далее будут рассмотрены лишь некоторые из наиболее популярных видов металлоискателей.

1.2.1. Металлоискатели FM (Frequency Meter)

Одним из первых возможных вариантов построения детектора металлических предметов, который может прийти в голову любому человеку, хотя бы немного знакомому с основами электротехники, можно считать устройство, в основе которого лежит изменение частоты генератора под влиянием металлического предмета.

Из школьных учебников физики известно, что частота сигнала, генерируемого в контуре, образуемом параллельно включенными катушкой L и конденсатором C , зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора. При изменении хотя бы одного из этих параметров изменится резонансная частота контура, что приведет к соответствующему изменению и частоты генерации. Легче всего можно изменить индуктивность катушки. Для этого достаточно, например, поместить вблизи нее предмет из соответствующего металла. Данное физическое явление и положено в основу конструкции детекторов металлических предметов, работающих по принципу изменения частоты (рис. 1.1). В специализированной литературе такие устройства часто называют металлоискателями FM (Frequency Meter).

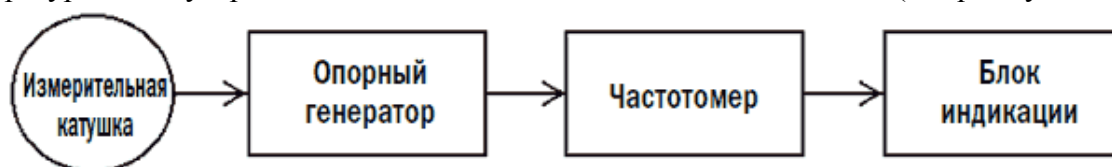


Рис. 1.1. Упрощенная блок-схема металлоискателя, работающего по принципу частотомера

Несмотря на то, что о влиянии металлических предметов, помещаемых в зону возбуждаемого катушкой поля, на резонансную частоту контура давно известно, практическая реализация таких приборов до недавнего времени была довольно затруднительной. Причина заключалась в том, что оценивать изменение частоты контура на слух просто не представлялось возможным.

В настоящее время для анализа и оценки изменений девиации частоты используются микропроцессоры, функционирующие под управлением специальных программ.

При появлении металлического предмета в зоне возбуждаемого измерительной катушкой электромагнитного поля резонансная частота контура опорного генератора меняется. Это изменение оценивается частотомером, основу которого составляет микроконтроллер. Величина девиации частоты, а также ее знак зависят не только от глубины залегания и величины предмета, но и от вида металла, из которого он изготовлен. Обработанные данные поступают на блок индикации, в составе которого часто используется линейка светодиодов.

Следует отметить, что металлоискатели FM обладают большей чувствительностью по сравнению, например, с металлодетекторами BFO.

1.2.2. Металлоискатели BFO (Beat Frequency Oscillator)

Благодаря простоте схемотехнических решений использующие принцип биений металлоискатели типа BFO (Beat Frequency Oscillator) получили широкое распространение. В основу этих устройств положено явление формирования биений, возникающих при смешивании двух близких по частоте сигналов (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Упрощенная блок-схема металлоискателя, работающего по принципу биений

В металлодетекторах BFO используются два генератора, настроенных на одну и ту же частоту. При этом частота опорного (эталонного, образцового) генератора неизменна. Катушка контура измерительного генератора одновременно является поисковой или измерительной катушкой.

Когда в зоне возбуждаемого поисковой катушкой электромагнитного поля появляется металлический предмет, частота измерительного генератора изменяется. Сигнал измененной частоты подается на смеситель, где смешивается с сигналом опорной частоты. В результате на выходе смесителя выделяется сигнал с частотой биений, который поступает на блок индикации.

В качестве индикатора в металлоискателях на биениях обычно используются акустические устройства, однако встречаются конструкции со стрелочными и светодиодными индикаторами. При использовании акустических индикаторов по изменению знака биений довольно просто определить, из какого металла, цветного или черного, изготовлен предмет, находящийся в зоне действия прибора.

Необходимо отметить, что частота биений в металлодетекторах BFO лежит в низкочастотном диапазоне, ближе к нижней границе звукового восприятия человеческого уха. Это позволяет значительно упростить конструкцию блока индикации, поскольку биение частот главного (измерительного, поискового) и вспомогательного (опорного) генератора можно анализировать на слух. Однако чувствительность металлоискателей, работающих по принципу биений, оставляет желать лучшего. Тем не менее характеристики этих приборов вполне удовлетворят непритязательных пользователей.

1.2.3. Металлоискатели OR (Off Resonance)

Интересные схемотехнические решения можно встретить при рассмотрении конструкций металлодетекторов, в основу работы которых положен принцип оценки изменения амплитуды сигнала на катушке контура, резонансная частота которого близка к частоте подаваемого на него сигнала опорного генератора. Главным достоинством таких устройств,

иногда обозначаемых сокращением OR (Off Resonance), являются простота и надежность (рис. 1.3).

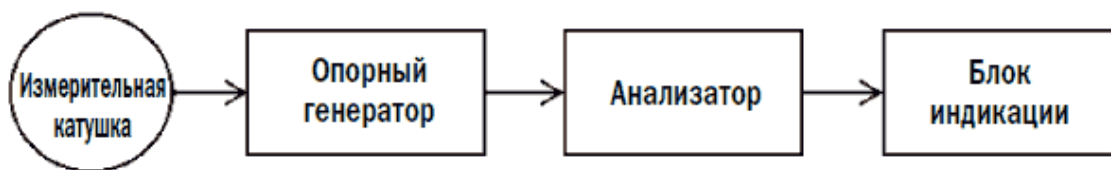


Рис. 1.3. Упрощенная блок-схема металлоискателя, работающего на околорезонансной частоте

Измерительная катушка является составной частью колебательного контура, резонансная частота которого незначительно отличается от частоты опорного генератора. При появлении металлического предмета в зоне электромагнитного поля, возбуждаемого измерительной катушкой, резонансная частота этого контура изменяется. В зависимости от того, какой металл оказался в зоне действия данного устройства (цветной или черный), частота контура или увеличивается, или уменьшается. При этом происходят соответствующие изменения амплитуды колебаний опорного генератора, которые оцениваются анализатором. В результате анализатор формирует управляющий сигнал для блока индикации.

1.2.4. Металлоискатели TR-IB (Transmitter Receiver – Induction Balance)

Как уже отмечалось, в последнее время особой популярностью пользуются металлоискатели TR-IB (Transmitter Receiver – Induction Balance), или просто TR, в основу которых положен принцип «прием-передача» (рис. 1.4). В таких устройствах, называемых балансными металлодетекторами, система катушек сбалансирована до нулевой взаимной индукции.

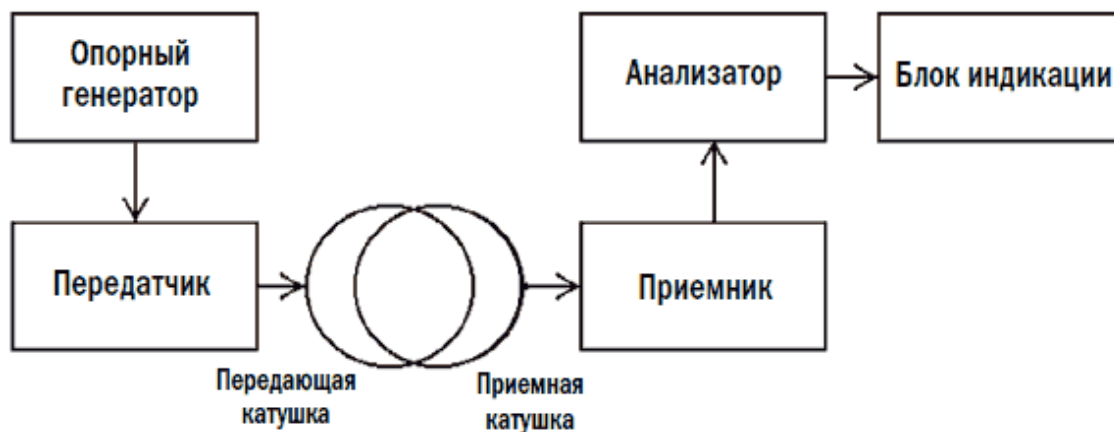


Рис. 1.4. Упрощенная блок-схема металлоискателя, работающего по принципу «передача – прием»

Главная особенность устройств TR-IB заключается в том, что на приемную катушку поступает не отраженный сигнал передатчика, а сигнал, источником которого являются вихревые токи, возбуждаемые на поверхности металлического предмета.

Передающий сигнал, формируемый опорным генератором, поступает на передатчик и далее — на передающую катушку. При появлении металлического предмета в зоне излучения передающей катушки на его поверхности под воздействием сигнала VLF инициируются вихревые или поверхностные токи. Эти токи являются источником вторичного сигнала,

который принимается приемной катушкой металлодетектора. С выхода приемника сигнал подается на анализатор, где происходит оценка его параметров. На основе проведенного анализа формируется соответствующий сигнал для блока индикации.

Следует отметить, что главными достоинствами таких металлоискателей являются высокая чувствительность, возможность отстройки не только от фона грунта, но и от разного мусора. И, конечно же, такие устройства позволяют определять вид металла. Главным же недостатком балансных металлодетекторов следует считать сложности, возникающие при изготовлении и балансировке системы катушек.

1.2.5. Радиолокационные металлоискатели

Последние достижения в области теоретических разработок и практического применения микроволновой техники, а также развитие элементной базы (в том числе микропроцессорной техники) позволяют ожидать, что в самом недалеком будущем появятся конструкции детекторов металлических предметов, в которых будет использован принцип радиолокации. Интерес к устройствам, в которых используется радиолокационный принцип, объясняется тем, что дальность действия таких металлоискателей несравнимо выше, чем у детекторов других типов.

В настоящее время в различных источниках можно встретить весьма оригинальные схемотехнические решения таких металлоискателей. Однако их практическая реализация пока довольно затруднительна.

Основой построения таких устройств является принцип, используемый в радиолокации (рис. 1.5). Как и в радиолокаторах, информация о наличии в зоне действия прибора какого-либо объекта (дальность, размеры и т. п.) оценивается после обработки параметров импульсного сигнала, отраженного от этого объекта.

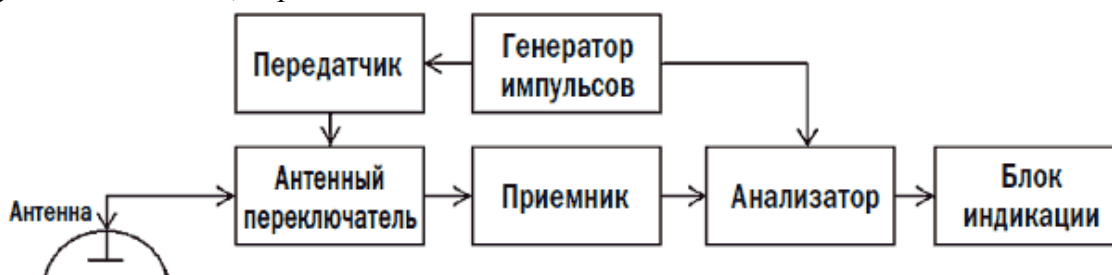


Рис. 1.5. Упрощенная блок-схема радиолокационного металлоискателя

Импульсный сигнал, сформированный генератором импульсов, модулирует сигнал передатчика, который излучается антенной. По достижении объекта переданный сигнал отражается от него. Отраженный сигнал принимается антенной, а затем через антенный переключатель и приемник подается на анализатор. На каскады анализатора также подается сигнал, формируемый импульсным генератором.

Оба поступивших на анализатор сигнала сравниваются, после чего проводится оценка различий с последующим формированием данных для блока индикации. При этом информация о расстоянии до обнаруженного объекта формируется после оценки времени задержки отраженного сигнала, а сведения о величине объекта – по амплитуде этого сигнала.

1.2.6. Импульсные металлоискатели PI (Puls Induction)

Как и радиолокационные металлоискатели, импульсные металлодетекторы относятся к устройствам категории TD (Time Domain), использующим импульсный сигнал (рис. 1.6).

При этом частота следования импульсов, формируемых в этих устройствах, составляет от нескольких десятков до нескольких сотен герц.



Рис. 1.6. Упрощенная блок-схема импульсного металлоискателя

В импульсных металлодетекторах типа PI (Puls Induction) для оценки наличия металлических предметов в зоне поиска используется явление возникновения вихревых поверхностных токов в металлическом предмете под воздействием внешнего электромагнитного поля. Однако в отличие от рассмотренных ранее устройств типа TR-IB в импульсных металлоискателях анализируется сигнал, формирующийся в металле после воздействия не непрерывного, а импульсного сигнала.

Импульсный сигнал, формируемый генератором импульсов, усиливается и поступает на передающую катушку, в которой соответственно инициируется переменное электромагнитное поле. При появлении металлического предмета в зоне действия этого поля на его поверхности периодически, под воздействием импульсного сигнала, возникают вихревые токи. Эти токи и являются источником вторичного сигнала, который принимается приемной катушкой, усиливается и подается на анализатор. Необходимо отметить, что благодаря явлению самоиндукции длительность вторичного сигнала будет больше, чем длительность излученного передающей катушкой импульса. При этом параметры заднего фронта вторичного импульсного сигнала и используются для анализа с последующим формированием данных для блока индикации.

Нетрудно предположить, что при наличии специального развязывающего устройства или коммутатора в импульсных металлоискателях вместо передающей и приемной катушек можно было бы использовать всего одну катушку, которая поочередно применялась бы для передачи и приема сигналов (рис. 1.7).

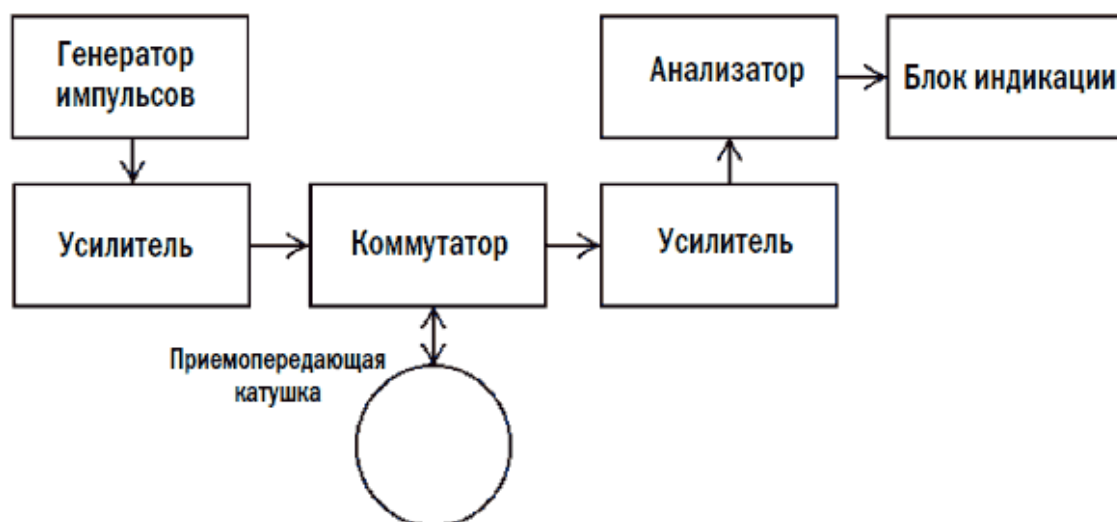


Рис. 1.7. Упрощенная блок-схема импульсного металлоискателя с одной катушкой

Основными достоинствами импульсных металлоискателей являются сравнительно высокая чувствительность, а также простота конструкции катушек. Однако схемотехнические решения отдельных блоков (например генератора импульсов, коммутатора, анализатора) пока отличаются значительной сложностью. Помимо всего прочего в таких приборах используются микропроцессоры с соответствующим программным обеспечением. Программирование микропроцессоров также требует соответствующего оборудования и навыков. Поэтому собрать подобную конструкцию смогут лишь подготовленные радиолюбители.

Глава 2

Металлоискатели на транзисторах

Прежде чем приступать к постройке сложных металлоискателей, начинающие радиолюбители могут попробовать свои силы в повторении устройств, в которых используются транзисторы. Транзисторные металлодетекторы просты в настройке, надежны в работе и показывают приемлемые результаты в полевых условиях. В различных источниках можно найти множество оригинальных конструкций сравнительно простых металлоискателей, выполненных на транзисторах. Однако ограниченный объем данного издания не позволяет рассмотреть все заслуживающие внимания схемотехнические решения, используемые при создании таких устройств. К тому же при работе над этой книгой такая цель и не ставилась. Поэтому заинтересованным читателям автор рекомендует обратиться к специализированной литературе, а также к источникам в сети Internet.

2.1. Простой транзисторный металлоискатель

Схема, послужившая отправной точкой для построения простого транзисторного металлоискателя, попала автору на глаза всего за несколько месяцев до того, как была начата работа над этой книгой. Следует признать, что автор уже много лет не занимался постройкой транзисторных устройств, отдавая предпочтение аппаратуре на микросхемах. Однако в данном случае решил попробовать повторить и, по возможности, усовершенствовать эту конструкцию.

Результат вполне оправдал затраченное время. Конечно, от этого прибора не следует ожидать каких-либо чудес. Однако, несмотря на то, что схема предлагаемого металлоискателя и конструкция поисковой катушки очень просты, чувствительность данного устройства вполне достаточна для обнаружения небольших металлических предметов. К тому же при наличии некоторых навыков с большой степенью вероятности можно определить, из какого металла (магнитного или немагнитного) изготовлен обнаруженный предмет.

Принципиальная схема

Предлагаемая конструкция (рис. 2.1) представляет собой один из многочисленных вариантов металлодетекторов типа BFO (Beat Frequency Oscillator), то есть является устройством, в основу которого положен принцип анализа биений, возникающих при смешивании двух сигналов близких частот.

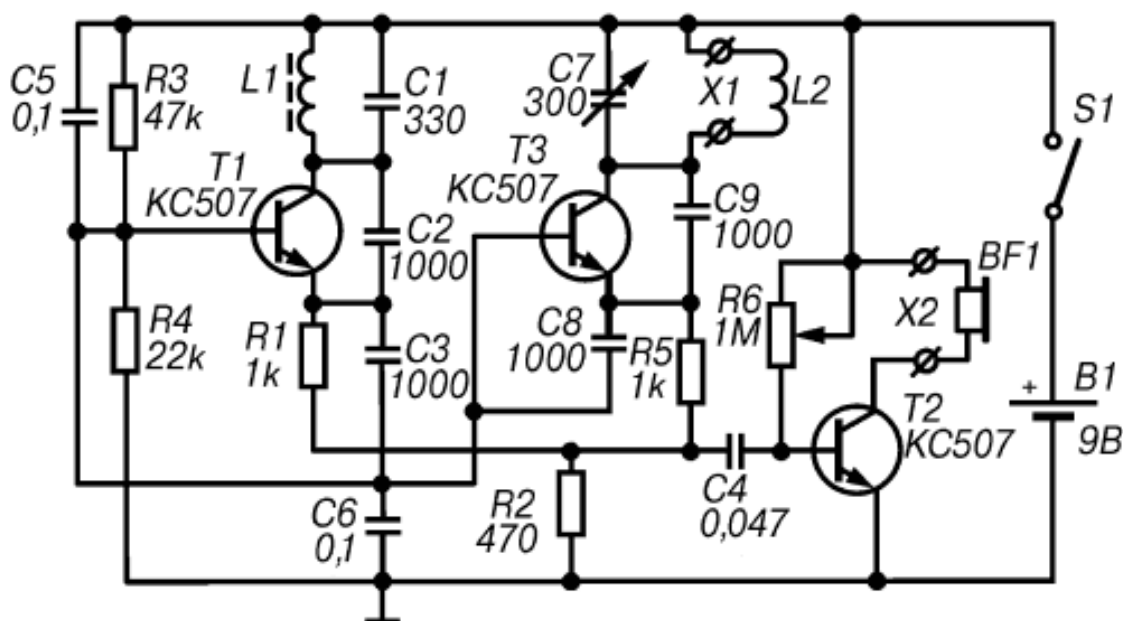


Рис. 2.1. Принципиальная схема простого транзисторного металлоискателя

В конструкции прибора использованы два простых LC-генератора, выполненные на транзисторах Т1 и Т3. Рабочая частота этих генераторов определяется параметрами контуров, включенных в коллекторные цепи соответствующих транзисторов. Контур первого генератора, который является опорным, образован конденсатором С1 емкостью 330 пФ и катушкой L1. В контуре второго, измерительного, генератора используются конденсатор переменной емкости С7 с максимальной емкостью – 300 пФ и поисковая катушка L2.

Выходы генераторов через резисторы R1, R5 и конденсатор С4 подключены к базе транзистора Т2, который усиливает сигнал частоты биений. С коллектора транзистора Т2

усиленный сигнал подается на головные телефоны BF1. Уровень громкости этого сигнала регулируется с помощью переменного резистора R6.

Поскольку рабочие частоты генераторов находятся в диапазоне средних волн, их сигналы в телефонах не слышны. Когда удастся добиться точной настройки каждого генератора на одну и ту же частоту, звуковой сигнал в телефонах также будет отсутствовать. Если же с помощью конденсатора C7 настроить измерительный генератор на почти ту же частоту, что и опорный генератор, то в телефонах будет слышен сигнал частоты биений. При отсутствии в зоне действия поисковой катушки L2 металлических предметов рабочая частота измерительного генератора остается неизменной, поэтому неизменной будет и частота биений. В этом режиме возможные девиации частот могут быть обусловлены лишь нестабильной работой обоих генераторов.

При появлении в зоне действия поисковой катушки L2 металлического предмета резонансная частота контура L2C7 изменится. В результате изменится рабочая частота измерительного генератора и, как следствие, частота сигнала биений. Именно эти изменения служат источником информации об обнаружении металлического предмета.

Питание простого транзисторного металлоискателя осуществляется от источника В1 напряжением 9 В.

Детали и конструкция

Все детали простого транзисторного металлоискателя, за исключением поисковой катушки L2, конденсатора C7, резистора R6, разъемов X1 и X2 и выключателя S1, расположены на печатной плате размерами 100x50 мм (рис. 2.2), изготовленной из одностороннего фольгированного гетинакса или текстолита.

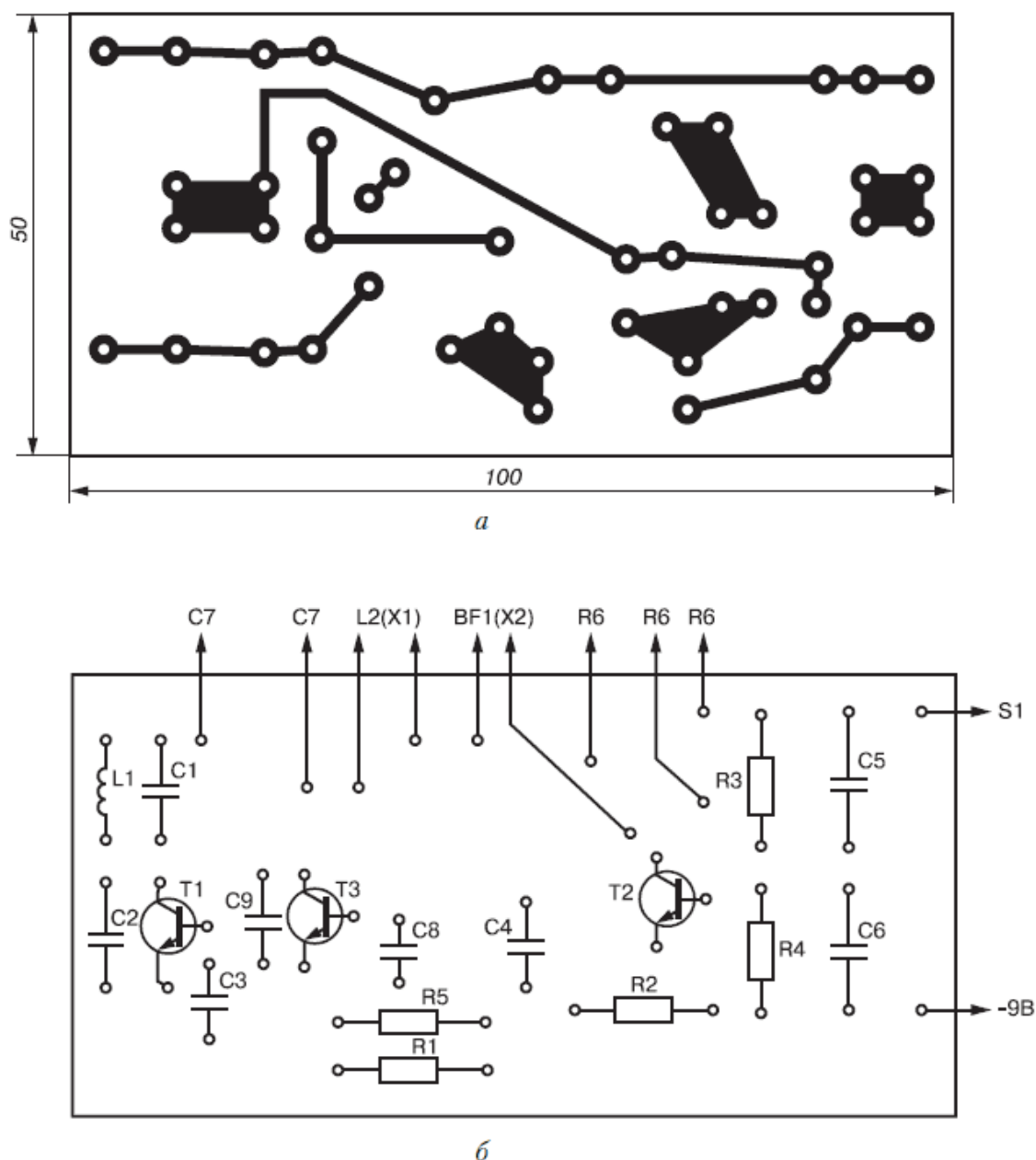


Рис. 2.2. Печатная плата (а) и расположение элементов (б) простого транзисторного металлоискателя

К деталям, применяемым в данном устройстве, не предъявляются какие-либо особые требования. Естественно, рекомендуется использовать любые малогабаритные конденсаторы и резисторы, которые без проблем можно разместить на печатной плате.

Катушка L1 опорного генератора намотана проводом ПЭЛ диаметром 0,1–0,2 мм на сердечнике диаметром 8 мм и содержит 100 витков. Катушку L1 можно намотать на ферритовом сердечнике или на бумажной трубке без сердечника. В качестве конденсатора C7 можно использовать любой конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком с максимальной емкостью примерно 300 пФ, например конденсатор настройки от любого старого радиоприемника.

Печатная плата с расположенными на ней элементами и источник питания размещаются в любом подходящем пластмассовом или деревянном корпусе. На крышке корпуса устанавливаются конденсатор настройки C7, регулятор громкости R6, выключатель S1, а

также разъемы X1 и X2 для подключения соответственно поисковой катушки L2 и головных телефонов BF1.

Для изготовления поисковой катушки L2 (рис. 2.3) потребуется вырезать круг диаметром 100 мм из фанеры или другого материала (гетинакса, текстолита) толщиной 1,5–2,5 мм. Круг следует разбить на секторы с углом 40° и в этих местах сделать прорезы к центру на расстояние 20 мм от края. В прорезы надо продеть провод диаметром 0,2–0,3 мм (например марки ПЭЛ) и виток к витку намотать 30 витков. К изготовленной таким образом поисковой катушке можно приделать удобную ручку. Подключение катушки L2 к печатной плате осуществляется через малогабаритный разъем.

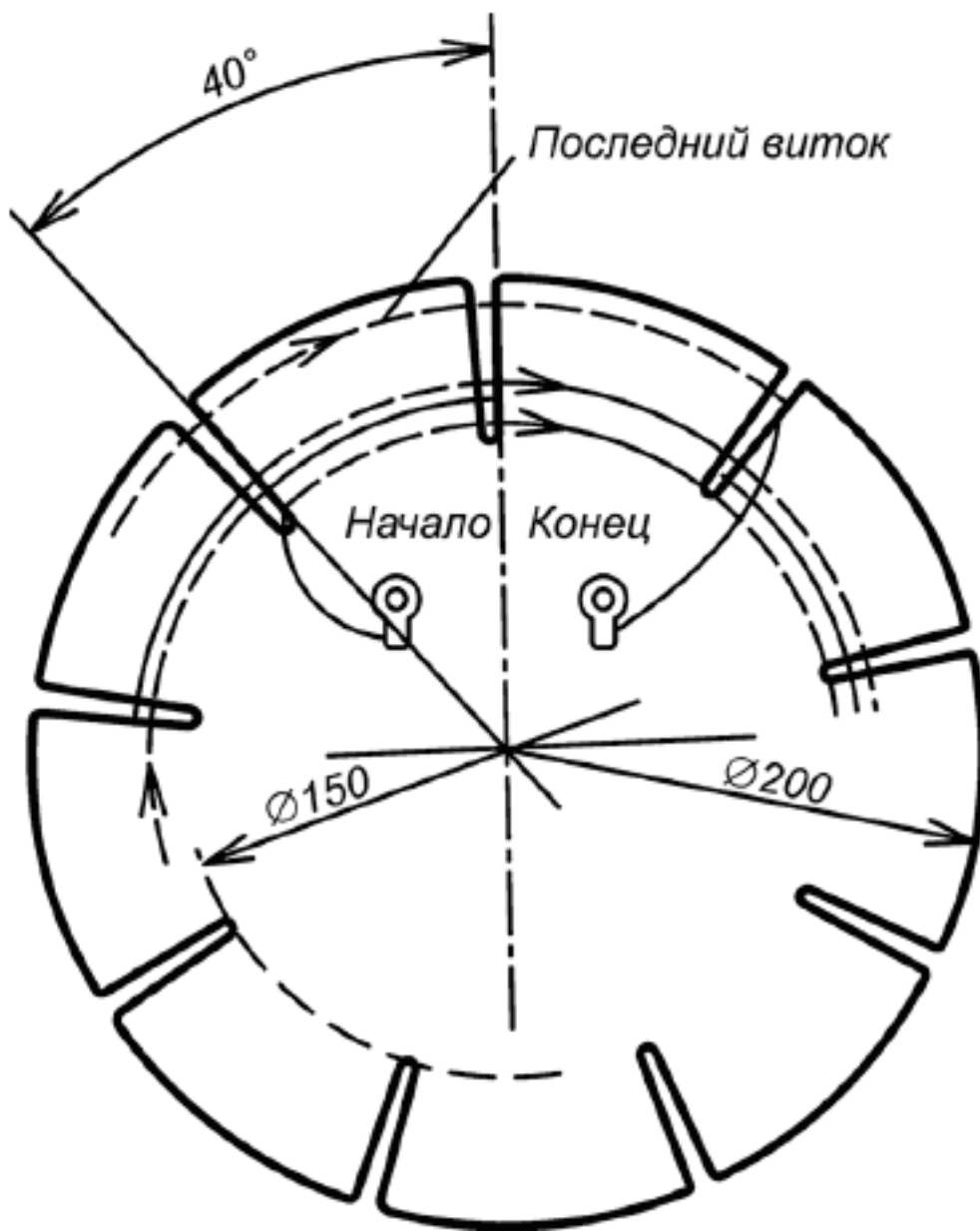


Рис. 2.3. Конструкция поисковой катушки L2

В качестве источника питания В1 можно использовать, например, батарейку «Крона» или две батарейки 3336Л, соединенные последовательно.

Налаживание

При использовании исправных деталей правильно собранный металлоискатель начинает работать практически сразу. Настройку прибора следует проводить в условиях, когда металлические предметы удалены от поисковой катушки L2 на расстояние не менее 1,5 м.

Поскольку в данном разделе речь идет о простой конструкции, то в телефонах при первом включении будут слышны сигналы разных гармоник. Поэтому, настраивая прибор, следует выбрать наиболее сильный сигнал с помощью конденсатора C7 и отрегулировать его громкость регулятором R6. Выбор наиболее сильной гармоники можно осуществить на слух или с использованием осциллографа или частотомера.

На этом процесс настройки простого транзисторного металлоискателя заканчивается.

Порядок работы

При практическом использовании рассматриваемого металлоискателя следует конденсатором C7 провести дополнительную подстройку на сигнал наиболее сильной гармоники и отрегулировать его громкость с помощью регулятора R6.

Если теперь в зоне действия поисковой катушки L2 окажется какой-либо металлический предмет, то высота тона в телефонах изменится. При приближении к одним металлам частота сигнала биений будет увеличиваться, а при приближении к другим – уменьшаться. По изменению тона сигнала биений, имея определенный опыт, можно легко определить, из какого металла, магнитного или немагнитного, изготовлен обнаруженный предмет.

2.2. Простой металлоискатель на двух транзисторах

Без сомнения, многих начинающих радиолюбителей заинтересует конструкция простого металлоискателя, основой для которого послужила схема, неоднократно публиковавшаяся в отечественных и зарубежных специализированных изданиях в середине 70-х годов прошлого столетия. С помощью этого металлодетектора, выполненного всего на двух транзисторах, можно обнаруживать металлические предметы, удаленные от поисковой катушки на несколько десятков сантиметров.

Принципиальная схема

Данная конструкция представляет собой один из вариантов металлодетекторов типа FM (Frequency Meter), то есть является устройством, в основу которого положен принцип измерения девиации частоты опорного генератора под влиянием металлических предметов, попавших в зону действия поисковой катушки. При этом оценка изменения частоты осуществляется на слух (рис. 2.4).

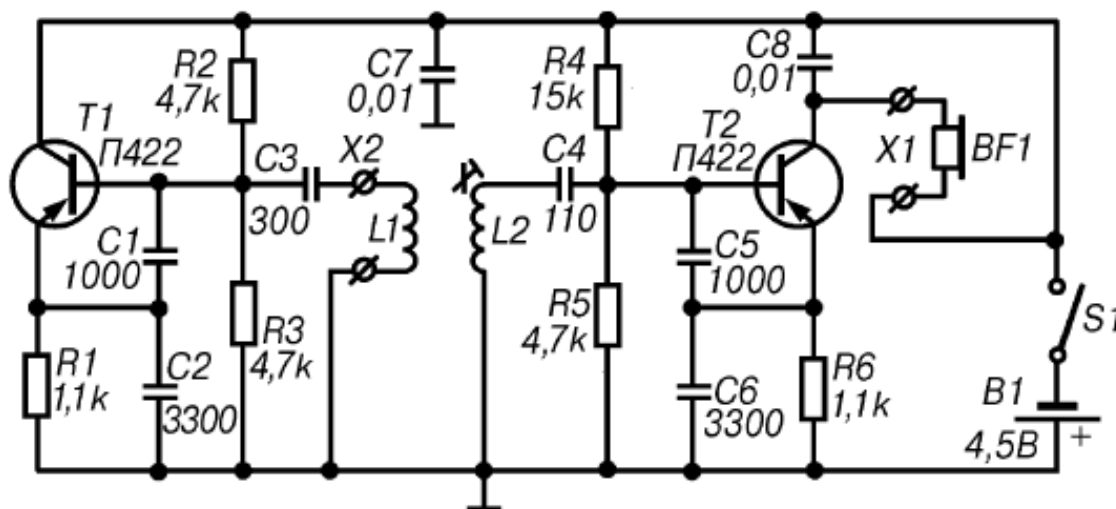


Рис. 2.4. Принципиальная схема простого металлоискателя на двух транзисторах

Основу схемы прибора составляют генератор высокой частоты и приемник, который регистрирует изменения частоты генератора при приближении к металлическим предметам.

Генератор высокой частоты собран на транзисторе T1 по схеме емкостной трехточки. Колебательный контур опорного генератора состоит из цепочки последовательно включенных конденсаторов C1, C2 и C3, к которым подключена катушка L1. Рабочая частота ВЧ-генератора определяется индуктивностью этой катушки, которая одновременно является поисковой катушкой.

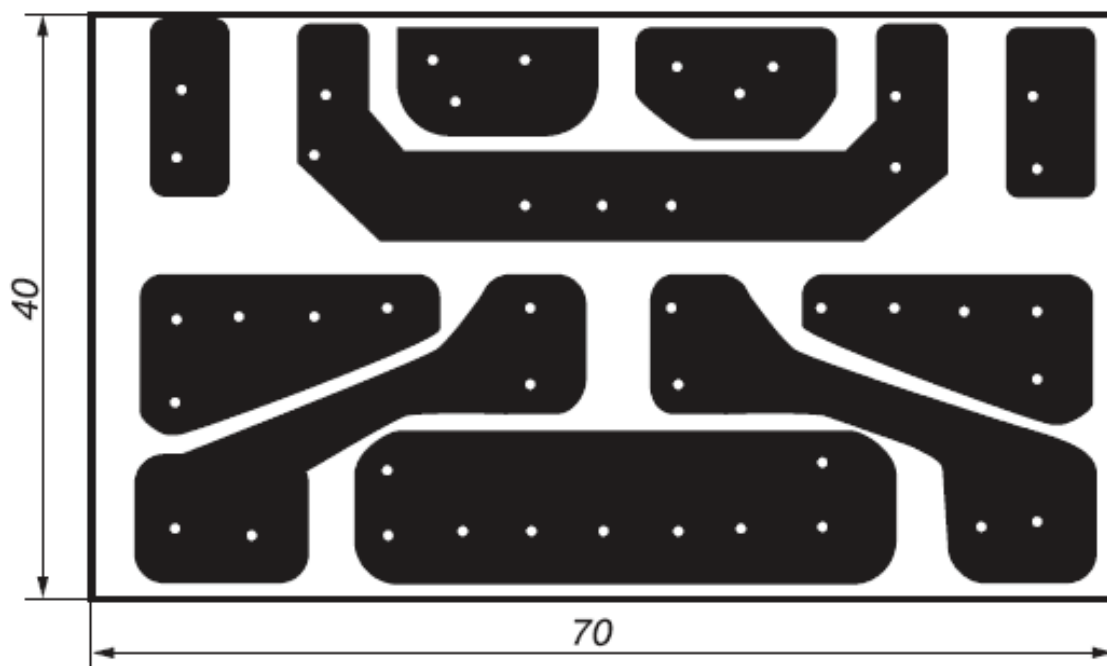
Одной из особенностей данного устройства можно считать то, что в качестве анализатора в нем используется приемник гетеродинного типа, который выполнен всего на одном транзисторе. При этом каскад на транзисторе T2 совмещает функции гетеродина и детектора. Гетеродин собран по схеме емкостной трехточки. Достоинством такой схемы является возможность использования катушки индуктивности без отводов, что хоть и незначительно, но упрощает конструкцию. Колебательный контур гетеродина содержит катушку индуктивности L2 и емкость, составленную из последовательно соединенных конденсаторов C4, C5 и C6. Частоту гетеродина можно изменять, вращая подстроечный сердечник катушки L2.

С коллектора транзистора Т2 продетектированный сигнал подается на головные телефоны BF1.

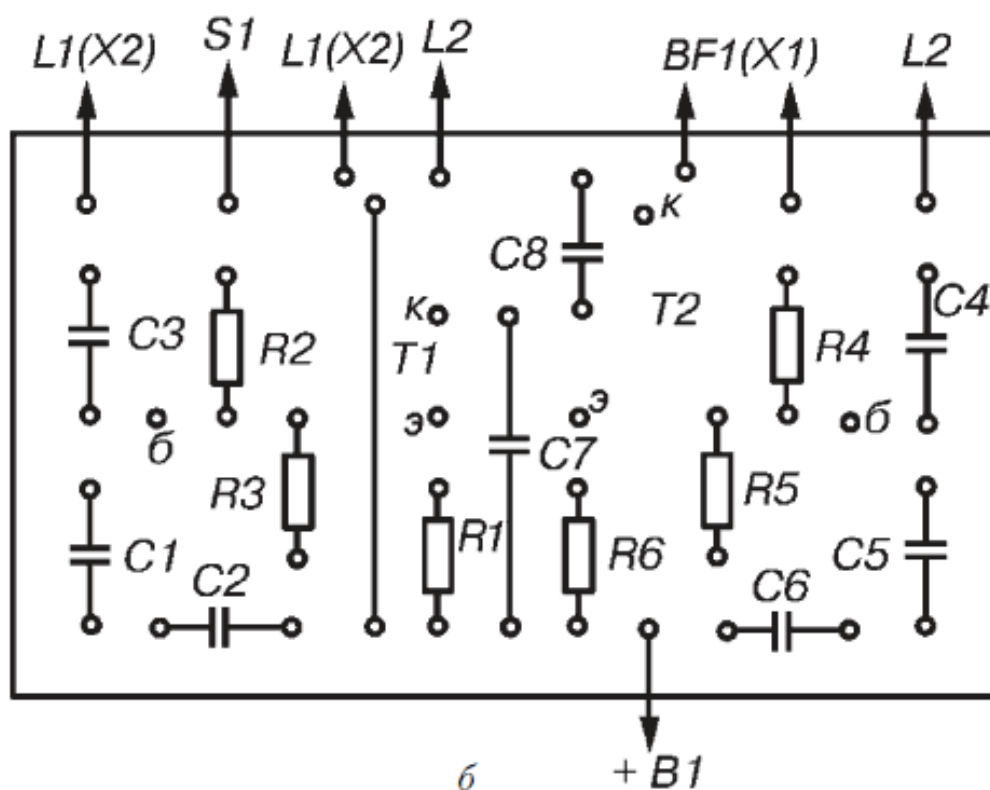
Если вблизи катушки L1 окажется металлический предмет, то ее индуктивность изменится. Это приведет к изменению частоты опорного генератора, что будет сразу зарегистрировано приемником металлоискателя. В результате тональность сигнала в телефонах BF1 изменится.

Детали и конструкция

Все детали простого металлоискателя на двух транзисторах за исключением поисковой катушки L1, катушки гетеродина L2, разъема X1 и выключателя S1 расположены на печатной плате размерами 70х40 мм (рис. 2.5), изготовленной из одностороннего фольгированного гетинакса или текстолита.



a



6

Рис. 2.5. Печатная плата (а) и расположение элементов (б) простого металлоискателя на двух транзисторах

К деталям, применяемым в данном устройстве, не предъявляются какие-либо особые требования. Желательно использовать любые малогабаритные конденсаторы и резисторы, которые без проблем можно разместить на печатной плате. Как видно из принципиальной схемы, в этом металлодетекторе применяются устаревшие ВЧ-транзисторы типа П422, П401

или П402. Вместо них можно использовать любые современные ВЧ-транзисторы проводимости р-п-р, предназначенные для работы во входных каскадах радиоприемников.

Поисковая катушка L1, используемая в опорном генераторе, представляет собой прямоугольную рамку размерами 175х230 мм, на которую намотаны 32 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0,35 мм или, например, ПЭЛШО диаметром 0,37 мм.

В двух бумажных цилиндрических каркасах размещены отрезки ферритового стержня типа 400НН или 600НН диаметром 7 мм. Длина первого из них, закрепленного постоянно, составляет около 20–22 мм. Второй стержень подвижен и используется для регулировки индуктивности катушки. Его длина составляет 35–40 мм. Каркасы стержней обернуты бумажной лентой, на которую наматываются 55 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,2 мм. Также можно использовать провод типа ПЭВ-1 или ПЭВ-2.

Катушку L2 (рис. 2.6) следует установить на расстоянии 5–7 мм от плоскости расположения витков катушки L1.

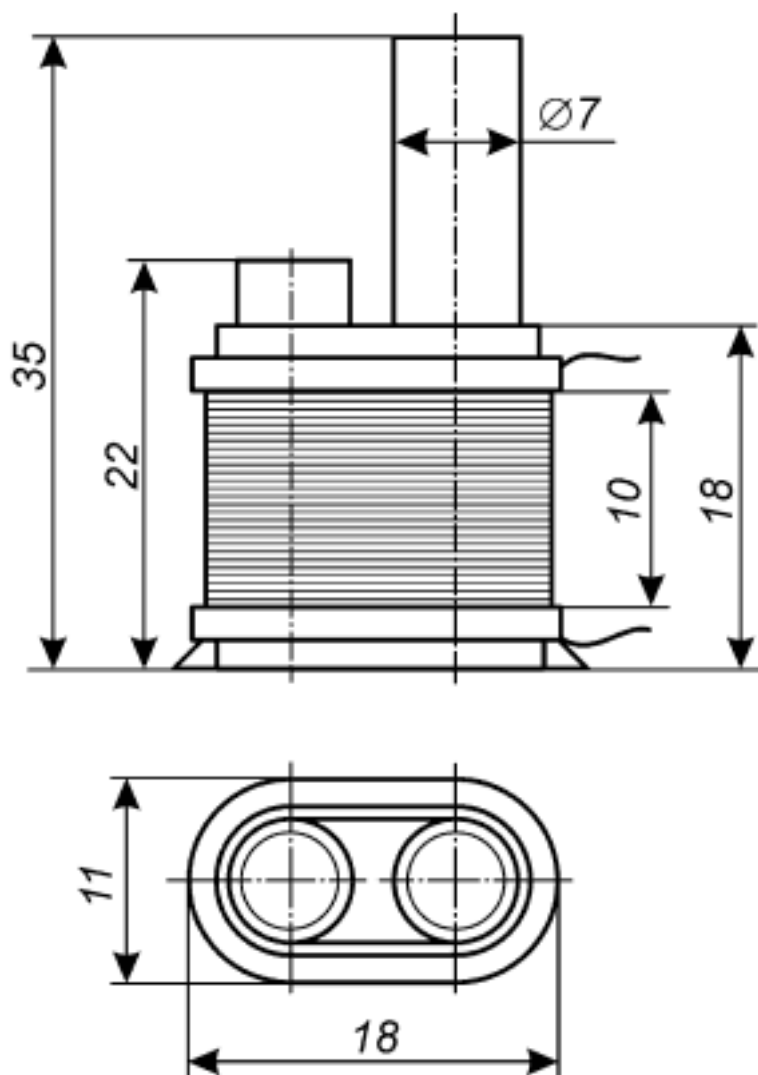


Рис. 2.6. Конструкция катушки L2

В качестве источника звуковых сигналов можно использовать головные телефоны с сопротивлением 800-1200 Ом. Подойдут и широко известные телефоны ТОН-1 или ТОН-2, однако при их применении оба капсюля нужно включить не последовательно, а параллельно, то есть подключить плюс одного капсюля к плюсу другого, а минус – к минусу. При этом общее сопротивление телефонов должно составить примерно 1000 Ом.

Питание простого металлоискателя на двух транзисторах осуществляется от источника В1 напряжением 4,5 В. В качестве такого источника можно использовать, например, так называемую квадратную батарейку типа 3336Л или три элемента типа 316, 343, соединенные последовательно.

Печатная плата с расположенными на ней элементами и источник питания размещаются в любом подходящем пластмассовом или деревянном корпусе. На крышке корпуса устанавливаются выключатель S1 и разъем X1 для подключения головных телефонов BF1.

Катушки L1 и L2 соединяются с платой гибким многожильным изолированным проводом.

Налаживание

Настройку металлоискателя следует проводить в условиях, когда металлические предметы удалены от поисковой катушки L1 на расстояние не менее 1,5 м.

После включения питания следует проверить напряжения на эмиттерах транзисторов. На эмиттере транзистора Т1 должно быть напряжение -2,1 В, а на эмиттере транзистора Т2 – около -1 В.

Далее, медленно перемещая подстроечный сердечник катушки L2, необходимо добиться появления в телефонах громкого чистого сигнала низкой частоты. Если первоначально генератор настроен, например, на частоту 465 кГц, то в телефонах будет прослушиваться сигнал частотой около 500 Гц.

При приближении катушки L1 к металлическому предмету, в качестве которого в процессе настройки может использоваться, например, консервная банка, тон звучания низкочастотного сигнала в головных телефонах будет изменяться. Начало изменения тона сигнала необходимо хотя бы приблизительно зафиксировать. После этого, перемещая сердечник катушки L2 для более точной подстройки частоты гетеродина, следует добиться наибольшей чувствительности устройства.

На этом процесс настройки простого металлодетектора на двух транзисторах заканчивается.

Порядок работы

Проведение поисковых работ с помощью данного прибора не имеет каких-либо особенностей. Если в зоне действия поисковой катушки L1 окажется металлический предмет, то высота тона в головных телефонах изменится. При приближении к одним металлам частота сигнала будет увеличиваться, а при приближении к другим – уменьшаться. По изменению тона сигнала биений, имея определенный опыт, можно легко определить, из какого металла, цветного или так называемого черного, изготовлен обнаруженный предмет.

2.3. Металлоискатель со стрелочным индикатором

Особенностью предлагаемого металлоискателя является интересное схемотехническое решение анализатора и индикатора. При этом в качестве индикатора используется стрелочный прибор.

Следует отметить, что рассматриваемый металлодетектор обладает сравнительно высокой чувствительностью. Помимо этого по направлению отклонения стрелки индикатора можно определить и вид металла (цветной или черный), из которого изготовлен обнаруженный предмет.

Принципиальная схема

Металлодетектор (рис. 2.7) состоит из двух генераторов, схемы индикации и стабилизатора питающего напряжения.

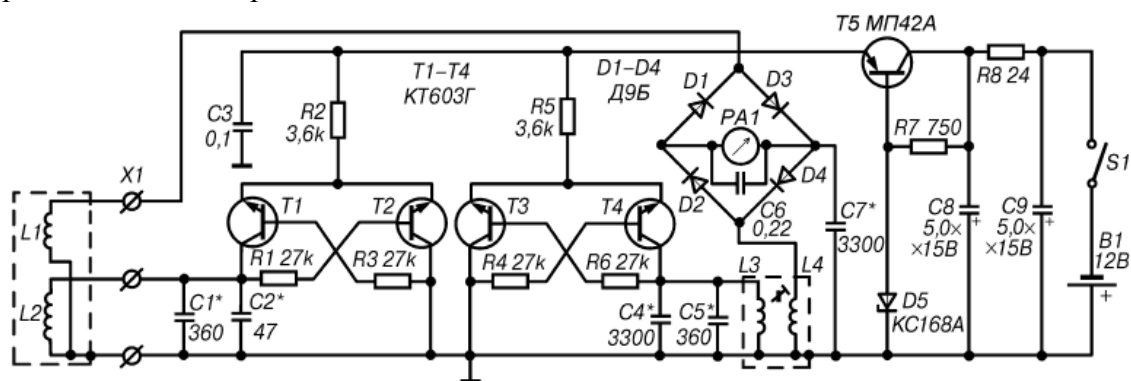


Рис. 2.7. Принципиальная схема металлоискателя со стрелочным индикатором

На транзисторах T1 и T2 собран измерительный генератор, частота колебаний которого зависит от параметров контура, образованного катушкой L2, а также параллельно включенными конденсаторами C1 и C2. Опорный генератор собран на транзисторах T3 и T4 по аналогичной схеме. Частота колебаний этого генератора определяется параметрами контура, выполненного на элементах L3, C4 и C5.

Схема, анализирующая появление девиации (отклонения) частоты сигнала измерительного генератора по сравнению с частотой сигнала опорного генератора, содержит измерительную цепь, которая состоит из стрелочного индикатора PA1 с нулевой отметкой посередине шкалы, конденсатора C6 и диодов D1-D4. В этой же цепи оценивается знак девиации частоты. Колебания опорного генератора подаются в измерительную цепь через катушку связи L4, а сигнал от измерительного генератора – через катушку связи L1. При этом вся цепь сбалансирована так, что при совпадении частот колебаний обоих генераторов стрелка индикатора PA1 будет находиться на нулевом делении шкалы прибора.

При появлении в зоне действия поисковой катушки L2 металлического предмета резонансная частота контура L2C1C2 изменится. Это приведет к изменению рабочей частоты измерительного генератора и, как следствие, к отклонению стрелки индикатора PA1. Отклонение стрелки и служит источником информации об обнаружении металлического предмета. Угол отклонения стрелки индикатора PA1 зависит от габаритов предмета и расстояния от него до измерительной катушки.

Когда вблизи измерительной катушки L2 окажется предмет из черного металла, рабочая частота измерительного генератора, выполненного на транзисторах Т1 и Т2, уменьшится, и стрелка индикатора отклонится в одну сторону. Если же предмет изготовлен из цветного металла (например из латуни), частота генератора увеличится, при этом стрелка индикатора отклонится в другую сторону.

Направление отклонения стрелки зависит от полярности подключения индикатора РА1, на шкалу которого после проведения калибровки можно нанести соответствующие надписи.

Питающее напряжение 12 В подается на измерительный и опорный генераторы от источника В1 через стабилизатор напряжения, собранный на стабилитроне D5 и транзисторе Т5.

Детали и конструкция

Для изготовления рассматриваемого металлоискателя можно использовать любую макетную плату. Поэтому к используемым деталям не предъявляются какие-либо ограничения, связанные с габаритными размерами. Монтаж может быть как навесной, так и печатный.

Резисторы могут быть, например, типа МЛТ-0,5, конденсаторы С1, С2, С4, С5, С7 – типа КМ или КЛС. В качестве емкостей С3 и С6 можно использовать любые металлобумажные конденсаторы, например типа МБМ или БМТ. Конденсаторы С8, С9 можно заменить на любые электролитические, например типа К50-6, транзисторы КТ603Г – другими транзисторами этой серии или транзисторами серии КТ315 с коэффициентом передачи тока не менее 60, транзистор МП42А – любым из серий МП39 – МП42 или КТ361, диоды Д9Б – другими диодами этой серии. В качестве индикатора РА1 рекомендуется применить стрелочный прибор типа М24 с током полного отклонения стрелки 100 мкА и нулем посередине шкалы.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.