

При наличии в игрушке достаточного места детали устройства целесообразно смонтировать на печатной плате, чертеж которой представлен на рис. 2. Если же игрушка малогабаритная, придется применить так называемый навесной монтаж: закрепить детали клеем "Момент", "Квинтол" в свободных нишах корпуса, а межэлементные соединения выполнить выводами деталей и отрезками тонкого монтажного провода. Заливать клеем корпуса транзисторов не следует.

В обоих случаях в устройстве можно использовать малогабаритные резисторы любого типа и оксидные конденсаторы с малым током утечки, например, импортные серии ТК фирмы Jamicon. Если не удастся подобрать экземпляры с током утечки менее 10 мкА (при напряжении на обкладках 5 В), можно применить конденсаторы с большим (чем указано на схеме) номинальным напряжением (у них, как правило, ток утечки меньше), однако следует учесть, что их габариты больше.

Во избежание повреждения полевых транзисторов статическим электричеством при пайке следует использовать низковольтный паяльник, питаемый от понижающего трансформатора, или выключенный из розетки на время пайки маломощной сетевой. Выводы транзистора перед пайкой необходимо соединить. Для этого, взявшись пальцами за кончики всех выводов одновременно,

обматывают их у самого корпуса тонкой луженой проволокой, которую удаляют только после завершения монтажа.

Стабилитрон 1N4739A заменим отечественным Д814Б, а также импортны-

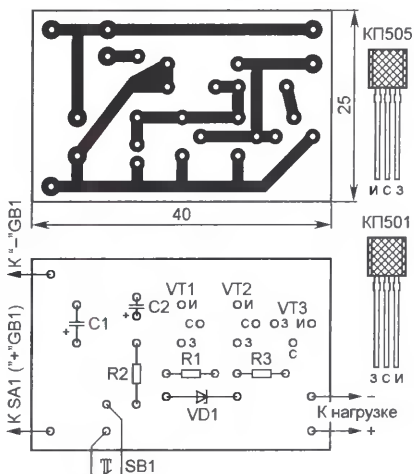


Рис. 2

ми ВZХ55С9V1, ВZV55С9V1, ТZМС9V1, МZD9V1. Вместо полевых транзисторов КР505А (VТ1, VТ2) допустимо использовать КР505Б или КР505В (оба транзистора должны быть с одним буквенным индексом). Максимальный ток нагрузки и в этом случае может достигать 1 А. При напряжении питания 4,5–6 В вместо двух транзисторов можно приме-

нить один более мощный п-канальный полевой транзистор, управляемый напряжением логического уровня, например, малогабаритный IRFL014 в корпусе SOT223 (максимальное напряжение сток—исток — 60 В, максимальный ток стока — 2,7 А, сопротивление канала в открытом состоянии — 0,2 Ом, максимальная рассеиваемая мощность — 3,1 Вт).

Транзистор КР501Б (VТ3) заменим любым из серий КР504, КР505. Для работы в устройстве желательно подобрать экземпляр с пороговым напряжением открывания не более 0,7 В.

Кнопка SB1 — любая нефиксируемая в нажатом положении с замыкающими контактами. Штатный выключатель питания игрушки SA1 может быть установлен изготовителем как в плюсовую, так и в минусовую цепь, на работу реле это не влияет. Смонтированную плату закрепляют в корпусе игрушки клеем "Момент" или термоклеем.

Собранное из исправных деталей и без ошибок в монтаже устройство начинает работать сразу после включения питания. Единственное, что, возможно, придется сделать, — подбором конденсатора С2 установить желаемое время задержки выключения игрушки. При напряжении питания 3 В и указанных на схеме номиналах конденсатора С2 и резистора R1 оно равно примерно 100 с.

Редактор — В. Фролов, графика — В. Фролов

## Измерители ЭПС оксидных конденсаторов

*В предлагаемой подборке приводятся описания двух конструкций, разработанных читателями нашего журнала, измерителей эквивалентного последовательного сопротивления (ЭПС) оксидных конденсаторов.*

Интерес к измерителям ЭПС рос по мере все более широкого применения импульсных источников питания и других импульсных устройств, в которых оксидные конденсаторы использовались в качестве накопителей электрической энергии или сглаживающих фильтров. В таких устройствах важным свойством конденсаторов является способность быстро накапливать и отдавать энергию. Идеальный конденсатор обладает только реактивным сопротивлением, и скорость его зарядки и разрядки определяется внешними элементами в цепи, где он установлен. Реальный конденсатор можно представить в виде последовательно соединенных идеального конденсатора С, катушки индуктивности L и резистора R, сопротивление которого и есть ЭПС конденсатора (рис. 1).

Резистор  $R_y$  определяет ток утечки реального конденсатора, но в данном случае его можно не учитывать. На частотах ниже 100 кГц влиянием катушки индуктивности также пренебрегают.

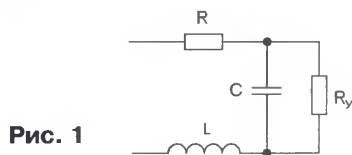


Рис. 1

В большинстве случаев принцип работы приборов, предназначенных для измерения ЭПС, основан на измерении полного сопротивления конденсатора. На низких частотах, как правило, преобладает емкостная составляющая. По мере увеличения частоты она уменьшается. Поэтому такие приборы

работают на частотах несколько десятков килогерц. Следует отметить, что измерение ЭПС — непростая задача. Об этом подробно рассказано в статье [1]. Большинство измерителей обладают большой погрешностью, и их, скорее всего, следует считать индикаторами ЭПС.

Наличие ЭПС оказывает влияние на скорость зарядки и разрядки конденсатора, и при большом его значении делает такой конденсатор непригодным для работы в импульсных устройствах. Кроме того, при протекании токов на ЭПС выделяется активная мощность, что приводит к разогреву конденсатора и возможному выходу его из строя по этой причине. Поэтому интерес к измерению ЭПС оксидных конденсаторов не ослабевает.

Чтобы проводить проверку оксидных конденсаторов без их демонтажа из устройства, напряжение на щупах прибора не должно превышать несколько десятков или сотен мВ. В этом случае остальные элементы устройства, включенные параллельно конденсатору, не будут оказывать существенного влияния на результат и не выйдут из строя.

\* \* \*

Разработанный **В. ТАБАКСМАНОМ** из г. Симферополя (Украина) измеритель ЭПС отличается простотой конструкции, поэтому его могут повторить даже начинающие радиолюбители. Впервые с аналогичным прибором автор "встретился" в Израиле в 1996 г. Высокая цена — 270 долл. США — вызвала соблазн изготовить прибор самому. Скопировав схему и разобравшись в принципе его работы, стало ясно, что для реализации идеи она слишком сложна и содержит много деталей. Позднее схема этого прибора была опубликована в [2]. Поэтому и был разработан предлагаемый читателям измеритель ЭПС. Всего изготовлено больше десятка приборов, которые отлично зарекомендовали себя в радиомастерских Украины и Израиля.

Другими достоинствами измерителя являются удобство сборки — используется корпус серийного карманного измерительного прибора; экономичность — применен один гальванический элемент типоразмера АА напряжением 1,5 В, а потребляемый ток составляет

индукции возникает и во вторичной обмотке, с которой соединены измерительные щупы. При их подключении к проверяемому конденсатору вторичная обмотка шунтируется его ЭПС и напряжение самоиндукции в первичной обмотке трансформатора Т1 уменьшается, что приводит к соответствующим изменениям показаний микроамперметра РА1 — они уменьшаются. Чем меньше ЭПС конденсатора, тем меньше отклонение стрелки микроамперметра.

Для измерителя использован корпус от недорогого мультиметра "SUNWA" или ему подобного, а



Рис. 4

Большинство деталей монтируют на печатной плате. Автор использовал универсальную макетную печатную плату и проводной монтаж (рис. 4), но также разработал печатную плату, чертеж которой показан на рис. 5. Изготавливают плату из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм.

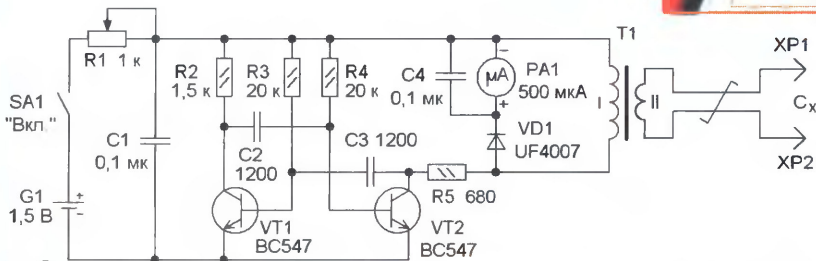


Рис. 2

1,25 мА; небольшое напряжение на щупах (до 70 мВ), поэтому на показания не влияют полупроводниковые элементы, подключенные параллельно с проверяемым конденсатором; устойчивость прибора к разрядке конденсатора емкостью 150 мкФ, заряженного до напряжения 300 В.

Принципиальная схема измерителя показана на рис. 2. На транзисторах VT1, VT2 собран мультивибратор, работающий на частоте около 70 кГц. В коллекторной цепи транзистора VT2 последовательно с резистором R5 включена первичная обмотка трансформатора Т1. Когда транзистор VT2 открыт, через первичную обмотку трансформатора Т1 протекает ток и в его магнитном поле запасается энергия. При закрытом транзисторе VT2 на этой обмотке возникает напряжение самоиндукции, которое выпрямляется диодом VD1. Пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C4, и далее оно поступает на индикаторный прибор — микроамперметр РА1, его стрелка отклоняется на максимальное деление шкалы.

Пропорционально коэффициенту трансформации напряжение само-



Рис. 3

также некоторые его компоненты — микроамперметр, переменный резистор, щупы с соединительными проводами, держатель элемента питания и переключатель режимов, который теперь служит выключателем питания. При такой конструкции (рис. 3) существенно упрощаются слесарные работы.

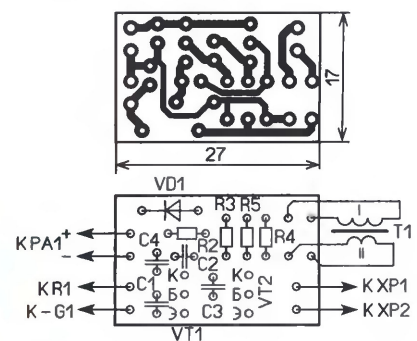


Рис. 5

Постоянные резисторы — P1-4, C2-23, конденсаторы керамические — K10-17. Помимо указанных на схеме, можно применить транзисторы серий KT315, KT3102, BC547, BC337, 2SC945, 2N2222 с любыми буквенными индексами, а диоды — серий FR102, FR152, UF4002, UF4007. Трансформатор наматывают на ферритовом кольце с внешним диаметром 10 мм и магнитной проницаемостью 2000. Первичная обмотка содержит 150 витков провода ПЭВ-2 0,1, вторичная — 7 витков провода ПЭВ-2 0,2. Провода, идущие к щупам, свивают вместе, укорачивают

до 40...50 см, выводят через отверстие в корпусе и припаивают непосредственно к вторичной обмотке трансформатора. После налаживания провода закрепляют внутри корпуса термоклеем. Измеритель сохраняет работоспособность при снижении напряжения питания до 1 В.

Налаживание проводят в следующей последовательности. Сначала механическим корректором при выключенном приборе устанавливают стрелку микроамперметра на нулевое деление шкалы. Включают питание, и резистором R1 устанавливают стрелку микроамперметра на максимальное деление шкалы. Замыкают щупы и убеждаются, что стрелка вернулась на нулевое деление. Затем к щупам подключают безындуктивный (непроволочный) резистор сопротивлением 6,2 Ом, при этом стрелка должна занять среднее положение. В случае необходимости коррекцию проводят подборкой числа витков (от шести до девяти) вторичной обмотки трансформатора. Шкалу микроамперметра градуируют в омах, для этого к щупам подключают образцовые непроволочные резисторы соответствующего сопро-

ти II трансформатора T1 выпрямляется мостовым выпрямителем на диодах VD1—VD4, конденсатор C3 — сглаживающий. Выпрямленное напряжение складывается с напряжением аккумулятора G1, и суммарное напряжение питает усилитель на транзисторе VT3.

Переменное напряжение (около 50 мВ) с обмотки III трансформатора T1 поступает на гнездо XS2. Второе гнездо (XS3) соединено с входом усилителя на транзисторе VT3, а через резистор R3 — с общим проводом. При подключении к этим гнездам с помощью щупов проверяемого конденсатора через него и резистор R3 протекает переменный ток. Амплитуда напряже-

тых гнездах XS2, XS3 резистором R4 устанавливают стрелку прибора на нулевую отметку шкалы.

Для питания измерителя применен NiCd аккумулятор ЦНК-0,9, который можно заменить на любой другой NiCd (NiMH) типоразмера AA или дисковый Д-0,1, Д-0,25. Потребляемый ток — 12...15 мА, а работоспособность прибора сохраняется при снижении питающего напряжения до 0,7 В. Но столь глубокая разрядка аккумулятора нежелательна, поэтому подборкой резистора R7 нужно добиться, чтобы в крайнем правом положении движка резистора R4 "0" шкалы микроамперметра устанавливался лишь при напряжении пита-

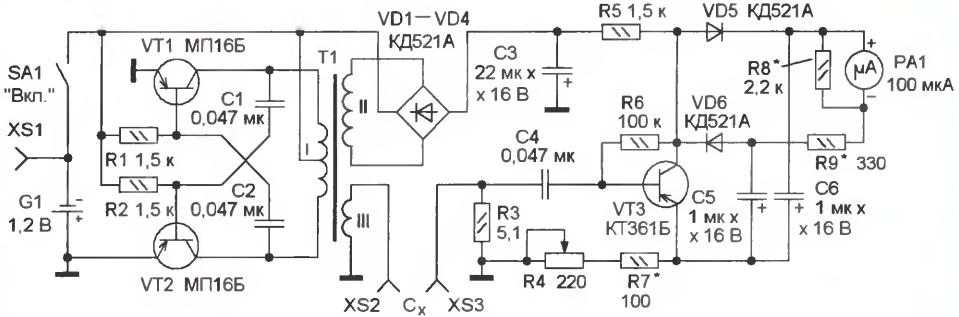


Рис. 7

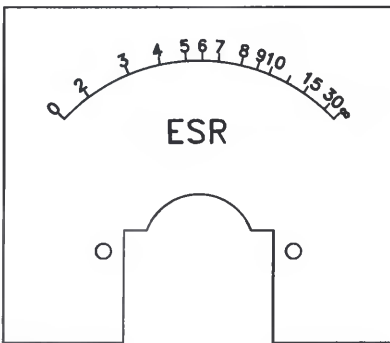


Рис. 6

тивления. На рис. 6 показан чертеж авторского варианта шкалы, его можно отсканировать, распечатать и наклеить на штатную шкалу микроамперметра. В случае существенных отклонений электронный вариант чертежа можно откорректировать в графическом редакторе.

\* \* \*

Измеритель ЭПС, разработанный нашим читателем **В. ФЕЛЮГИНЫМ** из г. Мурманска, несколько сложнее в изготовлении, поскольку содержит больше деталей, но обеспечивает более высокую точность измерений. Схема устройства показана на рис. 7. На транзисторах VT1, VT2 собран генератор, работающий на частоте около 90 кГц. Переменное напряжение обмот-

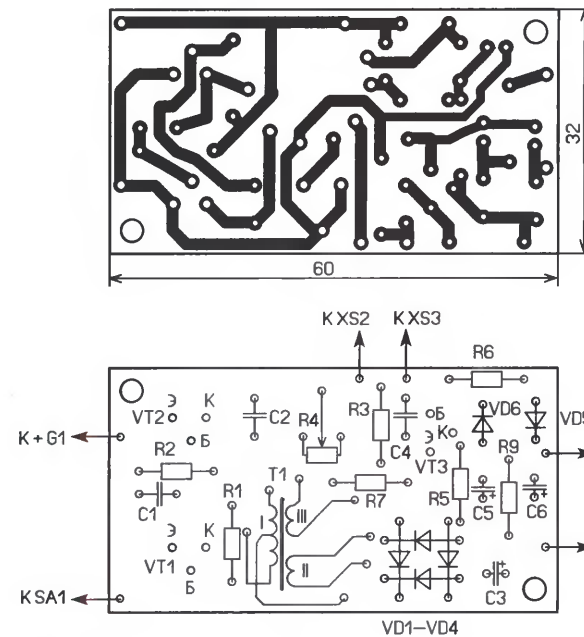


Рис. 8

ния на резисторе зависит от ЭПС конденсатора. Чем меньше ЭПС, тем оно больше. Усиленное напряжение выпрямляется диодами VD5, VD6, и сглаженное конденсаторами C5, C6 постоянное напряжение поступает на микроамперметр PA1. Перед измерением прибор калибруют — при замык-

ния не менее 0,9 В. Таким образом, невозможность установки стрелки прибора на нулевую отметку шкалы будет сигнализировать о необходимости зарядить аккумулятор. Его можно заряжать, не вынимая из корпуса прибора, через гнезда XS1 и XS2 (или XS3), при этом минусовой вывод зарядного устройства подключают к гнезду XS1.

Большинство деталей смонтированы на печатной плате из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, чертеж которой показан на рис. 8. Применены постоянные резисторы МЛТ, ВС, переменные — СПО, СП4-1, конденсатор C3 — импортный, C5, C6 — К53-1, остальные — К10-7. В генераторе желательно применить германиевые транзисторы, кроме МП16Б, подойдут любые серий МП13—МП16, МП39—МП42. Вместо указанного на схеме транзистора КТ361Б можно применить КТ361В—КТ361Д. Диоды КД521А заме-

ны МЛТ, ВС, переменные — СПО, СП4-1, конденсатор C3 — импортный, C5, C6 — К53-1, остальные — К10-7. В генераторе желательно применить германиевые транзисторы, кроме МП16Б, подойдут любые серий МП13—МП16, МП39—МП42. Вместо указанного на схеме транзистора КТ361Б можно применить КТ361В—КТ361Д. Диоды КД521А заме-

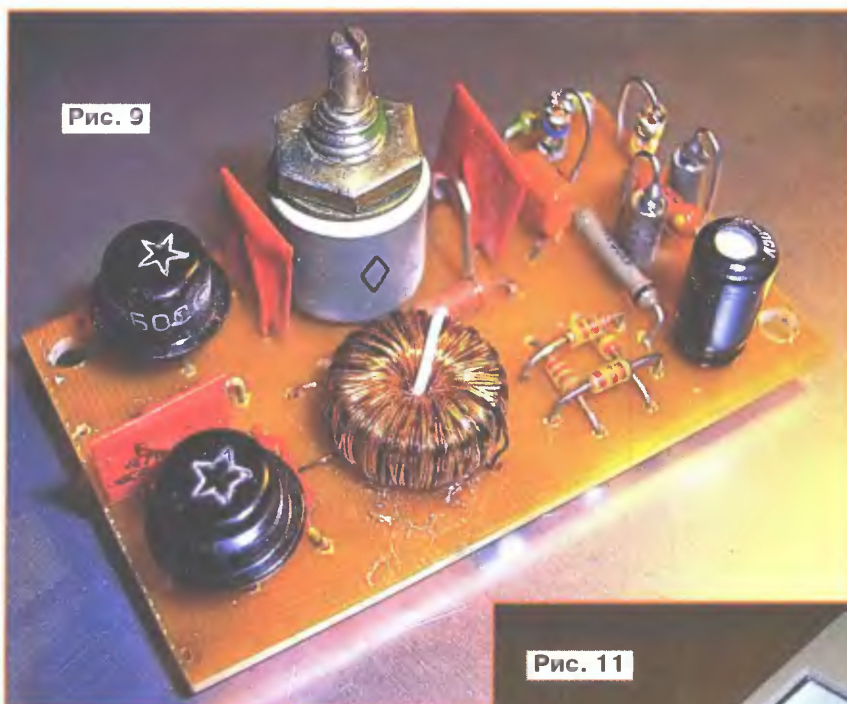


Рис. 9



Рис. 10

нимы на диоды серий КД503, КД510, КД522, Д2, Д9 с любыми буквенными индексами, выключатель питания — П2К. Микроамперметр — М2001 с током полного отклонения 100 мкА. Трансформатор намотан на ферритовом магнитопроводе 3000НМ типоразмера К12×6×5. Первичная обмотка содержит 26 витков провода ПЭЛ 0,25 с отводом от середины, обмотка II — 40 витков провода ПЭЛ 0,15, обмотка III — один виток провода МГТФ-0,35. Внешний вид собранной печатной платы показан на рис. 9.



Рис. 11

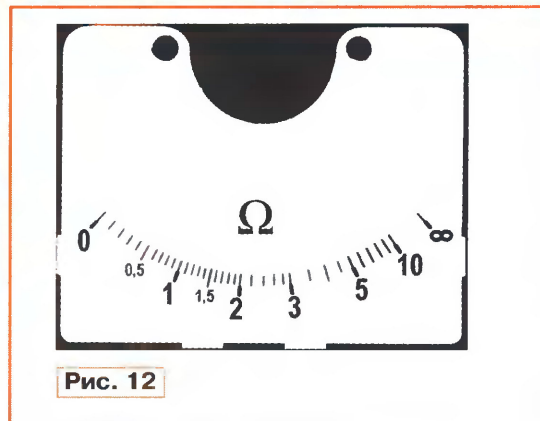


Рис. 12

Плата и остальные детали установлены в пластмассовом корпусе размерами 70×60×170 мм (рис. 10). На верхней панели сделано окно для микроамперметра, на задней — крепежные отверстия для выключателя питания SA1 и переменного резистора R4, который оказалось удобнее перенести с платы на эту стенку прибора. Аккумулятор с помощью пластмассовой

скобы крепят на боковой стенке, там же размещают гнездо XS1. Гнезда XS2, XS3 закреплены на передней стенке. Внешний вид прибора показан на рис. 11. Для подключения проверяемого конденсатора применены щупы, выполненные из толстого гибкого изолированного монтажного провода с зажимами "крокодил".

При необходимости подборкой резисторов R8 и R9 можно более точно "подогнать" показания прибора под отдельные отметки шкалы при применении другого типа микроамперметра и резистора R3 с другим сопротивлением (4,7...6,2 Ом). С уменьшением сопротивления резистора R8 и увеличением R9 шкала становится более линейной, но сокращается участок шкалы с сопротивлением менее 1 Ома.

Шкала микроамперметра переделана и проградуирована в омах — полное отклонение стрелки соответствует 0 Ом, поэтому микроамперметр в измерителе установлен соответствующим образом. Шкалу изготавливают так. Используя несколько постоянных резисторов (можно применить их параллельное и последовательное соединения), подбирают сопротивления, соответствующие желаемым отметкам на шкале и, подключая их к гнездам XS2, XS3, составляют таблицу соответствия "мкА—Ом". Вынимают штатную шкалу микроамперметра, сканируют ее с разрешением не хуже 300 dpi и в любом графическом редакторе редактируют ее изображение с учетом полученной таблицы. Затем печатают новую шкалу, наклеивают ее на обратную сторону штатной и устанавливают в микроамперметр. Чертеж авторского варианта шкалы показан на рис. 12.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Б. ЭПС и не только... — Радио, 2005, № 8, с. 39, 42.
2. Безверхний И. ESR-метр американских радиомехаников. — Ремонт электронной техники, 2008, № 2, с. 50—53.

Редактор — Н. Нечаева, графика — Н. Нечаева, фото — авторов