

Основана в 1947 году

Выпуск 1234

**В.М. Кузин,
О.В. Кузина**

РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Справочник

1. Основные сведения о метрологии	4
2. Принцип действия, устройство и конструкция комбинированных приборов	8
3. Измерение комбинированными приборами	27
4. Ремонт комбинированных приборов	33
5. Конструирование любительских измерительных приборов	40

Справочные сведения

Ампервольтметр АВО-5М1	58
Комбинированный прибор Ц20-05	62
Комбинированный прибор Ц4311	69
Комбинированный прибор Ц4312	81
Комбинированный прибор Ц4313	88
Комбинированный прибор Ф4313	96
Комбинированный прибор Ц4314	110
Комбинированный прибор Ц4315	118
Комбинированный прибор Ц4323(Т)	126
Комбинированный прибор Ц4324	131
Комбинированный прибор Ц4325	136
Комбинированный прибор Ц4326	142
Комбинированный прибор Ц4340	150
Комбинированный прибор Ц4341	159
Комбинированный прибор Ц4342	166
Комбинированный прибор Ц4342-М1	173
Комбинированный прибор Ц4352	180
Комбинированный прибор Ц4353	187
Комбинированный прибор Ц4354	194
Комбинированный прибор Ц4354-М1	202
Комбинированный прибор 43101	210
Комбинированный прибор 43102	217
Комбинированный прибор 43104	222
Комбинированный прибор ЭК4304	227
Комбинированный прибор Ц4393	232
Комбинированный прибор УМ-З3	236
Комбинированный прибор МF-110А	241
Комбинированный прибор МF-110В	244
Комбинированный прибор УХ-1000А	247

Авторские конструкции

Милливольтметр с низковольтным питанием	250
Амплитудный вольтметр	252
Измеритель емкости и вольтметр	255
Фирменные знаки заводов-изготовителей	259

Кузин В.М., Кузин А.В.

К89 Ремонт комбинированных приборов: Справочник. — М.: Радио и Связь. Горячая линия—Телеком, 1999. —264 с.: ил.

ISBN 5-256-01478-1.

Рассмотрены принцип действия, устройство, характеристики и основные правила применения комбинированных приборов. Приведены принципиальные электрические схемы, схемы расположения элементов, карты электрических цепей и другие сведения об отечественных и наиболее распространенных зарубежных комбинированных приборах. Даны практические рекомендации по отысканию и устранению неисправностей. Предложены для повторения радиолюбителями, разработанные авторами и реализованные ими на практике, схемы оригинальных измерительных приборов.

Для подготовленных радиолюбителей.

ББК 32.842

Справочное издание

Массовая радиобиблиотека. Выпуск 1234

Кузин Василий Михайлович
Кузин Александр Васильевич

Ремонт комбинированных приборов

Редактор И.Н. Суслова

ИБ № 2903

ЛР № 061888 от 19.12.97

Подписано в печать 11.08.99. Формат 60х88¹/₁₆. Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,22. Уч.-изд. л. 16,46. Тираж 5000 экз. Заказ 2649.Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ,
140010, г. Люберцы, Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.

Тел. 554-21-86

ISBN 5-256-01478-1

© Кузин В.М., Кузин А.В., 1999

Предисловие

В практике измерений большое распространение получили переносные комбинированные приборы, позволяющие измерять несколько физических величин в широких пределах значений. Наиболее полно возможности переносных комбинированных приборов можно реализовать при условии правильной эксплуатации и учета влияния их характеристик на результаты измерений, что требует прежде всего знакомства с теорией измерений и наличия необходимой информации о комбинированных приборах как средствах измерений.

В процессе эксплуатации переносных комбинированных приборов могут возникать различного вида неисправности, вызванные как износом и старением элементов системы, так и неправильными действиями оператора. При ремонте этих приборов возможны трудности, связанные с отсутствием маркировки элементов на монтажных платах или колодках, схем расположения элементов и другой необходимой информации.

Предлагаемая читателям книга написана на основе многолетнего опыта эксплуатации переносных комбинированных приборов. В ней изложены основные сведения об измерениях, рассмотрены принципы построения измерительных схем по видам измеряемых физических величин, дана методика подготовки и проведения измерений различных физических величин комбинированными приборами с учетом влияния их характеристик на результаты измерений.

В книге представлены технические и метрологические характеристики, электрические принципиальные, а также монтажные схемы промышленных переносных комбинированных приборов Житомирского производственного объединения «Электроизмеритель» и некоторые варианты исполнения приборов другими заводами.

Подробно рассмотрены вопросы ремонта переносных комбинированных приборов от отыскания неисправностей до подгонки характеристик отдельных элементов с использованием перечня типовых неисправностей и карт электрических цепей на каждый прибор. Такая методика позволяет существенно облегчить ремонт.

Предложен ряд схем любительских комбинированных приборов различного назначения с методикой расчета их элементов и практическими советами по изготовлению. При этом предполагается творческий подход к конструированию и изготовлению приборов в зависимости от конкретных возможностей радиолюбителя. В процессе работы над выбранными конструкциями у читателей могут возникнуть вопросы по компоновке и конструкции приборов. В таких случаях следует обращаться к рекомендованной литературе.

Таблица 1. Единицы физических величин

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ

В настоящее время все более возрастает значение измерений как источника объективной информации о параметрах, характеризующих состояние и свойства объектов, качество выпускаемой продукции. Любая область науки, техники и практической деятельности человека, в том числе радиолокационная практика, немыслима без измерений, начиная с понятий «далеко — близко», «легкий — тяжелый» и кончая контролем сложных технологических процессов и выполнением научных исследований.

Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Единство измерений — такое их состояние, при котором результаты выражены в стандартизованных единицах и погрешность измерений известна с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Измерение — процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств (средств измерений).

Средство измерения — техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства. Появляются все более сложные, точные и удобные в работе приборы. Среди их множества особое место занимают комбинированные приборы — постоянные спутники и помощники основной массы радиолокационных и большого числа специалистов, занимающихся обслуживанием и ремонтом различного рода оборудования — от автоматических линий до бытовой техники.

Комбинированным прибором называют средство измерения, с помощью которого можно измерять несколько физических величин в широком интервале значений.

Физическая величина — свойство, общее на качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Взять хотя бы электрическое напряжение — это свойство, в качественном отношении общее для всех источников электрической энергии — от гидроэлектростанции до гальванического элемента, но в количественном отношении различное и характеризующееся конкретным численным значением. Если на гальваническом элементе написано, например, «1,5 В», то число 1,5 — это значение напряжения, а буква В означает, что оно измерено в единицах напряжения, называемых вольтами.

Некоторые единицы физических величин представлены в табл. 1.

Различают истинное и действительное значения физической величины. **Истинное значение физической величины** — значение, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство данного объекта. Истинное значение практически недостижимо. По-

Физическая величина	Единицы						Соотношение между кратной и основной единицей
	основная или производная			кратная или дольная			
	наименование	обозначение		наименование	обозначение		
русское		международное	русское		международное		
Ток	Ампер	А	А	Миллиампер Микроампер Наноампер	мА мкА нА	mA μA nA	$1 \text{ мА}=10^{-3} \text{ А}$ $1 \text{ мкА}=10^{-6} \text{ А}$ $1 \text{ нА}=10^{-9} \text{ А}$
Напряжение	Вольт	В	V	Киловольт Милливольт Микровольт	кВ мВ мкВ	kV mV μV	$1 \text{ кВ}=10^3 \text{ В}$ $1 \text{ мВ}=10^{-3} \text{ В}$ $1 \text{ мкВ}=10^{-6} \text{ В}$
Сопротивление	Ом	Ом	Ω	Мегаом Килоом Гигаом Тераом	МОм кОм ГОм ТОм	MΩ kΩ GΩ TΩ	$1 \text{ МОм}=10^6 \text{ Ом}$ $1 \text{ кОм}=10^3 \text{ Ом}$ $1 \text{ ГОм}=10^9 \text{ Ом}$ $1 \text{ ТОм}=10^{12} \text{ Ом}$
Емкость	Фарада	Ф	F	Микрофарада Нанофарада Пикофарада	мкФ нФ пФ	μF nF pF	$1 \text{ мкФ}=10^{-6} \text{ Ф}$ $1 \text{ нФ}=10^{-9} \text{ Ф}$ $1 \text{ пФ}=10^{-12} \text{ Ф}$
Частота	Герц	Гц	Hz	Килогерц Мегагерц Гигагерц	кГц МГц ГГц	kHz MHz GHz	$1 \text{ кГц}=10^3 \text{ Гц}$ $1 \text{ МГц}=10^6 \text{ Гц}$ $1 \text{ ГГц}=10^9 \text{ Гц}$

этому на практике используют **действительное значение физической величины** — значение, полученное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному, что в том или ином конкретном случае может быть использовано вместо него.

По физическому смыслу измерения подразделяют на прямые и косвенные. **Прямое измерение** — измерение, при котором искомое значение физической величины считают непосредственно со шкалы прибора. Например, измерение напряжения вольтметром, тока — амперметром.

Косвенное измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например, вычисление значения тока по формуле $I = U/R$, причем значение напряжения

измеряют вольтметром, а значение сопротивления резистора, как правило, известно и известно.

Основная задача измерений — обеспечение точности, достоверности, сравнимости результатов и их единство. Вопросы теории и практики обеспечения единства и точности результатов измерений, получаемых с помощью средств измерений, определяют содержание метрологии.

Точность измерений характеризуется близостью их результатов X к истинным (действительным) значениям X_0 и выражается погрешностью измерения. Различают абсолютную ΔX , относительную δ и приведенную γ погрешности.

Абсолютная погрешность — непосредственное отклонение измеренного значения X от действительного X_0 , выражаемое в единицах измеряемой величины:

$$\Delta X = X - X_0.$$

Например, если при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0 = 100$ В, получено измеренное значение $U = 98$ В, то абсолютная погрешность измерения

$$\Delta U = U - U_0 = -2 \text{ В}$$

или при измерении напряжения, действительное значение которого $U_0 = 1$ В, получено измеренное значение $U = 1,05$ В, то абсолютная погрешность

$$\Delta U = U - U_0 = 0,05 \text{ В}.$$

Относительная погрешность служит для оценки точности измерений. Ее выражают отношением абсолютной погрешности к действительному (или измеренному) значению в долях или процентах:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \approx \frac{\Delta X}{X}; \quad \delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100.$$

Для приведенных примеров

$$1) \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = -2 \%,$$

$$2) \delta = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot 100 = 5 \, \%.$$

Следовательно, первое измерение является более точным, хотя абсолютная погрешность в первом примере больше, чем во втором.

Для сравнительной оценки точности электромеханических приборов, в том числе комбинированных, используют приведенную погрешность, под которой понимают выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормируемому значению X_N :

$$\gamma = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100.$$

Значение X_N для однопредельных приборов принимают равным конечному значению шкалы прибора или сумме конечных значений, если шкала двусторонняя, для многопредельных приборов — пределу измерения, на котором ведут измерения.

При существенно неравномерной шкале (логарифмической, гиперболической) приведенную погрешность выражают в процентах от данных шкалы:

$$\gamma = \frac{\Delta X_i}{LC} \cdot 100,$$

где L — длина рабочей части шкалы, мм; i — расстояние между двумя соседними делениями на участке шкалы, где останавливалась стрелка, мм; C — цена умножительного расстояния в единицах измеряемой величины.

Приведенную погрешность, определенную для конкретного прибора при нормальных условиях (определенных температуре, влажности, атмосферном давлении и др.), называют основной погрешностью прибора. Нормальные условия указывают в техническом описании прибора. Основная погрешность обусловлена выбранным методом измерения, конструктивными недостатками прибора, погрешностью градуировки шкалы, погрешностью отсчета. При отклонении условий эксплуатации прибора от нормальных возникают дополнительные погрешности (температурная, частотная и др.).

Обобщенную характеристику, определяемую пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, называют классом точности прибора и определяют стандартом. Класс точности характеризует свойства приборов в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности отдельных измерений, выполняемых с помощью этих приборов. Приборам, у которых пределы допускаемой основной погрешности заданы приведенной погрешностью, присваивают согласно ГОСТ 8401—80 тот или иной класс точности, выбираемый из ряда: $1 \cdot 10^0$; $1,5 \cdot 10^0$; $2 \cdot 10^0$; $2,5 \cdot 10^0$; $4 \cdot 10^0$; $5 \cdot 10^0$; $6 \cdot 10^0$, где $p = 1, 0, -1, -2$ и т. д., например, для электронизмерительных приборов приняты классы точности 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0, где более точным является прибор с классом точности 0,02.

Через определенное время, установленное метрологическими документами, а также после ремонта при сомнениях в показанных и т. д. проводят проверку соответствия допускаемой основной погрешности прибора установленному классу точности, иначе говоря, прибор подвергают поверке. Поверкой средства измерений называют совокупность действий, выполняемых для определения и оценки его погрешности с целью выяснить, соответствуют ли точностные характеристики средства измерений регламентированным значениям и пригоден ли оно к применению.

Для поверки приборов класса точности 0,5...4,0, к которым относятся и комбинированные приборы, применяют метод сравнения их показаний с показаниями образцовых (более точных) приборов. Образцовый прибор выбирают исходя из характеристик поверяемого прибора, а именно: рода измеряемой величины (амперметр, вольтметр, микроамперметр и т. д.), рода измеряемого тока (постоянный, переменный) и частотного диапазона для переменного тока, класса точности (класс точности образцового прибора должен быть выше класса точности поверяемого не менее чем в 4 раза), предела измерений (конечные значения шкал образцового и поверяемого приборов не должны отличаться более чем на 25 %).

При отсутствии образцового прибора, удовлетворяющего последнему требованию, можно использовать прибор с большим пределом измерений, но более высокого класса точности, определяемого по формуле

$$\gamma_0 \leq \frac{\gamma_n A_n}{4 A_0},$$

где γ_0 — класс точности образцового прибора, γ_n — класс точности поверяемого прибора, A_n — предел измерения поверяемого прибора, A_0 — предел измерения образцового прибора.

При поверке основная погрешность прибора определяется для каждой числовой отметки шкалы поверяемого прибора 2 раза. Вначале, увеличивая выходное напряжение (ток) источника питания, устанавливают указатель поверяемого прибора поочередно на каждую числовую отметку шкалы, плавно подводя его к этой отметке со стороны меньших значений («снизу»), и определяют для каждой поверяемой точки действительное значение измеряемой величины по образцовому прибору $\uparrow A_{0i}$. Дойдя до конца шкалы, увеличивают измеряемую величину так, чтобы указатель (стрелка) поверяемого прибора дошел до упора, и тогда плавно уменьшая напряжение, снимают показания образцового прибора $\downarrow A_{0i}$; для каждой отметки шкалы A_{ni} поверяемого прибора, подводя к ней указатель со стороны больших значений («сверху»).

Для каждой числовой отметки шкалы вычисляют среднее арифметическое действительных значений $A_{0i} = \frac{\uparrow A_{0i} + \downarrow A_{0i}}{2}$ и абсолютные погрешности $\Delta A_i = A_{ni} - A_{0i}$.

Затем проверяют условие соответствия определенной допускаемой погрешности классу точности

$$\frac{\Delta A_{\max}}{A_n} \cdot 100 \leq \gamma_n,$$

где γ_n — класс точности поверяемого прибора, $\Delta A_{\max}$ — наибольшее числовое значение абсолютной погрешности без учета знака, A_n — предел измерения, на котором проводилась поверка.

Если условие выполняется, то точностные характеристики прибора соответствуют требуемым и его считают пригодным к эксплуатации.

Встроенные омметры и измерители емкости поверяют путем измерения известных значений соответствующих величин, например набора (магазинных) резисторов или конденсаторов, параметры которых приняты за действительные значения. Допускаемая погрешность вычисляется как приведенная погрешность к длине шкалы при каждом значении измеряемой величины.

Здесь описан упрощенный подход к проведению поверки. В действительности процесс поверки средств измерений есть сложный комплекс мероприятий, связанный с определением большого числа характеристик. Поверку имеют право проводить поверители, имеющие специальную подготовку и удостоверение на право поверки, выдаваемое метрологическими органами. Факт поверки оформляют документально, а на прибор наносят специальное клеймо, несущее информацию о квартале и годе поверки, номере и принадлежности организации, ее проводившей.

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, УСТРОЙСТВО И КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

Комбинированные приборы являются универсальными измерительными многопредельными приборами. Их применяют для непосредственного измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления

постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения, для контроля наличия или отсутствия тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов; для определения обрыва или замыкания цепей в кабелях, жгутах, предохранителях и электрорадиоэлементах, для проверки исправности различных электрорадиоэлементов.

Приборы могут иметь до четырех десятков пределов измерений. Малое число органов управления современными комбинированными приборами создает удобства в эксплуатации и снижает вероятность выхода приборов из строя вследствие неправильного применения.

Технические характеристики отечественных комбинированных приборов приведены в табл. 2. Основная погрешность (класс точности) приборов выражена в процентах от значений пределов измерений, указанных в таблице для постоянного и переменного токов и напряжений. При измерении сопротивления постоянному току, емкости, относительного уровня переменного напряжения — в процентах от длины рабочей части шкалы.

Основная погрешность приборов не превышает указанных значений при нормальных условиях или нормальных значениях влияющих факторов, а именно: рабочее положение — горизонтальное с отклонением $\pm 2^\circ$, температура $15...25^\circ\text{C}$ (для вариантов с буквой «Т» в обозначении $22...32^\circ\text{C}$), влажность — 80 %, форма кривой тока или напряжения — синусоидальная.

Изменение показаний приборов при отклонении их рабочего положения от горизонтального на 10° в любом направлении не превышает допускаемых погрешностей.

Дополнительные погрешности, вызванные изменением температуры на 10°C в пределах рабочих температур, не превышают основных погрешностей.

Изменения показаний приборов, вызванные изменением частоты от границ номинальных областей до любых значений в расширенных областях частот при измерении переменного тока и напряжения, относительного уровня переменного напряжения, не превышают допустимых значений основных погрешностей.

Погрешность измерений, вызванная отклонением формы кривой тока или напряжения от практически синусоидальной под влиянием второй, третьей или пятой гармонических составляющих, равной 5 % действующих значений измеряемого тока или напряжения, не превышает значения основной погрешности.

Изоляция приборов между всеми изолированными электрическими цепями и корпусом приборов при нормальных значениях температуры и влажности выдерживает в течение 1 мин действие испытательного напряжения (значение указано на шкале приборов в киловольтках) практически синусоидальной формы и частотой 50 Гц.

В комбинированных приборах применен измерительный механизм магнито-электрической системы с внутрирамочным магнитом. Принцип действия этих механизмов основан на взаимодействии измеряемого тока, протекающего по проводникам подвижной катушки, с магнитным полем постоянного магнита. В приборах более ранних выпусков еще применяли измерительные механизмы с внешним магнитом. Их принцип действия аналогичен.

Магнитоэлектрический механизм с внутрирамочным магнитом (рис. 1) содержит внутренний цилиндрический магнит 8 из магнитотвердого материала, кольцо 6 из магнитоякомого материала. В воздушном зазоре между ними образуется практически равномерное магнитное поле. В воздушном зазоре помещена рамка 7 из изолированного медного провода диаметром 0,02...0,5 мм, namо-танного на легкой алюминиевой каргас прямоугольной формы. К рамке с двух сторон прикреплены алюминиевые буквы 5, в которых закреплены полусюи 3 и 9.

Полусюи выполнены в виде легких алюминиевых трубок, в которые с одной

Таблица 2. Характеристики комбинированных приборов

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение, В	переменное напряжение, В	постоянный ток, мА	переменный ток, мА	сокращенные, мкОм
ТТ-1	10...1000	10...1000	0,2...500	—	2...2000
ТТ-2	7,5...900	7,5...900	0,3...750	—	2...2000
ТТ-3	0,1...1000	1...1000	0,3...3000	—	2...20 000
ПР-5М	6...600	6...600	0,6...600	—	0,5...5000
АВО-5М	3...6000	3...6000	0,06...12 000	3...12 000	0,3...3000
Ц20	1,5...600	7,5...600	0,3...750	—	1...1000
Ц20-05	0,1...1000	0,1...1000	0,1...1000	0,1...1000	1...1000
Ц51	3...7500	3...6000	0,75...15 000	3...15 000	3...30 000
Ц52	0,075...7500	3...6800	0,15...5000	3...6000	10...10 000
Ц55	0,075...600	0,75...600	0,3...1500	0,3...1500	10...10 000
Ц56	0,075...600	0,3...600	0,3...6000	1,5...6000	3...3000
Ц56/1	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	5...5000
Ц57	0,075...500	3...600	0,15...1500	3...1500	3...3000
Ц315	2,5...1000	2,5...1000	1...5000	2,5...5000	5...5000
Ц480	0,75...600	3...680	—	—	3...3000
Ц430/1	0,75...600	3...600	—	—	3...3000
Ц431	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ц431/1	3...600	3...600	0,3...6000	0,3...6000	0,3...3000
Ф432	6...600	0,015...600	0,06...30	0,6...3	20...2000
Ц433	0,075...750	1,5...750	0,15...7500	3...7500	—
Ц434	0,5...1000	1,5...1000	0,05...100	0,25...25 000	3...30 000
Ф484	0,3...600	1,5...750	0,06...600	0,3...300	5...500
(Ф434/1)	—	—	—	—	—
Ц435	0,075...1000	2,5...1000	0,06...2500	5...2500	3...3000
Ц437	2,5...1000	2,5...1000	0,1...1000	—	0,3...3000
Ц488	0,075...600	0,3...600	6...15 000	6...15 000	0,1...1000
Ц4311	0,075...750	0,75...750	0,3...7500	3...7500	—
Ц4312	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...3000	0,2...3000
Ц4313	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,5...5000
Ц4314	0,075...600	0,75...600	0,012...1500	0,3...1500	1...10 000
Ц4315	0,075...1000	1...1000	0,05...2500	0,5...2500	0,3...5000
Ц4317	0,1...1000	0,5...1000	0,025...5000	0,25...5000	0,2...3000
Ф4313	0,06...1200	0,3...1200	0,06...6000	0,6...6000	5000
Ф4318	0,001...1000	0,001...1000	0,001...30 000	0,001...30 000	0,5...5000
Ц4323	0,5...1000	2,5...1000	0,05...500	0,05	0,5...500
Ц4324	0,6...1200	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...5000
Ц4325	0,12...600	3...600	0,03...3000	0,3...3000	0,5...5000
Ц4326	0,6...900	3...900	0,06...3000	0,3...3000	0,2...2000

емность, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного напряжения	переменного напряжения		
—	50...1000	4,0	4,0	10	5	—	215×115×75	1,6
—	50...5000	4,0	4,0	4,0	2,5	—	215×115×75	1,5
—	40...10 000	2,5	4,0	2,5	10	3,3	135×110×65	1
—	45...10 000	4,0	4,0	2,5	16,7	7	169×116×73	1,3
—	50...1000	4,0	5,0	2,5	20	2	270×220×220	8,5
—	50...5000	4,0	4,0	4,0	10	2	208×118×75	1,6
—	20...20 000	4,0	4,0	2,5	20	20	210×95×75	1,2
—	30...10 000	1,0	1,5	1,0	20	2	265×185×135	4
0,005...10	45...1000	1,5	2,5	1,5	20	2	205×110×80	1,3
0,1	45...5000	2,5	4,0	2,5	8,3	3,3	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	205×110×84	1,3
0,3	45...5000	1,5	2,5	1,5	20	10	205×110×90	1,3
—	45...1000	1,5	2,5	2,5	1	0,4	210×180×90	1,6
—	45...20 000	2,5	2,5	2,5	8	8	128×88×50	0,45
—	45...20 000	4,0	4,0	2,5	8	8	128×88×50	0,45
—	45...10 000	1,5	2,5	2,5	—	—	170×85×45	—
—	45...10 000	2,5	4,0	4,0	—	—	170×85×45	—
—	45...20 000	2,5	4,0	1,5	16,7	1000	210×115×90	1,4
—	45...16 000	0,5	1,0	—	10	0,67	220×170×85	1,7
—	45...10 000	1,0	2,5	1,0	20	2	240×200×150	2,6
—	—	1,5	4,0	2,5	16,7	3,38	210×115×90	1,3
0,3	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	2	205×110×84	1,3
—	45...40 000	2,5	4,0	2,5	10	10	212×118×75	1,3
—	45...10 000	1,5	2,5	2,5	0,67	0,67	250×200×115	2,5
—	45...16 000	0,5	1,0	—	0,33	0,33	295×225×125	4
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,67	0,67	215×115×90	1,5
—	45...5 000	1,5	2,5	1,5	20	2	215×115×90	1,5
0,0005	45...15 000	2,5	4,0	2,5	83	3,3	215×115×90	1,5
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	1,5
0,03...0,5	45...5 000	1,5	2,5	1,5	2	4	223×120×95	2
—	45...10 000	1,5	2,5	1,5	20	20	225×120×95	2
—	30...20 000	1,5	2,5	1,5	1000	666	315×140×100	3,5
0,05...500	45...30 000	5,0	5,0	5,0	20	20	145×90×42	0,45
НЧ-1 мГц	—	—	—	—	—	—	—	—
ПЧ-465 кГц	—	—	—	—	—	—	—	—
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	167×96×63	0,6
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	162×98×62	0,8
—	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	170×100×65	0,6

Прибор	Виды и пределы измерения				
	постоянное напряжение, В	переменное напряжение, В	вспог. ток, мА	переменный ток, мА	сопротивление, кОм
И4328	0,3...30	3...300	6	—	100
И4331	—	3...30	—	—	—
И4340	0,5...1000	2,5...1000	0,05...25 000	0,25...2500	3...3000
И4341	0,3...900	1,5...750	0,06...600	0,3...300	0,5...5000
И4342	1...1000	1...1000	0,05...2500	0,25...2500	0,3...5000
И4342М1	0,1...1000	1...1000	0,05...2500	0,05...2500	0,3...10 000
И4352	0,075...900	0,3...900	0,3...6000	1,5...6000	0,2...3000
И4353	0,075...600	1,5...600	0,06...1500	0,6...1500	0,3...5000
И4354	0,075...600	0,75...500	0,12...1500	0,12...1500	3...3000
И4354-М1	0,075...600	0,75...600	0,012...1500	0,12...1500	0,3...5000
И4360	0,5...1000	2,5...1000	0,05...2500	0,5...2500	0,2...3000
И4380	0,075...600	0,3...900	6...15 000	6...15 000	1...1000
И4382	2,5...1000	2,5...1000	0,5...2500	0,5...2500	2...200
И4393	3...600	3...600	0,12...1500	—	0,5...500
43101	0,075...1000	0,5...1000	0,05...5000	0,25...10 000	0,2...10 000
43102	0...40	0...400	—	—	0,1...100
43109	0,5...1000	10...1000	0,05...500	—	0,02...500
43104	0,6...1200	3...1200	0,06...3000	0,3...3000	0,2...10 000

стороны запрессованы керны (отрезки стальных стержней, заточенных с внешней стороны на конус). Опираются керны на ататювые или корундовые подпятники, закрепленные на неподвижных частях прибора. Рамка 7 может поворачиваться вместе с полусоями 3 и 9 стрелкой 1, конец которой перемещается над шкалой 2. Плоские спиральные пружины 4 и 11 служат для создания момента, противодействующего повороту рамки, и для подвода тока к рамке. Одна из пружин закреплена между полусою и корпусом. Другая пружина, со стороны шкалы, одним концом прикрепляется к полусою, а другой — к корректору 12, вылка которого охватывает эксцентричный стержень винта корректора 13. Вращением винта стрелка устанавливается на нулевое деление шкалы. Противоювы 10 служат для уравновешивания подвижной части механизма с целью стабилизации положения стрелки 1 при изменении положения прибора и уменьшения момента трения, возникающего при вращении рамки между кернами и подпятниками.

Наиболее распространены магнитозлектрические измерительные механизмы на растяжках (рис. 2), применяемых для крепления подвижной рамки к корпусу

емкость, мкФ	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, %, при измерении			Внутреннее сопротивление, кОм/В, при измерении		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянного тока и напряжения	переменного тока и напряжения	сопротивления	постоянного напряжения	переменного напряжения		
Частота вращения 9000 мин ⁻¹	—	2,5	4,0	2,5	10	2	215×115×90	1,5
50 1000 000	—	—	1,0	—	—	0,333	270×170×90	2
45...10 000	1,0	1,5	1,5	20	2	255×190×130	3,5	3,5
45...20 000	2,5	4,0	2,5	16,7	3,3	215×115×90	1,2	1,2
Параметры транзисторов	45...2000	2,5	4,0	2,5	20	3,6/0,2	215×115×90	1,2
То же	45...2000	2,5	4,0	2,5	20	3,6/0,2	215×115×90	1,2
—	45...10 000	1,0	1,5	1,0	0,7	0,7	215×115×90	1,5
0,0005	45...5000	1,5	2,5	1,5	20	2	215×115×90	1,5
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	83	8,3	215×115×90	1,8
0,1	45...20 000	2,5	4,0	2,5	36/16	36/16	215×115×90	1,5
Генератор импульсов	45...5000	2,5	4,0	2,5	20	2	215×115×90	1,5
—	45...10 000	1,5	2,5	1,5	0,7	0,7	290×200×135	3,5
45...200	2,5	4,0	2,5	7,5	2	260×178×120	3	3
0,5	45...5000	2,5	4,0	2,5	10	2	260×200×150	2,6
до 1	45...10 000	1,5	2,5	1,5	20	4	215×115×90	1,5
Частота вращения 9000 мин ⁻¹	—	1,5	2,5	2,5	10	—	160×120×80	0,7
—	45...20 000	4,0	4,0	4,0	20	5	135×85×45	0,35
Параметры транзисторов	45...20 000	2,5	4,0	2,5	20	4	112×176×52	0,6

механизма, создания противодействующего момента и подвода тока к виткам рамки. Растяжки 4 и 8 представляют собой тонкие ленточные пружины из бронзы. Одна из растяжек 4 закреплена на корпусе измерительного механизма. Другая растяжка 8 припаивается к подвижной шайбе 10 корректора. Применение растяжек упрощает конструкцию прибора и исключает момент трения, возникающий при движении рамки.

Легкая трубчатая алюминиевая стрелка, на шкалу образуют отсчетное устройство. Шкала комбинированных приборов многопредельная и содержит большое количество информации о характеристиках прибора (рис. 3). Для уменьшения погрешности отсчета иногда шкалу снабжают зеркалом, помещенным под узким дугообразным вырезом в ней, а стрелку выполняют ножевидной формы с плоскостью, расположенной перпендикулярно шкале. Показания считают при таком положении глаза наблюдателя, когда стрелка закрывает свое изображение в зеркале.

При протекании по рамке измеряемого тока на ее активные стороны, расположенные в воздушном зазоре между магнитом и кольцом, действует пара

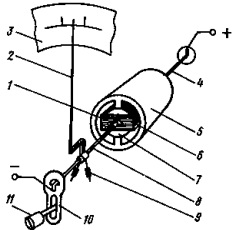
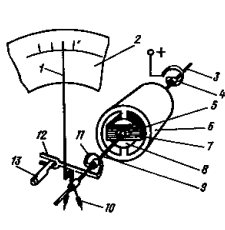


Рис. 1. Магнитоэлектрический измерительный механизм на кернах с внутрирамочным магнитом:

1 — стрелка; 2 — шкала; 3, 9 — полуоси; 4, 11 — спиральные пружины; 5 — буска; 6 — кольцо из магнитного материала; 7 — рамка; 8 — постоянный магнит; 10 — противовес; 12, 13 — корректоры

Рис. 2. Магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с внутрирамочным магнитом:

1 — стрелка; 2 — шкала; 3 — растяжки; 4, 8 — буски; 5 — кольцо из магнитного материала; 6 — рамка; 7 — постоянный магнит; 9 — противовес; 10 — корректор; 11 — винт корректора

сил, создающая вращающий момент, направление которого определяется правилом левой руки. Вращающий момент вызывает поворот рамки на угол, при котором этот момент оказывается уравновешенным противодействующим моментом, возникающим при закручивании пружин или растяжек. Благодаря равномерному постоянному магнитному полю в воздушном зазоре вращающий момент, следовательно, и угол α отклонения подвижной части пропорциональны току I , протекающему через рамку. Этот угол

$$\alpha = \frac{BSw}{M_{уд}} I,$$

где B — магнитная индукция в воздушном зазоре, зависящая от свойств применяемого магнита, S — площадь рамки, w — число витков обмотки рамки, $M_{уд}$ — удельный противодействующий момент, определяемый материалом пружин (растяжек) и их размерами.

Очевидно, что угол α отклонения подвижной части измерительного механизма линейно увеличивается вместе с измеряемым током I , поэтому шкала магнитоэлектрических механизмов равномерна.

Магнитная индукция в воздушном зазоре, число витков и площадь рамки, а также удельный противодействующий момент остаются постоянными и определяют чувствительность механизма.

При движении рамки в ее алюминиевом каркасе индуцируется ток, взаимодействие которого с полем постоянного магнита создает тормозной момент, всегда направленный против направления движения рамки. Это приводит к быстрому успокоению подвижной части механизма. Для магнитоэлектрических измерительных приборов время успокоения части не превышает 4 с.

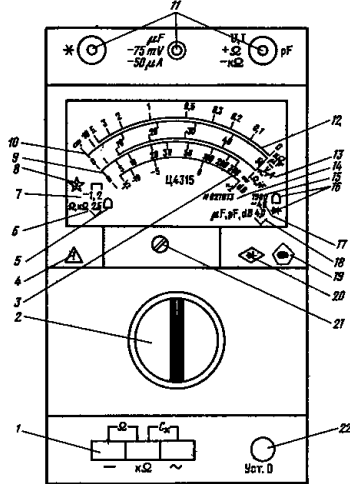


Рис. 3. Шкала и органы управления комбинированного прибора:

1 — переключатель рода работ; 2 — переключатель пределов измерений; 3 — шкала децибел; 4 — «Внимание! Изучи инструкцию»; 5 — обозначение магнитоэлектрической системы; 6 — класс точности встроенного омметра; 7 — класс точности ампервольметра постоянного тока; 8 — сопротивление изоляции испытываемого напряжения 3 кВ; 9 — шкала параллельного омметра; 10 — шкала ампервольметра постоянного тока; 11 — входные зажимы; 12 — шкала последовательного омметра; 13 — шкала ампервольметра переменного тока; 14 — заводской номер; 15 — год выпуска; 16 — обозначение магнитоэлектрической системы с жерниванием; 17 — класс точности ампервольметра переменного тока; 18 — класс точности встроенного фарадметра; 19 — знак стандарта; 20 — фирменный знак завода изготовителя; 21 — винт механического корректора; 22 — ручка переменного резистора «Уст. 0» встроенных омметров и фарадметров

Кроме чувствительности и времени успокоения механизмы характеризуются током полного отклонения I_m , т. е. током, вызывающим отклонение стрелки до конечной цифрованной отметки шкалы, а также напряжением полного отклонения U_m — падением напряжения на рамке при протекании тока I_m и внутренним сопротивлением R_m , которое определяется сопротивлением провода рамки. Перечисленные параметры связаны законом Ома:

$$U_m = I_m R_m$$

Магнитоэлектрические механизмы пригодны для измерений только постоянного тока, изменение направления тока в рамке приводит к изменению направления вращающего момента и отклонению подвижной части. При измерении тока с частотой до 7 Гц стрелка будет непрерывно с этой же частотой колебаться около нулевой отметки шкалы. При большей частоте измеряемого тока подвижная система вследствие своей инерционности не успевает следовать за изменением тока и остается в начальном положении. Если через рамку пропустить пульсирующий ток, то отклонение стрелки будет соответствовать значению постоянной составляющей этого тока.

Магнитоэлектрические механизмы сложны в изготовлении, имеют сравнительно низкую перегрузочную способность, обусловленную перегревом пружин (растяжек) и изменением их свойств, а также их показания зависят от температуры. Последние два обстоятельства необходимо учитывать при эксплуатации механизмов. Вместе с тем механизмы рассматриваемого вида наиболее точны и чувствительны, потребляют от исследуемой цепи очень небольшую мощность, их показания почти не зависят от действия внешних магнитных полей (из-за наличия сильного собственного магнитного поля).

В комбинированных приборах применяют только магнитоэлектрический механизм — микроамперметр с током полного отклонения $I_n = 10...300 \text{ мкА}$ и внутренним сопротивлением $R_n = 30...1200 \text{ Ом}$. Пределы измерения по току и напряжению расширяют путем применения шунтов и добавочных резисторов.

Если измеряемый ток I превышает номинальный ток микроамперметра I_n с сопротивлением R_n , то параллельно микроамперметру включают резистор, называемый шунтом, через который протекает ток I_n (рис. 4):

$$I_n = I - I_n.$$

Сопротивление шунта $R_{ш}$ находят из условия одинакового падения напряжения при параллельном соединении

$$I_n R_n = I_n R_{ш} = (I - I_n) R_{ш}$$

или

$$R_{ш} = \frac{I_n R_n}{I - I_n}.$$

Поделив числитель и знаменатель правой части равенства на I_n , получим

$$R_{ш} = \frac{R_n}{I/I_n - 1} = \frac{R_n}{n - 1},$$

где $n = I/I_n$ — коэффициент расширения по току.

Шунты изготовляют из манганина, обладающего малым температурным коэффициентом. В комбинированных приборах чаще всего применяют многопредельные ступенчатые шунты (рис. 5), называемые универсальными.

Если принять $I_1 < I_2$, то сопротивление шунтов для пределов I_1 и I_2 будет соответственно равно:

$$R_{ш1} = R_1 + R_2 = \frac{R_n}{n_1 - 1}; \quad R_{ш2} = R_1 = \frac{R_2 + R_n}{n_2 - 1},$$

где $n_1 = I_1/I_n$; $n_2 = I_2/I_n$ — соответствующие коэффициенты расширения. Совместное решение этих уравнений определяет сопротивление резисторов R_1 и

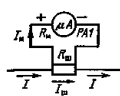


Рис. 4. Схема амперметра

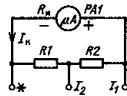


Рис. 5. Схема двухпредельного амперметра

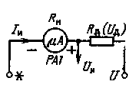


Рис. 6. Схема вольтметра

R_2 двухпредельного шунта

$$R_1 = R_n \frac{n_1}{n_1 - 1} \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right); \quad R_2 = R_n \frac{n_1}{(n_1 - 1)n_2}.$$

Расчет для многопредельного ступенчатого шунта аналогичен.

Микроамперметр с включенным последовательно добавочным резистором используется как вольтметр для измерения напряжения (рис. 6). Измеряемое напряжение U равно сумме падений напряжения U_n на внутреннем сопротивлении R_n микроамперметра и U_d на добавочном резисторе R_d при протекающем общем номинальном токе I_n :

$$U = U_n + U_d; \quad I_n = U_n/R_n = U_d/R_d,$$

откуда

$$R_d = \frac{U}{U_n} R_n = \left(\frac{U - U_n}{U_n} \right) R_n = \left(\frac{U}{U_n} - 1 \right) R_n = (m - 1) R_n,$$

где $m = U/U_n$ — коэффициент расширения по напряжению.

В комбинированных приборах используется ступенчатое включение резисторов (рис. 7), и для соответствующих пределов измерений U_1 , U_2 , U_3 при токе измерительного механизма I_n сопротивления добавочных резисторов рассчитывают по формулам

$$R_1 = (m_1 - 1) R_n; \quad R_2 = (m_2 - 1) R_n - R_1; \quad R_3 = (m_3 - 1) R_n - R_1 - R_2,$$

где $m_1 = U_1/U_n$; $m_2 = U_2/U_n$; $m_3 = U_3/U_n$ — коэффициенты расширения соответствующих пределов.

В качестве шунтов и добавочных сопротивлений используют резисторы, специально изготовленные из проводов, выполненных из сплавов высокого сопротивления (табл. 3, 4). Провод наматывают на прямоугольные или круглые каркасы, а также на резисторы типов МЛТ, С2-С9 и т. д. (табл. 5).

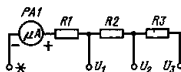


Рис. 7. Схема трехпредельного вольтметра

Таблица 3. Провода, выполненные из сплавов высокого сопротивления

Марка	Характеристика	Диаметр, мм		Пробивное напряжение, В	Применение
		без изоляции	с изоляцией		
ПЭМТ	Провод эмалированный магнитно-железный твердый	0,02...0,025	0,03...0,035	100	Высокоомные добавочные сопротивления
ПЭММ	Провод эмалированный магнитно-железный мягкий	0,03...1	0,05...1,1	100...300	Добавочные сопротивления и шунты
ПЭК	Провод эмалированный константановый	0,03...1	0,045...1,07	100...300	Добавочные сопротивления и реостаты
ПЭШОМТ (ПЭШОММ)	Провод эмалированный с одним слоем шелковой изоляции, магнитно-железный твердый (мягкий)	0,05...1	0,135...1,17	—	Добавочные сопротивления и шунты
ПЭВММ-1 (ПЭВМТ-1)	Провод эмалированный высокопрочный мягкий (твердый)	0,02...0,4	0,04...0,55	175...400	Добавочные сопротивления
ПЭМС	Провод эмалированный магнитно-железный высокопрочный стабилизированный	0,05...0,8	0,08...0,9	175...600	Добавочные сопротивления и шунты

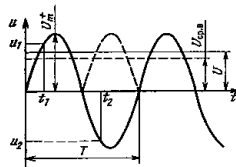


Рис. 8. Синусоидальная форма напряжения

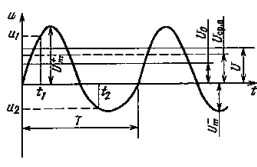


Рис. 9. Несинусоидальная форма напряжения

чение за время T , равное разности площадей ограниченной кривой под и над осью времени (рис. 8, 9).

Однако среднее значение переменного напряжения, симметричного относительно оси времени за время измерения T , равно нулю. В этом случае используют средневыпрямленное значение переменного напряжения, определяемое выражением

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt.$$

Геометрически это сумма площадей, ограниченная кривой над и под осью времени t . При таком определении считают, что выпрямление двухполупериодное.

Среднеквадратическое значение переменного напряжения за время измерения T находят из выражения

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [u(t)]^2 dt}.$$

Для синусоидального переменного напряжения среднеквадратическое значение называют действующим (эффективным) значением. Действующее значение U переменного напряжения численно равно такому постоянному напряжению, при действии которого выделяется то же количество тепловой энергии, что и при действии сравниваемого переменного напряжения за одно и то же время.

Связь между параметрами напряжения устанавливают через коэффициенты амплитуды K_a и формы K_Φ

$$K_a = U_m / U, \quad K_\Phi = U / U_{\text{ср}}.$$

Рассмотрим наиболее часто применяемые на практике схемы выпрямителей. На рис. 10 представлены схема прибора с однополупериодной схемой выпрямителя и график протекающего через микроамперметр РА1 выпрямленного тока i_p . Полупроводниковый диод $VD1$ пропускает через микроамперметр лишь

Для измерений на переменном токе магнитоэлектрические микроамперметры применяют совместно с полупроводниковыми выпрямителями. Для рассмотрения работы различных схем выпрямителей необходимо знать, что переменный ток и напряжение переменного тока характеризуются пятью основными параметрами: мгновенным, пиковым, средним, средневыпрямленным и среднеквадратическим значениями.

Мгновенное значение — это значение напряжения в определенный момент, например значение напряжения u_1 в момент t_1 или u_2 в момент t_2 (рис. 8).

Пиковое значение $U_{\text{пик}}$ (амплитудное значение U_m для синусоидальных переменных напряжений) — наибольшее или наименьшее значение напряжения за время измерения.

Среднее значение переменного напряжения за время измерения

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt.$$

По смыслу среднее значение — это постоянная составляющая переменного напряжения $u(t)$ за время измерения T . Графически — это среднее зна-

Т а б л и ц а 4. Основные параметры проводов, выполненных из сплавов высокого сопротивления

Диаметр, мм	Сечение, мм²	Сплав									
		Манганин (мягкий)			Константан (твердый)		Никелин		Нихром (Х20Н80)		
		Сопротивление 1 м, Ом	Длина на 1 Ом, м	Нагрузка (ЧА/мм²), А	Сопротивление 1 м, Ом	Длина на 1 Ом, м	Нагрузка (ЧА/мм²), А	Сопротивление 1 м, Ом	Максимальный ток, А	Сопротивление 1 м, Ом	Максимальный ток, А
0,03	0,00071	606	0,00165	0,0028	690	0,00145	0,0035	—	—	1500	—
0,04	0,00126	342	0,00293	0,005	389	0,00257	0,0063	—	—	844	—
0,045	0,00159	271	0,0037	0,0064	308	0,00324	0,008	—	—	—	—
0,05	0,00196	220	0,00456	0,0078	250	0,004	0,0098	214	0,0078	535	0,0098
0,06	0,00283	152	0,00658	0,011	173	0,00578	0,014	—	—	379	—
0,07	0,00385	112	0,00895	0,015	127	0,00782	0,019	—	—	278	—
0,08	0,00503	85,4	0,0117	0,02	97,4	0,0103	0,025	—	—	213	—
0,09	0,00636	67,6	0,0148	0,025	77	0,013	0,032	—	—	168	—
0,1	0,00785	54,8	0,0183	0,031	64,2	0,016	0,039	53,5	0,031	127	0,039
0,11	0,0095	45,3	0,0221	0,038	51,6	0,0194	0,048	—	—	—	—
0,12	0,0113	38,1	0,0263	0,045	43,4	0,0231	0,056	—	—	94,7	—
0,13	0,0133	32,4	0,0309	0,053	36,9	0,0272	0,067	—	—	—	—
0,14	0,0164	27,9	0,0358	0,062	31,8	0,0314	0,077	—	—	—	—
0,15	0,0177	24,3	0,0412	0,071	27,7	0,0361	0,089	—	—	60,5	—
0,16	0,0201	21,4	0,0467	0,080	24,4	0,041	0,11	—	—	—	—
0,18	0,0255	16,9	0,0593	0,1	19,2	0,052	0,13	—	—	—	—
0,2	0,0314	17,7	0,073	0,13	15,6	0,0641	0,16	13,8	0,13	31,9	0,16
0,3	0,0707	6,06	0,164	0,28	6,93	0,144	0,35	5,95	0,28	14,2	0,35
0,4	0,126	3,42	0,293	0,5	3,89	0,257	0,63	3,34	0,5	7,95	0,63
0,5	0,196	2,2	0,456	0,78	2,5	0,4	0,98	2,14	0,78	5,1	0,98
0,6	0,283	1,52	0,658	1,1	1,73	0,578	1,4	1,485	1,1	3,54	1,4
0,7	0,385	1,12	0,895	1,5	1,27	0,786	1,9	1,09	1,5	2,6	1,9
0,8	0,503	0,854	1,17	2	0,974	1,03	2,5	0,836	2	1,99	2,5
0,9	0,636	0,675	1,48	2,5	0,77	1,3	3,2	0,66	2,5	1,57	3,2
1	0,785	0,548	1,83	3,1	0,624	1,6	3,9	0,535	3,1	1,27	3,9
1,5	—	—	—	—	—	—	—	0,238	7,1	0,565	8,9
2	—	—	—	—	—	—	—	0,134	12	0,319	16
2,5	—	—	—	—	—	—	—	0,0855	19	0,204	25
3	—	—	—	—	—	—	—	0,0595	28	0,142	35

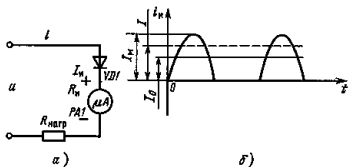


Рис. 10. Схема однополупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр (б)

положительную полуволну измеряемого переменного тока. При частоте более 20 Гц прибор будет показывать среднее значение измеряемого тока I_a .

Достоинством однополупериодного выпрямления является то, что большая часть входного напряжения падает на диоде VD1. Уже при сравнительно малом входном напряжении он работает в режиме линейного детектирования и шкала прибора получается в большей своей части линейной. Но чувствительность такого амперметра низкая. При измерении синусоидального тока с действующим значением I средневывпрямленное значение тока, отклоняющее стрелку микроамперметра, $I_a \approx 0,45I$; поэтому при токе полного отклонения микроамперметра I_a предельное действующее значение $I_{изм}$ измеряемого однополупериодной схемой выпрямления переменного тока

$$I_{изм} \approx I_a / 0,45 = 2,22 I_a.$$

Наиболее широкое распространение в комбинированных приборах получил двухполупериодный выпрямитель (рис. 11). Здесь микроамперметр PA1 включен в диагональ электрического моста, образованного диодами VD1 и VD2 и резисто-

Таблица 5. Параметры резисторов, применяемых в качестве добавочных сопротивлений и шунтов в комбинированных приборах

Тип	Номинальная мощность, Вт	Диапазон номинальных сопротивлений	Отклонение сопротивления от номинального, %	Стабильность, %	Температурный коэффициент сопротивления, $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$
МЛТ,	0,125	8,2 Ом...3 МОм	2...10	2...10	1200	-60...+125
ОМЛТ	0,25	8,2 Ом...5,1 МОм				
	0,5	1 Ом...5,1 МОм				
	1	1 Ом...10 МОм				
	2	1 Ом...10 МОм				
С2-29В	0,062	10 Ом...511 кОм	0,05...1	0,05...1	25...300	-60...+155
С2-29Т	0,125	1 Ом...1 МОм				
	0,25	1 Ом...2,2 МОм				
	0,5	1 Ом...3 МОм				
	1	1 Ом...8,5 Ом				
	2	1 Ом...20 МОм				
С5-5,	1	1 Ом...13 кОм	0,05...5	0,05...5	50...150	+60...+155
С5-5В	2	2 Ом...30 кОм				
	5	5,1 Ом...75 кОм				
	8	10 Ом...100 кОм				
	10	10 Ом...180 кОм				
С5-25В,	0,25	1 Ом...5,6 кОм	0,1...5	0,1...5	10...35	-60...+125
С5-25В1	0,5	2 Ом...10 кОм				
	1	5,1 Ом...30 кОм				
С5-27	0,05	5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 кОм	0,01	0,01	5...20	-40...+70
С5-53В	0,125	51,1 Ом...330 кОм	0,05...0,2	0,05...0,2	10...50	-60...+125
	0,25	51,1 Ом...1 МОм				
	0,5	100 Ом...1 МОм				
	1	100 Ом...1 МОм				
	2	100 Ом...1 МОм				
С5-54В	0,125	100 Ом...333 кОм	0,01...0,05	0,01...0,05	10...50	-60...+125
	0,25	100 Ом...1 МОм				
	0,5	100 Ом...1 МОм				
	1	100 Ом...1 МОм				
	2	100 Ом...1 МОм				
ПТМН	0,5	1 Ом...300 кОм	0,025...1	0,25...1	100...150	-60...+125
	1	1 Ом...1 МОм				

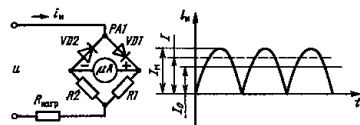


Рис. 11. Схема двухполупериодного выпрямителя (а) и график тока, протекающего через микроамперметр тока (б)

в режиме линейного детектирования постоянная составляющая I_0 выпрямленного тока равна $I_0 \approx 0,9I_m$, а предельное действующее значение измеряемого синусоидального тока

$$I_{\text{нз}} \approx I_m / 0,9 = 1,11 I_m.$$

Резисторы R1 и R2 выбирают исходя из условия

$$R1 = R2 = R_{\text{np}} / \sqrt{2},$$

где R_{np} — прямое сопротивление диода.

Шкалы комбинированных приборов при измерении переменного тока или напряжения градуируют в действующих значениях синусоидального сигнала с коэффициентом формы

$$K_F = I/I_0 \approx 1/I_m = 1,11.$$

Основные параметры диодов, применяемых в комбинированных приборах, представлены в табл. 6.

Для измерения сопротивления постоянному току в комбинированных приборах применяют последовательные и параллельные магнитоэлектрические омметры.

Схема последовательного омметра изображена на рис. 12. Этот прибор используют для измерений сопротивлений более 10 Ом. Прибор состоит из последовательно включенных микроамперметра PA1 с внутренним сопротивлением $R_{\text{вн}}$, добавочного резистора, состоящего из постоянной части R2 и переменной R1, источника постоянного тока G1 напряжением U_{G1} и измеряемого резистора R_x . Сопротивление резисторов R1, R2 выбирают по формуле $R1 + R2 = U_{G1\text{max}}/I_m$, чтобы обеспечить при замыкании входных зажимов ($R_x = 0$) и максимальном значении напряжения $U_{G1\text{max}}$ источника протекания через микроамперметр PA1 тока полного отклонения.

В общем случае ток, протекающий через микроамперметр, будет равен

$$I = \frac{U}{R_x + R1 + R2 + R_{\text{вн}}},$$

при $R_x = 0$ $I = \frac{U}{R1 + R2 + R_{\text{вн}}}$; при $R_x = \infty$ $I = 0$.

Значение тока, а следовательно, и угол отклонения стрелки прибора зависит от R_x . Чем больше R_x , тем меньше отклонение стрелки. Таким образом,

Таблица 6. Основные параметры диодов

Тип	Средний прямой ток $I_{пр.ср}$, мА	Повторяющееся обратное напряжение $U_{обр}$ при $I_{обр}$, В	Постоянный обратный ток $I_{обр}$, мкА	Общая емкость диода C_d , пФ	Рабочая частота f_r , МГц
Д2Б	5	30	100	$\triangle \triangle$	150
Д2В	9	40	250	$\triangle \triangle$	150
Д2Г	2	75	250	$\triangle \triangle \triangle$	150
Д2Д	4,5	75	250	$\triangle \triangle \triangle$	150
Д2Е	4,5	100	250	$\triangle \triangle \triangle$	150
Д2Ж	2	150	250	$\triangle \triangle \triangle$	150
Д2И	2	100	250	$\triangle \triangle \triangle$	150
Д9Б	90	10	250	1..2	40
Д9В	10	30	250	1..2	40
Д9Г	30	30	250	1..2	40
Д9Д	60	30	250	1..2	40
Д9Е	30	50	250	1..2	40
Д9Ж	10	100	250	1..2	40
Д9И	30	30	120	1..2	40
Д9К	60	30	60	1..2	40
Д9Л	30	100	250	1..2	40
Д101	30	100	10	$\triangle 0,5$	200
Д101А	30	100	10	$\triangle 0,5$	200
Д102	30	75	10	$\triangle 0,5$	200
Д102А	30	75	10	$\triangle 0,5$	200
Д103	30	30	30	$\triangle 0,5$	200
Д103	30	30	30	$\triangle 0,5$	200
Д103А	30	30	30	$\triangle 0,5$	200
Д104	30	100	10	$\triangle 0,6$	600
Д104А	30	100	10	$\triangle 0,6$	600
Д105	30	75	10	$\triangle 0,6$	600
Д105А	30	75	10	$\triangle 0,6$	600
Д106	30	30	30	$\triangle 0,6$	600
Д106А	30	30	30	$\triangle 0,6$	600
Д219А	50	70	1	15	—
Д220	50	50	1	15	—
Д220А	50	70	1	15	—
Д220Б	50	100	1	15	—
Д223	50	50	1	—	20
Д223А	50	100	1	—	20
Д223Б	50	150	1	—	20
КД521А	50	100	1	4	—
КД521Б	50	75	1	4	—
КД521В	50	75	1	4	—
КД521Г	50	40	1	4	—

Примечание. Импульсный прямой ток $I_{пр.и}$ диодов Д219А, Д220А (А, Б), Д521А-Г составляет 0,5 А. Время обратного восстановления $t_{вост.обр}$ диодов Д219А, Д220А (А, Б), Д521А-Г составляет 0,5 мкс, диодов КД521А-Г — 0,004 мкс.

омметр, выполненный по последовательной схеме, имеет обратную шкалу, т. е. нулевому сопротивлению измеряемого резистора соответствует крайняя правая отметка шкалы. В качестве источника тока в омметре обычно используют сухие гальванические элементы, реже аккумуляторы. Уменьшение ЭДС источника питания приводит к изменению показаний прибора, поэтому и предусмотрен ре-

гулировочный резистор R1. Перед измерением омметр калибруют: замыкают входные зажимы и резистором R1 устанавливают стрелку на нулевую отметку. Поскольку зависимость тока, протекающего через микроамперметр, от измеряемого сопротивления нелинейна, то шкала прибора, отградуированная в омах, также нелинейна.

Для измерения малого сопротивления (десятки ом и менее) используют параллельный омметр (рис. 13). Он содержит те же элементы, что и последовательный, а отличие состоит в том, что измеряемое сопротивление R_x подключают параллельно микроамперметру PA1. Омметр калибруют при разомкнутых входных зажимах, при этом весь ток протекает через микроамперметр и угол отклонения его стрелки оказывается максимальным. При подключении сопротивления R_x часть тока ответвляется в параллельную цепь: ток, протекающий через микроамперметр, уменьшается, и угол отклонения стрелки. Таким образом, шкала параллельного омметра прямая. Ток через микроамперметр выражен соотношением

$$I = \frac{U}{[(R_1 + R_2)R_x]/R_x + R_1 + R_2 + R_x},$$

из которого видно, что шкала нелинейна.

Для измерения емкости в комбинированные приборы встраивают последовательный или параллельный измеритель (микрофарадометр).

Схема параллельного измерителя емкости показана на рис. 14. Устройство содержит: источник переменного напряжения (на схеме не показан), он подключен к выводам 1, 2 частотой $f=50$ Гц, конденсатор C1, миллиамперметр переменного тока, состоящий из микроамперметра PA1, диодов VD1 и VD2, резисторов R1—R4 и конденсатора C2. Измеряемую емкость C_x подключают параллельно миллиамперметру переменного тока к измерительным зажимам.

Микрофарадометр настраивают при отключенной емкости C_x , при этом миллиамперметр переменного тока измеряет ток I_{C1} , протекающий через конденсатор C1. Резистором R4 устанавливают стрелку микроамперметра PA1 на конечную отметку шкалы, что соответствует нулевой отметке микрофарадометра.

При подключении к измерительным зажимам емкости C_x миллиамперметр переменного тока шунтируется этой емкостью и часть тока I_{C1} будет протекать через емкость C_x . Чем больше значение измеряемой емкости, тем меньше ее сопротивление переменному току: $X_C = 1/\omega C_x = 1/2\pi f C_x$, а следовательно, тем большая часть тока I_{C1} протекает через емкость C_x и меньшая через миллиамперметр переменного тока. Шкала этого микрофарадометра обратная и нелинейная. Его применяют для измерения сравнительно большой емкости — до единиц микрофард.

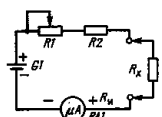


Рис. 12. Схема последовательного омметра

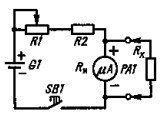


Рис. 13. Схема параллельного омметра

Для измерения малой емкости — до десятков тысяч пикофарад — используются последовательный измеритель (рис. 15), содержащий те же элементы, но измеряемую емкость здесь подкачают последовательно между источником переменного напряжения и конденсатором C_1 , т. е. измеряемая емкость играет роль добавочного реактивного сопротивления.

Настраивают этот микрофарадометр резистором R_4 при замкнутых измерительных зажимах. Вращая ручку этого резистора, стрелку микроамперметра $PA1$ уравнивают на конечное деление шкалы, что соответствует отметке «∞» микрофарадометра. Включение измеряемой емкости C_x уменьшает показания микроамперметра переменного тока, причем чем меньше значение этой емкости, тем больше ее сопротивление переменному току и тем меньше показания микроамперметра переменного тока. Шкала такого микрофарадометра прямая и нелинейная.

В комбинированных приборах Ц4311, Ц4315, Ц4324, Ц4325, Ц4326, Ц4340 и других предусмотрена защита измерительного механизма от электрических перегрузок (превышение значения тока одного отклонения). Ее выполняют два кремниевых диода, включенных параллельно микроамперметру и друг другу, причем диоды включены во встречном направлении. При номинальном падении напряжения на сопротивлении микроамперметра (менее 0,1 В) сопротивление диодов, в том числе и включенного в прямом направлении, равно нескольким мегаом, поэтому они не влияют на показания прибора. Когда же в результате аварийного повышения измеряемого напряжения падение напряжения на микроамперметре превысит 0,6 В, то откроется один из диодов и зашунтирует обмотку рамки, предохраня микроамперметр от выхода из строя.

Комбинированные приборы имеют, как правило, пластмассовый корпус, состоящий из двух частей: основания и крышки, на которой размещены микроамперметр, органы управления (рис. 3) и гнезда для подключения прибора к измеряемому объекту. На лицевой панели обычно указаны пределы измерения и виды измеряемых величин. На основании с тыльной стороны (снизу) помещают табличку-инструкцию. Здесь указывают особенности работы с прибором, основные технические характеристики и другую информацию.

Приборы имеют два переключателя: пределов измерения — галетный на 24 положения или кнопочный (клавишный) и рода работы — кнопочный на 3 положения.

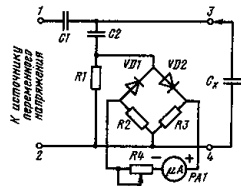


Рис. 14. Схема параллельного измерения емкости

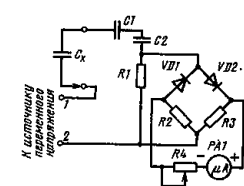


Рис. 15. Схема последовательного измерения емкости

Измерительный механизм комбинированных приборов расположен в отдельный корпус.

3. ИЗМЕРЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ ПРИБОРАМИ

Меры безопасности.

1. При измерении прибором в цепях с напряжением выше 30 В необходимо выполнять все требования общих правил мер безопасности. Измерения производят с помощью щупов, входящих в комплект прибора. Измерения со щупом необходимо производить одной рукой, вторая рука должна оставаться свободной во избежание прохождения электрического тока через организм человека.

2. Измерения в цепях с напряжением выше 200...300 В должны проводиться в присутствии других лиц.

3. Измерение сопротивлений можно проводить лишь в обесточенных электрических цепях.

4. При измерении емкости источником питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В, поэтому следует вначале собрать схему измерения, а затем подключиться к источнику питания.

5. При измерении тока или напряжения не рекомендуется изменять предел измерения при подключении к объекту приборе во избежание подгорания контактов переключателя пределов измерения.

6. Необходимо пользоваться только исправными проводниками, входящими в комплект прибора

Порядок измерения. Для получения достоверных и точных результатов измерений и предупреждения повреждения прибора при работе необходимо придерживаться следующих правил:

1. Установить прибор в горизонтальное положение.
2. При необходимости стрелку прибора с помощью механического корректора установить на начальную отметку шкалы.

3. У приборов, имеющих защитный автомат, проверить его работоспособность по технической описанию.

4. Переключатель рода работ установить в положение, соответствующее виду измерения и роду тока, т. е. в одно из положений «—», «~», « E_x », « C_x ».

5. Переключатель пределов измерений установить в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемой величины; если оно неизвестно, то переключатель установить в положение максимального предела измерения.

6. Подключить соединительные проводники к соответствующим зажимам прибора. Зажим, помеченный знаком «+», является общим зажимом прибора.

7. При использовании омметра или фарадометра прибор необходимо настраивать каждый раз из выбранном пределе измерения. Параллельный омметр: при разомкнутых прозвонках ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «∞» соответствующей шкалы, затем замкнуть свободные концы проводников и проконтролировать установку стрелки на отметку «0» этой же шкалы, что говорит об исправности омметра и целостности прозвонников. Последовательный омметр: замкнуть щупы прозвонников и ручкой «Уст.0» установить стрелку прибора на отметку «0» соответствующей шкалы.

прибора измерения больших значений сопротивления (с использованием внешнего источника) или емкостей собрать установку по изображенной схеме, в таблице — инструкции на тыльной стороне прибора.

8. Подключить прибор к измеряемой цепи (объекту) с помощью соединительных проводников. При измерении постоянного тока и напряжения общий зажим («») подключают к отрицательному полюсу объекта. При измерении переменного напряжения и токов общий зажим подключают к точке с наименьшим потенциалом или к корпусу объекта.

9. Подобрать предел измерения (для тока и напряжения, начиная с большего) таким образом, чтобы стрелка прибора по возможности находилась в последней трети шкалы. При измерении сопротивления и емкости оптимальное положение стрелки — посредине шкалы.

10. Снять отсчет по соответствующей шкале и отключить проводники от измеряемой цепи (объекта).

11. Вычислить значение измеряемой величины X и погрешности измерения ΔX по формулам:

для постоянного и переменного тока и напряжения (рис. 16)

$$X = \frac{X_N}{N} a, \quad \Delta X = \frac{\gamma X_N}{100},$$

где X_N — значение выбранного предела измерений (положение переключателя предела измерений), N — число всех делений шкалы прибора по последней цифре, a — показания прибора в делениях (число делений), γ — класс точности на шкале прибора, определяемый по обозначениям на шкале в зависимости от рода тока или вида измеряемой величины;

для сопротивления и емкости (рис. 17)

$$X = X_0 M, \quad \Delta X = \frac{\gamma \sqrt{L}}{1-100} C,$$

где X_0 — отсчет по шкале прибора, M — множитель (положение переключателя предела измерений), γ — класс точности, L — длина рабочей части шкалы,

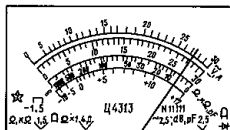


Рис. 16. Пример измерения переменного напряжения

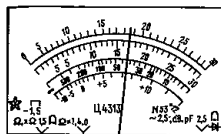
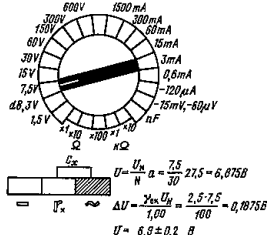
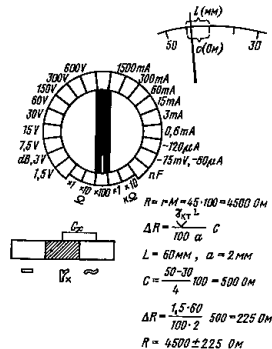


Рис. 17. Пример измерения сопротивления



мм, l — длина шкалы между двумя соседними делениями, где остановилась стрелка прибора, мм, C — цена вышеупомянутого участка шкалы в единицах измеряемой величины с учетом множителя. Значение L берут из паспорта на прибор, значение l измеряют с помощью линейки.

Результат измерения записывают по формуле $A = X + \Delta X$. Числовое значение измеряемой величины X должно оканчиваться цифрой (после запятой) того же разряда, что и значение погрешности ΔX .

12. Привести прибор в исходное состояние, для чего отключить соединительные провода от зажимов прибора, переключатель пределов измерения установить в положение максимального предела по напряжению, переключатель рода тока установить в положение «~». Это предохранит прибор от повреждения при последующих включениях, даже если они будут выполнены неправильно.

Особенности измерения постоянного напряжения. При измерении напряжения комбинированный прибор включают параллельно исследуемому участку электрической цепи. Это приводит к изменению общего сопротивления цепи и перераспределению напряжения между ее элементами, что, естественно, вносит погрешность в показания прибора. Здесь следует рассмотреть два основных случая. Первый — когда элементы электрической цепи линейные, т. е. значение их сопротивления не зависит от приложенного напряжения. Тогда достаточно иметь $R_{вх}/R_{дх} \geq 50 \dots 100$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление вольтметра, $R_{дх}$ — эквивалентное сопротивление цепи относительно точек подключения вольтметра, чтобы не учитывать влияние входного сопротивления вольтметра (комбинированного прибора) на результат измерения.

Следовательно, кроме сопротивления входной цепи комбинированного прибора $R_{вх}$ необходимо знать сопротивление цепи $R_{дх}$, что не всегда возможно. В этом случае применяют метод двух отсчетов [3], суть которого состоит в том, что

напряжением на исследуемом участке цепи измеряют два раза на различных пределах измерений U_{N1} , U_{N2} с соответствующими входными сопротивлениями $R_{вх1}$, $R_{вх2}$ и получают два измеренных значения U_1 , U_2 , тогда действительное измеряемое значение U находят по формуле

$$U = U_2 \frac{R_{вх2} - R_{вх1}}{R_{вх2} - R_{вх1} U_2 / U_1}$$

при условии $R_{вх2} > R_{вх1}$.

$$\text{Если } R_{вх2}/R_{вх1} = N, \text{ то } U = U_2 \frac{N-1}{N-U_2/U_1}.$$

Например, измерение провели комбинированным прибором Ц4312 на резисторе R2 (рис. 18) на пределах 15 и 30 В с входным сопротивлением 10 и 20 кОм соответственно и получили значения 7,5 и 10 В. Тогда действительное падение напряжения U_{R2} на резисторе R2

$$U_{R2} = U_2 \frac{N-1}{N-U_2/U_1} = 10 \frac{2-1}{2-10/15} = 15 \text{ В},$$

что нетрудно проверить:

$$U_{R2} = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{30}{20 + 20} 20 = 15 \text{ В}.$$

Если входное сопротивление прибора неизвестно, его можно определить следующим образом. Напряжение на выходных зажимах стабилизированного источника постоянного тока измеряют непосредственно (U_1) и, не изменяя предела измерения, через резистор R с известным сопротивлением (U_2). После чего по полученным показаниям U_1 , U_2 и значению R вычисляют входное сопротивление прибора (вольтметра)

$$R_{вх} = R \frac{U_2}{U_1 - U_2}.$$

Второй случай измерения напряжения относится к цепям, содержащим нелинейные элементы (полупроводниковые, электровакuumные и др.). Сопротивление нелинейного элемента зависит от приложенного к нему напряжения. Включение прибора (вольтметра) с относительно малым входным сопротивлением может привести к нарушению режима работы всей цепи (срыв генерации, релейный эффект), и само измерение потеряет смысл.

Поэтому необходимо выбирать прибор для измерения напряжения с возможно большим входным сопротивлением или проводить измерение не на оптимальном пределе измерения, а на более высоком. Так, в рассмотренном ранее примере (рис. 18) для предела измерения $U_{N1} = 15$ В показания прибора были $U_1 = 7,5$ В ($R_{вх1} = 10$ КОм), снижение показаний ΔU_1 за счет входного сопротивления составило 7,5 В, погрешности измерения $\Delta U_1' = \gamma U_{N1} / 100 = 0,15$ В

$$\begin{aligned} \text{для } U_{N2} = 30 \text{ В; } U_2 = 10 \text{ В; } \Delta U_2 = 5 \text{ В; } \Delta U_2' = 0,3 \text{ В;} \\ \text{для } U_{N3} = 60 \text{ В; } U_3 = 11 \text{ В; } \Delta U_3 = 4 \text{ В; } \Delta U_3' = 0,6 \text{ В;} \\ \text{для } U_{N4} = 150 \text{ В; } U_4 = 15 \text{ В; } \Delta U_4 = 0; \Delta U_4' = 1,5 \text{ В.} \end{aligned}$$

Вольтметр (комбинированный прибор) часто применяют для косвенного измерения тока. В этом случае измеряют падение напряжения U на резисторе R,

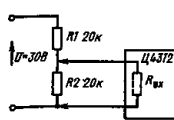


Рис. 18. Измерение напряжения

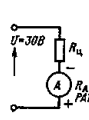


Рис. 19. Измерение тока

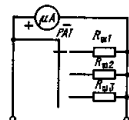


Рис. 20. Многопредельный амперметр с переключаемыми шунтами

сопротивление которого известно. Значение тока I через резистор R определяется по закону Ома: $I = U/R$. Для получения более точного результата необходимо выполнить условие $R_{вх} \gg R$.

Особенности измерения постоянного тока. При измерении тока комбинированный прибор включают последовательно в исследуемую цепь, что приводит к возрастанию общего сопротивления цепи и уменьшению протекающего в ней тока (рис. 19).

По двум измерениям I_1 , I_2 на соседних пределах I_{N1} , I_{N2} соответственно с внутренними сопротивлениями R_{A1} , R_{A2} действительное значение измеряемого тока I определяют из выражения

$$I = I_2 \frac{R_{A1} - R_{A2}}{R_{A1} - R_{A2} I_2 / I_1}$$

при условии $R_{A1} > R_{A2}$.

Значения внутреннего сопротивления R_{A1} , R_{A2} на соответствующих пределах измерений вычисляют исходя из приведенных значений падений напряжений U_{N1} , U_{N2} в паспорте на конкретный прибор по формуле $R_A = U_N / I_N$.

В комбинированных приборах с переключаемыми шунтами (рис. 20) на всех пределах измерений максимальное падение напряжения на приборе одинаково и равно напряжению полного отклонения микроамперметра.

Переключать пределы измерения в приборе с переключаемым шунтом можно только после отключения прибора во избежание его перегрузки в тот момент, когда отключены все шунты.

В комбинированных приборах с универсальным шунтом (рис. 5) падение напряжения на приборе равно напряжению полного отклонения лишь на пределе I_1 . На других пределах оно возрастает до значения, равного сумме падений напряжения на микроамперметре и на шунтах, используемых в измерительной цепи.

Комбинированные приборы, имеющие предел измерения 75 мВ, можно использовать для измерения постоянного тока, большего по значению, чем предельное значение прибора, если имеется соответствующий наружный комбинированный шунт. При этом комбинированный прибор используют как милливольтметр на 75 мВ и подключают к потенциальным зажимам наружного шунта (рис. 21), тогда предел измерения прибора будет равен номинальному току шунта.

Особенности измерения переменного тока и напряжения. Применение выпрямителей на полупроводниковых диодах в комбинированных приборах ведет к повышению чувствительности прибора, уменьшению входного сопротивления вольт-

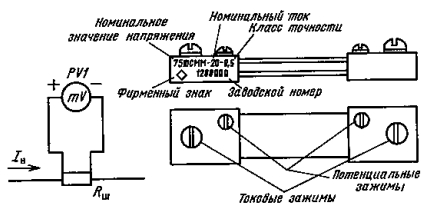


Рис. 21. Наружный шунт измерителя постоянного тока

метра и увеличению падения напряжения на амперметре. Частотный диапазон комбинированного прибора определяется частотными свойствами полупроводниковых диодов и емкостью монтажа и лежит в пределах 45 Гц...20 кГц.

Различают номинальную и расширенную частотные области. Изменение показаний прибора, вызванное изменением частоты от границы в номинальной области до любого значения в смежной части расширенной области при измерении переменного тока и напряжения, не превышает допустимого значения основной погрешности. Приведенные приемы по учету влияния входного сопротивления на результаты измерений постоянного тока и напряжения справедливы и для переменного тока и напряжения, но при условии, что сопротивление R_n является активным (без емкости и индуктивности).

В проводной связи и радиотехнике для оценки эффективности передачи сигналов по линиям связи через усилительные и согласующие устройства пользуются понятием уровня передачи (усиления, ослабления) сигнала. Этот параметр определяет значение напряжения сигнала в относительных логарифмических единицах — децибелах, посредством которых напряжение U_x или мощность P_x измеряемого сигнала сравнивается с некоторым исходным значением. Если в качестве исходных величин выбраны напряжение $U_0=0,775$ В или мощность $P_0=1$ мВт (на сопротивлении нагрузки $R_0=600$ Ом при напряжении на нем $U_0=0,775$ В), то соответствующие уровни называют абсолютными. Абсолютный уровень переменного напряжения, выраженный в децибелах, определяют по формуле

$$N_U^0 = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} = 20 \lg \frac{U_x}{0,775}.$$

где U_x — измеряемое значение напряжения, В.

Шкала децибел неравномерная, нулевая отметка шкалы совпадает с точкой шкалы комбинированного прибора $U_0=0,775$ В предела измерения. При измерении на пределе «дВ» отсчет производится непосредственно по шкале «дВ». При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения показания прибора по шкале «дВ» необходимо увеличить на соответствующие значения, указанные в пересчетных таблицах, которые приводятся в описаниях на комбинированные приборы.

Если уровень передачи по напряжению N_U^0 измерять на нагрузке с известным сопротивлением R , то можно рассчитать абсолютный уровень передачи по мощности

$$N_P^0 = N_U^0 - 10 \lg (R/600)$$

при условии $R_{вх} \gg R$, где $R_{вх}$ — входное сопротивление прибора. В частном случае при $R=600$ Ом $N_P^0 = N_U^0$.

Для определения относительного уровня передачи устройства (усилителя, двутента и др.) измеряют абсолютное значение уровня на его входе $N_{вх}^0$ и выходе $N_{вых}^0$, тогда

$$N_U = N_{U_{вых}}^0 - N_{U_{вх}}^0; N_P = N_{P_{вых}}^0 - N_{P_{вх}}^0.$$

Особенности измерения сопротивления. При измерении сопротивления резисторов или определении качества электродинамических элементов непосредственно в местах их установки (на плате устройства) необходимо предварительно убедиться, что источники питания отключены, высоковольтные конденсаторы разряжены, а параллельно проверяемому элементу не присоединены другие элементы, могущие оказывать влияние на результат измерения.

Встроенный омметр комбинированных приборов является источником тока, что необходимо учитывать при работе с микроомными элементами. Значения тока, потребляемого от источника на различных пределах измерения, указаны в соответствующих таблицах.

Время установившегося омметра «на нуль» и измерения сопротивления должно быть по возможности малым, что продлит срок службы встроенного источника питания.

Особенности измерения емкости. При измерении емкости комбинированным прибором необходимо соблюдать меры предосторожности, так как источником его питания служит сеть переменного тока частотой 50 Гц с напряжением 190...245 В.

Напряжение, приложенное к конденсатору при любом его испытании, не должно превышать его допустимого рабочего напряжения. Если конденсатор заряжается до значительного напряжения, то необходимо его разрядить через резистор сопротивлением несколько килоом.

Емкость оксидных (электролитических) конденсаторов измерять запрещается.

4. РЕМОНТ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ

В процессе эксплуатации комбинированного прибора могут возникнуть различные неисправности, обусловленные как износом и старением его элементов, так и неправильными действиями оператора.

Возможны следующие неисправности:

- потеря проводимости добавочных резисторов;
- потеря проводимости переменного резистора «Уст. 0»;
- нарушение контактов в местах соединений элементов;
- обгорание или деформация контактов переключателей;
- обрывы в цепи универсального шунта;
- потеря проводимости подгоночных резисторов;
- обрыв или замыкание диодов выпрямителя;
- обрыв растяжек или обмотки рамки измерительного механизма.

Не спешите вскрывать прибор. Сначала необходимо установить возможную причину неисправности, для чего следует попытаться измерить величины на всех пределах измерения, зная измеряемые значения или контролируя каждое из них другим прибором. Затем, воспользовавшись данными табл. 7 типовых неисправностей комбинированных приборов и их причин, принципиальной электрической схемой и картой электрических цепей для конкретного прибора, определить предполагаемые неисправные элементы или участок цепи исходя из конкретной ситуации.

На карте электрических цепей знаком «X» обозначены элементы, непосредственно входящие в цепь измерения, знаком «+» обозначены элементы, шунтирующие измерительную цепь меньшим малым суммарным сопротивлением, знаком «O» — элементы, шунтирующие измерительную цепь большим суммарным сопротивлением.

С помощью карты электрических цепей (см. Справочные сведения) можно определить, какие элементы и в какой степени использованы на том или ином пределе измерения, а следовательно, и предполагаемые неисправные элементы прибора как непосредственно при «прозвонке» элементов, так и при анализе ситуации.

Например, при измерении прибором Ц4315 постоянного напряжения показания оказались завышенными на всех пределах, следовательно, можно предположить, что есть обрыв в шунтирующей цепи, элементах, обозначенных знаком «O» — резисторах R1—R10, R28, R30 или нормально замкнутой паре контактов 10—11 переключателя SB1.3. Пусть при измерении этим же прибором постоянного тока на пределах 0,5, 1, 5 и 25 мА показания завышены; это говорит об исправности (или, по крайней мере, об отсутствии обрыва) резисторов R5—R10, R28, R30 и пары контактов 10—11 переключателя SB1.3.

Если на пределах 0,1, 0,5, 2,5 А показания отсутствуют, это значит, что измерительная цепь (элементы, обозначенные знаком «X») нарушается при переключении резистора R4 из шунтирующей цепи в измерительную. В этом случае можно утверждать однозначно, что на участке цепи резистора R4 есть обрыв, а исправность резисторов R1—R3 требуется проверить, подготовив прибор для измерения постоянного тока на пределе 0,1 А, и измерить сопротивление входной цепи омметром. При исправных резисторах показания омметра должны быть равны 2 Ом.

В приборах, в схеме измерения которых применяют микросхему, необходимо контролировать напряжения источников питания.

Для установления неисправности прибор нужно вскрыть. Вывернуть винты,

Измеряемая величина	Род тока	Внешнее проявление неисправности	Возможные причины
Напряжение	Переменный	Показания прибора занижены примерно наполовину	Вышел из строя один из диодов или один из резисторов выпрямителя
Напряжение	Переменный	Отсутствует показание на всех пределах	Вышел из строя: оба диода или оба резистора выпрямителя или регулировочный резистор по переменному току; нарушено соединение перечисленных элементов
Ток	Постоянный, переменный	Отсутствуют показания на соответствующем пределе и на более высоких по отношению к нему	Обрыв в цепи универсального шунта, элементы обозначены на карте электрических цепей знаком «X»
Ток	То же	Завышены показания на установленном пределе измерения и на более низком по отношению к нему	Обрыв в цепи резисторов универсального шунта, отмеченных на карте электрических цепей знаком «+»
Ток	Переменный	Отсутствуют показания на всех пределах, на постоянном токе работает нормально	Вышел из строя: оба диода, оба резистора выпрямителя, регулировочный резистор по переменному току, обрыв в местах соединения перечисленных элементов
Сопротивление		При установке прибора «на нуль»: стрелка не доходит до конца шкалы, стрелка зашкаливает вправо, стрелка зашкаливает влево, стрелка не отклоняется	Мало напряжение источника питания Потеря проводимости элементов, обозначенных на карте электрических цепей знаками «+» или «O» Не соответствует полярность источника питания Отсутствует источник питания, потеря проводимости переменного резистора установки нуля или резистра в цепи источника питания
Сопротивление		Отсутствуют показания на одном из пределов измерения, на остальных прибор работает нормально	Потеря проводимости соответствующего добавочного резистора
Ток, напряжение, сопротивление	Постоянный, переменный	Прибор не работает на всех пределах	Обрыв в цепи подгоночного резистора или обрыв обмотки рамки измерительного механизма, или обрыв растяжки

Примечание. В любой из перечисленных ситуаций возможен выход контактов переключателей соответствующей цепи.

нить тыльную таблицу, а затем, вывернув винты, крепящие крышку, отделить ее от корпуса. Изъять встроенный источник питания.

Отпаяв от одного из входных лепестков измерительного механизма соответствующие элементы или проводники. При наличии защитных диодов их также следует отпаять с одной стороны. Эти меры позволят избежать поврежденный измерительного механизма при «прозвонке» цепей прибора омметром, ток в измерительной цепи которого, как правило, значительно превышает ток полного отклонения измерительного механизма. Кроме того, исключается взаимное шунтирующее влияние элементов.

Пользуясь схемой расположения элементов, найти соответствующие элементы на карте электрических цепей и произвести их ориентировочные измерения омметром. Особое внимание обратить на элементы со следами перегрева (помявшие, растрескавшиеся).

При проверке сопротивления резисторов омметр должен показывать значения, указанные в перечне к принципиальной электрической схеме прибора с учетом погрешности омметра. В случае отклонения резистор выпаять и более тщательно исследовать. Переменный резистор проверяют, подключая омметр к среднему и одному из крайних выводов и вращая ручку «Уст. 0», при этом изменение показаний омметра должно быть плавным, без скачков и скачков.

Отсутствие соединений между элементами проверяют визуально — на наличие надежной пайки и омметром. Обрыв в цепи универсального шунта иногда обнаруживают визуально по оборотной поверхности элементов с последующей проверкой проводимости.

Переключатели должны работать четко, без больших усилий и с надежной фиксацией в каждом положении, переходное сопротивление замкнутых контактов должно быть равно нулю.

Об исправности диодов выпрямителя (кнопка «~» переключателя не нажата) судят по выполнению условия $R_{обр}/R_{пр} > 10$, где $R_{обр}$ и $R_{пр}$ — показания омметра при измерении обратного и прямого сопротивлений диода ($R_{пр} = 10...100$ Ом).

Обрыв растяжек легко обнаруживают при осмотре измерительного механизма. Обрыв цепи рамки определяют с помощью устройства, схема которого изображена на рис. 22. Сопротивление резистора R_1 находят из выражения $R_1 \geq U/I_n$, где U — напряжение источника, I_n — ток полного отклонения измерительного механизма.

Возможность свободного перемещения подвижной части измерительного механизма (отсутствие затирания) проверяют путем воздействия на стрелку прибора потока воздуха в направлении ее движения. Дунув на стрелку так, чтобы она отклонилась до конечной отметки шкалы (или упора), наблюдают за возвращением

стрелки. При наличии заданных делений стрелка будет возвращаться скачками или остановится, не дойдя до нулевой отметки.

При закрытом измерительном механизме отсутствие затирания проверяют путем плавного увеличения показаний прибора до крайней отметки шкалы, а затем уменьшения их до нуля. Затирание может быть вызвано попаданием в магнитный зазор мелких посторонних предметов или стальных опилок либо зацеплением подвижных деталей измерительного механизма за неподвижные.

Уравновешенность измерительного механизма определяют, наклоняя прибор в разные стороны на угол 5° . Если при этом стрелка прибора отклоняется от нуля более чем на значение основной погрешности по шкале постоянного тока, то это означает, что измерительный механизм уравновешен неудовлетворительно.

Все резисторы, кроме подюночных, подбирают с точностью, указанной в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора. Перед установкой новые резисторы рекомендуется подвергнуть электрической тренировке, пропуская через них номинальный ток в течение нескольких часов. Если требуемых резисторов найти не удалось, то следует взять резисторы со значениями сопротивления, наиболее близкого к требуемому, но меньше. Затем, удалив слой краски, надфилем осторожно уменьшают толщину токопроводящего слоя и тем самым увеличивают сопротивление резисторов до требуемого значения. После подгонки токопроводящий слой покрывают лаком и тщательно просушивают. При отсутствии омметра требуемой точности или моста постоянного тока резисторы подгоняют на месте их установки, измеряя заранее известные или контролируемые значения величины (рис. 22, 23).

Неисправный универсальный шунт заменяют на исправный при его наличии, но, как правило, резисторы шунта приходится изготавливать самостоятельно. Для этой цели берут манганиновый провод соответствующего диаметра (или меньшего диаметра, но несколько проводов n) и отрезают отрезок провода, длина l_w (в метрах) которого определяется значением сопротивления резистора R_n (в омах) шунта с учетом мест пайки:

$$l_w = \frac{R_n}{R_0} + 0,008, \quad l_n = \frac{R_n}{R_0} n + 0,008,$$

где R_0 — значение сопротивления 1 м провода выбранного сечения, Ом. Если значение R_0 неизвестно, то измеряют сопротивление R имеющегося отрезка провода длиной l_n , тогда искомая длина

$$l_w = \frac{l_n R_w}{R} + 0,008.$$

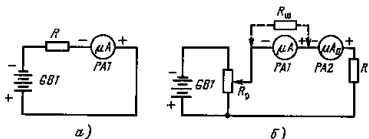


Рис. 22. Схемы устройства для проверки измерительного механизма:
а — проверка исправности, б — определение тока полного отклонения

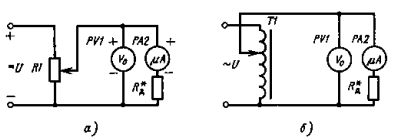


Рис. 23. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) напряжениям

Резисторы шунта (отрезки манганинового провода) впаивают на соответствующие места и, если больше других неисправностей не обнаружено, подгоняют их значения к требуемому следующим образом. Собирают установку по схеме, изображенной на рис. 24, а, начиная с большого предела измерения, подгоняют показания ремонтируемого прибора РА1 к показаниям образцового прибора РА2 путем уменьшения сечения соответствующего шунта (на карте электрических цепей он обозначен знаком «+») надфилем по всей длине при занижении показаний ремонтируемым прибором или увеличения площади пайки в местах соединения при завышении. Измерения проводят на последней третьей шкалы.

Далее переходят на следующий предел измерения и повторяют операции для следующего шунта, не трогая предыдущий. После подгонки последнего шунта результаты подгонки проверяют, начиная с большого предела, при необходимости подгонки повторяют.

Ремонт переключателя пределов измерений заключается в удалении нагара и окисла с контактов промывкой спиртом (ацетоном), при наличии оплавления зачисткой мелкой наждачной бумагой, в устранении деформации подвижного контакта.

В переключателе рода работы отсутствие надежной фиксации штока секции может быть устранено подгибанием пружины фиксатора, удлинением прелептей для свободного перемещения рейки-фиксатора и заменой износившихся деталей. Для смены штока (также при чистке или смене подвижных контактов) необходимо снять нижнюю арматуру переключателя, предварительно отогнув выступы, удерживающие от горизонтального перемещения секции, отделить клавишу от штока, вынуть стопорную пластину из паза штока и снять возвратную пружину. Затем, надавив со стороны клавиш на шток, осторожно вынуть его из секции. После устранения дефекта переключатель собирают в обратном порядке. Шток устанавливают в секцию при смещенной в сторону пружине рейки-фиксатора, подвижные контакты устанавливают парно по очереди по мере введения штока.

После замены диодов выпрямителя необходимо проверить градуировку шкал на переменном токе. Для этого подключают прибор на одном из пределов переменного тока или напряжения к источнику переменного тока частотой 50 Гц с коэффициентом искажения формы кривой не более 2% и по образцовому прибору устанавливают в цепи проверяемого прибора значение тока или напряжения, равного выбранному пределу измерения (см. рис. 23, б).

Подгоночный резистор, предназначенный для регулировки (подгонки) в цепи переменного тока, подбирают так, чтобы при указанных условиях стрелка измерительного механизма отклонялась до конечной отметки шкалы, после чего проверяют соответствие промежуточных оцифрованных отметок шкалы переменного

тока. При несоответствии, большем, чем на основную погрешность по значению предела измерения, шкалы переменного тока, «dВ» и емкости необходимо переградуировать.

Подгоночные резисторы большинства комбинированных приборов представляют собой катушки с намотанной на каркас манганиновым проводом. Ремонт подгоночных резисторов заключается в замене обгоревшего манганинового провода на манганиновый провод нужного диаметра или несколько большего, но значение сопротивления которого должно обеспечить требуемый диапазон измерения. Сопротивление резистора подгоняют изменением длины провода.

Самым сложным и ответственным этапом является ремонт измерительного механизма. Неуравновешенность измерительного механизма устраняют путем добавления или уменьшения количества притяга в противовесе. При искривлении стрелки перед уравниванием ее нужно выпрямить.

Для замены растяжек прежде всего необходимо иметь соответствующие растяжки и грамоммер. Грамоммер (он подобен обычным пружинным весам) можно изготовить самостоятельно, оттарировав его с помощью набора гирь. К подвижной части грамоммера надежно прикрепляют отрезок одножильного хорошо залуженного провода диаметром 0,4...0,6 мм.

Измерительный механизм извлекают из корпуса и с помощью деревянных миниаторных клиньев закрепляют рамку неподвижно и симметрично относительно постоянного магнита с четырех сторон, не допуская деформации рамки. Тщательно очищенным от окислов и хорошо залуженным пальчиком с диаметром жала 1,5...2,5 мм удаляют остатки оборванных растяжек с рамки и с шайб корпуса механизма и к буксам рамки с обеих сторон припаивают новые растяжки. Продернув свободные концы растяжек в отверстия соответствующих шайб (у мест пайки), подпаивают одну из них к проводнику грамоммера и задают необходимое натяжение в направлении, перпендикулярном торцу рамки. Не изменяя натяжения, растяжки касаются места пайки и сгибают ее. В таком положении растяжку припаивают.

Далее, удалив деревянные клинья, освобождают рамку измерительного механизма и припаивают вторую растяжку способом, описанным выше. Перегрев растяжек не допускается. Проверяют ток полного отклонения измерительного механизма. При отклонении более чем на 10% от номинального значения растяжку переплавляют, при отклонении менее чем на 10% показания подгоняют к номинальному значению путем дополнительного намагничивания или плавною размагничивания магнитной системы. При токе полного отклонения выше номинального параллельно измерительному механизму можно подключать шунтирующий резистор. Выступающие концы растяжек удаляют боковыми кусачками и помещают механизм в корпус.

При обрыве в цепи рамки измерительного механизма, как правило, ремонту не подлежит и требует замены.

После ремонта или замены деталей, влекущих за собой изменение параметров прибора, о чем было сказано ранее, необходима его подгонка. В зависимости от характера ремонта подгонку можно начинать с того или другого этапа, придерживаясь такой последовательности:

1. Настройка и регулировка измерительного механизма.
2. Подгонка суммарного сопротивления измерительного механизма к подгоночного резистора до номинального значения при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$.
3. Подгонка сопротивления резисторов шунта на постоянном токе.
4. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения постоянного тока.

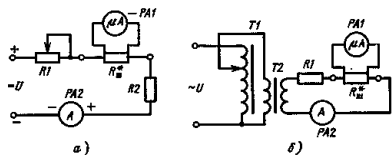


Рис. 24. Схемы устройства для подгонки комбинированных приборов по постоянному (а) и переменному (б) токам

5. Проверка градуировки шкал переменного тока после замены диодов выпрямителя.

6. Подгонка прибора на переменном токе.

7. Проверка совпадения отклонений стрелки до конечной отметки шкалы на всех пределах измерения переменного тока.

8. Проверка показаний встроенного омметра на всех пределах.

9. Проверка фарадომетра.

10. Проверка и настройка вспомогательных устройств в соответствии с техническим описанием прибора.

После устранения неисправности необходимо места паяк и подгоночных поверхностей покрыть шпалон-лаком, собрать прибор и проверить его по методике, описанной в гл. 1.

В радиолокационных условиях в качестве образцового обычно выбирают более точный, заводом исправный прибор, в том числе цифровой.

Показания поверяемого прибора с показаниями образцового (рис. 23, 24) на всех оцифрованных отметках сливаются только на одном из пределов измерения постоянного тока и напряжения, переменного тока и напряжения, на остальных пределах проверяют совпадение отклонений стрелки на конечных отметках шкал.

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Основой электромеханических (стрелочных) комбинированных приборов является магнитоэлектрический измерительный механизм (микроамперметр), характеристики которого во многом определяют качество прибора в целом. Поэтому расчет и выбор элементов прибора начинают после выбора микроамперметра и определения его параметров: тока полного отклонения I_1 и внутреннего сопротивления $R_{в}$. Обычно значения параметров указаны на шкале прибора, в противном случае их определяют экспериментально с помощью вспомогательных измерительных приборов, например микроамперметра. Для этого собирают установку по схеме на рис. 22, б и, перемещая движок переменного резистора $R1$ снизу вверх (по схеме), устанавливают стрелку микроамперметра $PA1$ на конечное значение шкалы. Вспомогательный микроамперметр $PA2$ покажет значение тока полного отклонения I_1 исследуемого микроамперметра. Для определения значения внутреннего сопротивления $R_{в}$ цепь исследуемого микроамперметра шунтируют резистором, сопротивление $R_{ш}$ которого подбирают таким образом, чтобы показание исследуемого микроамперметра I_1 уменьшилось примерно наполовину. Внутреннее сопротивление рассчитывают по формуле

$$R_{в} = R_{ш} (I_1 / I_2 - 1).$$

Внутреннее сопротивление микроамперметра можно также определить, зная напряжение $U_{н.з}$ зажимах исследуемого микроамперметра при токе полного отклонения I_1 , тогда $R_{в} = U_{н.з} / I_1$. Для этой цели годится милливольтметр с пределом измерения 100...500 мВ или комбинированный прибор с соответствующими пределами измерения.

Если имеется возможность выбора микроамперметра, то следует выбрать прибор более высокого класса точности с возможно меньшими током полного отклонения I_1 (не более 200 мкА) и напряжением полного отклонения $U_{н.з}$. Чем меньше ток полного отклонения микроамперметра, тем выше входное сопротивление вольтметра и шире диапазон (вверх) встроенного омметра. Меньшее напряжение полного отклонения микроамперметра соответствует меньшему внутреннему сопротивлению цепи амперметра и большей точности измерения сопротивления.

Чем выше класс точности микроамперметра, тем меньшая погрешность может быть достигнута во всех видах измерений будущим комбинированным прибором. При использовании микроамперметра с классом точности 1,0; 1,5, правильных расчетов и выборе элементов можно получить приведенную погрешность измерения тока и напряжения не хуже 2,5 % на постоянном и 4 % на переменном токе.

В процессе проектирования или выбора схемы комбинированного прибора следует учитывать потребности практической деятельности. Обычно предусматривают измерение тока от единиц микроампер до единиц ампер, напряжения от десятков милливольт до тысячи вольт и сопротивления от единиц ом до десятков мегаом. Нижние пределы измерения тока и напряжения определяют параметрами микроамперметра, верхние могут быть расширены, если необходимо, но это приводит к усложнению схемы.

Наиболее распространен комбинированный прибор, позволяющий измерять пять электрических величин: постоянные ток и напряжение, переменные ток и напряжение низкой частоты, сопротивление постоянному току. Такие приборы имеют как минимум три шкалы — постоянного тока, переменного тока и омметра. Для обеспечения требуемой точности измерений во всем интервале измеряемой величины прибор должен иметь несколько пределов, что достигается применением переключаемых шунтов и добавочных резисторов, рассчитанных должным образом.

Отношение максимальных значений смежных пределов измерения называют переходным множителем шкалы. Наиболее удобен множитель $N = 10$, тогда пределы выглядят так: 1, 10, 100, 1000 В, но при этом не обеспечивается необходимая точность измерения во всем интервале измеряемой величины. Поэтому для повышения точности измерений в комбинированных приборах предельные значения выбирают соответствующим рядом чисел 1, 2, 5, 10, 25, 250, 500, 500, 1000 или 0,3, 1,5, 3, 7,5, 30, 75, 150, 300, 600, применяя для отсчета общую шкалу соответствующего рода тока.

Для омметра обычно полагают переходной множитель $M = 10$.

Выбранные пределы измерения должны быть согласованы с параметрами выбранного микроамперметра. Например, при выбранном микроамперметре с $I_1 = 100$ мкА и $R_{в} = 860$ Ом нельзя вводить предел измерения 75 мВ, так как $U_{н.з} = I_1 R_{в} = 86$ мВ, для этого же микроамперметра нерационально введение предела измерения 50 МОм, поскольку напряжение источника питания такого омметра будет иметь значение около 1000 В.

Разработка схемы комбинированного прибора состоит из выбора и расчета схем отдельных измерителей и взаимного их согласования на основе выбранных элементов коммутации. Изменять вид измеряемой величины и предел измерения можно с помощью различных переключателей, использования набора гнезд или комбинированным способом. Применение галетных или многоконтактных клавишных (кинопочных) переключателей упрощает эксплуатацию прибора, но усложняет его схему и уменьшает надежность из-за большого числа групп контактов. Коммутация с помощью набора гнезд упрощает схему прибора, но повышает опасность ошибочного включения.

Следует предусмотреть защиту от ошибочного включения, например включить в цепь общего зажима предохранитель на ток, в 1,5—2 раза превышающий максимальный предел измерения тока, или защиту измерительного механизма двумя встречно-параллельно включенными кремневыми диодами, не оказывающими влияния на параметры измерительного механизма.

Конструкцию прибора определяет принципиальная схема. Органы управления комбинированного прибора размещают равномерно по всей площади лицевой панели, группируя по назначению.

При монтаже элементы и детали закрепляют надежно, чтобы исключить их деформацию и возможность взаимного соприкосновения в различных экстремальных ситуациях (ударах, сотрясениях и пр.). Все соединения выполняют изолированным проводом соответствующего сечения. Источник питания омметра помещают в отдельный отсек для того, чтобы в случае разгерметизации элементов источника электролит не попал на элементы прибора.

Выбранные детали должны быть исправными и иметь устойчивые во времени и мало зависящие от условий эксплуатации характеристики. Регулировка комбинированного прибора заключается в такой подгонке значений сопротивлений шунтов и добавочных резисторов, которая обеспечивает получение выбранных пределов измерений. Прежде всего подгоняют элементы, общие для всех видов измерений, а затем элементы отдельных измерителей.

Градуируют шкалы измерителей по методике, описанной в гл. 4.

В общем случае шкала переменного напряжения (тока) не совпадает со шкалой постоянного напряжения (тока). Но при одинаковых предельных значениях обеих шкал их соответствующие деления, несколько смещенные одно относительно другого, расположены близко, что позволяет использовать один ряд чисел для отсчета по обеим шкалам.

Рассмотрим ряд схем комбинированных приборов и методику расчета элементов.

Вольтмиллиамперметр постоянного тока. Пусть имеется в наличии микроамперметр М494 с током полного отклонения $I_n = 100$ мкА класса точности 1,5 с внутренним сопротивлением $R_n = 650$ Ом. Требуется спроектировать прибор с пределами измерения 1, 10, 100 мА, 1 А, 1, 10, 100, 1000 В, 1...100, 100...1000 Ом, 0,1...10, 1...100 кОм. Выбираем схему прибора с универсальным шунтом, отдельными на каждый предел измерения добавочными резисторами, последовательную схему для омметра и комбинированную коммутацию пределов измерения (рис. 25).

Сопротивление резисторов универсального шунта $R_5, R_7, R_9, R_{11}, R_{13}$ рассчитывают, начиная с верхнего предела измерения, по формуле

$$R_n = \frac{I_n}{I_N} (R_n + R_{14} + R_x),$$

где R_n — сумма значений сопротивления резисторов универсального шунта, включенных в шунтирующую цепь, I_n — ток полного отклонения и внутреннее сопротивление микроамперметра, I_N — предел измерения, R_{14} — сопротивление подгоночного добавочного резистора, включенного в цепь микроамперметра, $R_{14} = (0,1...0,4) R_n$; R_x — суммарное сопротивление всех резисторов универсального шунта:

$$R_x = \frac{R_n + R_{14}}{n-1} = \frac{R_n + R_{14}}{I_n' - I_n} \quad I_n' = R_3 + R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13},$$

где I_n' — ток полного отклонения прибора при наличии универсального шунта

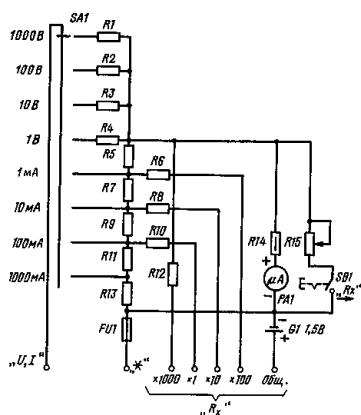


Рис. 25. Схема электрическая принципиальная вольтмиллиамперметра постоянного тока

(определяет входное сопротивление вольтметра);

$$R_x = \frac{R_n + R_{14}}{I_n' - I_n} \quad I_n' = \frac{650 + 160}{200 \cdot 10^{-6} - 100 \cdot 10^{-6}} 100 \cdot 10^{-6} = 800 \text{ Ом};$$

$$R_{13} = \frac{I_n}{I_{N1}} (R_n + R_{14} + R_x) = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{1} (650 + 150 + 800) = 0,16 \text{ Ом};$$

$$R_{11} = \frac{I_n}{I_{N2}} (R_n + R_{14} + R_x) - R_{13} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{0,1} (650 - 150 + 800) - 0,16 = 1,44 \text{ Ом};$$

$$R_9 = \frac{I_n}{I_{N3}} (R_n + R_{14} + R_x) - R_{13} - R_{11} = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-3}} (650 + 150 + 800) = 0,16 - 1,44 = 14,4 \text{ Ом};$$

$$R_7 = \frac{I_n}{I_{N4}} (R_n + R_{14} + R_x) - R_{13} - R_{11} - R_9 = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} (650 + 150 + 800) - 0,16 - 1,44 - 14,4 = 144 \text{ Ом};$$

$$R_5 = R_x - (R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13}) = 800 - (144 + 14,4 + 1,44 + 0,16) = 640 \text{ Ом}.$$

Падение напряжения на миллиамперметре

$$U_m = I_{N1} R_{13} = 1 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ В.}$$

входное сопротивление вольтметра на пределе 1 В

$$R_{в1} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} = 5000 \text{ Ом.}$$

Для того чтобы улучшить характеристики миллиамперметра, уменьшив U_m , необходимо увеличить ток полного отклонения I_m , но при этом уменьшается входное сопротивление вольтметра.

Значения сопротивлений добавочных резисторов вольтметра $R_1 - R_4$ вычисляются по формуле

$$R_m = \frac{U_N}{I_m} - \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N},$$

где R_m — добавочный резистор, соответствующий пределу измерения:

$$R_4 = \frac{U_{N4}}{I_m} - \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4600 \text{ Ом;}$$

$$R_3 = \frac{U_{N3}}{I_m} - \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{10}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 49 \text{ 600 Ом;}$$

$$R_2 = \frac{U_{N4}}{I_m} - \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{100}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 499 \text{ 600 Ом;}$$

$$R_1 = \frac{U_{N5}}{I_m} - \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{1000}{200 \cdot 10^{-6}} - \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 4 \text{ 999 600 Ом.}$$

Для омметра источником питания может служить элемент 373 с минимальным напряжением U_{min} , равным 1 В. Чтобы рассчитать сопротивление резисторов R_6, R_8, R_{10}, R_{12} омметра, нужно определить результирующее сопротивление миллиамперметра на каждом пределе измерения относительно входных зажимов омметра, причем влиянием переменного резистора $R_{15} = 5 \dots 10 \text{ кОм}$ можно пренебречь, так как результирующее сопротивление миллиамперметра существенно меньше сопротивления этого резистора. При расчете будем считать, что входные зажимы омметра замкнуты.

$$R_{100 \text{ мА}} = \frac{(R_x + R_{14} + R_5 + R_7 + R_9)(R_{11} + R_{13})}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{(650 + 150 + 640 + 144 + 14,4)(1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 1,598 \text{ Ом;}$$

$$R_{10 \text{ мА}} = \frac{(R_x + R_{14} + R_5 + R_7)(R_9 + R_{11} + R_{13})}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{(650 + 150 + 640 + 144)(1,44 + 1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 15,84 \text{ Ом;}$$

$$R_{1 \text{ мА}} = \frac{(R_x + R_{14} + R_5)(R_7 + R_9 + R_{11} + R_{13})}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{(650 + 150 + 640)(1,44 + 1,44 + 1,44 + 0,16)}{650 + 150 + 800} = 144 \text{ Ом;}$$

$$R_{12} = \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N} = \frac{(650 + 150)800}{650 + 150 + 800} = 400 \text{ Ом;}$$

$$R_{10} = \frac{U_{min}}{I_{100 \text{ мА}}} - R_{100 \text{ мА}} = \frac{1}{0,1} - 1,598 = 8,402 \text{ Ом;}$$

$$R_8 = \frac{U_{min}}{I_{10 \text{ мА}}} - R_{10 \text{ мА}} = \frac{1}{0,01} - 15,84 = 84,16 \text{ Ом;}$$

$$R_6 = \frac{U_{min}}{I_1 \text{ мА}} - R_1 \text{ мА} = \frac{1}{0,001} - 144 = 856 \text{ Ом;}$$

$$R_{12} = \frac{U_{min}}{I_m} - R_{12} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-6}} - 400 = 4600 \text{ Ом.}$$

При отсутствии номиналов резисторов, близких к расчетным значениям, следует использовать последовательное и параллельное соединения резисторов с последующей подгонкой на каждом пределе в соответствии с рекомендациями, изложенными в четвертой главе.

Сопротивление резистора R_{15} выбирают из условия

$$R_{15} = (3 \dots 10) \frac{(R_x + R_{14})R_N}{R_x + R_{14} + R_N}.$$

Важно правильно выбрать резисторы по рассеиваемой мощности, что влияет на точность измерения. В технике измерений нагревание добавочных резисторов и шунтов недопустимо. Поэтому номинальная мощность рассеивания резисторов должна превышать в пять и более раз расчетную мощность R , вычисленную по формуле

$$P = R I^2.$$

где R — сопротивление резистора, I — максимальный ток, протекающий через резистор.

Простой комбинированный прибор. На рис. 26—28 представлены три схемных варианта комбинированного прибора — ампервольтметра, с помощью которого можно измерять постоянное и переменное напряжения, постоянный ток и сопротивление постоянному току. Варианты отличаются элементами коммутации, число пределов измерений указано ориентировочно и определяется переключателем пределов. Номиналы добавочных резисторов и шунтов на схемах не указаны, их рассчитывают в соответствии с выбранными пределами и имеющимся в наличии микроамперметром по описанной выше методике.

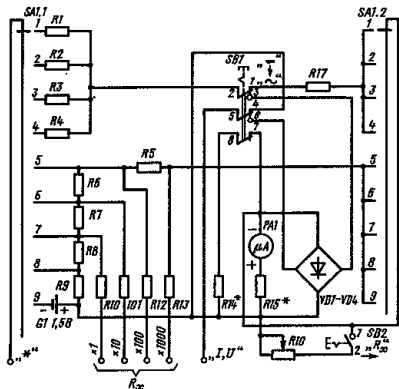


Рис. 26. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 1)

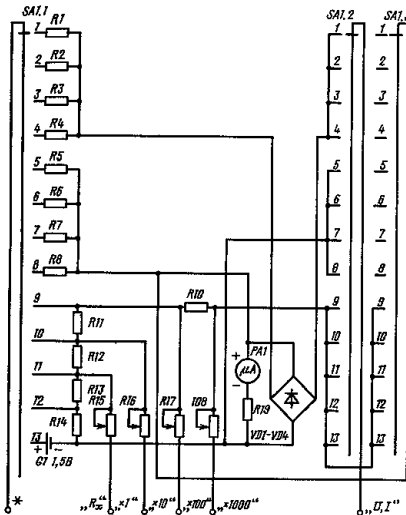


Рис. 28. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 3)

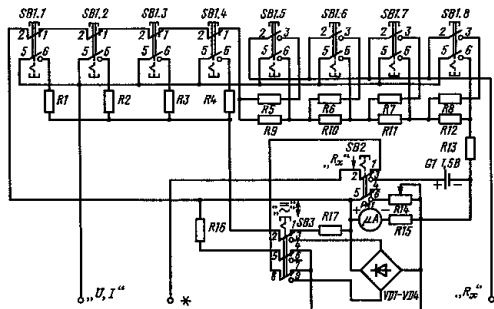


Рис. 27. Схема электрическая принципиальная простого комбинированного прибора (вариант 2)

Несмотря на простоту прибор имеет хорошие метрологические характеристики и прежде всего максимально достижимое входное сопротивление вольтамперметра постоянного тока при минимальном сопротивлении цепи миллиамперметра. Это обеспечено рациональным включением микроамперметра. Дело в том, что цель универсального шунта при измерении напряжения разрывается и ток, потребляемый вольтметром, оказывается равным току отклонения микроамперметра. Следовательно, суммарное значение сопротивления универсального шунта можно уменьшить при сохранении выбранных пределов измерения тока, что позволит существенно снизить падение напряжения на резисторах шунта и тем самым уменьшить степень влияния миллиамперметра на объект измерения. Применение диодного моста снижает ток, потребляемый вольтметром переменного тока, до (1,1...1,3) I_н по сравнению с наиболее распространенными в комбинированных приборах мостами на двух диодах и двух

резисторах, что позволяет повышать входное сопротивление вольтметра переменного напряжения.

Диоды для моста следует выбирать по трем точкам вольт-амперной характеристики. Для этого можно воспользоваться любым многопредельным омметром или комбинированным прибором. Достаточно измерить сопротивление диодов в прямом направлении (положительный вывод омметра к аноду диода) на трех пределах омметра и отобрать диоды с одинаковыми значениями сопротивления на всех трех пределах.

Добавочные резисторы вольтметра переменного тока рассчитывают так же, как для вольтметра постоянного тока, но с учетом, что ток полного отклонения микроамперметра с выпрямителем $I_m = (1...1,3) I_m$. Более точное значение тока I_m определяют экспериментально.

В первых двух вариантах прибора (рис. 26, 27) резисторы R_{14} и R_{16} соответственно выполняют роль шунтирующего в цепи микроамперметра, необходимого для уравнивания по току полного отклонения микроамперметра при измерении постоянного и переменного напряжений, ориентировочно $R_{14} (R_{16}) = R_m / (I_m - I_m)$. Окончательно сопротивление подбирают при регулировке. Использование этих резисторов дает возможность применять в качестве добавочных один и те же резисторы ($R_1 - R_4$) на постоянном и переменном токах, а расчет вести только по току полного отклонения микроамперметра с выпрямителем I_m .

Резистор R_{17} уравнивает падение напряжения U_m на микроамперметре и U_m на диодном мосте $VD_1 - VD_4$:

$$R_{17} = (U_m - U_m) / I_m$$

Точное сопротивление резистора R_{17} устанавливают перед регулировкой вольтметра постоянного тока.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора для первого варианта следующий: $PA_1, VD_1 - VD_4, R_{15}, R_{14}, R_9, R_8, R_7, R_6, R_5, R_{17}, R_4, R_3, R_2, R_1, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{13}, R_{16}$. То же для третьего варианта: $PA_1, VD_1 - VD_4, R_{14}, R_{13}, R_{12}, R_{11}, R_{10}, R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18}, R_5 - R_8, R_{14} - R_{16}$.

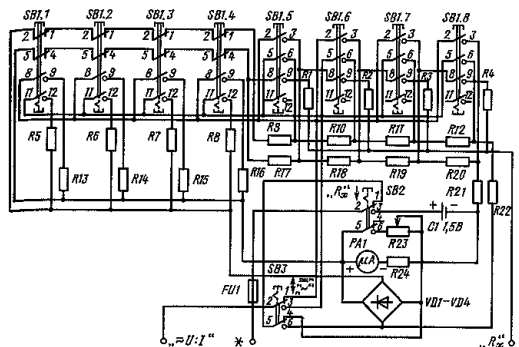
Комбинированный прибор, электрическая принципиальная схема которого изображена на рис. 29, позволяет измерять постоянный и переменный ток и напряжения, сопротивление постоянному току. Число пределов измерений и их значения выбирают с учетом потребностей и имеющихся возможностей.

Для упрощения регулировки в приборе применены раздельные универсальные шунты для постоянного ($R_{17} - R_{21}$) и переменного ($R_9 - R_{12}, R_{22}$) токов, отключаемые при измерении напряжений, добавочные резисторы на каждый предел измерения постоянного и отдельно на каждый предел измерения переменного напряжения. Множитель встроенного омметра выбирают переключателем SB_1 (секции $SB_{1.5} - SB_{1.8}$), предназначенным также для выбора пределов измерения тока. Переключатель SB_1 (PI_2K) с зависимой фиксацией.

Комбинированный прибор является дальнейшим усовершенствованием второго варианта предыдущего прибора.

Порядок расчета, выбора и подгонки элементов комбинированного прибора по схеме на рис. 29 аналогичен описанному ранее и с учетом обозначения элементов следующий: $PA_1, VD_1 - VD_4, R_{24}, R_{21}, R_{20}, R_{19}, R_{18}, R_{17}, R_{22}, R_{12}, R_{11}, R_{10}, R_9, R_{13} - R_{16}, R_5 - R_8, R_1 - R_4, R_{23}$.

Комбинированный прибор радиовлюбителя. Предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, сопротивления постоянному току, обратного



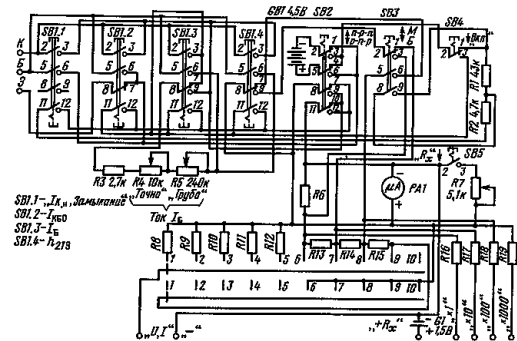


Рис. 30. Схема электрическая принципиальная прибора радиодлюбителя

При измерении статистического коэффициента передачи тока h_{213} в цепи базы используемого транзистора переменными резисторами R4 и R5 устанавливают определенный ток I_B : 25, 50 или 100 мкА на пределе 0,1 мА для маломощных и 0,5, 1 мА на пределе 1 мА для мощных транзисторов. Ток в цепи коллектора I_K измеряют на пределе $I_K = 10$ мА для маломощных и на пределе $I_K = 100$ мА для мощных транзисторов. Максимальные значения статистического коэффициента передачи тока будут соответственно равны 400, 200, 100 для маломощных и 200, 100 для мощных транзисторов.

Сопротивление резисторов R3—R5 выбирают из следующих соотношений:

$$R3 \approx 0,8 \frac{U}{I_{B \max}}; R3 + R4 \geq \frac{U}{I_{B \min}},$$

$$R3 + R4 + R5 \geq \frac{U}{I_{B \min}}.$$

где U — напряжение питания; $I_{B \max}$ и $I_{B \min}$ — максимальное и минимальное значения устанавливаемого тока базы при испытании транзисторов большой мощности; $I_{B \min}$ — минимальное значение устанавливаемого тока базы при испытании маломощных транзисторов.

Резисторы R1 и R2 предназначены для ограничения тока через микроамперметр при проверке транзисторов на отсутствие замыкания и при проверке исправности диодов. Сопротивление резистора R1 должно быть таким, чтобы при замкнутых зажимах «К» и «Э» прибора в положении « $I_{K, \text{н}}$ Замыкание» переключателя SB1 (SB1.1) показания прибора в положениях «М» и «Б» переключателя SB3 были равны (напряжение источника питания GB1 должно быть номинальным), что необходимо в дальнейшем для определения пригодности источника питания по равенству показаний прибора.

Для проверки транзистора его подключают к зажимам прибора в соответствии с школевой, переключатель SB2 устанавливают в положение, определяемое структурой транзистора, переключатель SA1 — в положение «10». Ток I_B в цепи базы устанавливают резисторами R4 («Точно») и R5 («Грубо») при нажатой кнопке SB4 и при необходимых переключениях, определяемых табл. 8.

Испытуемый диод подключают выводами к зажимам «К» и «Э» (переключатель SA1 установлен в положение «10»), переключатель SB1 устанавливают в положение « $I_{K, \text{н}}$ Замыкание» (SB1.1). Переключателем SB2 изменяют полярность подключения источника питания SB1. При измерении обратного тока переключатель SB3 возвращают в положение «М».

На рис. 31 представлена электрическая принципиальная схема приставки к комбинированному прибору, предназначенной для проверки диодов и транзисторов. Возможности приставки такие же, что и у описанного выше прибора радиодлюбителя. Ее подключают к входным зажимам комбинированного прибора, который устанавливают в режим измерения малых значений постоянного тока.

Сопротивление резисторов R6—R8 рассчитывают по формуле

$$R = \frac{R_N}{1 - I_N} I_N = \frac{U_N}{1 - I_N},$$

где R — сопротивление резистора шунта (R6—R8), R_N — внутреннее сопротивление прибора на выбранном пределе измерения, I_N — выбранный предел измерения тока, U_N — падение напряжения на внутреннем сопротивлении прибора при выбранном пределе, I — значение тока, до которого необходимо расширить предел измерения приставки (I_B ; I_K ; I_K).

Например, для прибора Ц4313 $I_N = 60$ мкА, $U_N = 75$ мВ, значения тока I следует выбрать $I_B = 0,6$ мА, $I_K = 6$ мА, $I_K = 60$ мА. Если выбрать $I_N = 120$ мкА, $U_N = 0,12$ В (сй. технические характеристики), то значения тока I следует выбрать $I_B = 1,2$ мА, $I_K = 12$ мА, $I_K = 120$ мА.

Таблица 8. Состояние переключателей прибора при измерении параметров транзисторов

Измеряемый параметр	Качественные значения шкалы, мА	Положения переключателя						
		SB1.1	SB1.2	SB1.3	SB1.4	SB3		SA1
						М	Б	
$I_{K, \text{н}}$	0,1	×				×		10
I_{KB0}	0,1	×	×			×	×	10
I_B	0,1		×			×		10
	1			×		×		10
	10			×		×		10
h_{213}	100			×		×		10
«Замыкание»	0,1	×				×	×	10

Примечание. Знак × означает включенное положение переключателя.

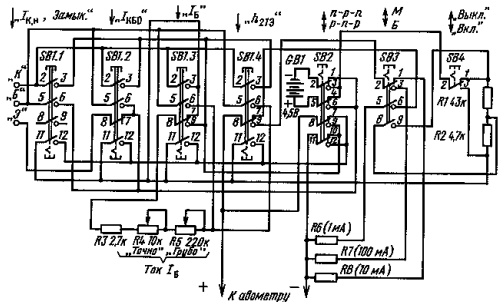


Рис. 31. Схема электрическая принципиальная приставки к комбинированному прибору

Регулировка приставки заключается в подгонке пределов измерений I_5 , I_6 , I_7 , I_8 по описанной выше методике.

Прибор автолюбителя предназначен для измерения постоянного напряжения на пределах 25 и 2,5 В, сопротивления постоянному току и частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля. Это позволяет контролировать напряжение аккумуляторной батареи в целом и отдельно каждого аккумулятора, оценивать степень его заряженности, контролировать работу генератора и регулятора напряжения, устанавливать требуемую частоту вращения коленчатого вала двигателя, проверять исправность предохранителей, ламп накаливания и других цепей системы электрооборудования автомобиля.

Прибор доступен в изготовлении и прост в наладживании. Он состоит (рис. 32) из тахометра (резисторы $R1$, $R6$ — $R8$, диоды $VD1$ — $VD5$, конденсаторы $C1$ и $C2$, микроамперметр $PA1$), вольтметра $R2$, $R3$, $R7$, $R8$ и омметра $PA1$ ($R4$, $R7$ — $R9$, $R10$, источник литания $G1$ на 1,2...1,5 В и $PA1$) и нагрузочного резистора $R5$ с кнопкой $SB1$.

Вид измерения выбирают переключателем $SA1$.

Для измерения прибор подключают зажимом «—» к корпусу автомобиля. В положении 1 переключателя $SA1$ измеряют частоту вращения коленчатого вала, при этом шуп «п, U, R» прибора подключают к выводу конденсатора прерывателя. Импульсное напряжение с контактов прерывателя поступает на сформировать прямоугольные импульсы ($R1$, $C1$). Параметрический стабилизатор ($R6$, $VD1$) ограничивает импульсы по напряжению, после чего они через конденсатор $C2$ поступают на диодный выпрямительный мост $VD2$ — $VD5$. Конденсатор $C2$ преобразует прямоугольные положительные импульсы в последовательность положительных и отрицательных коротких импульсов, параметры которых практически не зависят от параметров импульсов на прерывателе.

Выпрямленное напряжение измеряет милливольтметр, состоящий из микроамперметра $PA1$ и резистора $R7$. Милливольтметр измеряет среднее значение импульсного напряжения на нагрузке выпрямителя — резисторе $R8$. Оно пропор-

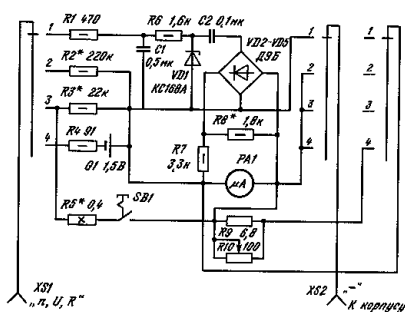


Рис. 32. Схема электрическая принципиальная прибора автолюбителя

ционально и частоте следования импульсов, и соответственно частоте вращения коленчатого вала двигателя.

В положениях 2 и 3 переключателя $SA1$ прибор работает как вольтметр соответственно на 25 и 2,5 В. Причем на пределе 2,5 В имеется возможность подключить кнопку $SB1$ параллельно входным зажимам прибора нагрузку — резистор $R5$, сопротивление которого вычисляют по формуле $R5 = U_A / I_5$, где U_A — напряжение на зажимах аккумулятора под нормальной нагрузкой, обычно $U_A = 2$ В, I_5 — номинальный ток зарядки, численно равный 0,1 номинальной емкости аккумуляторной батареи. Если при подключении резистора $R5$ напряжение на аккумуляторе снижается до 2...2,1 В, а в дальнейшем в течение 1...2 мин остается постоянным, можно считать, что он заряжен нормально.

В положении 4 переключателя $SA1$ прибор работает как омметр. На «нуль» омметр устанавливают резистором $R10$.

Номиналы резисторов указаны для случая использования микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА и внутренним сопротивлением около 800 Ом.

Налаживание прибора начинают с тахометра. Прежде всего необходимо отраздировать шкалу тахометра, для этого на стекло микроамперметра наклеивают узкую дугообразную полосу гофрированной бумаги (или халыки), повторяющую по форме основную шкалу, но закрывающую ее (разбирать микроамперметр не рекомендуется). От нулевой до конечной отметки основной шкалы на полосу бумаги делают отметки, расположенные равномерно, например через 500 мин^{-1} (0, 5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60) $\times 100 \text{ мин}^{-1}$, причем цифровывают отметку через одну.

Затем тахометр в сборе подключают к источнику напряжением около 20 В, частотой 50 Гц и подборкой резистора $R8$ добиваются установки стрелки прибора на отметку 1500 мин^{-1} .

Пределы измерения вольтметра подгоняют по ранее описанной методике. Омметр градуируют по результатам измерения сопротивления образцовых резисторов, делая при этом соответствующие отметки на шкале.

Пределы измерения омметра при указанных на схеме номиналах — примерно от 10 до 1000 Ом.

В приборе можно применить микроамперметр с другими характеристиками, но при этом придется изменить номиналы резисторов R2, R3, R7—R9.

Приставка, принципиальная электрическая схема которой представлена на рис. 33, предназначена для проверки биполярных и полевых транзисторов, а также для измерения их основных параметров.

Элементы приставки рассчитаны для применения в комбинированном приборе Ц20-05. Приставку можно использовать с любым комбинированным прибором или самостоятельно с отдельным микроампервольтметром при условии пересчета номинальных сопротивлений резисторов, помеченных знаком «*».

ПРИСТАВКА сконструирована на основе переключателей П2К. Переключатели SB1 и SB5 — кнопочного типа, остальные с независимой фиксацией. Переключатель SB3 — двоянный, объединенный единой клавишей. Возможно применение переключателя на четыре переключающих контакта, однако при этом увеличиваются «в глубину» габаритные размеры приставки.

Резисторы R2 и R3 предназначены для ограничения и установки тока в цепи базы транзисторов. Резисторы R1, R4, R6 выполняют роль шунтов, соответственно на 15, 150 и 1,5 мА. Резисторы R5 и R7 являются делителем напряжения для подачи на затвор полевых транзисторов напряжения смещения.

Резисторы R2, R5, R7 — любого типа (желательно малогабаритные) на указанные номиналы. Резистор R3 — СП4-2М или другого типа с линейной характеристикой (группы А). В качестве резистора R3 следует применять два последовательно соединенных резистора с сопротивлениями 10...43 кОм (точно) и 300...390 кОм (грубо).

Конструктивно приставку выполняют в виде отдельного блока или, что наиболее целесообразно, размещают внутри комбинированного прибора Ц20-05 в его нижней части, позади отсека питания, для чего в корпусе прибора высвер-

ливают (прорезают) отверстия под кнопки (клавиши) и винты крепления переключателя.

Штыри переключателей укорачивают с двух сторон до 2...3 мм.

Резистор R3 размещают на боковой стенке корпуса.

Р4. Настройка приставки заключается в подборе сопротивлений резисторов R1, R6 на указанные номинальные токи.

При подборе сопротивления резистора R1 необходимо нажать и зафиксировать переключатель SB2, а к жазам эмиттер «э» и «к» подключить последовательно соединенные мультиметр на 15...25 мА к переменный резистор 510...910 Ом. В качестве R1 можно взять резистор с номинальными значениями 51...68 Ом, параллельно ему подключить резисторы с номинальными сопротивлениями десятки ом, добиться максимальных показаний встроенного прибора с пределом 15 мА.

Затем при нажатой кнопке переключателя SB4 подбирают значение резистора R6. Последовательно соединенные переменный резистор 3,1...24 кОм и миллиамперметр на 1,5...2,5 мА подключают к зажимам «з» и «б». Резистор R6 берут сопротивлением 51...68 Ом, параллельно ему подключают резисторы со сопротивлениями сотен Ом и подбирают суммарное сопротивление резистора R3 таким образом, чтобы максимальное отклонение измерительного прибора составляло 1,5 мА.

Резистор R4 — проволочный из манганина или константана диаметром 0,3 мм, длиной 60...100 мм. Подбор сопротивления заключается в выборе длины провода, при этом максимальное отклонение встроеного в комбинированный прибор измерителя должно соответствовать 150 мА при нажатых кнопках SB2 и SB4. К жазимам «з» и «к» подключают последовательно соединенные переменный резистор сопротивлением 51...100 Ом и миллиамперметр на 150...250 мА.

В качестве R4 возможно применение резистора типа С2-34 или С5-43 сопротивлением 0,5 Ом с последующим подключением параллельно резисторов с номинальным значением единицы ом.

При выполнении операций по наладке приставки следует использовать внешний источник питания, можно однополярный.

Перед работой с приставкой необходимо убедиться, что все кнопки прибора Ц20-05 отжаты, в том числе и кнопка «Вкл.»

Порядок работы следующий:
ручку резистора (резисторов) R3 установить в крайнее левое положение, что соответствует максимальному значению сопротивления:

установить переключатели SB3 и SB4 в соответствии с проводимостью и мощностью испытуемого транзистора;

подключить испытуемый транзистор к выходным зажимам;
при малом отклонении стрелки прибора, вращая ручку резистора R3, убедиться в увеличении показаний (отсутствие показаний прибора говорит об обрыве в цепи эмиттер — база транзистора);

кратковременно нажать кнопку SB1 («зашкаливание» стрелки прибора говорит о пробое перехода эмиттер — коллектор транзистора или неправильном выборе проводимости), прибор должен показывать значение тока $I_{\text{кз}}$ по шкале 30, при этом показания в делениях необходимо умножить на 4 мкА;

ручкой резистора R3 установить стрелку прибора на отметку 10 и нажать кнопку (клавишу) переключателя SB2, снять отчет в делениях по шкале 30 и умножить на 10, получившее значение соответствует коэффициенту передачи тока транзистора $h_{21э}$; если стрелка прибора «зашкаливает», то ручкой резистора R3 выставить стрелку прибора в пределах шкалы, отжать кнопку SB2 и в меньшую сторону выставить значение тока базы, кратное 10 делениям, а

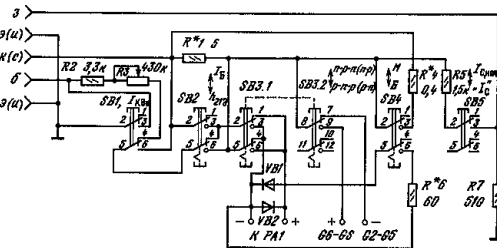


Рис. 33. Схема электрическая принципиальная приставки для измерения параметров транзисторов.

При измерении параметров полевых транзисторов кнопка SB2 должна быть нажат

именно 5; 25 делений, и соответственно при измерении коэффициента h_{21} отсчет по шкале 30 следует умножать на 20 и 40.

При проверке полевых транзисторов нажать кнопку переключателя SB2 и установить тип перехода переключателем SB3, подключить транзистор к входным зажимам и снять отсчет по шкале 0—30 прибора, показывая в делениях умножить на 0,5 мА ($I_{C \text{ накл}}$):

нажать кнопку SB5 и снять отсчет в делениях, умножив на 0,5 мА (I_C); вычислить значение крутизны полевого транзистора по формуле

$$S = \frac{I_{C \text{ накл}} - I_C}{i,5}$$

Пristавка к комбинированному прибору Ц20-05, электрическая принципиальная схема которой приведена на рис. 34, предназначена для измерения емкости конденсаторов от единиц пикофард до единиц микрофард, емкости монтажа, емкости переходов полупроводниковых приборов, определения места обрыва кабелей. Приставка может служить генератором фиксированных частот.

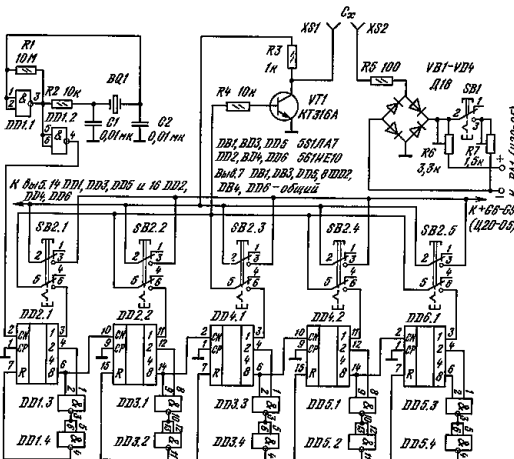


Рис. 34. Схема электрическая принципиальная для измерения емкостей конденсаторов

Диапазон измеряемых емкостей разбит на 10 поддиапазонов: 0...100, 0...300; 0...1000; 0...3000; 0...10 000; 0...30 000; 0...100 000 пФ; 0...0,3; 0...1; 0...3 мкФ.

«Шкала» приставки практически линейна. Погрешность измерения не превышает 5 %.

Принцип действия приставки основан на измерении средневыврявленного значения тока, проходящего через измеряемую емкость под действием импульсного напряжения прямоугольной формы со скважностью, равной 2.

Значение тока определяется частотой импульсного напряжения и измеряемой емкостью.

Приставка состоит из кварцевого генератора (DD1.1, DD1.2, R1, R2, C1, C2, BQ1), делителя частоты (DD1.3, DD1.4, DD2—DD6), коммутатора SB2, ключа VT1 и измерителя VD1—VD4, R5—R7, PA1 (Ц20-05).

Кварцевый резонатор может иметь резонансную частоту 200...1000 кГц. Делитель частоты выполнен из пяти декадных счетчиков на базе двоичных 4-разрядных двоичных счетчиков.

Выходом каждого счетчика является выход первого триггера, откуда снимается выходной сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной 2, что позволило получить практически линейную характеристику приставки, а также дискретно изменять пределы измерения, не подстраивая каждый из пределов.

Пределы измерения, кратные десяти, выбирают с помощью переключателя SB2, смежный предел задается и настраивается с помощью шунтирующего резистора R7.

Ключ VT1 необходим для согласования маломощного выхода делителя частоты с выходом генератора.

В приставке используются: переключатель SB1 любой, например П2К с независимой фиксацией, МТ-1; переключатель SB2 типа П2К с зависимой фиксацией; резисторы R1—R5 малогабаритные типа МЛТ-0,125 или другие, R6, R7 — подстроечные типа ЦП5-2; конденсаторы керамические типа КТ или КМ. Вместо транзистора КТ315А можно применить транзисторы КТ315 с любым буквенным индексом или 2Т312. Микросхемы серии 561 можно заменить микросхемами серии 564 без какого-либо изменения электрической схемы. В качестве VD1—VD4 можно использовать диод типа Д9 или Д2.

Конструктивно приставка представляет собой переключатель со смонтированной на нем платой с элементами. Если приставка выполнена внутри прибора Ц20-05М1, то «штырьки» переключателя укорачивают с обеих сторон до 2...3 мм и все устройство размещают за отсеком питания в нижней части прибора.

Настройка устройства заключается в измерении известных значений емкости конденсаторов, вначале настраивают 0...100 или 0...1000 пФ с помощью резистора R6, используя шкалу 0...10, а затем смежный предел 0...300 пФ.

При настройке следует исключить влияние емкости, соединительных проводов и касания входных зажимов при измерении.

Чем выше частота генератора, тем выше чувствительность приставки, так при частоте генератора 500...600 кГц нижний предел может быть 0...30 пФ.

Работа с прибором проста и особых навыков не требует. При определении места обрыва кабеля или двухпроводной линии проводят два измерения C1 и C2 с обеих сторон кабеля и измеряют длину кабеля l , тогда расстояние до места обрыва кабеля

$$l_1 = \frac{C_1 + C_2}{1} C_1$$

Окончание табл. 11

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R14	BC-0,5-12±0,12 МОм	1	Подгоночное
R15	BC-0,5-24±2,4 кОм	1	
R16	1000±3 Ом, проволочный	1	
R17	84,6±0,25 Ом, проволочный	1	
R18	6,35±0,019 Ом, проволочный	1	
R19	4...6 кОм, проволочный	1	
R20	5,45±0,016 Ом, проволочный	1	
R21	700±2,1 Ом, проволочный	1	
R22	BC-0,5-296±2,96 кОм	1	
R23	24,6±0,0738 Ом, проволочный	1	
R24	2460±7,38 Ом, проволочный	1	>
R25	300...500 Ом, проволочный	1	
R26	BC-0,5-2000±200 Ом	1	
R27	BC-0,5-2000±200 Ом	1	
R28	450...700 Ом, проволочный	1	
R29	2500±7,5 Ом, проволочный	1	
R30	BC-0,5-2700±270 Ом	1	
R31	11±1,1 кОм, проволочный	1	
R32	250...900 Ом, проволочный	1	
R33	BC-0,5-7,5±0,75 МОм	1	>
R34	BC-0,5-119±1 МОм	1	
R35	BC-0,5-750±75 кОм	1	
R36	BC-0,5-11,9±0,1 МОм	1	

Диоды

VD1, VD2	Выпрямитель купоросный ВКВ-7-1А	2	
----------	---------------------------------	---	--

Таблица 12. Основные технические характеристики встроенного дивервольметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, мВ
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В	Постоянный	50	—
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 В	Переменный	50	—
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА	Постоянный	—	60
1000; 300; 100; 30; 10; 3,1; 0,3; 0,1 мА	Переменный	—	60

Примечание. Основная погрешность ±4 %.

Таблица 13. Частотные параметры прибора

Предел измерения, В	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000	20...55	20...55
300; 100	20...500	20...500
30	20...5000	20...5000
10; 3; 1; 0,3; 0,1	20...20 000	20...20 000

Комбинированный прибор Ц20-05

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 12—14 и на рис. 38—40.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжения составляет 20 кОм/В. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность окружающего воздуха до 90 % при температуре 30 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический механизм на ядрах с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 150 мкА.

Питание прибора осуществляется от девяти элементов типа 316. Разность значений напряжений источников G2—G5 и G6—G9 не должна превышать 1,2 В.

При измерении уровня передачи переменного напряжения на пределе 3V отсчет производится непосредственно по шкале «дВ». При переходе на другие пределы к показанию прибора необходимо прибавить число, указанное в табл. 15.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 16).

Таблица 14. Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение параметра	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×1 Ω×10 Ω×100 Ω×1000 дВ	0...1 кОм 0...10 кОм 0...100 кОм 0...1000 кОм —10...+12	30 3 0,3 0,03 0,05	1,5	64	±2,5
				52	±4

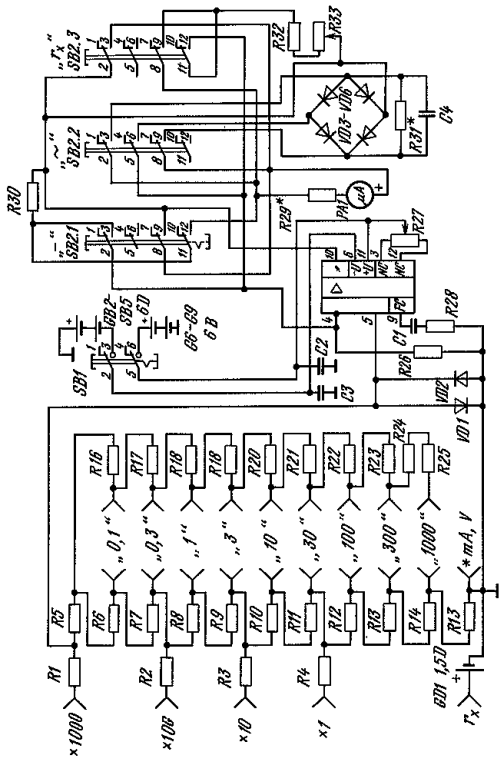


Рис. 38. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора И20-05

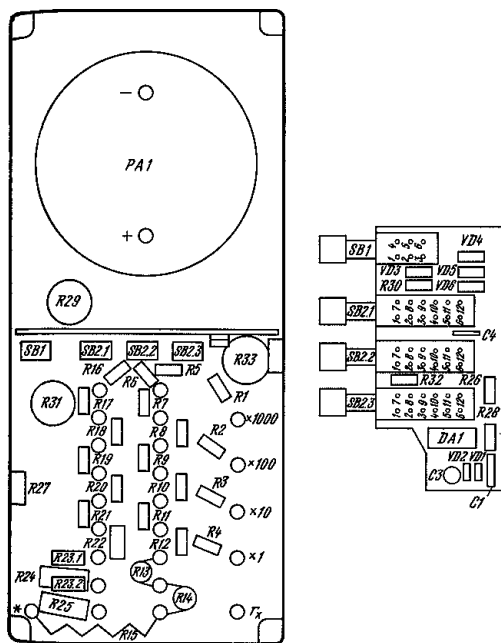


Рис. 39. Схема расположения элементов комбинированного прибора И20-05

Пределы		Элементы																								Элементы											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24, R25	SB1	SB2.1	SB2.2	SB2.3								
V	—	1000				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		300				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		100				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		30				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		10				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		3				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		1				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
		0,3				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
~	0,1				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	1000				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	300				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	100				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	30				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	10				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	3				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	1				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
mA	—	0,3				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
		0,1				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	~	1000				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		300				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		100				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		30				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		10				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		3				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		1				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
r _x	—	0,3				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
		0,1				x	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
	~	1000				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																					
		300				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		100				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		30				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		10				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		3				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						
		1				x	x	x	x	x	x	x	x	x	+																						

Рис. 40. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц20-05

Таблица 15. Поправочные числа к пределам измерения									
Предел измерения, В	0,1	0,3	1	3	10	30	100	300	1000
Поправочное число, дБ	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40	+50

Таблица 16. Перечень элементов к принципиальной схеме комбинированного прибора Ц20-05

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1	C2-29B-0,125-48,1 кОм $\pm 1\%$	1	Шунт » »
R2	C2-29B-0,125-4,81 кОм $\pm 1\%$	1	
R3	C2-29B-0,125-481 Ом $\pm 1\%$	1	
R4	C2-29B-0,25-48,1 Ом $\pm 1\%$	1	
R5	C2-29B-0,125-665 Ом $\pm 1\%$	1	
R6	C2-29B-0,125-499 Ом $\pm 1\%$	1	
R7	C2-29B-0,125-332 Ом $\pm 1\%$	1	
R8	C2-29B-0,125-177 Ом $\pm 1\%$	1	
R9	C2-29B-0,25-33,2 Ом $\pm 1\%$	1	
R10	C2-29B-0,125-11,7 Ом $\pm 1\%$	1	
R11	C2-29B-0,125-3,32 кОм $\pm 1\%$	1	Шунт » »
R12	C2-29B-0,125-1,17 Ом $\pm 1\%$	1	
R13	0,333 $\pm$ 0,003 Ом	1	
R14	0,117 $\pm$ 0,001 Ом	1	
R15	0,05 $\pm$ 0,0005 Ом	1	
R16	C2-29B-0,125-1 кОм $\pm 1\%$	1	
R17	C2-29B-0,125-4,02 кОм $\pm 1\%$	1	
R18	C2-29B-0,125-14 кОм $\pm 1\%$	1	
R19	C2-29B-0,125-40,2 кОм $\pm 1\%$	1	
R20	C2-29B-0,125-140 кОм $\pm 1\%$	1	
R21	C2-29B-0,125-402 кОм $\pm 1\%$	1	400...600 Ом
R22	C2-29B-0,25-1,4 МОм $\pm 1\%$	1	
R23	C2-29B-0,25-4,02 МОм $\pm 1\%$	1	
R24	C2-29B-1,0-6,04 МОм $\pm 1\%$	1	
R25	C2-29B-1,0-7,96 МОм $\pm 1\%$	1	
R26	C2-29B-0,125-249 Ом $\pm 1\%$	1	
R27	СП3-39HA-1-47 кОм $\pm 20\%$	1	
R28	МЛТ-0,25-39 Ом $\pm 10\%$	1	
R29*	Катушка СПБ.520.281-18	1	
R30	C2-29B-0,125-3,01 кОм $\pm 1\%$	1	4...6 кОм
R31*	Катушка СПБ.520.281-19	1	
R32	МЛТ-0,25-1 кОм $\pm 10\%$	1	
R33	СП3-9A-4,7 кОм $\pm 20\%$	1	
Конденсаторы			
C1	K10-7B-H30-3300 пФ $\pm 20\%$	1	2
C2, C3*	K50-16-10 B-20 мкФ	2	
C4	K10-7B-M750-62 пФ $\pm 10\%$	1	6
V1—V6	Диоды КД521В	6	
D1	Микросхема КР551УД1А	1	

* Подбирают при регулировке.

Комбинированный прибор Ц3111

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...16 000 Гц. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 17—19 и на рис. 41—49.

Прибор можно использовать как образцовый при проверке других комбинированных приборов.

Входное сопротивление прибора 3,3 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3 кОм/В при измерении переменного напряжения.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с внешним магнитом. Рамка подвешена на растяжках ПлСр-20М 1,0 при натяжении 100 $\pm$ 20 г. Ток полного отклонения 300 мкА, сопротивление рамки не более 75 Ом (180 витков провода ПЭС-1 0,06). Встроенная батарея 3336 (или 3336Л) служит для питания узла защиты от перегрузок.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R17, R24, R26, R28, R32, R33, R39, R45, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 20).

Таблица 17. Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока

Напряже-ние, В	Ток полного отклоне-ния, мА	Ток	Падение напря-жения на зажи-мах, В	Напряже-ние, В	Ток полного отклоне-ния, мВ	Ток	Падение напря-жения на зажи-мах, В
750	3	7,5 А	0,86	3	5	30 мА	0,6
300	3	3 А	0,71	1,5	0,5	15 мА	0,59
150	3	1,5 А	0,66	0,75	0,5	7,5 мА	0,57
75	3	750 мА	0,63	0,300	0,3	3 мА	0,54
30	3	300 мА	0,6	0,150	0,342	1,5 мА	0,48
15	3	150 мА	0,6	0,075	0,342	0,75 мА	0,36
7,5	3	75 мА	0,6			300 мкА	0,075

Примечание. Основная погрешность $\pm 0,5\%$.

Таблица 18. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклоне-ния, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклоне-ния, мА	Расширенная частотная область, Гц
750	3,5	45...300	15	3,5	45...8 000
300	3,5	45...300	7,5	3,5	45...16 000
150	3,5	45...1000	3	5	45...16 000
75	3,5	45...3000	1,5	0,7	45...16 000
30	3,5	45...5000	0,75	1,5	45...16 000

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 1\%$ 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

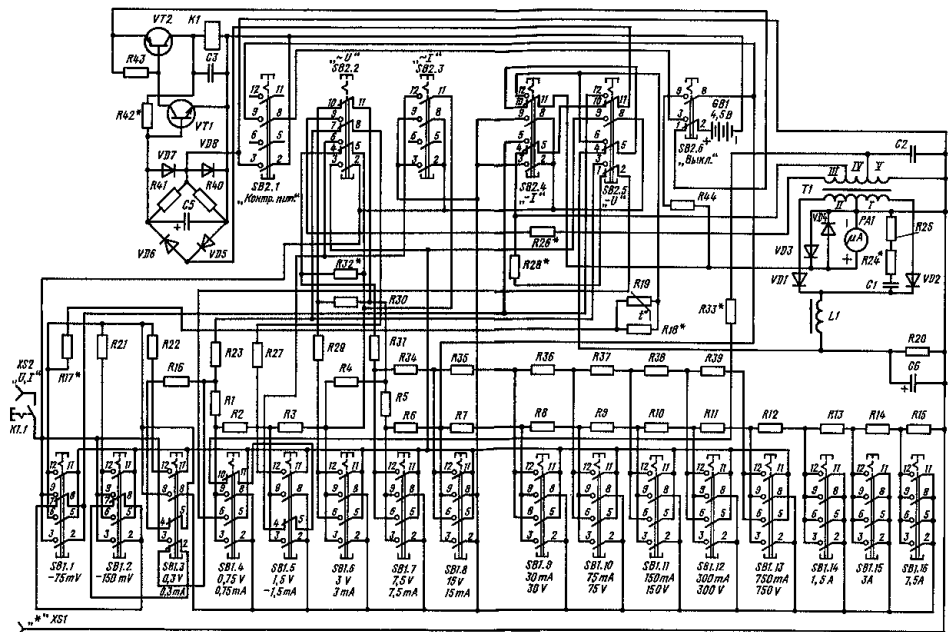


Рис. 41. Схема электрическая принципиальная амперовольметра Ц431.1

Таблица 19. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Ток	7,5 А	3 А	1,5 А	0,75 А	0,3 А, 0,15 А	75 мА, 30 мА	15 мА	7,5 мА	3 мА
Падение напряжения, В	0,95	0,8	0,75	0,7	0,65	0,65	0,6	0,55	0,4

Примечания 1. Основная погрешность $\pm 1\%$. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...16 000 Гц.

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R_0 , термокомпенсатора $R18R19/(R18+R19)$ и резистора $R17$ должно быть в пределах $250 \pm 0,25$ Ом при температуре 20°C .

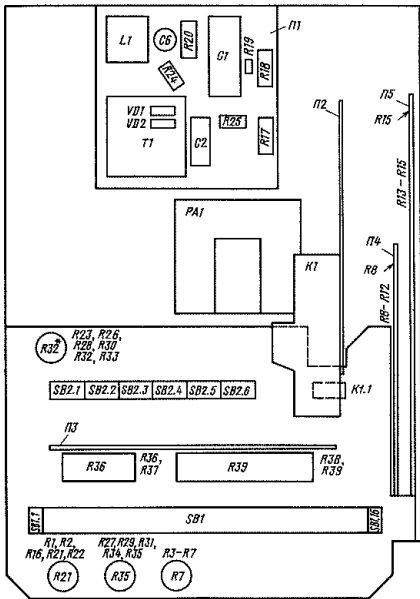
Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

$R33$ — при измерении переменного тока на одном из пределов,

$R26$, $R28$, $R30$, $R32$ — при измерении переменного напряжения на пределах 0,75, 1,5, 3, 7, 5 В соответственно,

$R42$ — для установки порога срабатывания автовыключателя.

В приборе применена защита электрической схемы прибора и микроамперметра при электрических перегрузках, осуществляется автовыключателем. Схема автовыключателя представляет собой (рис. 33) диодный выпрямительный мост ($VD5$, $VD6$, $R40$, $R41$) и двухкаскадный транзисторный усилитель ($VT1$, $VT2$) с положительной обратной связью между каскадами ($R42$). Нагрузкой усилителя является специальное реле $K1.1$ (рис. 45). Сигнал перегрузки подается на вход усилителя с выходной диагонали диодного выпрямительного моста, входная диагональ которого при измерении постоянного напряжения или тока подключается параллельно измерительному механизму, а при измерении переменного напряжения или тока подключается к обмотке IV, V трансформатора $T1$. При этом транзистор $VT1$ открывается, через обмотку реле $K1$ (рис. 41, 45) протекает ток, ослабляя магнитный поток, создаваемый постоянным магнитом 4, удерживающий якорь 3, сила пружинящей пластины якоря 3 разрывает контакты $K1.1$, отключая прибор от исследуемой цепи. Настройка автокомпенсатора состоит в следующем. Винтом 11 устанавливают давление подвижного контакта 8 на якорь 3 силой 40 ± 5 г при замкнутых контактах, а винтом 10 пружинящее усилие пластины якоря 9 в пределах 80 ± 5 г, причем при определении усилия якорь 3 не должен соприкасаться с магнитопроводом.



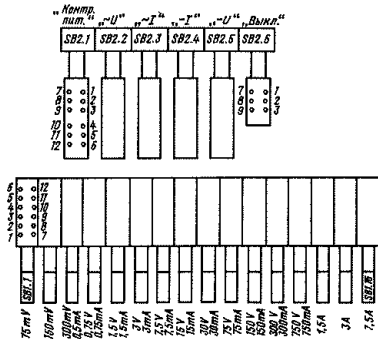
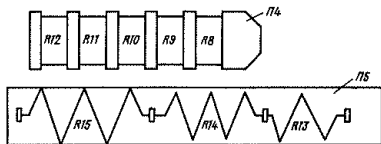
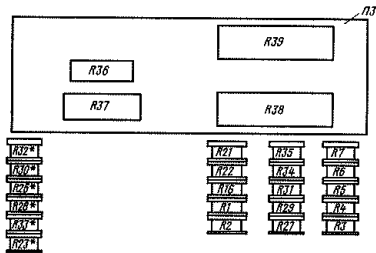
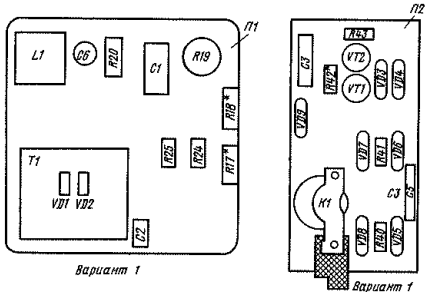
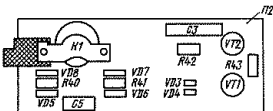
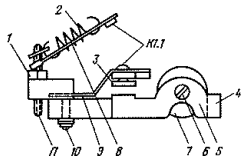


Рис. 43. Схема расположения элементов на платах П1—П3 и резисторных сборках ампервольметра Ц4311

Рис. 44. Схема расположения элементов на платах П4, П5, расположение секций и контактов переключателей SB1 и SB2 ампервольметра Ц4311

[illegible]

Род работы	Номера контак- тов переключе- теля рода ра- боты										Номера нормально замкнутых контактов издержательной цепи									
	SБ2.1					SБ2.5					SБ2.4					SБ2.2				
	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
ЭП СБ2.5																				
ЭП СБ2.4																				
ЭП СБ2.2																				
ЭП СБ2.1																				
ЭП СБ2.5																				
ЭП СБ2.4																				
ЭП СБ2.2																				
ЭП СБ2.1																				
ЭП СБ2.5																				
ЭП СБ2.4																				
ЭП СБ2.2																				
ЭП СБ2.1																				
ЭП СБ2.5																				
ЭП СБ2.4																				
ЭП СБ2.2																				
ЭП СБ2.1																				

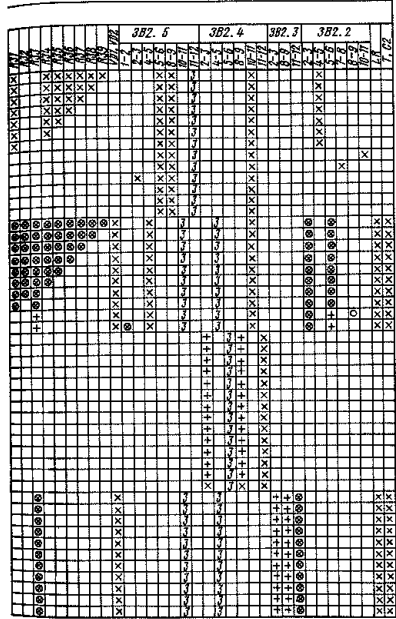
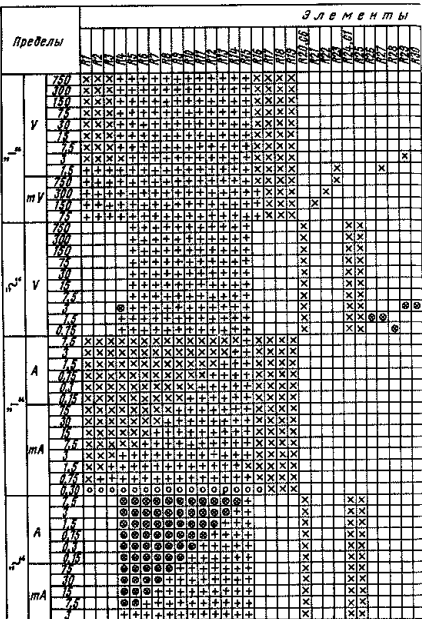


Рис. 49. Карта электрических цепей ампервольметра Ц4311:

⊗ — цепь трансформатора Т1; 3 — цепи защиты

таблица 20. Перечень элементов в принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4311

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1, R2	400±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	Намотка бифи- лярная То же Шунт
R3	200±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R4	80±0,04 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R5, R6	40±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,2	2	
R7	20±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	12±0,006 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R9	4±0,002 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R10	2±0,001 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R11	1,2±0,0006 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R12	0,4±0,0002 Ом, провод ПЭМС 0,8	1	
R13	0,2±0,0001 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	Намотка бифи- лярная То же
R14	0,12±0,00006 Ом, лст МнМц-3-12 0,5	1	
R15	0,08±0,00005 Ом, лст МнМц-3-12 0,5	1	
R16	550±0,27 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17*	До 180 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R18*	До 50 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R19	ММТ 8-62 Ом ±10 %	1	
R20	240±2,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R21	218,8±0,11 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R22	750±0,37 Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R23	1020±0,51 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R24*	МЛТ-0,5-(0,5...1,2) кОм	1	
R25	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±10 %	1	
R26*, R28*	До 450 Ом, ПЭМС 0,1	2	
R27	1500±0,75 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	Соединены по- следовательно
R29	487±0,24 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30*	До 35 Ом, ПЭМС 0,2	1	
R31	2320±1,15 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	До 100 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R33*	До 180 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	2500±1,25 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R35	5000±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R36	МрГЧ-0,25-15 кОм ±0,05 %	1	
R37	МрГЧ-0,5-25 кОм ±0,05 %	1	
R38	МрГЧ-1,50 кОм ±0,05 %	1	Допускается замена на Д220А, Д220Б, Д219
R39	МрГЧ-1,75 кОм ±0,05 %	2	
R40, R41	МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %	2	
R42*	МЛТ-0,5 (до 150) кОм	1	
R43, R44	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	2	
Диоды			
VD1, VD2	Д9Д	4	Допускается замена на Д220А, Д220Б, Д219
VD7, VD8	Д220	4	
VD3—VD6			

Окончание табл. 20

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Транзисторы			
VT1	МП37Б	1	Допускается замена на МП36А
VT2	П41		
Конденсаторы			
C1	МБМ-160-1,0-П-1 мкФ	1	Допускается замена К50-6-15-100 мкФ
C2	КСО-5-500-Б-2700 пФ ±5 %	1	
C3	К50-3-6 мкФ	1	
C5	БМТ-2-400-0,01 ±10 %	1	
C6	К50-6-6-100 мкФ	1	
Трансформатор			
Т1	Обмотка I 2100 витков провода ПЭС-1 0,08	1	
	Обмотка II 2100 витков провода ПЭС-1 0,08		
	Обмотка III 524 витка провода ПЭС-1 0,12		
	Обмотка IV 130 витков провода ПЭС-1 0,12		
	Обмотка V 656 витков провода ПЭС-1 0,12		
	1000 витков провода ПЭС-1 0,2		
L1	1800 витков провода ПЭВ-1 0,2	1	
K1		1	

* Подбирают при регулировке.

Комбинированный прибор Ц4312

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...10 000 Гц и сопротивления постоянного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 21—24 и на рис. 50—53.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 667 Ом/В. Рабочий температурный интервал 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), а для тропического исполнения (Ц4312Т) — 5...45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с вынужденным магнитом на растяжках ПлСр-2ОМ-0,5 при натяжении 55±5 г. Так полюсное отклонения 300 мкА, сопротивление рамки 50 Ом. Рамка содержит 100...

Таблица 21. Основные технические параметры встроенного в прибор импедансметра постоянного тока

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
900	1,5	6 А	0,5	30	1,5	15 мА	0,31
600	1,5	1,5 А	0,4	7,5	1,5	6 мА	0,3
300	1,5	0,6 А	0,38	1,5	0,3	1,5 мА	0,25
150	1,5	0,15 А	0,35	0,3	0,3	0,3 мА	0,075
60	1,5	60 мА	0,32	0,075	0,3		

Примечание. Основная погрешность $\pm 1\%$.

Таблица 24. Основные технические параметры встроенного в прибор омметра

Предел измерения	Конечное значение измеренного сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм
Ω	200 Ом	22	3,7...4,7	54
$k\Omega \times 1$	3 кОм	20	3,7...4,7	63
$k\Omega \times 10$	30 кОм	2	3,7...4,7	
$k\Omega \times 100$	300 кОм	0,7	1...14	
М Ω	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание. Основная погрешность $\pm 1\%$.

Таблица 22. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц	Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Расширенная частотная область, Гц
900	1,5	45...1000	30	1,5	45...10 000
600	1,5	45...1000	7,5	1,5	45...10 000
300	1,5	45...2000	1,5	0,9	45...10 000
150	1,5	45...2000	0,3	4,5	45...10 000
60	1,5	45...2000			

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 1,5\%$. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц.

Таблица 23. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Ток	6 А	1,5 А	0,6 А	0,15 А	60 мА	15 мА	6 мА	1,5 мА
Падение напряжения, В	0,5	0,4	0,38	0,35	0,3	0,25	0,08	0,6

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 1,5\%$. 2. Номинальная частотная область 45...60 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц.

120 витков привода ПЭВ-1 0,06. В приборе используется встроенная батарея питания КБС-Л-0,5 или 3336, 3336Л.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R16, R31, R33, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 25).

Суммарное сопротивление измерительного механизма R_{Σ} и резистора R33 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\Sigma} + R33 = [250 + 0,004(1 - 20)R_{\Sigma}] \pm 0,25,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора: R32 — при измерении переменного тока на одном из пределов от 6 мА до 6 А, а R31, R16 — при измерении переменного напряжения на пределах 1,5 и 7,5 В соответственно.

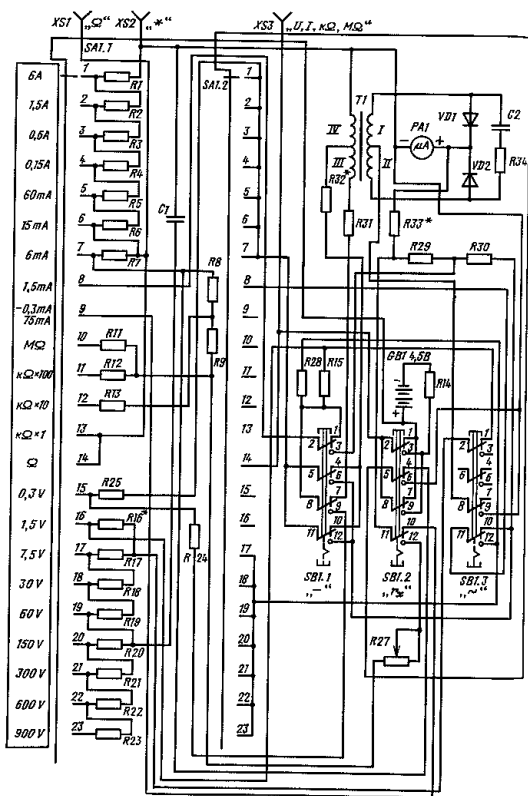


Рис. 50. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4312

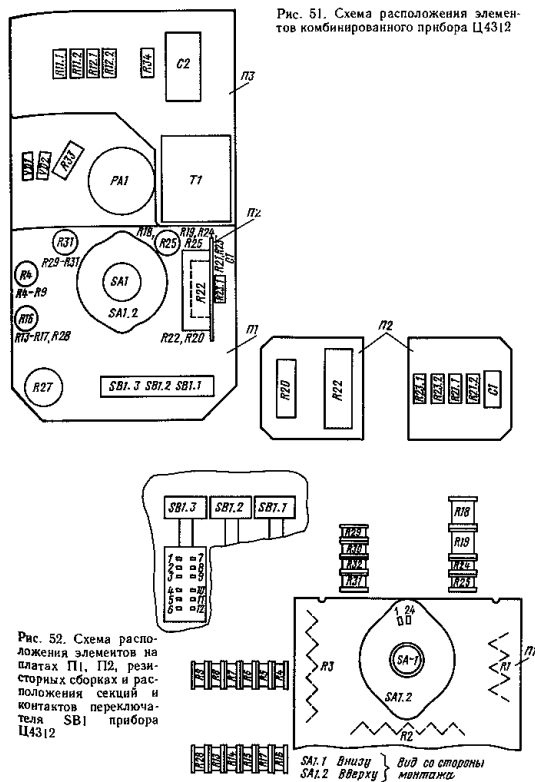


Рис. 51. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4312

Рис. 52. Схема расположения элементов на платах П1, П2, резисторных сборках и расположении секций и контактов переключателя SB1 прибора Ц4312

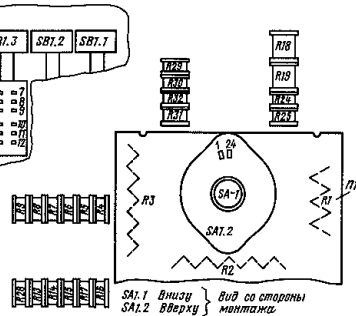
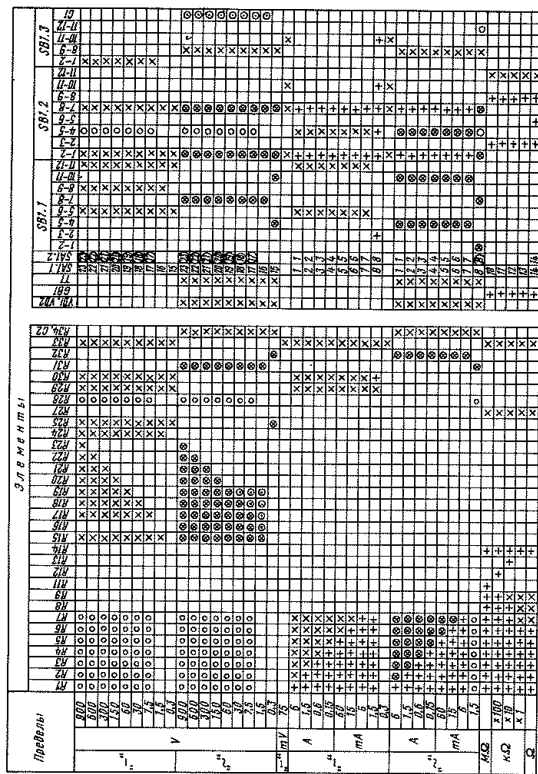


Таблица 25. Перечень элементов х принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4312

Позиционные обозначения	Наименование	Число, шт	Примечание
Резисторы			
R1	0,05±0,00005 Ом, провод МнМц-2-12 0,5	1	Шунт
R2	0,15±0,00015 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	>
R3	0,3±0,0003 Ом, провод МнМц-3-12 1	1	>
R4	1,5±0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R5	3±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15±0,015 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	390±1,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	Суммарное сопротивление 245,5±1,2 кОм
R11	МЛТ-0,5-120 кОм ±10 %	1	Суммарное сопротивление 24,1±0,12 кОм
R12	МЛТ-0,5-12 кОм ±10 %	2	
R13	2070±10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	223±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	1000±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R16*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R17	3200±3,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R18	15±0,015 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R19	20±0,02 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R20	МРХ-0,125-60 кОм ±0,05 %	1	Суммарное сопротивление 99,8±0,3 кОм
R21	МЛТ-0,5-51 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 200±0,6 кОм
R22	МРХ-0,25-200 кОм ±0,05 %	1	
R23	МЛТ-0,5-51 кОм ±10 %	1	
R24	МЛТ-0,5-150 кОм ±10 %	1	
R25	3000±3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R26	50±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R27	СП3-9а-25-1 кОм ±20 %	1	
R28	950±0,95 Ом, провод 0,08	1	
R29	550±0,55 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30	150±0,15 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R31*	До 4100 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R32*	До 7 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R33*	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R34	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	1	
Диоды			
VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9М
Конденсаторы			
C1	КСО-1-250-330±10 %	1	
C2	БМТ-2-400-0,1 мкФ ±10 %	1	

Рис 53. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4312:
а — цепи трансформатора Т1, б — элементы входной гармонизации



Позиционное обозначение	Наименование	Число шт.	Примечание
Трансформатор			
Т1	I и II обмотки ПЭС-1, 0,06, 2000 витков, III обмотка, провод ПЭС-1, 0,1, 600 витков, IV обмотка, провод ПЭС-1, 0,35, 150 витков	1	

* Подбирают при регулировке

Таблица 28. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Ток, мА	1500	300	60	15	3	0,6
Падение напряжения, В	0,95	0,92	0,9	0,9	0,87	0,7

Примечания. 1. Основная погрешность $\pm 2,5\%$. 2. Номинальная частотная область 45...2000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...5000 Гц.

Таблица 29. Пределы измерения сопротивления, емкости и индуктивности переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Основная погрешность, %
$\Omega \times 1$	500 Ом	70	3,7...4,7	$\pm 1,0$
$\Omega \times 10$	5000 Ом	7	3,7...4,7	
$\Omega \times 100$	50 000 Ом	0,7	3,7...4,7	
$k\Omega \times 1$	500 кОм	0,07	3,7...4,7	$\pm 1,5$
$k\Omega \times 10$	5000 кОм	0,07	33...43	
C_x	500 пФ	4	190...245 50 ± 1 Гц	
дВ	-10...+12	0,5...5	—	$\pm 2,5$

Примечание. Длина рабочей части шкалы 62 мм.

Комбинированный прибор Ц4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 26—29 и на рис. 54—57.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В при измерении переменного.

Прибор выпускается в двух модификациях:

Ц4313 — для работы при температуре окружающего воздуха $-10...+40^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80 %;

Ц4313Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха $-5...+45^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 95 %.

Таблица 26. Конечные значения шкал постоянного напряжения тока и падение напряжения на зажимах прибора

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
600	1500 мА	0,23
300	300 мА	0,2
150	60 мА	0,18
80	15 мА	0,18
30	3 мА	0,18
15	0,6 мА	0,17
7,5	120 мкА	0,12
3	60 мкА	0,075

Примечания. 1. Основная погрешность $\pm 1,5\%$. 2. Ток полного отклонения при напряжении 0,075 В составляет 60 мкА, при остальных напряжениях 50 мкА.

Таблица 27. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
600	0,5	45...200	45...500
300		45...500	45...1000
150		45...1000	45...2000
60			
30			
15	0,6 5 5	45...2000	45...5000
7,5			
3			
1,5			

Примечание. Основная погрешность $\pm 2,5\%$

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20,025 при напряжении 40 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление подвижной рамки 632 ± 3 Ом; она содержит 400 витков провода ПЭВ-1 0,05. Прибор питается от встроенной батареи КБС-Л-0,5 (3336), тропический вариант — от батарей 4,1—4,7 Т.

При измерении на пределе 3 В относительный уровень переменного напряжения отсчитывают непосредственно по шкале дВ. При переходе на другие пределы измерения переменного напряжения к показанию прибора необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 30.

Сопоставление всех резисторов, за исключением R33 и R35, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 31). Резистор R35 служит для подгонки показаний прибора на постоянном токе. Суммарное сопротивление измерительного механизма $R_{\text{и}}$ и резистора R35 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\text{и}} + R35 = \left[635 + 0,004(1 - 20R_{\text{и}}) \right] \pm 3,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, $^\circ\text{C}$.

На переменном токе прибор подгоняют изменением сопротивления резистора R33 на наименьшем пределе.

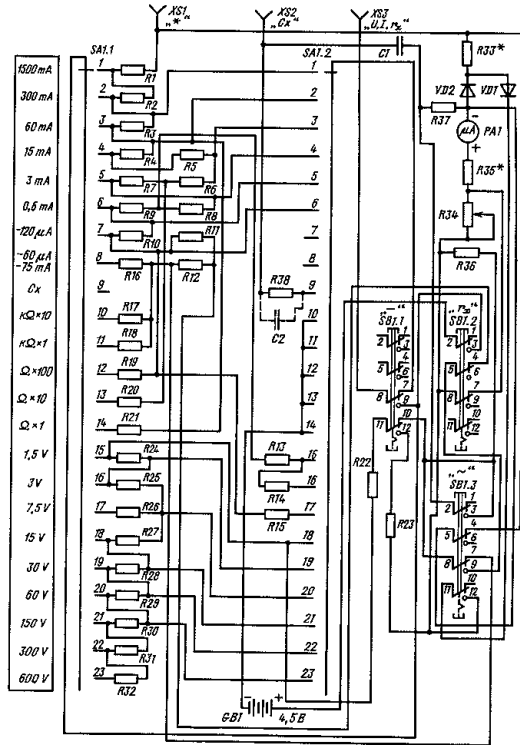


Рис. 54. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4313

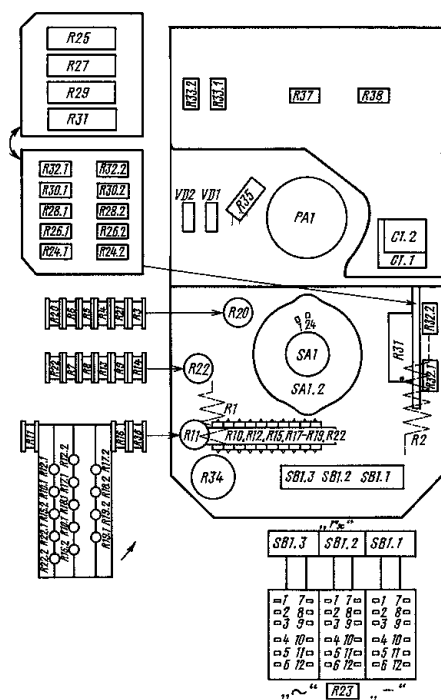


Рис. 55. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4313 (вариант 1)

Таблица 30. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	1,5	3	7,5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	-6	0	8	14	20	26	34	40	46

Таблица 31. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4313

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	0,12±0,0002 Ом, провод МнМц-3-11	1	Шунт »
R2	0,48±0,0009 Ом, провод МнМц-3-11	1	
R3	2,4±0,004 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	9,00±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R5	3,00±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R6	15,00±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R7	30,00±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R8, R9	120±0,2 Ом, провод ПЭМС 0,15	2	
R10, R12	1200±2 Ом, провод ПЭМС 0,05	2	
R11, R14	300±1 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R13	125±0,3 Ом, провод ПЭМС 0,15	2	
R15	МЛТ-0,5-5,6 кОм ±5 %	1	
R16	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R17	МЛТ-0,5-350 кОм ±5 %	1	
R18	МЛТ-0,5-220 кОм ±5 %	1	
R19	МЛТ-0,5-27 кОм ±5 %	1	
R20	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1,36±0,04 кОм
R21	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	1	
R22	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R23	550±2,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R24	51±0,25 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R25	28,72±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R26	МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %	1	
R27	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	2	
R28	МВСГ-0,12-0,1-60 кОм	1	
R29	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	2	
R30	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	1	
R31	МЛТ-0,5-30 кОм ±5 %	1	
R32	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	2	
R33	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5,56±0,03 кОм
R34	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R35	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R36	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R37	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R38	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R39	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R40	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R41	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R42	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R43	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R44	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R45	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	
R46	МЛТ-0,5-3,3 кОм ±5 %	1	

Окончание табл. 31

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R33	2...3 кОм, провод ПЭМС 0,5	1	R _в +R35=635±3 Ом
R34	СПЗ-9а-25-2,2 кОм ±20 %	1	
R35	Подгоночный, провод ПЭМС 0,05	1	
R36	600±1 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R37	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±2 Ом

Конденсаторы

C1*	КБГ-И-2-400-0,05 ±5 %	1	Суммарная емкость 54 700±1100 пФ
	КСО-5-500-4700 ±5 %	1	
C2*	КСО-5-500-3600 ±5 %	1	Суммарная емкость 3700±70 пФ
	КСО-2-500-100 ±5 %	1	

Диоды

VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9Д
----------	-----	---	---------------------------

* Подбирают при регулировке.

Калиброванный прибор Ф4313

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и уровня передачи переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 32—34 и на рис. 58—61.

Напряжение питания автовывключателя составляет 6,4...8,3 В.

Входное сопротивление $R_{вх}$ прибора определяют исходя из данных табл. 35 по формуле

$$R_{вх} N = U_{Ni} / I_{п.г.}$$

где U_{Ni} — предел измерения; $I_{п.г.}$ — ток полного отклонения на пределе измерения.

Рабочая температура 10...40 °С, относительная влажность до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПпН23-0,36 с током полного отклонения 40 мкА. Сопротивление подвижной рамки, содержащей 550...620 витков провода ПЭВ-1 0,05, 600...800 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 36).

Таблица 32. Основные технические параметры встроенного в прибор ампервольтметра постоянного тока

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мкА	Ток, мА	Падение напряжения на зажимах, В
1200	104	6000	1
600	52	1200	0,5
300	52	300	0,45
120	52	60	0,4
30	52	12	0,35
6	52	3	0,32
1,2	52	0,6	0,3
0,3	52	0,12	0,25
0,06	52	0,06	0,15

Примечание. Основная погрешность $\pm 1,5$ %.

Таблица 33. Конечные значения шкал переменного тока и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мкА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1200	150	45...60	45...100
600	70	45...100	45...200
300	60	45...500	45...1 000
120	54	45...2000	45...5 000
30	54	45...5000	45...10 000
6	54	45...5000	45...10 000
1,2	54	45...5000	45...10 000
0,3	54	45...5000	45...10 000
0,06	54	45...5000	45...10 000

Примечание. Основная погрешность $\pm 2,5$ %

Таблица 34. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Ток, мА	6000	1200	300	60	12	3	0,6	0,12	0,06
Падение напряжения, В	1	0,5	0,45	0,4	0,35	0,32	0,3	0,25	0,15

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 2,5$ %. 2. Номинальная частотная область 45...5000 Гц. 3. Расширенная область 45...10 000 Гц.

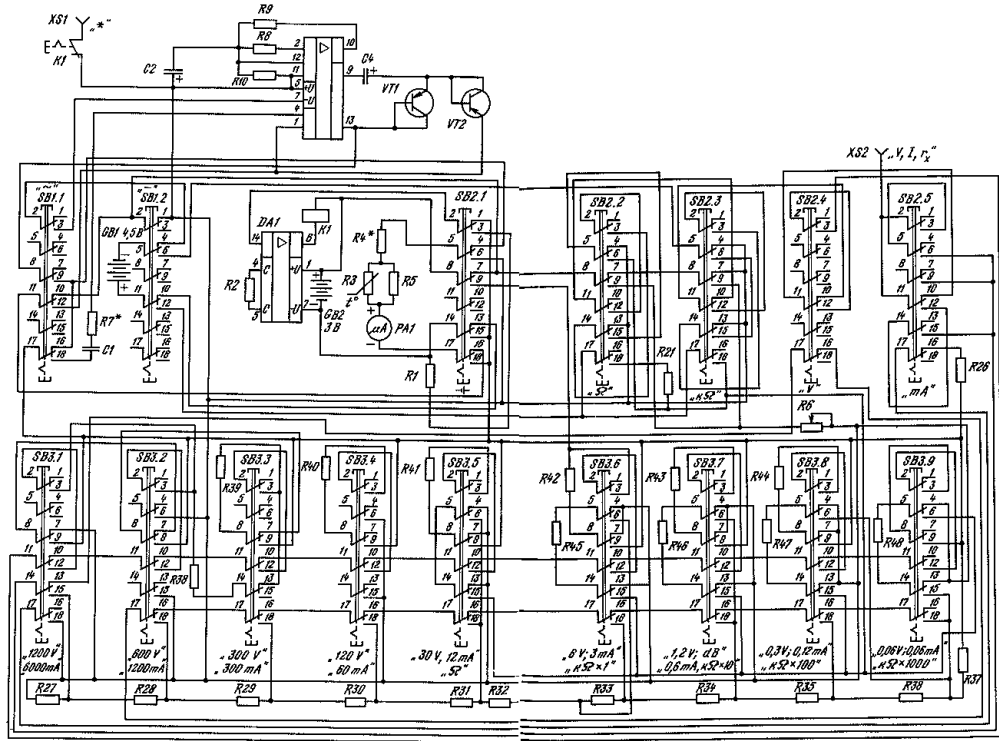


Рис. 58. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ф4313

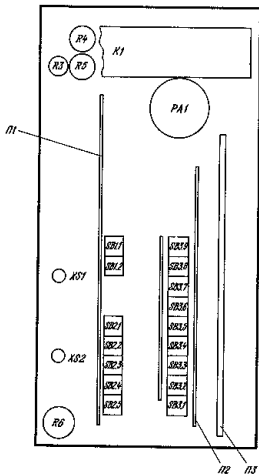


Рис. 59. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ф4313

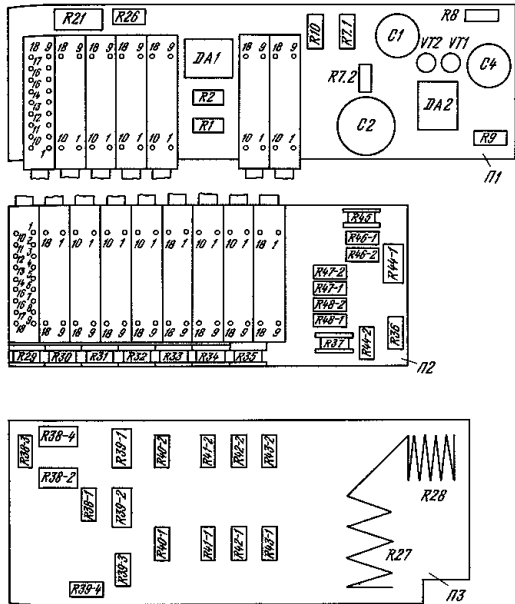


Рис. 60. Схема расположения элементов на платах П1—П3 комбинированного прибора Ф4313

Пределы		Элементы																	Элементы																	
		R1	R2	DA1, K1	R3	R4	R5	PA1	R6*	CR	V1	V2	BR	BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	SB1.1	SB1.2	SB1.3	SB1.4	SB1.5	SB1.6	SB1.7	SB1.8	SB1.9	SB1.10	SB1.11	SB1.12	SB1.13	SB1.14	SB1.15	SB1.16	SB1.17	
R1	R2	DA1, K1	R3	R4	R5	PA1	R6*	CR	V1	V2	BR	BR1	BR2	BR3	BR4	BR5	SB1.1	SB1.2	SB1.3	SB1.4	SB1.5	SB1.6	SB1.7	SB1.8	SB1.9	SB1.10	SB1.11	SB1.12	SB1.13	SB1.14	SB1.15	SB1.16	SB1.17			
V	1"	1200	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		600	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		300	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		120	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		30	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		6	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		1,2	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		0,3	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		0,06	3	x														3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		1200	3	⊗															⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
		600	3	⊗															⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
300	3	⊗															⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		
mA	1"	1200	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		600	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		300	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		120	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		30	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		6	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		1,2	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,3	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,06	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		6000	3	x															⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
		1200	3	x															⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
Ω	1"	300	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		60	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		12	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		3	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,6	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,12	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,06	3	x														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		6000	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		1200	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		300	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
KΩ	1"	60	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		12	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,6	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
		0,12	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
Ω		0,06	3	⊗														⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗		
KΩ		x1	3	x														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		x10	3	x														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		x100	3	x														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		x1000	3	x														+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Контр. пил.		3	x															x																		

Рис. 61. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ф4313
При измерении сопротивления включить переключатель SB1.2

Пределы		Элементы																Элементы																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		SB3.5								SB3.6								SB3.7								SB3.8								SB3.9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		2-3, 11-12	4-5	6-8	7-8	8-9	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11	10-11

Таблица 35. Пределы измерений сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Ковечное значение, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	0,3	20	3,8...4,8	71	$\pm 1,5$
$k\Omega \times 1$	5	8,5	3,8...4,8	51	
$k\Omega \times 10$	50	0,85	3,8...4,8	51	
$k\Omega \times 100$	500	0,085	3,8...4,8	51	
$k\Omega \times 1000$	5000	0,085	38...49	51	
dB	-20...+3дБ	—	—	45	2,5

Таблица 36. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ф4313

Позиционное обозначение	Наименование	Число	Примечание
-------------------------	--------------	-------	------------

Резисторы

R1	МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$	1	Допускается ММТ-136
R2	МЛТ-0,5-680 Ом $\pm 10\%$	1	
R3	ММТ-13В-470 Ом $\pm 20\%$	1	
R4*	До 700 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R5*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R6*	СП3-9а-1-4,7 кОм $\pm 20\%$	1	Допускается С2-13, С2-29
R7*	С2-14-0,25-1,52 кОм $\pm 1\%$	1	
R8*	МЛТ-0,5 (36...220) кОм $\pm 15\%$	1	
	С2-14-0,25-1,52 кОм $\pm 1\%$	1	
	МЛТ-0,5 (1,5...18) кОм $\pm 5\%$	1	Параллельно С2-29
R10	МЛТ-0,5-820 Ом $\pm 10\%$	1	
R21	273 $\pm 0,59$ Ом, провод ПЭМС 1,0	1	
R26	С5-55-1,2 кОм $\pm 0,1\%$	1	
R27	0,05 $\pm 0,00005$ Ом, лента МнМц-3-12 0,5	1	Шунт
R28	0,2 $\pm 0,00026$ Ом, провод МнМц-3-12 0,8	1	
R29	0,75 $\pm 0,00075$ Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R30	4 $\pm 0,008$ Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R31	20 $\pm 0,04$ Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R32	25 $\pm 0,05$ Ом, провод ПЭМС 0,25	1	Или 2,5 $\pm 0,005$ кОм провод ПЭМС 0,05
R33	50 $\pm 0,1$ Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R34	400 $\pm 0,8$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R35	2 $\pm 0,004$ кОм, провод ПЭМС 0,08	1	
R36	С5-55-2,5 кОм $\pm 0,2\%$	1	
R37*	До 1,05 кОм, провод ПЭМС 0,008	1	Последовательно
R38	МЛТ-1-1,5 МОм $\pm 5\%$	4	
R39	МЛТ-1-1,5 МОм $\pm 5\%$	4	Последовательно 6 $\pm 0,018$ МОм

Позиционное обозначение	Наименование	Число	Примечание
R40	МЛТ-0,5-1 МОм $\pm 5\%$	2	Последовательно 24 $\pm 0,0072$ МОм
R41	МЛТ-0,5-390 кОм $\pm 5\%$	1	Последовательно 598,8 $\pm 1,8$ кОм
R42	МЛТ-0,5-560 кОм $\pm 5\%$	1	Последовательно 118,8 $\pm 0,36$ кОм
	МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-110 кОм $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-8,2 кОм $\pm 5\%$	1	
R43	МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$	1	Последовательно 22,8 $\pm 0,07$ кОм
	МЛТ-0,5-16 кОм $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$	1	
R44	С2-14-4,7 кОм $\pm 0,5\%$	1	4,8 $\pm 0,0288$ кОм
	МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$	1	
R45	548 $\pm 1,96$ Ом, провод ПЭМГ 0,08	1	
R46	МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$	1	Последовательно 5,543 $\pm 0,028$ кОм
	МЛТ-0,5-2,2 кОм $\pm 5\%$	1	
R47	МЛТ-0,5-36 кОм $\pm 5\%$	1	58,014 $\pm 0,291$ кОм
	МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 5\%$	1	
R48	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	2	Последовательно 5999,364 $\pm 2,997$ кОм

Конденсаторы

C1	К50-6-11-16 В-50 мкФ	1
C2	К50-6-11-6,3 В-500 мкФ	1
C4	К50-6-11-6,3 В-200 мкФ	1

Транзисторы

VT1, VT2	ГТ310Г	2
----------	--------	---

Микросхемы

DA1	КМП201УП1Б	1
DA2	КМП202УН1	1
GB1	Элемент 332	3
GB2	Элемент 332	2
SB1—SB2	П2К	3

* Подбирают при регулировке.

Примечание. Допускается применение других типов резисторов, основные параметры которых не хуже, чем у резисторов, указанных в таблице.

Комбинированный прибор Ц4314

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Техническая характеристика, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 37—39 и на рис. 62—65.

Входное сопротивление прибора равно 83,3 кОм/В при измерении постоянного и 3,3 кОм/В — переменного напряжений. Температурные пределы работоспособности прибора 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПЛСр-20-0,1 при натяжении 30 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 10 мкА. Сопротивление рамки 2200 Ом; она содержит 730...750 витков провода ПЭВ-1 0,02. Прибор питается от встроенной батареи 3336 (3336Л).

При измерении относительного уровня передачи переменного напряжения на всех пределах, кроме 3 В, к показаниям прибора по шкале dB необходимо алгебраически прибавить числа, указанные в табл. 40.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R14 и R16, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 41).

Суммарное сопротивление измерительного механизма R_n и резистора R16 (в омах) определяют по формуле

$$R_n + R16 = [2500 + 0,004(t - 20)R_n] \pm 25,$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °С.

На переменном токе прибор регулируют подгонкой сопротивления резистора R14.

Таблица 37. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,075; 0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В	Постоянный	12	—	$\pm 2,5$
0,75; 3; 7,5; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В	Переменный	300	—	± 4
12; 60 мкА	Постоянный	—	0,3	$\pm 2,5$
0,3; 3; 15; 60; 300; 1500 мА	Переменный	—	1,2	± 4

Таблица 38. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600; 300 В	45...200	45...500
150; 60 В	45...500	45...1000
30; 15 В	45...1000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...2000	45...15000

Таблица 39. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измерительного сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
$k\Omega \times 1$ $k\Omega \times 10$ $k\Omega \times 100$ $M\Omega \times 1$ $M\Omega \times 10$ C_μ dB	1 кОм 10 кОм 100 кОм 1 МОм 10 МОм 0,1 мкФ —10...+12	40 4 0,4 0,004 0,002 0,5 0,3	3,7...4,8 3,7...4,8 3,7...4,8 3,7...4,8 11...13,8 (190...245) — (60 ± 1) Гц —	62 60 58	$\pm 2,5$ ± 4 ± 4

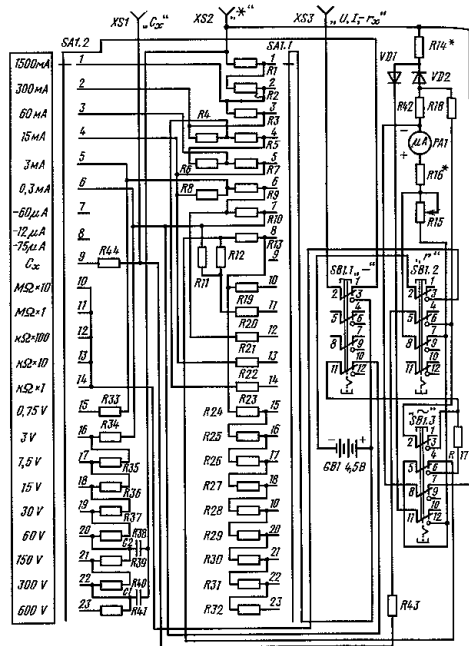


Рис. 62. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4314

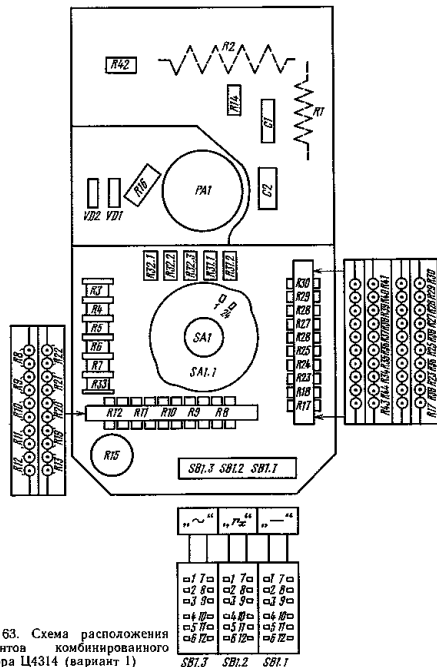


Рис. 63. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4314 (вариант 1)

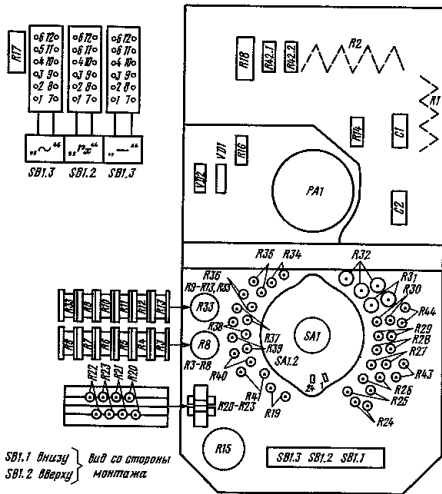
[illegible]

Таблица 40. Поправочные числа к пределам измерений									
Предел измерения, В	0,75	3	7,5	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	-12	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Таблица 41. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4314

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	$0,1 \pm 0,0005$ Ом, провод МиМц-3-12 I	1	Шунт
R2	$0,4 \pm 0,002$ Ом, провод МиМц-3-12 I	1	
R3	$2 \pm 0,01$ Ом, провод ПЭМС 0,4	1	»
R4, R6	$2,5 \pm 0,012$ Ом, провод ПЭМС 0,4	2	
R5	$5 \pm 0,025$ Ом, провод ПЭМС 0,4	1	»
R7	$37,5 \pm 0,19$ Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R8	200 ± 1 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	»
R9	$250 \pm 1,25$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R10	$2 \pm 0,01$ кОм, провод ПЭМС 0,05	1	»
R11	$2,5 \pm 0,012$ кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R12	$7,5 \pm 0,037$ кОм, провод ПЭМС 0,05	1	»
R13	$4,17 \pm 0,02$ кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R14	МЛТ-0,5-(1,6...2,4) кОм $\pm 5\%$	1	Подгоночный
R15	СП-3-9а-26-10 кОм $\pm 10\%$	1	
R16	МЛТ-0,5-(420...720) Ом $\pm 5\%$	1	Подгоночный
R17, R18	$1,33 \pm 0,013$ кОм, провод ПЭМС 0,05	2	
R19	МЛТ-0,5-560 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $1,16 \pm 0,0116$ МОм
R20	МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 5\%$	2	
R21	МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $1,11 \pm 0,11$ кОм
R22	МЛТ-0,5-560 Ом $\pm 5\%$	2	
R23	МЛТ-0,5-220 Ом $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $1,11 \pm 0,0111$ кОм
R24	МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$	2	
R25	МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1,09 \pm 1$ Ом
R26	МЛТ-0,5-27 кОм $\pm 5\%$	1	
R27	МЛТ-0,5-91 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $56,2 \pm 0,288$ кОм
R28	МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 5\%$	2	
R29	МЛТ-0,5-330 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $187,5 \pm 0,933$ кОм
R30	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	2	
R31	МЛТ-0,5-620 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $375 \pm 1,8$ кОм
R32	МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5\%$	2	
R33	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $625 \pm 3,122$ кОм
R34	МЛТ-0,5-620 кОм $\pm 5\%$	1	
R35	МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $1,25 \pm 0,005$ МОм
R36	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	2	
R37	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R38	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R39	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R40	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R41	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R42	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R43	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R44	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R45	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R46	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R47	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R48	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R49	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R50	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R51	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R52	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R53	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R54	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R55	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R56	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R57	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R58	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R59	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R60	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R61	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R62	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R63	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R64	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R65	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R66	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R67	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R68	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R69	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R70	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R71	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R72	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R73	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R74	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R75	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R76	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R77	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R78	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R79	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R80	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R81	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R82	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R83	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R84	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R85	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R86	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R87	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R88	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R89	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R90	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R91	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R92	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R93	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R94	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R95	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R96	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R97	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R98	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	
R99	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление
R100	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	

Окончание табл. 41			
Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R30	МЛТ-0,5-1,3 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $2,5 \pm 0,025$ МОм
	МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$	1	
R31	МЛТ-0,5-3,9 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $7,5 \pm 0,0375$ МОм
	МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$	1	
R32	МЛТ-1,0-9,1 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $12,5 \pm 0,0625$ МОм
	МЛТ-1,0-6,8 МОм $\pm 5\%$	1	
R33	МЛТ-1,0-9,1 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $25 \pm 0,125$ МОм
	МЛТ-1,0-9,1 МОм $\pm 5\%$	2	
R34	8,33 $\pm 0,04$ Ом, ПЭМС 0,3	1	Суммарное сопротивление $8,33 \pm 0,04$ кОм
	МЛТ-0,5-3,9 кОм $\pm 5\%$	1	
R35	МЛТ-0,5-4,3 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $15 \pm 0,075$ кОм
	МЛТ-0,5-7,5 кОм $\pm 5\%$	2	
R36	МЛТ-0,5-12 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $25 \pm 0,125$ кОм
	МЛТ-0,5-13 кОм $\pm 5\%$	1	
R37	МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $50 \pm 0,25$ кОм
	МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$	1	
R38	МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 100 ± 5 кОм
	МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$	2	
R39	МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $300 \pm 1,5$ кОм
	МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$	2	
R40	МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ кОм
	МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$	2	
R41	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1 \pm 0,005$ МОм
	МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 5\%$	2	
R42	МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $6,8 \pm 0,034$ кОм
	МЛТ-0,5-3,6 кОм $\pm 5\%$	1	
R43	МЛТ-0,5-130 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $280 \pm 2,8$ кОм
	МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$	1	
R44	МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 300 ± 3 кОм
	МЛТ-0,5-150 кОм $\pm 5\%$	2	

Диоды

VD1, VD2	Д2Д	2	Допускается замена на Д9М
----------	-----	---	---------------------------

Конденсаторы

C1	КТ-26-М47-3-16 пФ	1	
C2	КТ-26-М700-3-62 пФ	1	

Комбинированный прибор Ц4315

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току, емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 42—45 и на рис. 66—70.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного и 2 кОм/В переменного напряжений. Прибор выпускается в модификациях: Ц4315 — для работы при температуре окружающего воздуха $-10...+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80 % и Ц4315Т — для работы в помещениях в условиях как сухого, так и влажного тропического климата при температуре окружающего воздуха $-5...+45^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 95 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,25 при натяжении 40 ± 5 г с интраничным магнитом. Ток полного отклонения 42,5 мкА, сопротивление рамки не более 635 Ом; она содержит 370...460 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Для питания прибора Ц4315 использована батарея 3336, для Ц4315Т — 3336Т. При изменении уровня передачи переменного напряжения на граничных пределах, кроме 1 В, к показаниям прибора по шкале «дВ» необходимо прибавлять поправочные числа, указанные в табл. 46.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R27 и R29, должно соответствовать указанному в перечне элементов к электрической принципиальной схеме прибора (табл. 47).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное сопротивление измерительного механизма $R_{\text{и}}$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\text{и}} + R29 = [706 + 0,004(t - t_{\text{н}})R_{\text{и}}] \pm 3\Omega$$

Таблица 42. Конечные значения шкал постоянного напряжения, ток и падение напряжения на зажимах прибора

Напряжение, В	Ток	Падение напряжения на зажимах, В
1000	2,5 А	0,3
500	0,5 А	0,24
250	0,1 А	0,21
100	25 мА	0,21
25	5 мА	0,2
10	1 мА	0,19
5	0,5 мА	0,19
2,5	100 мкА	0,13
1	50 мкА	0,075
0,075		

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 2,5\%$. 2. Ток полного отклонения 50 мкА.

где t — температура, при которой регулируют прибор, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н}}$ — температура, соответствующая нормальным условиям, $^{\circ}\text{C}$.

Резистором R27 подгоняют показания прибора на переменном токе.

Таблица 44. Конечные значения шкал переменного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Ток	2,5 А	0,5 А	0,1 А	25 мА	5 мА	1 мА	0,5 мА
Падение напряжения, В	1,2	1,1	1,1	1,1	1	0,9	0,8

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 4\%$. 2. Номинальная частотная область 45...4000 Гц. 3. Расширенная частотная область 45...10 000 Гц.

Таблица 45. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеренного сопротивления	Потребляемый ток, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,5	3,7...4,7	59	$\pm 2,5$
$k\Omega \times 1$	5 кОм	9,5	3,7...4,7	79	
$k\Omega \times 10$	50 кОм	0,95	3,7...4,7	79	
$k\Omega \times 100$	500 кОм	0,095	3,7...4,7	79	
$k\Omega \times 1000$	5000 кОм	0,095	33...43	79	± 4
$pF \times 100$	30000 пФ	0,29	190...245	50 Гц	
$\mu F \times 0,1$	0,5 мкФ	0,29	190...245	79	
дБ	—15...2	0,5	—	54	

Таблица 43. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1000	0,5	45...60	45...200
500	0,5	45...60	45...200
250	0,5	45...200	45...1000
100	0,5	45...200	45...1000
25	0,5	45...2000	45...10 000
10	0,5	45...5000	45...20 000
5	0,5	45...5000	45...20 000
2,5	1	45...5000	45...20 000
1	2,5	45...4000	45...10 000

Примечание. Основная погрешность $\pm 4\%$

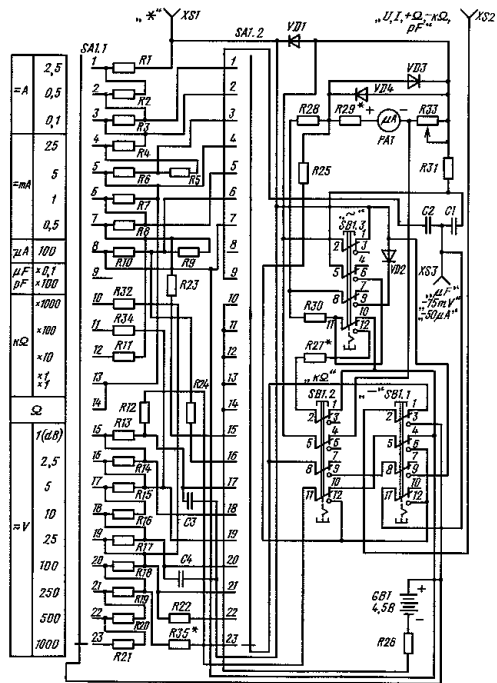


Рис. 66. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 1)

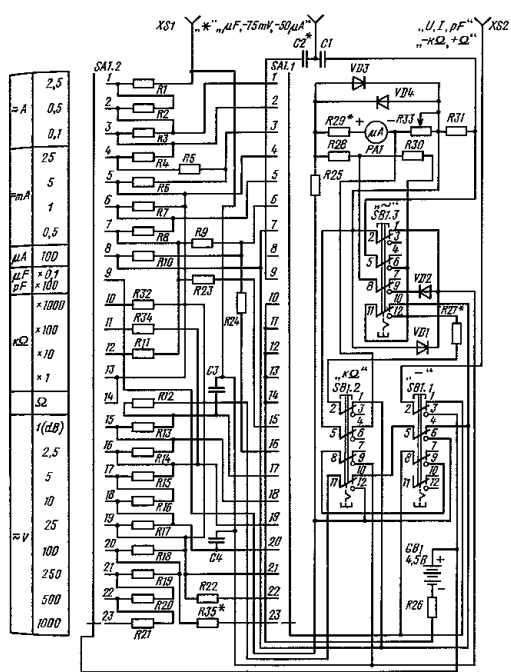


Рис. 67. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4315 (вариант 2)

Таблица 46. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	1	2,5	5	10	25	100	250	500	1000
Поправочное число, дБ	0	+8	+14	+20	+28	+40	+48	+54	+60

Таблица 47. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4315

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
-------------------------	--------------	------------	------------

Резисторы

R1	0,08±0,0002 Ом провод МнМу-3-12 1	1	Шунт
R2	0,32±0,001 Ом, провод МнМу-3-12 1	1	"
R3	1,8±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R4	6±0,018 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R5	2±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,3	1	
R6	30±0,05 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R7	150±0,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R8	МЛТ-0,5-100 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 200±1 Ом
R9	МЛТ-0,5-300 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 600±3 Ом
R10	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 1000±5 Ом
R11	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 4440±22 Ом
R12	МЛТ-0,5-2 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 8570±42 Ом
R13	МЛТ-0,5-4,3 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 9970±50 Ом
R14	МЛТ-0,5-15 кОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 30±0,15 кОм
R15	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 50±0,25 кОм
R16	МЛТ-0,5-43 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 100±0,5 кОм
R17	МЛТ-0,5-56 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 300±1,5 кОм
R18	МЛТ-0,5-750 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1500±7,5 кОм
R19	МЛТ-0,5-1,5 МОм ±10 %	2	Суммарное сопротивление 3000±15 кОм
R20	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 5±0,025 МОм
R21	МЛТ-0,5-2 МОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 10±0,05 МОм
R22	МЛТ-0,5-200 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 600±2,5 кОм
	МЛТ-0,5-300 кОм ±5 %	1	

Рис. 70 Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4315 (вспомогат. 2)

Элементы	Пределы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
2	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
3	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
4	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
5	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
6	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
7	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
8	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
9	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
10	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
11	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
12	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
13	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
14	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
15	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
16	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
17	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
18	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
19	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
20	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
21	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
22	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
23	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
24	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
25	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
26	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
27	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
28	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
29	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
30	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
31	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
32	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
33	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
34	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
35	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
36	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
37	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
38	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
39	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
40	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
41	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
42	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
43	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
44	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
45	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
46	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
47	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
48	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
49	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
50	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
51	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
52	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
53	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
54	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
55	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
56	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
57	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
58	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
59	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
60	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
61	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
62	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
63	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
64	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
65	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
66	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
67	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
68	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
69	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
70	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
71	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
72	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
73	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
74	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
75	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
76	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
77	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
78	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
79	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
80	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
81	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
82	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
83	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
84	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
85	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
86	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
87	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
88	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
89	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
90	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
91	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
92	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
93	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
94	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
95	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
96	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
97	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
98	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
99	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1
100	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R23	24±0,1 Ом, ПЭМС 0,2	1	Допускается замена на МЛТ-0,5-24 Ом ±5 %
R24	МЛТ-0,5-820 Ом ±10 %	2	Суммарное сопротивление 1650±8 Ом
R25	МЛТ-0,5-430 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 900±5 Ом
R26	МЛТ-0,5-470 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 490±2 Ом
R27*	МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %	1	
R28	МЛТ-0,5-220 Ом ±10 %	1	
R27*	МЛТ-0,5-(1...3) кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 760±3,5 Ом
R28	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %	1	
R29	До 260 Ом ПЭМС-0,1	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	2	Суммарное сопротивление 1240±4 Ом
R31	МЛТ-0,5-1,2 кОм ±5 %	1	
R32	МЛТ-0,5-30 кОм ±10 %	1	
R33	СПЗ-9а-6,8 кОм ±20 %	1	
R34	МЛТ-0,5-1,2 кОм ±10 %	1	
R35	МЛТ-0,5-(22...33) кОм ±5 %	1	

Диоды

VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А
VD3, VD4	Д103М	2	Допускается замена на Д104, Д108

Конденсаторы

C1	КБГ-И-200-0,05 ±5 %	1	
C2	КСО-6-500-Б-3900 ±5 %	1	
C3	КСО-1-250-330 ±5 %	1	
C4	КСО-1-250-100 ±5 %	1	

* Подбирают при регулировке.

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5; 0,5 В	Постоянный	50	—
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	50	—
500; 50; 0,5; 0,05 мА	Постоянный	—	1,2
	Переменный	—	2,6

Примечание. Основная погрешность встроенного ампервольтметра определяется при нормальных условиях и не превышает ±5 % значения предела измерения.

Таблица 49. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000; 500; 250 В	45...400	45...1000
50 В	45...2000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...20 000	45...30 000

Таблица 50. Пределы измерения сопротивлений. Режим генератора

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω×10	0,5 кОм	75	2,7...3,8	65	±5
Ω×100	5 кОм	7,5	2,7...3,8		
кΩ×1	50 кОм	0,75	2,7...3,8		
кΩ×10	500 кОм	0,075	2,7...3,8		
нЧ	1 кГц	100	U _{вых} =0,5 В	—	±20
пЧ	465 кГц	100	U _{вых} =0,5 В	—	±10

Комбинированный прибор Ц4323 (Ц4323Т)

Прибор со встроенным генератором предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току и определения работоспособности трактов усиления радиотехнических устройств.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 48—50 и на рис. 71—73.

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного и переменного напряжений 20 кОм/В. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), для тропического исполнения (Ц4323Т) рабочая температура —5...+45 °С, относительная влажность 95 % (при температуре 35 °С).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с анутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА, сопротивление рамки 1600±200 Ом.

Коэффициент модуляции напряжения на выходе «ПЧ» (промежуточная частота) прибора частотой 465 кГц не менее 20...90 %.

Изменением сопротивления резистора R1 прибор регулируют на постоянном токе, а резистора R3 — на переменном. Сопротивление остальных резисторов должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 51).

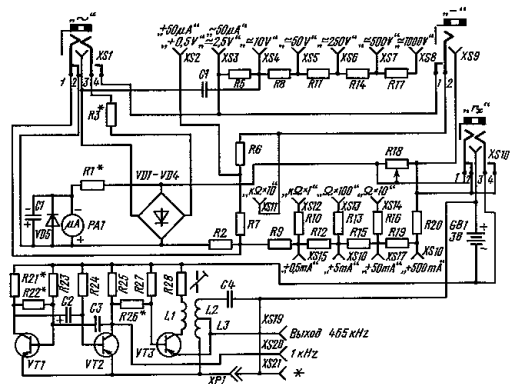


Рис. 71. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

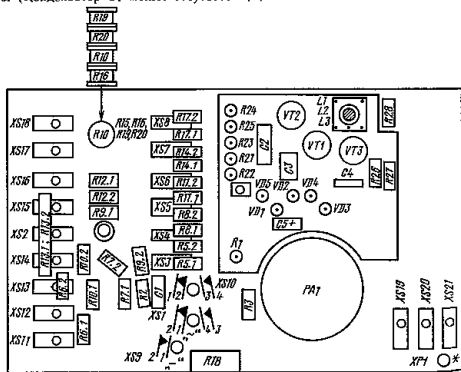


Рис. 72. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

Пределы		Элементы																	
		R1	R2	R3	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19
Напряжение, В	1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ток, мА	2.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	250	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
k.Ω	50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	0.05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ω	2.5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Рис. 73. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4323. (Конденсатор C1 может отсутствовать)

Таблица 51. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4323

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
Резисторы			
R1*	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 150±1,5 кОм
R2	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R3*	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R5	МЛТ-0,5-75 кОм ±5 %	2	
R6	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 40±0,4 кОм
R7	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	2	Суммарное сопротивление 6±0,06 кОм
R8	МЛТ-0,5-560 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 800±8 кОм
R9	МЛТ-0,5-15 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 18±0,18 кОм
	МЛТ-0,5-3 кОм ±5 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R10	МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 3,39 $\pm$ 0,034 кОм
R11	МЛТ-0,5-390 Ом $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-2 МОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 4 $\pm$ 0,04 МОм
R12	МЛТ-0,5-1,5 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 1,8 $\pm$ 0,018 кОм
R13	МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 324 $\pm$ 3,2 Ом
R14	МЛТ-0,5-24 Ом $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-3 МОм $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-2 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 5 $\pm$ 0,05 МОм
R15	180 $\pm$ 1,8 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R16	30 $\pm$ 0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R17	МЛТ-0,5-8,2 МОм $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-1,8 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 10 $\pm$ 0,1 МОм
R18	СПЗ-3ГМ-15-22 кОм $\pm 20\%$	1	
R19	18 $\pm$ 0,18 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R20	2 $\pm$ 0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R21*	МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$	1	
R22*	МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$	1	
R23	МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 10\%$	1	
R24	МЛТ-0,5-2 кОм $\pm 10\%$	1	
R25	МЛТ-0,5-33 Ом $\pm 10\%$	1	
R26*	МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 10\%$	1	
R27	МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 10\%$	1	
R28	80 $\pm$ 3 Ом, ПЭМС 0,1	1	

Конденсаторы

C1	КД-10 пФ	1	Применяется при необходимости
C2	К50-9-2,0 мкФ $\pm 10\%$	1	
C3	К74-0,15 мкФ $\pm 10\%$	1	
C4	КC0-1-270 пФ $\pm 10\%$	1	
C5	К50-9-10,0 мкФ $\pm 10\%$	1	

Индуктивности

L1	50 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L2	140 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	
L3	35 витков провода ПЭВ-1 0,1	1	

Диоды

VD1—VD5	КД521Г	5	
---------	--------	---	--

Транзисторы

VT1, VT2	П41	2	Замена на МП15
VT3	П403	1	Замена на П401, П402, П416

* Подбирают при регулировке.

Прибор Ц4324 предназначен для измерения тока и напряжения в цепи постоянного и переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 52—54 и на рис. 74—76.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Рабочая температура — 10...+40 °С, относительная влажность до 80 % (при температуре 30 °С), для тропического варианта (Ц4324Т) — 5...+45 °С, относительная влажность до 95 % (при температуре 35 °С).

Таблица 52. Основные технические параметры встроенного ампервольметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1200; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,6 В	Постоянный	50	—	$\pm 2,5$
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	± 4
3000; 600; 60; 6; 0,6 мА; 60 мкА	Постоянный	—	0,4	$\pm 2,5$
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,0	± 4

Таблица 53. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600; 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 54. Пределы измерения сопротивлений и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
$\Omega \times 10$	0,2 кОм	7	3,2...4	48	$\pm 2,5$
$k\Omega \times 1$	5 кОм	7	3,2...4	52	
$k\Omega \times 10$	50 кОм	0,7	3,2...4	52	
$k\Omega \times 100$	500 кОм	0,07	3,2...4	52	
$k\Omega \times 1000$	5000 кОм	0,07	32...40	52	
дБ	—10... ± 12	0,25	—	45	± 4

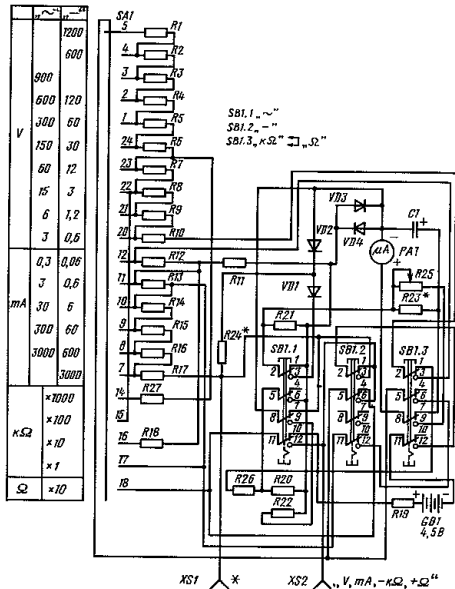


Рис. 74. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4324

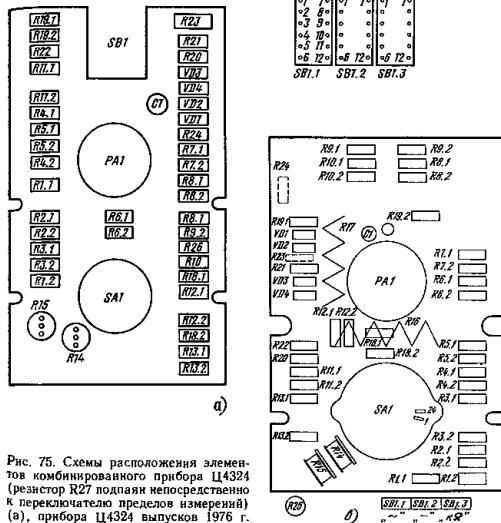


Рис. 75. Схемы расположения элементов комбинированного прибора Ц4324 (резистор R27 подпаян непосредственно к переключателю пределов измерений) (а), прибора Ц4324 выпусков 1976 г. (б) и 1985 г. (в)

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20-0,32 при натяжении 65 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток отклонения 37,5 мА. Сопротивление рамки 600 ± 120 Ом; она содержит 600 ± 50 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение встроенного источника питания 3,2...4 В. В приборе использована батарея из трех аккумуляторов Д-0,1. При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, в показаниях прибора по шкале необходимо прибавить число, указанное в табл. 55. Сопротивление всех резисторов, кроме R24 и R23, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 56).

Таблица 55. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения	3	6	15	60	150	300	600	900
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46	+50

Таблица 56. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4324

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
-------------------------	--------------	------------	------------

Резисторы

R1	МЛТ-0,5-6,8 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ МОм
R2	МЛТ-0,5-5,1 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $8,4 \pm 0,042$ МОм
R3	МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм
R4	МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм
R5	МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 600 ± 3 кОм
R6	МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $360 \pm 1,8$ кОм
R7	МЛТ-0,5-91 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$ кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $36 \pm 0,18$ кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ кОм
R10	МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 5\%$	3	Суммарное сопротивление $10,5 \pm 0,05$ кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ Ом
R12	МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $2,25 \pm 0,0115$ кОм
R13	МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 225 ± 1 Ом

Рис. 75. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4324

Пределы	Элементы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
600	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
120	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,075	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,01875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,009375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,001171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0005859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00029296875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000146484375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000732421875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00003662109375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000018310546875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000091552734375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000457763671875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000002288818359375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000011444091796875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000057220458984375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000286102294921875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000001430511474609375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000007152557373046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000035762786865234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000178813934326171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000894069671630859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000004470348358154296875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000022351741790771484375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000111758708953857421875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000558793544769287109375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000002793967723846435546875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000013969838619232177734375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000069849193096160888671875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000349245965480804443359375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000001746229827404022216796875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000008731149137020111083984375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000043655745685100555419921875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000218278728425502777099609375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000001091393642127513885498046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000005456968210637569427294234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000027284841053187847136471171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000136424205265939235682355859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000682121026329696178411779296875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000003410605131648480892058896484375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000017053025658242404460294482421875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000085265128291222022301472412109375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000042632564145611011150736206046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000213162820728055055753681030234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000101643953670529559786123096718405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000508219768352777798930615487306046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000254109884176388899465307743681030234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000001270549420881944497326538718405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000006352747104409722486632693597412109375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000003176373552204861243316346798706046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000015881867761024306216581733993506046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000079409338805121531082908669967530234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000397046694025607655414543349837651171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000019852334701280382770727167486882575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000992616735064019138536358374243405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000049630836753200956926817918712109375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000024815418376600478463408959355546046875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000012407709188300239231704479677730234375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000620385459415011961585223983888651171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000031019272970750598079261199194432575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000155096364853752990396305995972162575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000775481824268764951981529979861062575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000387740912134382475990764989930531062575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000019387045606719123799538244996526562575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000096935228033595618997661224997763281062575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000484676140167978094988306124988816405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000242338070083989047494413062494408202575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000001211690350419945237472065312472241012575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000605845175209972618736102656236110512575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000003029225876049963093680513281180552575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000015146129380249981468402566405902762875859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000007573064690124990734220128202951131405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000378653234506249936711006410147556562575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000018932661725312499683555032057277781062575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000000946633086265624994177775160286388905151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000004733165431328124992088875780143194405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000002366582715664124991044437890071597222575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000000118329135783206249905222189503579861062575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000591645678916031249026110947501789305151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000295822839458015624513055472500894652575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000147911419729007812256527736250044732875859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000739557098645039061282638681250022366405151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000369778549322519530641319340625001118322575859375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000184889274661259765320659670312500059161171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000009244463733062598766032983515625000295805151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000000000462223186653129938301649175781250001479005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000023111159332656496915082458789062500007395005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000001155557966632824845754122939453125000036975005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000005777789833164124228770614697265625000184875005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000000288889491658206211438530734863281250000924375005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000001444447458291031057192653674316406250004621875005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000000722223729145515285986326837215820312500023109375005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,00000000000000000000000000000361111864572777642993163418607910625000115546875005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000000000001805559322863888214965817093039531250000577734375005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,000000000000000000000000000000902779661431944107482908546516976562500002888671875005151171875	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,0000000000000000000000000000004513898307159720537414542										

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R14	22,5±0,1 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	Шунт
R15	2,25±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R16	0,2±0,001 Ом, провод МнМц-3-12,1,2	1	
R17	0,05±0,00025 Ом, провод МнМц-3-12,1,5	1	
R18	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	
R19	МЛТ-0,5-2,2 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление 4,56±0,03 кОм
	МЛТ-0,5-270 Ом ±5 %	1	Суммарное сопротивление 500±2,45 Ом
R20	МЛТ-0,5-240 Ом ±5 %	1	
R21	МЛТ-0,5-750 Ом ±5 %	1	
R22	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	
R23	МЛТ-0,5-1 кОм ±5 %	1	Суммарное сопротивление с R _ш 1000±6 Ом при t=20 °C
	BC-0,125a-(110-430) Ом ±10 %	1	Подбирается при регулировке
R24	МЛТ-0,5-(1...2) кОм ±5 %	1	
R25	СП-3-9a-16,2-2,2 кОм ±20 %	1	
R26	МЛТ-0,5-7,5 кОм ±5 %	1	
R27	МЛТ-0,5-270 кОм ±5 %	1	

Диоды

VD1, VD2	Д9Д	2	Допускается Д220, КД521Г
VD3, VD4	Д103	2	
C1	Конденсатор К50-6-6-50 мк ±20 %	1	
GB1	Аккумулятор Д-0,1	3	

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R_и и резистора R23 (в омах) определяется по формуле

$$R_{\Sigma} + R_{23} = [(1000 + 0,004(t - 20)R_{\Sigma}) \pm 6],$$

где t — температура, при которой регулируют прибор, °C.

Резистор R24 используют для подгонки прибора на переменном токе.

Комбинированный прибор Ц4325

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов частотой 45...20 000 Гц, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 57—59 и на рис. 77—79.

Таблица 57. Основные технические параметры встроенного амперметра

Предел измерения	Роза тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 120; 60; 30; 12; 6; 3; 1,2 В 0,6 В 120 мВ	Постоянный	50 60 30	—	±2,5
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6 В 3 В	Переменный	250 300	—	±4
3000; 600; 120; 30; 6; 1,2; 0,3 мА 60; 30 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
3000; 600; 150; 30; 6; 1,5; 0,3 мА	Переменный	—	1	±4

Таблица 58. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В 300 В 150 В 60 В	45...100 45...500 45...1000 45...2000	45...500 45...1000 45...2000 45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока		45...5000 45...20 000

Таблица 59. Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения Ωх	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
1	500	41	1,12...1,45	63	±2,5
10	5 000	4,1	1,12...1,45		
100	50 000	0,41	1,12...1,45		
1 000	500 000	0,041	1,12...1,45		
10 000	5 000 000	0,0041	11,25...14,85	58	±4
dB	—10...+12	300	—		

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха —10...+40 °C и относительной влажности до 80 %.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на разрывах ПЛСр-20-0,28 при натяжении 40±5 г с внешним магнитом. Ток полного

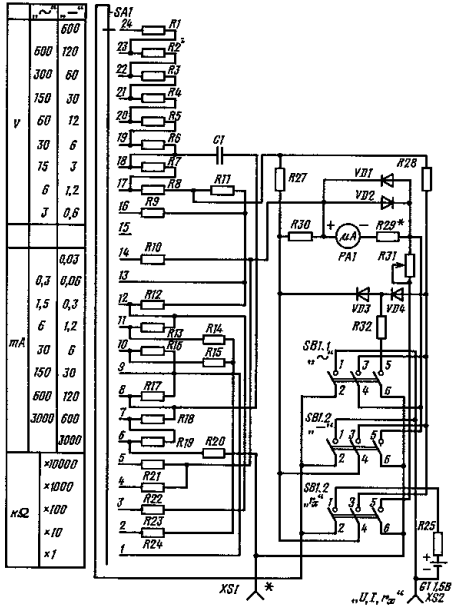


Рис. 77. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 114325

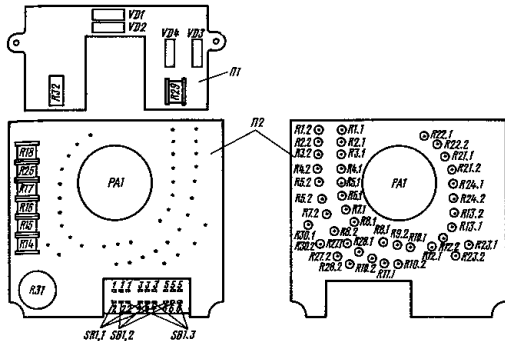


Рис. 78. Схема расположения элементов комбинированного прибора 114325

отклонения 24 мкА, сопротивление рамки 385 ± 55 Ом. Напряжение встроенного элемента питания 332 равно 1,2...1,45 В.

При измерении относительного уровня переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале «dB» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 60.

Сопротивление всех резисторов, кроме R29 и R32, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 61).

Сопротивление резистора R29 изменяют при регулировке прибора на постоянном токе, причем суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_{\text{и}}$ и резистора R29 (в омах) определяют по формуле

$$R_{\text{и}} + R29 = [1250 + 0,004(t - 20)R_{\text{и}}] \pm 6,$$

где t — температура, при которой подгоняют прибор, °C.

Резистором R32 подгоняют показания прибора при регулировке прибора на переменном токе.

Таблица 60. Поправочные числа к пределам измерения

Предел измерения, В	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+20	+26	+34	+40	+46

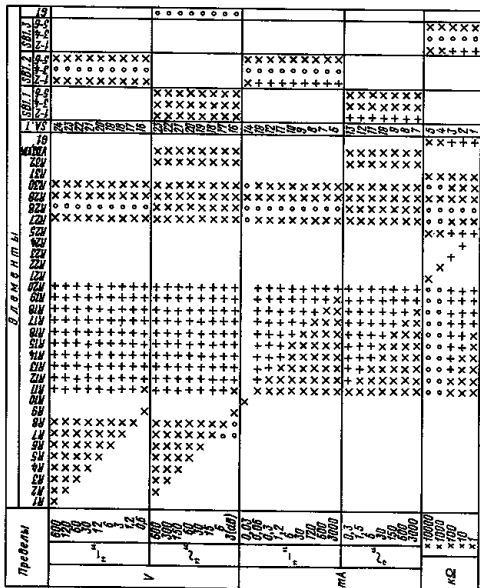
Таблица 61. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4325

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт	Примечание
-------------------------	--------------	-----------	------------

Резисторы

R1	МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 9,6 $\pm$ 0,048 МОм
R2	МЛТ-0,5-(4,7...5,1) МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 1200 $\pm$ 6 кОм
R3	МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 600 $\pm$ 3 кОм
R4	МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 360 $\pm$ 1,8 кОм
R5	МЛТ-0,5-68 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 120 $\pm$ 0,6 кОм
R6	МЛТ-0,5-30 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 60 $\pm$ 0,3 кОм
R7	МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 36 $\pm$ 0,18 кОм
R8	МЛТ-0,5-11 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 22,44 $\pm$ 0,11 кОм
R9	МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 8,5 $\pm$ 0,042 кОм
R10	МЛТ-0,5-3,3 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 3 $\pm$ 0,015 кОм
R11	МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 500 $\pm$ 2,5 Ом
R12	МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 2000 $\pm$ 10 Ом
R13	МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 375 $\pm$ 1,8 Ом
R14	МЛТ-0,5-270 Ом $\pm 5\%$	1	
R15	75 $\pm$ 0,37 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R16	25 $\pm$ 0,12 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R17	20 $\pm$ 0,1 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R18	3,75 $\pm$ 0,018 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R19	1 $\pm$ 0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R20	0,2 $\pm$ 0,001 Ом, провод МнМн-3-12	1	Шунт
R21	0,05 $\pm$ 0,00025 Ом, провод МнМн-3-12	1	
R22	МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 398 $\pm$ 3,9 кОм
R23	МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 38,2 $\pm$ 0,38 кОм
R24	МЛТ-0,5-2,4 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 3500 $\pm$ 35 Ом
R25	МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$	1	

Рис. 79. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4325



Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R24	МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 315 $\pm 3,1$ Ом
R25	МЛТ-0,5-110 Ом $\pm 5\%$	1	
R27	32,0 $\pm 0,3$ Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
	МЛТ-0,5-470 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 1080 $\pm 5,5$ Ом
	МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$	1	
R28	МЛТ-0,5-470 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 1080 $\pm 5,5$ Ом
	МЛТ-0,5-620 Ом $\pm 5\%$	1	
R29	810...920 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R30	МЛТ-0,5-750 Ом $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 1460 $\pm 7,3$ Ом
R31	СПЗ-9-25-3,3 кОм $\pm 10\%$	1	
R32	МЛТ-0,5-1(1...2) кОм $\pm 5\%$	1	

<i>Диоды</i>			
VD1, VD2	Д103	2	Допускается замена на Д103А, Д107, Д108
VD3, VD4	Д9Д	2	Допускается замена на Д9А, Д9М, Д9Е

<i>Конденсатор</i>			
C1	КД2 М700-3-30 пФ	1	

Комбинированный прибор Ц4326

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения постоянного и переменного токов синусоидальной формы, относительного уровня напряжения переменного тока и сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 62—64 и на рис. 80—84.

Входное сопротивление прибора равно 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 4 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха 10...45 °С и относительной влажности до 80 % (при температуре 30 °С).

В приборе применен магвитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр-20М-0,32 при натяжении 65 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 37,5 мкА.

Рамка содержит 580...650 витков провода ПЭВ-1 0,03. Напряжение встроенного источника питания равно 1,3...1,5 В.

При измерении относительного переменного напряжения на пределах измерения, больших 3 В, к показаниям прибора по шкале необходимо прибавить числа, указанные в табл. 65.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R23 и R24, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 66).

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 120; 60; 30; 12; 3; 1,2; 0,3 В	Постоянный	50	—	$\pm 2,5$
900; 600; 300; 150; 60; 15; 6; 3 В	Переменный	250	—	± 4
3000; 600; 60; 6; 0,6; 0,06 мА	Постоянный	—	0,5	$\pm 2,5$
3000; 300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,2	± 4

Таблица 63. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600; 300 В	45...60	45...100
150 В	45...100	45...500
60 В	45...1000	45...2000
15 В	45...5000	45...10 000
Остальные пределы напряжения и тока	45...10 000	45...20 000

Таблица 64. Пределы измерения сопротивления и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
$\Omega \times 10$	200 Ом	9	1,3...1,7	48	$\pm 2,5$
$k\Omega \times 1$	2 кОм	9			
$k\Omega \times 10$	20 кОм	0,9		52	$\pm 2,5$
$k\Omega \times 100$	200 кОм	0,09			
$k\Omega \times 1000$	2000 кОм	0,09	1,3...1,7	48	± 4
dB	—10... ± 12	0,25	—		

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R_{Σ} и резистора R23

$$R_{\Sigma} + R23 = 900 \pm 6 \text{ Ом}$$

при температуре 20 °С.

Резистор R24 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

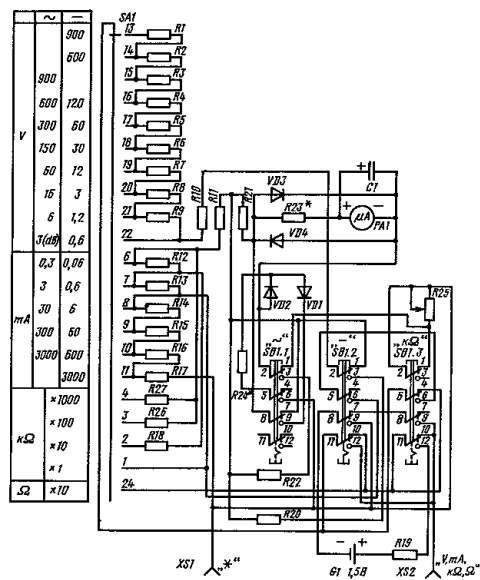


Рис. 80. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 1)

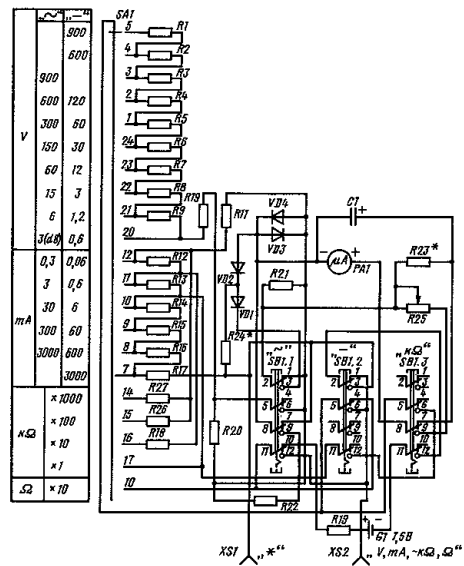


Рис. 81. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

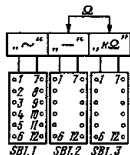
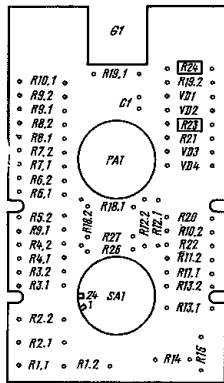


Рис. 82. Схема расположения элементов прибора Ц4326. (Все элементы, за исключением резисторов R23, R24, размещены с обратной стороны платы, резистор R25 закреплен на передней крышке прибора, R16, R17 — резисторы универсального шунта)

Таблица 65. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	3	6	15	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	0	+6	+14	+26	+34	+40	+46

Пределы	Элементы									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
300	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
40000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
50000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
60000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
70000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
80000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
90000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
100000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
150000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
200000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
300000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
400000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
500000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
600000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
700000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
800000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
900000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
40000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
50000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
60000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
70000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
80000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
90000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
100000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
150000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
200000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
300000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
400000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
500000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
600000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
700000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
800000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
900000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
15000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
30000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
40000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
50000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
60000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
70000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
80000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
90000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
100000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
150000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
200000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
300000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
400000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
500000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
600000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
700000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
800000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
900000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1000000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1500000000000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Таблица 66. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4326

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
-------------------------	--------------	------------	------------

Резисторы

R1	МЛТ-0,5-3 МОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $6 \pm 0,03$ МОм
R2	МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $8,4 \pm 0,042$ МОм
R3	МЛТ-0,5-3,6 МОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм
R4	МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $1,2 \pm 0,006$ МОм
R5	МЛТ-0,5-510 кОм $\pm 10\%$	1	Суммарное сопротивление 600 ± 3 кОм
R6	МЛТ-0,5-680 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление $360 \pm 1,8$ кОм
R7	МЛТ-0,5-180 кОм $\pm 10\%$	2	Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$ кОм
R8	МЛТ-0,5-18 кОм $\pm 10\%$	2	Суммарное сопротивление $36 \pm 0,18$ кОм
R9	МЛТ-0,5-6,8 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $12 \pm 0,06$ кОм
R10	МЛТ-0,5-5,1 кОм $\pm 10\%$	1	Суммарное сопротивление $10,5 \pm 0,05$ кОм
R11	МЛТ-0,5-6,2 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление $500 \pm 2,5$ Ом
R12	МЛТ-0,5-4,3 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 2250 ± 11 Ом
R13	МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 10\%$	1	Суммарное сопротивление $225 \pm 1,12$ Ом
R14	МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 5\%$	1	
R15	МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 10\%$	2	
R16	МЛТ-0,5-100 Ом $\pm 10\%$	1	
R17	МЛТ-0,5-120 Ом $\pm 5\%$	1	
R18	22,5 $\pm 0,11$ Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R19	2,25 $\pm 0,011$ Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R20	0,2 $\pm 0,001$ Ом, провод МнМц-3-12	1	Шунт
R21	0,05 $\pm 0,00025$ Ом, провод МнМц-3-12 1,5	1	»
R22	МЛТ-0,5-820 Ом $\pm 10\%$	2	Суммарное сопротивление $1660 \pm 8,3$ Ом
R23*	МЛТ-0,5-91 Ом $\pm 10\%$	2	Суммарное сопротивление $180 \pm 0,9$
R24*	МЛТ-0,5-750 Ом $\pm 5\%$	1	
R25	МЛТ-0,5-110 кОм $\pm 10\%$	1	
R26	МЛТ-0,5-100 кОм $\pm 10\%$	1	
R27	МЛТ-0,5-100 кОм $\pm 10\%$	1	

Диоды

VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521Г	2	

Рис. 84. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4326 (вариант 2)

Элементы		Проводы		Итого	
1-2	3812, " "	1-2	3812, " "	1-2	3812, " "
3-4	3812, " "	3-4	3812, " "	3-4	3812, " "
5-6	3812, " "	5-6	3812, " "	5-6	3812, " "
7-8	3812, " "	7-8	3812, " "	7-8	3812, " "
9-10	3812, " "	9-10	3812, " "	9-10	3812, " "
11-12	3812, " "	11-12	3812, " "	11-12	3812, " "
13-14	3812, " "	13-14	3812, " "	13-14	3812, " "
15-16	3812, " "	15-16	3812, " "	15-16	3812, " "
17-18	3812, " "	17-18	3812, " "	17-18	3812, " "
19-20	3812, " "	19-20	3812, " "	19-20	3812, " "
21-22	3812, " "	21-22	3812, " "	21-22	3812, " "
23-24	3812, " "	23-24	3812, " "	23-24	3812, " "
25-26	3812, " "	25-26	3812, " "	25-26	3812, " "
27-28	3812, " "	27-28	3812, " "	27-28	3812, " "
29-30	3812, " "	29-30	3812, " "	29-30	3812, " "
31-32	3812, " "	31-32	3812, " "	31-32	3812, " "
33-34	3812, " "	33-34	3812, " "	33-34	3812, " "
35-36	3812, " "	35-36	3812, " "	35-36	3812, " "
37-38	3812, " "	37-38	3812, " "	37-38	3812, " "
39-40	3812, " "	39-40	3812, " "	39-40	3812, " "
41-42	3812, " "	41-42	3812, " "	41-42	3812, " "
43-44	3812, " "	43-44	3812, " "	43-44	3812, " "
45-46	3812, " "	45-46	3812, " "	45-46	3812, " "
47-48	3812, " "	47-48	3812, " "	47-48	3812, " "
49-50	3812, " "	49-50	3812, " "	49-50	3812, " "
51-52	3812, " "	51-52	3812, " "	51-52	3812, " "
53-54	3812, " "	53-54	3812, " "	53-54	3812, " "
55-56	3812, " "	55-56	3812, " "	55-56	3812, " "
57-58	3812, " "	57-58	3812, " "	57-58	3812, " "
59-60	3812, " "	59-60	3812, " "	59-60	3812, " "
61-62	3812, " "	61-62	3812, " "	61-62	3812, " "
63-64	3812, " "	63-64	3812, " "	63-64	3812, " "
65-66	3812, " "	65-66	3812, " "	65-66	3812, " "
67-68	3812, " "	67-68	3812, " "	67-68	3812, " "
69-70	3812, " "	69-70	3812, " "	69-70	3812, " "
71-72	3812, " "	71-72	3812, " "	71-72	3812, " "
73-74	3812, " "	73-74	3812, " "	73-74	3812, " "
75-76	3812, " "	75-76	3812, " "	75-76	3812, " "
77-78	3812, " "	77-78	3812, " "	77-78	3812, " "
79-80	3812, " "	79-80	3812, " "	79-80	3812, " "
81-82	3812, " "	81-82	3812, " "	81-82	3812, " "
83-84	3812, " "	83-84	3812, " "	83-84	3812, " "
85-86	3812, " "	85-86	3812, " "	85-86	3812, " "
87-88	3812, " "	87-88	3812, " "	87-88	3812, " "
89-90	3812, " "	89-90	3812, " "	89-90	3812, " "
91-92	3812, " "	91-92	3812, " "	91-92	3812, " "
93-94	3812, " "	93-94	3812, " "	93-94	3812, " "
95-96	3812, " "	95-96	3812, " "	95-96	3812, " "
97-98	3812, " "	97-98	3812, " "	97-98	3812, " "
99-100	3812, " "	99-100	3812, " "	99-100	3812, " "
101-102	3812, " "	101-102	3812, " "	101-102	3812, " "
103-104	3812, " "	103-104	3812, " "	103-104	3812, " "
105-106	3812, " "	105-106	3812, " "	105-106	3812, " "
107-108	3812, " "	107-108	3812, " "	107-108	3812, " "
109-110	3812, " "	109-110	3812, " "	109-110	3812, " "
111-112	3812, " "	111-112	3812, " "	111-112	3812, " "
113-114	3812, " "	113-114	3812, " "	113-114	3812, " "
115-116	3812, " "	115-116	3812, " "	115-116	3812, " "
117-118	3812, " "	117-118	3812, " "	117-118	3812, " "
119-120	3812, " "	119-120	3812, " "	119-120	3812, " "
121-122	3812, " "	121-122	3812, " "	121-122	3812, " "
123-124	3812, " "	123-124	3812, " "	123-124	3812, " "
125-126	3812, " "	125-126	3812, " "	125-126	3812, " "
127-128	3812, " "	127-128	3812, " "	127-128	3812, " "
129-130	3812, " "	129-130	3812, " "	129-130	3812, " "
131-132	3812, " "	131-132	3812, " "	131-132	3812, " "
133-134	3812, " "	133-134	3812, " "	133-134	3812, " "
135-136	3812, " "	135-136	3812, " "	135-136	3812, " "
137-138	3812, " "	137-138	3812, " "	137-138	3812, " "
139-140	3812, " "	139-140	3812, " "	139-140	3812, " "
141-142	3812, " "	141-142	3812, " "	141-142	3812, " "
143-144	3812, " "	143-144	3812, " "	143-144	3812, " "
145-146	3812, " "	145-146	3812, " "	145-146	3812, " "
147-148	3812, " "	147-148	3812, " "	147-148	3812, " "
149-150	3812, " "	149-150	3812, " "	149-150	3812, " "
151-152	3812, " "	151-152	3812, " "	151-152	3812, " "
153-154	3812, " "	153-154	3812, " "	153-154	3812, " "
155-156	3812, " "	155-156	3812, " "	155-156	3812, " "
157-158	3812, " "	157-158	3812, " "	157-158	3812, " "
159-160	3812, " "	159-160	3812, " "	159-160	3812, " "
161-162	3812, " "	161-162	3812, " "	161-162	3812, " "
163-164	3812, " "	163-164	3812, " "	163-164	3812, " "
165-166	3812, " "	165-166	3812, " "	165-166	3812, " "
167-168	3812, " "	167-168	3812, " "	167-168	3812, " "
169-170	3812, " "	169-170	3812, " "	169-170	3812, " "
171-172	3812, " "	171-172	3812, " "	171-172	3812, " "
173-174	3812, " "	173-174	3812, " "	173-174	3812, " "
175-176	3812, " "	175-176	3812, " "	175-176	3812, " "
177-178	3812, " "	177-178	3812, " "	177-178	3812, " "
179-180	3812, " "	179-180	3812, " "	179-180	3812, " "
181-182	3812, " "	181-182	3812, " "	181-182	3812, " "
183-184	3812, " "	183-184	3812, " "	183-184	3812, " "
185-186	3812, " "	185-186	3812, " "	185-186	3812, " "
187-188	3812, " "	187-188	3812, " "	187-188	3812, " "
189-190	3812, " "	189-190	3812, " "	189-190	3812, " "
191-192	3812, " "	191-192	3812, " "	191-192	3812, " "
193-194	3812, " "	193-194	3812, " "	193-194	3812, " "
195-196	3812, " "	195-196	3812, " "	195-196	3812, " "
197-198	3812, " "	197-198	3812, " "	197-198	3812, " "
199-200	3812, " "	199-200	3812, " "	199-200	3812, " "
201-202	3812, " "	201-202	3812, " "	201-202	3812, " "
203-204	3812, " "	203-204	3812, " "	203-204	3812, " "
205-206	3812, " "	205-206	3812, " "	205-206	3812, " "
207-208	3812, " "	207-208	3812, " "	207-208	3812, " "
209-210	3812, " "	209-210	3812, " "	209-210	3812, " "
211-212	3812, " "	211-212	3812, " "	211-212	3812, " "
213-214	3812, " "	213-214	3812, " "	213-214	3812, " "
215-216	3812, " "	215-216	3812, " "	215-216	3812, " "
217-218	3812, " "	217-218	3812, " "	217-218	3812, " "
219-220	3812, " "	219-220	3812, " "	219-220	3812, " "
221-222	3812, " "	221-222	3812, " "	221-222	3812, " "
223-224	3812, " "	223-224	3812, " "	223-224	3812, " "
225-226	3812, " "	225-226	3812, " "	225-226	3812, " "
227-228	3812, " "	227-228	3812, " "	227-228	3812, " "
229-230	3812, " "	229-230	3812, " "	229-230	3812, " "
231-232	3812, " "	231-232	3812, " "	231-232	3812, " "
233-234	3812, " "	233-234	3812, " "	233-234	3812, " "
235-236	3812, " "	235-236	3812, " "	235-236	3812, " "
237-238	3812, " "	237-238	3812, " "	237-238	3812, " "
239-240	3812, " "	239-240	3812, " "	239-240	3812, " "
241-242	3812, " "	241-242	3812, " "	241-242	3812, " "
243-244	3812, " "	243-244	3812, " "	243-244	3812, " "
245-246	3812, " "	245-246	3812, " "	245-246	3812, " "
247-248	3812, " "	247-248	3812, " "	247-248	3812, " "
249-250	3812, " "	249-250	3812, " "	249-250	3812, " "
251-252	3812, " "	251-252	3812, " "	251-252	3812, " "
253-254	3812, " "	253-254	3812, " "	253-254	3812, " "
255-256	3812, " "	255-256	3812, " "	255-256	3812, " "
257-258	3812, " "	257-258	3812, " "	257-258	3812, " "
259-260	3812, " "	259-260	3812, " "	259-260	3812, " "
261-262	3812, " "	261-262	3812, " "	261-262	3812, " "
263-264	3812, " "	263-264	3812, " "	263-264	3812, " "
265-266	3812, " "	265-266	3812, " "	265-266	3812, " "
267-268	3812, " "	267-268	3812, " "	267-268	3812, " "
269-270	3812, " "	269-270	3812, " "	269-270	3812, " "
271-272	3812, " "	271-272	3812, " "	271-272	3812, " "
273-274	3812, " "	273-274	3812, " "	273-274	3812, " "
275-276	3812, " "	275-276	3812, " "	275-276	3812, " "
277-278	3812, " "	277-278	3812, " "	277-278	3

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Конденсатор</i>			
C1	K5-6-1-6 В-50 мкФ	1	
* Подбирают при регулировке.			

Комбинированный прибор Ц4340

Прибор с защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 67—69 и на рис. 85—89.

Входное сопротивление прибора 20 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 2 кОм/В — переменного. Рабочая температура $-20...+40^{\circ}\text{C}$ (без источника питания $-30...+40^{\circ}\text{C}$), относительная влажность до 90 % (при температуре 30°C), для тропического исполнения (Ц4340Т) $-5...+45^{\circ}\text{C}$, относительная влажность до 95 % (при температуре 35°C).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПЛСр.М-0,36 при натяжении 40 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 50 мкА. Рамка содержит 500 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Прибор питается от встроенных батарей 3336У.

Таблица 67. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1000; 500; 250; 50; 10; 25; 0,5 В	Постоянный	50	—	± 1
1000; 500; 250; 50; 10; 2,5 В	Переменный	500	—	$\pm 2,5$
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250; 50 мкА	Постоянный	—	0,75	± 1
25; 5; 2,5; 0,5 А 100; 25; 5; 1 мА 250 мкА	Переменный	—	1,1	$\pm 2,5$

Таблица 68. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Чистотой области, Гц	
	номинальный	расширенная
1000 В	45...60	45...400
500; 250 В	45...60	45...1000
25; 5; 2,5; 0,5 А	45...60	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 69. Пределы измерения сопротивления

Предел измерения кОм	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА
10 000	30 МОм	40/0,3*
1 000	3 МОм	25/0,3*
100	300 кОм	0,3
10	30 кОм	3
1	3 кОм	30

* Омметр питается выходным напряжением преобразователя. Ток, потребляемый преобразователем, указанный в числителе. Основная погрешность $\pm 1,5\%$ — от длины рабочей части шкалы, равной 50 мк. Напряжение питания 3,7...4,8 В.

Сопротивление всех резисторов, за исключением R10, R11, R19, R20, R21, R29, R30, R41, должно соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 70).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний (или установки режимов работы):

R10, R11 — на пределах измерения сопротивления $\times 10 000$ и $\times 1000$ кОм соответственно;

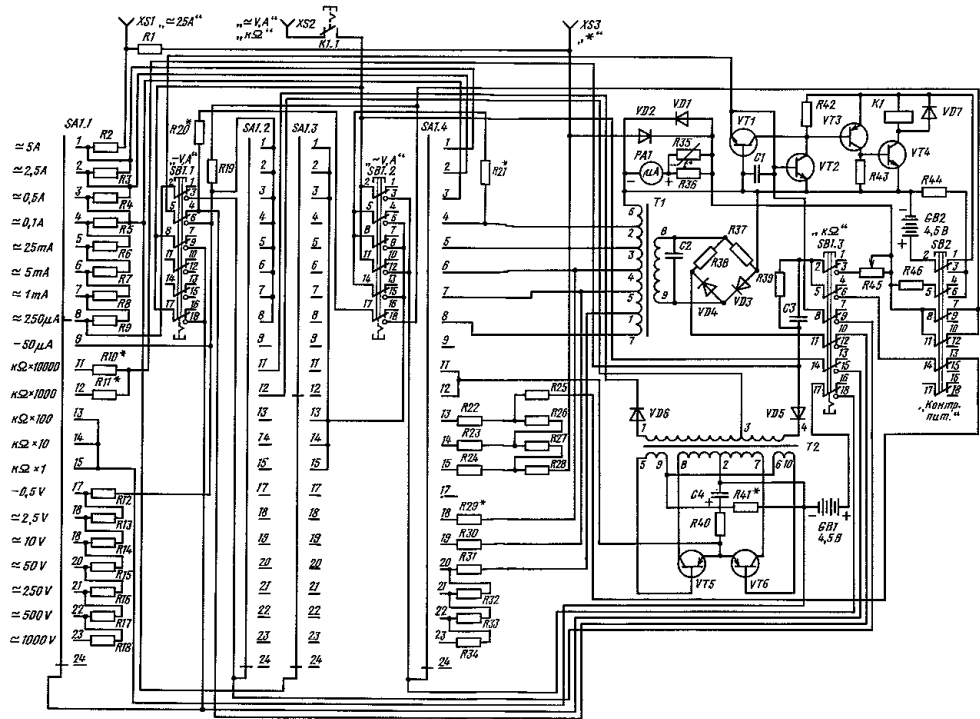
R19 — на одном из пределов постоянного тока;

R20 — при измерении переменного тока и напряжения;

R29 — на пределе 2,5 В переменного напряжения;

R30 — на пределе 10 В переменного напряжения;

R41 — для установки выходного напряжений встроенного преобразователя напряжения таким образом, чтобы на пределах $\times 10 000$ и $\times 1000$ кОм можно было килоомметр установить на «нуль».





Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R16	MPX-0,25-4 МОм $\pm 0,05$ Б	1	Суммарное сопротивление $1 \pm 0,005$ МОм Терморезистор
R17	MPX-0,25-5 МОм $\pm 0,05$ Б	1	
R18	MPX-0,5-10 МОм $\pm 0,05$ Б	1	
R19*	До 1200 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R20*	До 1000 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R21*	До 0,9 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R22	C5-55-0,125-20,7 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R23	C5-55-0,125-2,02 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R24	197,4 $\pm 0,9$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R25	C5-55-0,125-3,2 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R26	C5-55-0,125-1,56 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R27	156,6 $\pm 0,8$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R28	17,4 $\pm 0,09$ Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R29*	До 470 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R30*	До 10 кОм, провод ПЭМС 0,05	1	
R31	C5-55-0,125-99 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R32	C5-55-0,125-400 кОм $\pm 0,2$ %	1	
R33	C5-55-0,125-500 кОм $\pm 0,2$ %	1	
R34	МЛТ-0,5-430 кОм ± 5 %	1	
	МЛТ-0,5-580 кОм ± 10 %	1	
R35	ММТ-8-270 Ом ± 20 %	1	
R36	250 $\pm 1,2$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R37	C5-55-0,125-3,9 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R38	C5-55-0,125-3,9 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R39	МЛТ-0,5-1 МОм ± 10 %	1	
R40	МЛТ-0,5-560 Ом ± 5 %	1	
R41*	МЛТ-0,5-3,9 кОм ± 10 %	1	
R42	МЛТ-0,5-120 кОм ± 5 %	1	
R43	МЛТ-0,5-39 кОм ± 5 %	1	
R44	МЛТ-0,5-68 Ом ± 5 %	1	
R45	СПЗ-9а-4,7 кОм ± 20 %	1	
R46	МЛТ-0,5-100 кОм ± 5 %	1	

Конденсаторы

C1	КЛС-1а-M47-150 пФ ± 10 %	1	Регулировочный
C2	КЛС-1а-M47-150 пФ ± 10 %	1	
C3	МБМ-180-0,1 ± 10 %	1	
C4	К50-6-15-5-БН	1	

Диоды

VD1—VD4	КД521Г	5	Регулировочный
VD6			
VD5	Д226Б	1	
VD7	Д9Д	1	

Транзисторы

VT1, VT2, VT4	МП113	3	Регулировочный
VT3	П403	1	
VT5, VT6	МП41	2	

* Подбирают при регулировке.

Прибор предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного синусоидального тока и напряжения, сопротивления постоянному току, а также параметров малоомных (менее 150 мВ) транзисторов. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 71—73 и на рис. 90—94.

Входное сопротивление прибора равно 16,7 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 3,3 кОм/В — переменного. Прибор используют при температуре окружающего воздуха $-10...+40$ °C и относительной влажности до 80 % (при температуре 30 °C).

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПлСр20М-0,25 при натяжении 60 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения $42,5 \pm 0,5$ мкА. Рамка содержит 370—465 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Измеряют обратный ток коллектора $I_{КБО}$, начальный ток коллектора $I_{КН}$ на пределе 80 мкА с точностью $\pm 2,5$ %. Статический коэффициент передачи тока транзистора по схеме с общим эмиттером измеряют в пределах 70...350 с точностью ± 10 %.

Сопротивление всех резисторов прибора, за исключением R25, R26, должен соответствовать указанному в перечне элементов к принципиальной электрической схеме (табл. 74).

Т а б л и ц а 71. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимках, В	Основная погрешность, %
900; 300; 150; 80; 30; 6; 1,5; 0,3 В	Постоянный	80	—	$\pm 2,5$
750; 300; 150; 30; 7,5; 1,5 В	Переменный	300	—	± 4
600; 60; 6; 0,6 мА 60 мкА	Постоянный	—	0,3	$\pm 2,5$
300; 30; 3; 0,3 мА	Переменный	—	1,3	± 4

Т а б л и ц а 72. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
750 В	45...500	45...2000
300 В	45...1000	45...5000
180 В	45...1000	45...1500
Остальные пределы напряжения и тока	45...5000	45...20000

Таблица 73. Пределы измерения сопротивления

Предел измерения кΩх	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В
0,1	0,5 кОм	80	3,7...4,8
1	5 кОм	8	
10	50 кОм	0,8	
100	500 кОм	0,08	
	5 МОм	0,08	37...48

МОмх1

Примечание. Основная погрешность $\pm 2,5\%$ — при длине рабочей части шкалы, равной 86 мм.

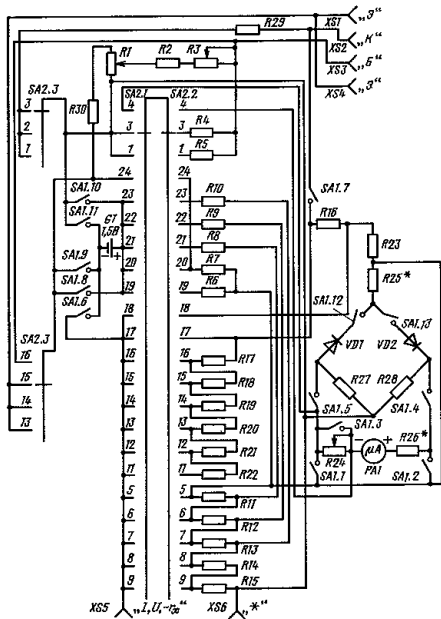


Рис. 90. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4311

Таблица 74. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4341

Позиционное обозначение	Наименование	Число шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	СПЗ-9а-25-100 кОм $\pm 20\%$	1	
R2	МЛТ-0,5-3 кОм $\pm 5\%$	1	
R3	РЗ-9а-25-1,5 МОм $\pm 30\%$	1	
R4	МЛТ-0,5-51 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 108 $\pm$ 0,54 кОм
R5	МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 540 $\pm$ 2,7 кОм
R6	МЛТ-0,5-270 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 590 $\pm$ 6,0 кОм
R7	МЛТ-0,5-22 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 58 $\pm$ 0,6 кОм
R8	МЛТ-0,5-2 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 5,58 $\pm$ 0,06 кОм
R9	МЛТ-0,5-200 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 558 $\pm$ 5,5 Ом
R10	МЛТ-0,5-360 Ом $\pm 5\%$	1	
R11	53 $\pm$ 0,56 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R12	МЛТ-0,5-1,5 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 3150 $\pm$ 15 Ом
R13	МЛТ-0,5-1,6 кОм $\pm 5\%$	1	
R14	315 $\pm$ 1,5 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R15	31,5 $\pm$ 0,15 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R16	3,15 $\pm$ 0,015 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R17	0,35 $\pm$ 0,0015 Ом, провод ПЭМС 0,6	1	
R18	МЛТ-0,5-10 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 20 $\pm$ 1 кОм
R19	МЛТ-0,5-36 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 75 $\pm$ 0,37 кОм
R20	МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 400 $\pm$ 2 кОм
R21	МЛТ-0,5-200 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 500 $\pm$ 2,5 кОм
R22	МЛТ-0,5-300 кОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 1,5 $\pm$ 0,0075 МОм
R23	МЛТ-0,5-750 кОм $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 2,5 $\pm$ 0,012 МОм
R24	МЛТ-0,5-1,2 МОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 10 $\pm$ 0,05 МОм
R25*	МЛТ-0,5-1,3 МОм $\pm 5\%$	2	Суммарное сопротивление 3,97 $\pm$ 0,018 кОм
R26*	МЛТ-0,5-220...560 Ом $\pm 5\%$	1	
R27	СПЗ-9а-3,3 кОм $\pm 20\%$	1	
R28	МЛТ-0,5-(51...300) Ом $\pm 5\%$	1	
R29	МЛТ-0,5-(220...560) Ом $\pm 5\%$	1	
R30	МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$	1	Допускается различие значений не более 1%
	МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$	1	Суммарное сопротивление 510 $\pm$ 2,5 Ом
	МЛТ-0,5-240 Ом $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-270 Ом $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-62 кОм $\pm 5\%$	1	

Рис. 94. Карта электрических целей комбинированного прибора Ц4341

[illegible]

VD1, VD2 1Д9Д

* Подбирают при регулировке

Диоды

2

Допускается различие значений не более 1%.
Суммарное сопротивление 510 ± 25 Ом

Комбинированный прибор Ц4342

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, параметров транзисторов мощностью до 150 мВт.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, карта электрических цепей представлены в табл. 75—77 и на рис. 95, 96.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутренним магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подвижной рамки 1000±5 Ом.

Для питания прибора Ц4342 использован встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в табл. 78.

Таблица 75. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
1000; 250; 50; 10; 5; 1 В	Постоянный	53	—	±2,5
1000; 250; 50 В	Переменный	280	—	—
10 В	Переменный	1050	—	±4
5 В	Переменный	2700	—	—
1 В	Переменный	5200	—	—
2500; 500; 100; 25,5; 1; 0,25; 0,05 мА	Постоянный	—	0,4	±2,5
2500; 500; 100; 25; 5; 1; 0,25 мА	Переменный	—	1,2	±4

Таблица 76. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
1000 В	45...100	45...200
250 В	45...200	45...500
50 В	45...500	45...1000
Остальные пределы измерения напряжения и тока	45...1000	45...2000

Таблица 77. Основные технические параметры встроенного омметра и измерителя параметров транзистора

Предел измерения	Конечное значение измеряемого параметра	Ток потребления, мА	Напряжение источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	0,3 кОм	7	3,7...4,7	49	±2,5
кΩ×1	5 кОм	7	3,7...4,7	66	
кΩ×10	50 кОм	0,7	3,7...4,7	66	
кΩ×100	500 кОм	0,07	3,7...4,7	66	
МΩ	5000 кОм	10	3,7...4,7	66	
h _{21E}	1000	5	3,7...4,7	57	±10
ICBO, IEBO, ICES	50 мкА	—	3,7...4,7	—	±2,5

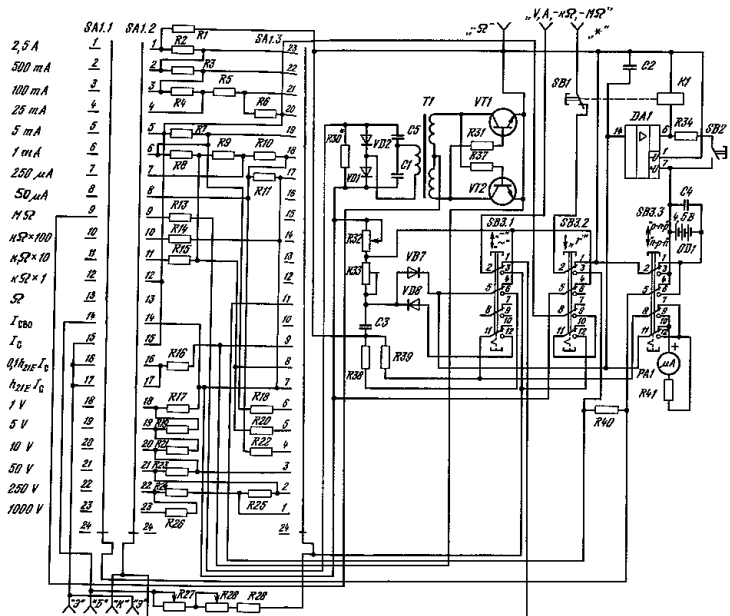


Рис. 95. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342

[illegible]

Рис. 96. Карта электрических целей комбинированного прибора Ц4342

KALININ 02.02.23		1917		1918		1919		1920		1921		1922		1923		1924		1925		1926		1927		1928		1929		1930		1931		1932		1933		1934		1935		1936		1937		1938		1939		1940		1941		1942		1943		1944		1945		1946		1947		1948		1949		1950		1951		1952		1953		1954		1955		1956		1957		1958		1959		1960		1961		1962		1963		1964		1965		1966		1967		1968		1969		1970		1971		1972		1973		1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988		1989		1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034		2035		2036		2037		2038		2039		2040		2041		2042		2043		2044		2045		2046		2047		2048		2049		2050		2051		2052		2053		2054		2055		2056		2057		2058		2059		2060		2061		2062		2063		2064		2065		2066		2067		2068		2069		2070		2071		2072		2073		2074		2075		2076		2077		2078		2079		2080		2081		2082		2083		2084		2085		2086		2087		2088		2089		2090		2091		2092		2093		2094		2095		2096		2097		2098		2099		2100		2101		2102		2103		2104		2105		2106		2107		2108		2109		2110		2111		2112		2113		2114		2115		2116		2117		2118		2119		2120		2121		2122		2123		2124		2125		2126		2127		2128		2129		2130		2131		2132		2133		2134		2135		2136		2137		2138		2139		2140		2141		2142		2143		2144		2145		2146		2147		2148		2149		2150		2151		2152		2153		2154		2155		2156		2157		2158		2159		2160		2161		2162		2163		2164		2165		2166		2167		2168		2169		2170		2171		2172		2173		2174		2175		2176		2177		2178		2179		2180		2181		2182		2183		2184		2185		2186		2187		2188		2189		2190		2191		2192		2193		2194		2195		2196		2197		2198		2199		2200		2201		2202		2203		2204		2205		2206		2207		2208		2209		2210		2211		2212		2213		2214		2215		2216		2217		2218		2219		2220		2221		2222		2223		2224		2225		2226		2227		2228		2229		2230		2231		2232		2233		2234		2235		2236		2237		2238		2239		2240		2241		2242		2243		2244		2245		2246		2247		2248		2249		2250		2251		2252		2253		2254		2255		2256		2257		2258		2259		2260		2261		2262		2263		2264		2265		2266		2267		2268		2269		2270		2271		2272		2273		2274		2275		2276		2277		2278		2279		2280		2281		2282		2283		2284		2285		2286		2287		2288		2289		2290		2291		2292		2293		2294		2295		2296		2297		2298		2299		2300		2301		2302		2303		2304		2305		2306		2307		2308		2309		2310		2311		2312		2313		2314		2315		2316		2317		2318		2319		2320		2321		2322		2323		2324		2325		2326		2327		2328		2329		2330		2331		2332		2333		2334		2335		2336		2337		2338		2339		2340		2341		2342		2343		2344		2345		2346		2347		2348		2349		2350		2351		2352		2353		2354		2355		2356		2357		2358		2359		2360		2361		2362		2363		2364		2365		2366		2367		2368		2369		2370		2371		2372		2373		2374		2375		2376		2377		2378		2379		2380		2381		2382		2383		2384		2385		2386		2387		2388		2389		2390		2391		2392		2393		2394		2395		2396		2397		2398		2399		2400		2401		2402		2403		2404		2405		2406		2407		2408		2409		2410		2411		2412		2413		2414		2415		2416		2417		2418		2419		2420		2421		2422		2423		2424		2425		2426		2427		2428		2429		2430		2431		2432		2433		2434		2435		2436		2437		2438		2439		2440		2441		2442		2443		2444		2445		2446		2447		2448		2449		2450		2451		2452		2453		2454		2455		2456		2457		2458		2459		2460		2461		2462		2463		2464		2465		2466		2467		2468		2469		2470		2471		2472		2473		2474		2475		2476		2477		2478		2479		2480		2481		2482		2483		2484		2485		2486		2487		2488		2489		2490		2491		2492		2493		2494		2495		2496		2497		2498		2499		2500		2501		2502		2503		2504		2505		2506		2507		2508		2509		2510		2511		2512		2513		2514		2515		2516		2517		2518		2519		2520		2521		2522		2523		2524		2525		2526		2527		2528		2529		2530		2531		2532		2533		2534		2535		2536		2537		2538		2539		2540		2541		2542		2543		2544		2545		2546		2547		2548		2549		2550		2551		2552		2553		2554		2555		2556		2557		2558		2559		2560		2561		2562		2563		2564		2565		2566		2567		2568		2569		2570		2571		2572		2573		2574		2575		2576		2577		2578		2579		2580		2581		2582		2583		2584		2585		2586		2587		2588		2589		2590		2591		2592		2593		2594		2595		2596		2597		2598		2599		2600		2601		2602		2603		2604		2605		2606		2607		2608		2609		2610		2611		2612		2613		2614		2615		2616		2617		2618		2619		2620		2621		2622		2623		2624		2625		2626		2627		2628		2629		2630		2631		2632		2633		2634		2635		2636		2637		2638		2639		2640		2641		2642		2643		2644		2645		2646		2647		2648		2649		2650		2651		2652		2653		2654		2655		2656		2657		2658		2659		2660		2661		2662		2663		2664		2665		2666		2667		2668		2669		2670		2671		2672		2673		2674		2675		2676		2677		2678		2679		2680		2681		2682		2683		2684		2685		2686		2687		2688		2689		2690		2691		2692		2693		2694		2695		2696		2697		2698		2699		2700		2701		2702		2703		2704		2705		2706		2707		2708		2709		2710		2711		2712		2713		2714		2715		2716		2717		2718		2719		2720		2721		2722		2723		2724		2725		2726		2727		2728		2729		2730		2731		2732		2733		2734		2735		2736		2737		2738		2739		2740		2741		2742		2743		2744		2745		2746		2747		2748		2749		2750		2751		2752		2753		2754		2755		2756		2757		2758		2759		2760		2761		2762		2763		2764		2765		2766		2767		2768		2769		2770		2771		2772		2773		2774		2775		2776		2777		2778		2779		2780		2781		2782		2783		2784		2785		2786		2787		2788		2789		2790		2791		2792		2793		2794		2795		2796		2797		2798		2799		2800		2801		2802		2803		2804		2805		2806		2807		2808		2809		2810		2811		2812		2813		2814		2815		2816		2817		2818		2819		2820		2821		2822		2823		2824		2825		2826		2827		2828		2829		2830		2831		2832		2833		2834		2835		2836		2837		2838		2839		2840		2841		2842		2843		2844		2845		2846		2847		2848		2849		2850		2851		2852		2853		2854		2855		2856		2857		2858		2859		2860		2861		2862		2863		2864		2865		2866		2867		2868		2869		2870		2871		2872		2873		2874		2875		2876		2877		2878		2879		2880		2881		2882		2883		2884		2885		2886		2887		2888		2889		2890		2891		2892		2893		2894		2895		2896		2897		2898		2899		2900		2901		2902		2903		2904		2905		2906		2907		2908		2909		2910		2911		2912		2913		2914		2915		2916		2917		2918		2919		2920		2921		2922		2923		2924		2925		2926		2927		2928		2929		2930		2931		2932		2933		2934		2935		2936		2937		2938		2939		2940		2941		2942		2943		2944		2945		2946	
------------------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	------	--

(3 — цели защиты)

Таблица 78. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	0,072±0.0036 Ом	1	Шунт
R2	0,288±0.0014 Ом	1	>
R3	1,44±0.0072 Ом	1	>
R4	C2-29B-0,125-5,42 Ом ±0,5 %	1	

Окончание табл. 78

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R5	C2-29В-0,125-1,8 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R6	C2-29В-0,125-27,1 Ом $\pm 0,25\%$	1	
R7	C2-29В-0,125-145 Ом $\pm 0,5\%$	1	Параллельно R7=144 Ом $\pm 0,7$ Ом
R8	МЛТ-0,5-20 кОм $\pm 5\%$	1	
R9	C2-29В-0,125-180 Ом $\pm 0,5\%$	1	
	C2-29В-0,125-361 Ом $\pm 0,5\%$	1	Параллельно R9-360 Ом $\pm 1,8$ Ом
	МЛТ-0,5-130 кОм $\pm 5\%$	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R10	C2-29B-0,125-180 Ом $\pm 0,5$	1	
R11	C2-29B-0,125-2,71 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R13	C2-29B-0,125-698 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R14	C2-29B-0,125-69 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R15	C2-29B-0,125-6,04 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R16	МЛТ-0,5-36 Ом ± 10 %	1	
R17	C2-29B-0,125-18,4 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R18	C2-29B-0,125-25,2 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R19	C2-29B-0,125-79,6 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R20	C2-29B-0,125-1,67 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R21	C2-29B-0,125-100 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R22	C2-29B-0,125-9,2 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R23	C2-29B-0,125-796 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R24	C2-29B-0,25-1,0 МОм $\pm 0,5$ %	1	
R25	C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,5$ %	1	Последовательно R25=
	C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,5$ %	1	=3 МОм $\pm 0,15$ МОм
R26	C2-29B-2-7,5 МОм $\pm 0,5$ %	1	Последовательно R26=15 МОм
	C2-29B-2-7,5 МОм $\pm 0,5$ %	1	$\pm 0,075$ МОм
R27	СП3-9а-11-1,5 МОм ± 20 %	1	
R28	СП3-9а-11-100 кОм ± 20 %	1	
R29	МЛТ-0,5-3 кОм ± 5 %	1	
R30*	МЛТ-0,5-(82...120) кОм ± 10 %	1	
R31	МЛТ-0,5-5,6 кОм ± 10 %	1	
R32	СП3-9а-11-3,3 кОм ± 20 %	1	
R33	СП5-1ВА-1 Вт-3,3 кОм ± 5 %	1	
R34	МЛТ-0,5-56 Ом ± 10 %	1	
R37	МЛТ-0,5-5,6 кОм ± 10 %	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-1,1 кОм ± 5 %	2	
R40	C2-29B-0,125-673 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R41	СП5-1ВА-1 Вт-1,5 кОм ± 5 %	1	
Конденсаторы			
C1, C5	КД-26-1170-2200 пФ $\begin{smallmatrix} +80 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	2	
C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ± 10 %	1	
C3	К31-11-3-В-10 000 пФ ± 10 %	1	
C4	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	
Диоды			
VD1, VD2	КД521Г	2	
VD7, VD8	Д9Д	2	
VT1, VT2	Транзисторы КТ315Г	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	

* Подбирают при регулировке

Прибор электроизмерительный комбинированный Ц4342-М1 с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, среднеквадратического значения переменного тока и напряжения синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока в электрических цепях объектов измерений, работоспособное состояние которых не нарушается взаимодействием объекта измерений и прибора или выходом нормируемых характеристик прибора за пределы, установленные техническими условиями.

Прибор предназначен также для измерения параметров биполярных транзисторов мощностью до 150 мВт, а именно статического коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером $h_{21э}$, обратного тока коллектора $I_{кб0}$, обратного тока эмиттера $I_{э0}$, обратного тока коллектор — эмиттер $I_{кэ0}$ при разомкнутом выводе базы и обратного тока коллектор — эмиттер при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы в диапазонах измерения постоянного тока.

Рабочая температура окружающего воздуха $-10...+40$ °С и относительная влажность 30 % при температуре 25 °С.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 79—81 и рис. 97—99.

Падение напряжения на амперметре переменного тока на пределах 0,05; 0,25; 1; 5; 25; 100; 500; 2500 мА не превышает 1,2 мА, основная частотная область находится в пределах 45...1000 Гц, а расширенная 45...2000 Гц.

При измерении значений сопротивлений на пределе «МΩ» измерительная схема питается от преобразователя напряжения, встроенного в прибор.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы я растяжка с внутрирамочным магнитом. Ток полного отклонения 29 мкА. Сопротивление подложной рамки 1000 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 82).

Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R_n и резистора R26

$$R_n + R26 = 635 \pm 3 \text{ Ом}$$

при температуре 20 °С.

Резистор R25 предназначен для подгонки прибора на переменном токе.

Таблица 79. Конечные значения шкал постоянного тока и падение напряжения на зажимах прибора

Напряжение, В	0,1	1	5	10	50	250	1000	—
Ток, мА	0,05	0,25	1	5	25	100	500	2500

Примечания: 1. Основная погрешность $\pm 2,5\%$. 2. Ток полного отклонения 53 мА. 3. Падение напряжения на зажимах 0,4 В.

Таблица 80. Конечные значения шкал переменного напряжения и ток полного отклонения

Напряжение, В	Ток полного отклонения, мА	Частотная область, Гц	
		номинальная	расширенная
1	5,2	45...1000	1000...2000
5	2,8	45...1000	1000...2000
10	1,05	45...1000	1000...2000
50	0,280	45...500	45...1000
250	0,28	45...200	45...500
1000	0,28	55...100	45...200

Примечание. Основная погрешность 4 %.

Таблица 81. Пределы измерений сопротивлений и уровня передач переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Данная рабочей частоты шкалы, мГц	Основная погрешность, %
Ω	0,3	7,6	3,7...4,7	60	$\pm 2,5$
к Ω	10	7,2		67	
к $\Omega \times 10$	100	0,72		67	
к $\Omega \times 100$	1000	0,072		67	
М Ω	10 000	15		67	
dB	-10...+15	2,8	—	44	+4
h _{21E}	200	0,72	3,7...4,7	35	± 4
	2000	7,2		35	

Примечание. Основная погрешность $\pm 2,5\%$.

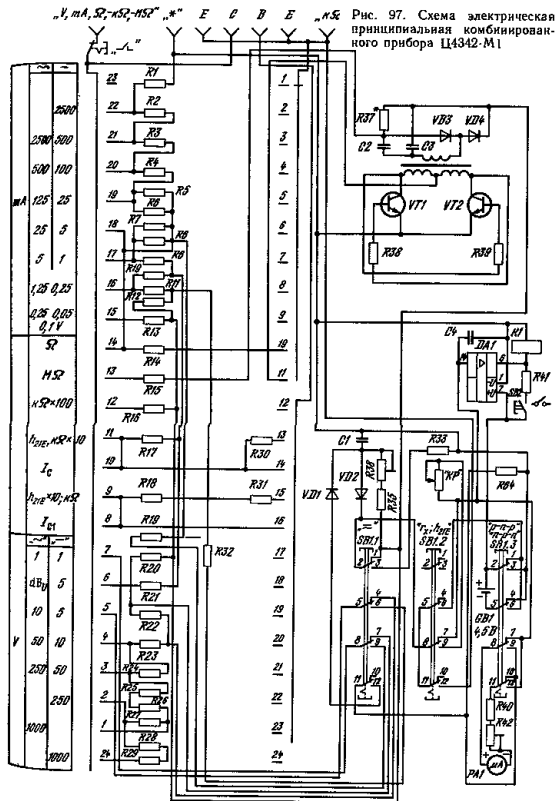


Рис. 97. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4342-М1

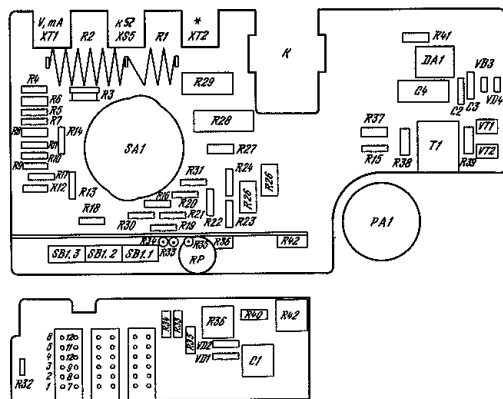


Рис. 98. Схема расположения элементов прибора Ц4342-М1

Таблица 82. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4342-М1

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	0,072±0,00036 Ом, провод	1	Шунт
R2	МнМц-3-12 1,0 0,288±0,00144 Ом, провод	1	
R3	МнМц-3-12 1,0 1,44±0,0072 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	Параллельно
R4	C2-29B-0,125-5,42 Ом ±0,5 %	1	
R5	C2-29B-0,125-29,1 Ом ±0,25 %	1	Параллельно
R6	МЛТ-0,5-2,7 кОм ±5 %	1	
R7	C2-29B-0,125-145 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
R8	МЛТ-0,5-20 кОм ±5 %	1	
R9	C2-29B-0,125-180 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
R10	C2-29B-0,125-361 Ом ±0,25 %	1	
R11	C2-29B-0,125-180 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
R12	C2-29B-0,125-2,71 кОм ±0,25 %	1	
R13	C2-29B-0,125-487 Ом ±0,25 %	1	Параллельно
R14	C2-29B-0,125-696 Ом ±0,5 %	1	
R15	C2-29B-0,125-634 кОм ±0,5 %	1	Параллельно
R16	C2-29B-0,125-64,2 кОм ±0,5 %	1	
R17	C2-29B-0,125-6,26 кОм ±0,5 %	1	Параллельно
R18	C2-29B-0,125-626 Ом ±0,5 %	1	
R19	C2-29B-0,125-25,2 Ом ±0,5 %	1	Параллельно
R20	C2-29B-0,125-18,4 кОм ±0,5 %	1	
R21	C2-29B-0,125-1,67 кОм ±0,5 %	1	Параллельно
R22	C2-29B-0,125-79,6 кОм ±0,5 %	1	
R23	C2-29B-0,125-100 кОм ±0,5 %	1	Параллельно
R24	C2-29B-0,125-796 кОм ±0,5 %	1	
R25, R26	C2-29B-0,5-1,5 МОм ±0,5 %	2	Последовательно R25+R26=3± ±0,0015 МОм
R27	C2-29B-0,25-1 МОм ±0,5 %	1	
R28, R29	C2-29B-1,0-7,5 МОм ±0,5 %	2	Последовательно R28+R29=15± ±0,075 МОм
R30, R31	C2-29B-0,125-200 кОм ±1,0 %	2	
R32	C2-29B-0,125-9,2 кОм ±0,5 %	1	43...120 кОм
R33, R34	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	
R35	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %	1	43...120 кОм
R36	СП3-39А-1,0 кОм ±10 %	1	
R37*	МЛТ-0,5-82 кОм ±10 %	1	43...120 кОм
R38, R39	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	2	
R40	МЛТ-0,5-360 Ом ±5 %	1	43...120 кОм
R41	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R42	СП3-39А-680 Ом ±10 %	1	43...120 кОм
RP	СП3-9а-11-6,8 кОм ±10 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R14	C2-29B-0,125-696 Ом ±0,5 %	1	Последовательно R25+R26=3± ±0,0015 МОм
R15	C2-29B-0,125-634 кОм ±0,5 %	1	
R16	C2-29B-0,125-64,2 кОм ±0,5 %	1	Последовательно R28+R29=15± ±0,075 МОм
R17	C2-29B-0,125-6,26 кОм ±0,5 %	1	
R18	C2-29B-0,125-626 Ом ±0,5 %	1	43...120 кОм
R19	C2-29B-0,125-25,2 Ом ±0,5 %	1	
R20	C2-29B-0,125-18,4 кОм ±0,5 %	1	43...120 кОм
R21	C2-29B-0,125-1,67 кОм ±0,5 %	1	
R22	C2-29B-0,125-79,6 кОм ±0,5 %	1	43...120 кОм
R23	C2-29B-0,125-100 кОм ±0,5 %	1	
R24	C2-29B-0,125-796 кОм ±0,5 %	1	43...120 кОм
R25, R26	C2-29B-0,5-1,5 МОм ±0,5 %	2	
R27	C2-29B-0,25-1 МОм ±0,5 %	1	43...120 кОм
R28, R29	C2-29B-1,0-7,5 МОм ±0,5 %	2	
R30, R31	C2-29B-0,125-200 кОм ±1,0 %	2	43...120 кОм
R32	C2-29B-0,125-9,2 кОм ±0,5 %	1	
R33, R34	МЛТ-0,5-1,1 кОм ±5 %	2	43...120 кОм
R35	МЛТ-0,5-1,5 кОм ±10 %	1	
R36	СП3-39А-1,0 кОм ±10 %	1	43...120 кОм
R37*	МЛТ-0,5-82 кОм ±10 %	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-56 кОм ±10 %	2	43...120 кОм
R40	МЛТ-0,5-360 Ом ±5 %	1	
R41	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	43...120 кОм
R42	СП3-39А-680 Ом ±10 %	1	
RP	СП3-9а-11-6,8 кОм ±10 %	1	43...120 кОм
C1	К-31-11-Б-10 000 пФ ±10 %	1	
C2, C3	КД-2-Н70-2200 пФ $\begin{smallmatrix} +80 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	2	43...120 кОм
C4	МБМ-160В-0,1 мкФ ±10 %	1	

Конденсаторы

C1	К-31-11-Б-10 000 пФ ±10 %	1	43...120 кОм
C2, C3	КД-2-Н70-2200 пФ $\begin{smallmatrix} +80 \\ -20 \end{smallmatrix}$ %	2	
C4	МБМ-160В-0,1 мкФ ±10 %	1	43...120 кОм
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521В	2	43...120 кОм
VT1, VT2	Транзистор КТ315Г	2	
DA1	Микросхема КРМ203УП1	1	43...120 кОм

Диоды

VD1, VD2	Д9Д	2	43...120 кОм
VD3, VD4	КД521В	2	
VT1, VT2	Транзистор КТ315Г	2	43...120 кОм
DA1	Микросхема КРМ203УП1	1	
			43...120 кОм

Комбинированный прибор Ц4352

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 83—85 и на рис. 100—102.

Входное сопротивление прибора 0,65 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений. Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках ПдСр20М-0,5 с натяжением 55±5 г. Ток полного отклонения 300 мкА и сопротивление подвижной рамки 50 Ом, содержащий 100—120 витков провода ПЭВ-1 0,06.

В приборе используется встроенный источник питания из трех элементов типа 316.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R13, R24, R25, R28 и R36, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 86).

Перечисленные ниже резисторы предназначены для подгонки показаний прибора:

- R13 — при измерении переменного напряжения;
- R24 — при измерении переменного тока;
- R25 — при измерении переменного тока на пределе 1,5 мА;
- R28 — при измерении постоянного тока и напряжения.

Таблица 84. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
900; 600 В	45...60	45...1000
300; 150; 60 В	45...60	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...60	45...10 000

Таблица 85. Пределы измерения сопротивлений

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Напряжение питания, В	Длина рабочей шкалы, мм
Ω	300 Ом	22	3,7...4,7	58
кΩ×1	3 кОм	20	3,7...4,7	} 67
кΩ×10	30 кОм	2	3,7...4,7	
аΩ×100	300 кОм	0,8	11...14	
МΩ	3 МОм	0,8	120...160	

Примечание. Основная погрешность ±1 %.

Таблица 83. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6; 1,5; 0,3; 0,075 В	Постоянный	} 1,53 0,306	—	±1
900; 600; 300; 150; 60; 30; 6 В	Переменный		—	±1,5
1,5 В		1,53		
0,3 В		1,02		
6; 1,5; 0,6; 0,15 А	Постоянный	} 0,65 0,3 0,08	0,65	±1
60; 15; 6 мА				
1,5 мА				
0,3 мА				
6; 1,5; 0,6; 0,15 А	Переменный	—	0,65	±1,5
60; 15; 6; 1,5; 0,3 мА				

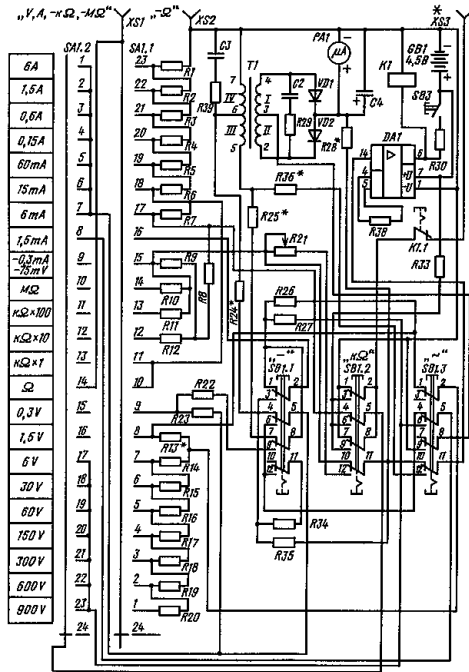


Рис. 100. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4352

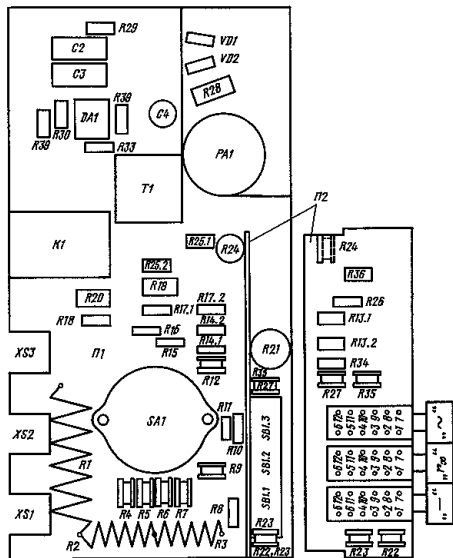


Рис. 101. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4352

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R11	C2-29B-0,125-24 кОм $\pm 0,25\%$	1	Последовательно 360...410 Ом
R12	2070 ± 10 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R13*	МЛТ-0,5-330 Ом $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10\%$	1	
R14	C2-29B-0,125-2,21 кОм $\pm 0,25\%$ МЛТ-0,5-470 кОм $\pm 10\%$	1	Параллельно
R15	C2-29B-0,125-16 кОм $\pm 0,25\%$	1	
R16	C2-29B-0,125-20 кОм $\pm 0,25\%$	1	Последовательно
R17	C2-29B-0,25-59,7 кОм $\pm 0,25\%$ МЛТ-0,5-300 Ом $\pm 10\%$	1	
R18	C2-29B-0,25-100 кОм $\pm 0,25\%$	1	
R19	C2-29B-0,5-200 кОм $\pm 0,25\%$	1	
R20	C2-29B-0,5-200 кОм $\pm 0,25\%$	1	
R21	СПЗ-9а-11-1 кОм $\pm 20\%$	1	До 12 Ом Последовательно 465...555 Ом
R22	3000 ± 3 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R23	50 $\pm 0,1$ Ом, провод ПЭМС 0,15	1	
R24*	12 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R25*	МЛТ-0,5-430 Ом $\pm 5\%$ МЛТ-0,5-82 Ом $\pm 10\%$	1	
R26	C2-29B-0,125-1 кОм $\pm 0,25\%$	1	До 220 Ом, провод ПЭМС 0,1
R27	950 $\pm 0,95$ Ом, провод ПЭМС 0,08	1	
R28*	12 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R29	МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 10\%$	1	Последовательно
R30	МЛТ-0,5-56 Ом, $\pm 10\%$	1	
R33	C2-29B-0,125-223 Ом $\pm 0,25\%$	1	Последовательно
R34	C2-29B-0,125-150 Ом $\pm 0,25\%$	1	
R35	550 $\pm 0,55$ Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R36	МЛТ-0,5-(1...39) кОм $\pm 10\%$	1	
R38	МЛТ-0,5-60 Ом $\pm 10\%$	1	
R39	МЛТ-0,5-15 кОм $\pm 10\%$	1	
Конденсаторы			
C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10\%$	1	
C3	МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 20\%$	1	
C4	K50-6-1-6,3 В-100 мкФ-БИ	1	
VD1, VD2	Диод Д9Д	2	
DA1	Микросхема КМП201УП1А	1	
PA1	Механизм измерительный 3.253.039	1	
K1	Реле автовывключателя 4.568.003	1	
T1	Трансформатор 5.728.013	1	

* Подбирают при регулировке.

Прибор электронизмерительный комбинированный с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 87—89 и на рис. 103—105.

Входное сопротивление прибора 18 кОм/В при измерении постоянного напряжения и 1,8 кОм/в — переменного. Прибор применяется при температуре окружающего воздуха $-10...+40$ °С, относительной влажности воздуха до 90 % (при температуре 30 °С).

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм с внутримачным магнитом на растяжках ПлСр20-0,25 с натяжением 40 ± 5 г и током полного отклонения 42,5 мкА. Сопротивление подвижной рамки 632 ± 3 Ом, она содержит 400 ± 2 витков провода ПЭВ-1 0,05.

В приборе применяется встроенный источник питания, состоящий из трех элементов типа 316.

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При измерении на других пределах измерения переменного напряжения к показателям прибора необходимо прибавить числа, указанные в табл. 90.

Все значения сопротивлений резисторов, за исключением R32 и R34, должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 91).

Резистор R34 применяется для подгонки показаний на постоянном токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма $R_{\text{и}}$ и резистора R34 (в омах) определяется по формуле

$$R_{\text{и}} + R34 = [(632 + 0,004(t - 20)R_{\text{и}}) \pm 3],$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор калибруется резистором R33 на пределе 1,5 В.

Таблица 87. Основные технические параметры встроенного ампервольтметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 1,5 В 75 мВ	Постоянный	55	—	$\pm 1,5$
600; 300; 150; 60; 30; 15 В 6 В 3; 1,5 В	Переменный	65 550 650 5200	—	$\pm 2,5$
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА; 120 мкА 60 мкА	Постоянный	—	0,5 0,08	$\pm 1,5$
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА	Переменный	—	1,5	$\pm 2,5$

Таблица 88. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...70	45...200
300 В	45...100	45...500
150 В	45...200	45...500
600 В	45...1000	45...2000
Остальные пределы напряжения и тока	45...2000	45...5000

Таблица 89. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	300 Ом	9,0	3,7...4,7	62	$\pm 1,5$
$k\Omega \times 0,01$	5 кОм	9,0	3,7...4,7	58	
$k\Omega \times 0,1$	50 кОм	0,9	3,7...4,7	58	
$k\Omega \times 1$	500 кОм	0,09	3,7...4,7	58	
$k\Omega \times 10$	5000 кОм	0,09	33...43	58	
pF	0,5 мкФ	0,21	190...245		$\pm 2,5$
			$f=50 \pm 1$ Гц	58	$\pm 2,5$
dB	-10...+12	5,2	—	49	$\pm 2,5$

Таблица 90. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	1,5	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	-6	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1	125±0,25 Ом, провод 0,15	1	Шунт →
R2, R19	300±0,9 Ом, провод ПЭМС 0,1	2	
R3	C2-29B-0,125-8,87 кОм ±0,25 %	1	
R4	МЛТ-0,5-1,1 МОм ±10 %	1	
R5	C2-29B-0,125-28,7 кОм ±0,25 %	1	
R6	C2-29B-0,125-287 кОм ±0,25 %	1	
R7	C2-29-0,125-4,99 кОм ±0,25 %	1	
R8	375±0,4 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R9	0,12±0,0002 Ом, провод МнМн-1,1	1	
R10	0,48±0,0009 Ом, провод МнМн-1,1	1	
R11	2,4±0,005 Ом, провод ПЭМС 0,5	1	
R12	9±0,02 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R13	3±0,01 Ом, провод ПЭМС 0,4	1	
R14	15±0,03 Ом, провод ПЭМС 0,2	1	
R15	30±0,06 Ом, провод ПЭМС 0,25	1	
R16, R17	C2-29B-0,125-120 Ом ±0,25 %	2	
R18, P20	C2-29B-0,125-1,2 кОм ±0,25 %	2	
R21	МЛТ-0,5-1,3 кОм ±5 %	1	
R22	C2-29B-0,125-59,7 кОм ±0,25 %	1	
R23	C2-29B-0,125-180 кОм ±0,25 %	1	
R24	МЛТ-0,5-13 кОм ±5 %	1	
R25	C2-29B-0,125-597 кОм ±0,25 %	1	
R26	C2-29B-0,125-1,8 кОм ±0,25 %	1	
R27	C2-29B-0,5-3,01 МОм ±0,25 %	1	
R28	МЛТ-0,5-3 МОм ±5 %	2	
R29	C2-29B-0,125-28 кОм ±0,25 %	1	
R30	МЛТ-0,5-620 Ом ±5 %	1	
R31	600±1,2 Ом, провод ПЭМС 0,05	1	
R32*	МЛТ-0,5-2,4 кОм ±5 %	1	
R33	МЛТ-0,5-(220...430) Ом ±5 %	1	
R34*	C2-29-0,125-549 Ом ±0,25 %	1	
R35	До 370 Ом, провод ПЭМС 0,1	1	
R36	СП3-9а-11-3,3 кОм ±20 %	1	
R37	МЛТ-0,5-56 Ом ±10 %	1	
R38, R39	МЛТ-0,5-680 Ом ±10 %	1	
	МЛТ-0,5-730 Ом ±5 %	2	
Конденсаторы			
C1	КБГИ-200B-0,05 мкФ ±5 %	1	
C2	К31-11-3-Б (0,0027...0,01) мкФ	1	
C3	К31-11-3-Б-3300 пФ ±5 %	1	
VD1, VD2	К50-6-10 В-10 мкФ-БИ	1	
DA1	Диоды Д9Д	2	
	Микросхемы КМП201УП1А	1	
			Суммарное значение 6±0,018 МОм
			Суммарное значение 2480...2980 Ом
			Суммарное значение 0,05...0,06 мкФ

* Подбирают при регулировке.

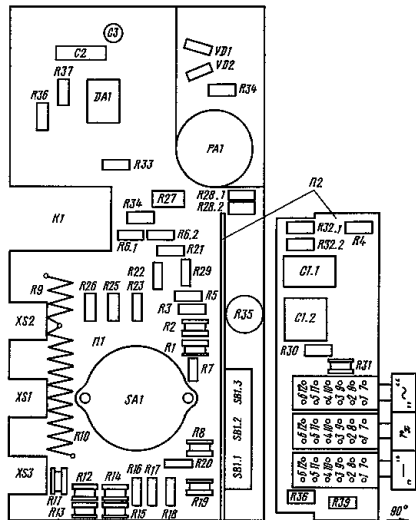


Рис. 104. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4353

		Элементы																																				
Пределы		R1	R2	R3	R4	R5	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R39	
V	600	x	x																			x	x	x	x	x	x	x	x									
	300	x	x																			x	x	x	x	x	x	x	x									
	150																																					
	30																																					
	15																																					
	6																																					
	3																																					
	1,5																																					
	0,5																																					
	0,1																																					
V _н	600																					x	x	x	x													
	300																					x	x	x	x													
	150																																					
	30																																					
	15																																					
	6																																					
	3																																					
	1,5																																					
	0,5																																					
	0,1																																					
I _н	1,5A																																					
	0,5A																																					
	60mA																																					
	15mA																																					
	3mA																																					
	0,5mA																																					
	120μA																																					
	60μA																																					
	30μA																																					
	15μA																																					
I _к	1,5A																																					
	0,5A																																					
	60mA																																					
	15mA																																					
	3mA																																					
	0,5mA																																					
	120μA																																					
	60μA																																					
	30μA																																					
	15μA																																					
R _к	1,5A																																					
	0,5A																																					
	60mA																																					
R _В	1,5A																																					
	0,5A																																					
	60mA																																					

Рис. 105. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4353 (3 —

V1 V2 V3	C1 C2	S1.1						S1.2						S1.3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12	1-2 3-4 5-6 7-8 9-10 11-12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		23	22					x	o					x				x																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

токе. Суммарное значение сопротивления измерительного механизма R_n и резистора R_{31} (в омах) определяется по формуле

$$R_n + R_{31} = \{2500 + 0,04(t - 20)R_n\} \pm 25,$$

где t — температура, при которой производится подгонка, °С.

На переменном токе прибор подстраивается резистором R_{38} .

Т а б л и ц а 92. Основные технические параметры встроенного ампервольметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимной, В	Основная погрешность, %
600; 300; 150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75 В 75 мВ	Постоянный	12,3	—	±2,5
600; 300; 150; 60; 30; 15 В 60; 30; 15 В 6,3 В 0,75 В	Переменный	130 620 3300	—	±4
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6 мА 120; 12 мкА	Постоянный	—	0,4	±2,5
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6; 0,12 мА	Переменный	—	1,1	±4

Т а б л и ц а 93. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600 В	45...60	45...100
300 В	45...100	45...200
150 В	45...200	45...400
Остальные пределы напряжения и тока	45...1000	45...2000

Т а б л и ц а 94. Пределы измерения сопротивления, емкости и урония передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеряемого сопротивления (в рабочей части шкалы)	Ток потребления, мА	Источник питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
$k\Omega \times 1$ $k\Omega \times 10$ $k\Omega \times 100$ $k\Omega \times 1000$ $M\Omega \times 10$	3 кОм 30 кОм 300 кОм 3 МОм 30 МОм	18,000 1,800 0,180 0,018 15,018	3,7...4,7	67	±2,5
μF	0,1 мкФ	0,200			
дБ	—10±12	0,620	190...245= =(50+1) Гц —	63 54	±4 ±4

Т а б л и ц а 95. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	0,75	1,5	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	—12	—6	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

Т а б л и ц а 96. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора Ц4354

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	0,1±0,0005 Ом, провод МнМц-3-12 I	1	Шунт
R2	0,4±0,002 Ом, провод МнМц-3-12 I	1	
R3	C2-29B-0,25-2 Ом ±0,5 %	1	Последовательно 2,5±0,0125 МОм
R4	C2-29B-0,125-7,5 Ом ±0,5 %	1	
R5	C2-29B-0,125-75 Ом ±0,5 %	1	
R6	C2-29B-0,125-1 кОм ±0,5 %	1	
R7	C2-29B-0,125-4,17 кОм ±0,5 %	1	
R8	C2-29B-0,125-56,2 кОм ±0,5 %	1	
R9	C2-29B-0,125-124 кОм ±0,5 %	1	
R10	C2-29B-0,125-249 кОм ±0,5 %	1	
R11	C2-29B-0,125-750 кОм ±0,5 %	1	
R12	C2-29B-0,25-1,24 МОм ±0,5 %	1	
R13	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5 %	1	
R14	МЛТ-0,5-1,3 МОм ±5 %	1	Последовательно 7,5±0,0375 МОм
	МЛТ-0,5-3,6 МОм ±5 %	1	
R15	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %	1	Последовательно 12,5±0,0625 МОм
	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5 %	2	

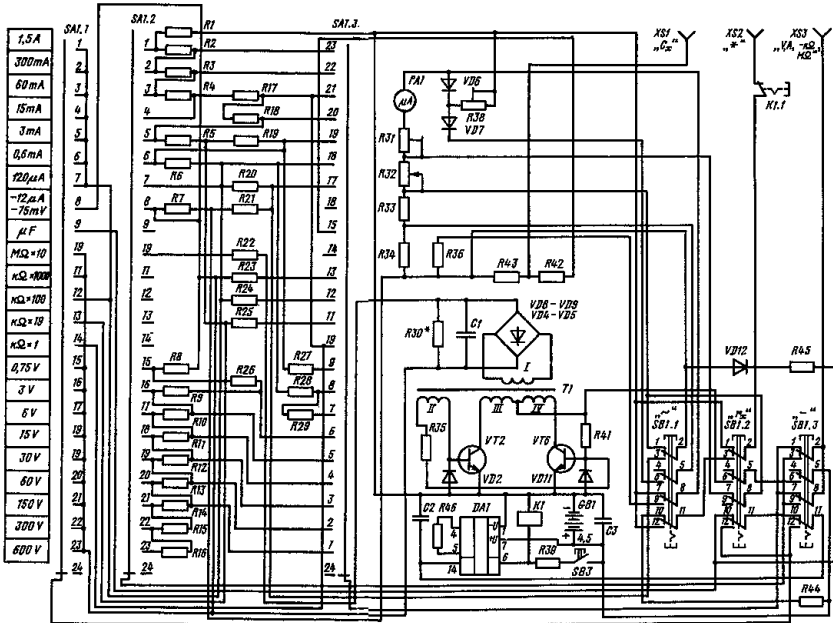


Рис. 106. Схема принципиальная электрическая комбинированного прибора Ц4354

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R16	МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$	1	Последовательно 25±0,125 МОм
	МЛТ-0,5-4,7 МОм $\pm 5\%$	1	
	МЛТ-0,5-5,1 МОм $\pm 5\%$	4	
R17	С2-29В-0,125-2,52 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R18	С2-29В-0,125-37,4 Ом $\pm 0,5\%$	1	Последовательно 2,7±0,0135 МОм
R19	С2-29В-0,125-124 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R20, R29	С2-29В-0,125-4,99 кОм $\pm 0,5\%$	2	
R21	С2-29В-0,125-6,26 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R22	С2-29В-0,25-1,2 МОм $\pm 0,5\%$	1	
	С2-29В-0,25-1,5 МОм $\pm 0,5\%$	1	
R23	С2-29В-0,125-264 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R24	С2-29В-0,125-25,8 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R25	С2-29В-0,125-2,32 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R26	С2-29В-0,125-62,6 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R27	С2-29В-0,125-6,65 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R28	С2-29В-0,125-3,92 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R30	МЛТ-0,5- (83...120) кОм $\pm 10\%$	1	
R31, R38	СП5-1Б-1 кОм	2	
R32	СП3-9а-25-10 кОм ± 20	1	
R33	С2-29В-0,125-2,91 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R34, R36	МЛТ-0,5-1,1 кОм $\pm 5\%$	2	
R35	МЛТ-0,5-5,6 кОм $\pm 10\%$	1	
R39	МЛТ-0,5-56 Ом $\pm 10\%$	1	
R41	МЛТ-0,5-56 кОм $\pm 10\%$	1	
R42	С2-29В-0,25-1,3 МОм $\pm 0,5\%$	1	
R43	С2-29В-0,125-200 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R44	С2-29В-0,125-255 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R45	МЛТ-0,5-39 кОм $\pm 10\%$	1	
R46	МЛТ-0,5-680 Ом $\pm 10\%$	1	Допускается 330...1000 кОм
Конденсаторы			
C1, C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ $\pm 10\%$	1	
C3	К50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1	
Диоды			
VD4, VD5 VD8, VD9, VD12	КД521Г	5	
VD2, VD6, VD7, VD11	Д9Д	4	
VT2, VT6	Транзистор КТ316Г	2	
DA1	Микросхема КМГ201УП1А	1	

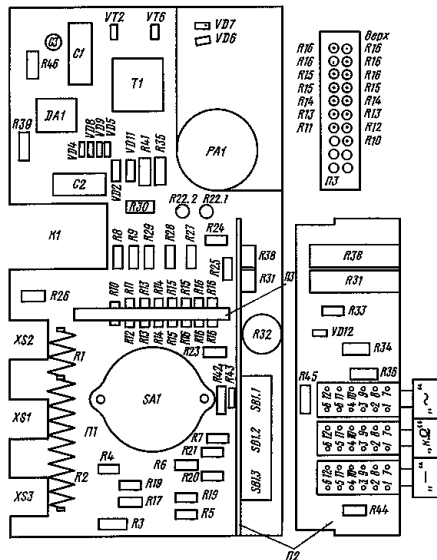


Рис. 107. Схема расположения элементов комбинированного прибора Ц4354

Пределы		Элементы																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48	R49	R50	R51	R52	R53	R54	R55	R56	R57	R58	R59	R60	R61	R62	R63	R64	R65	R66	R67	R68	R69	R70	R71	R72	R73	R74	R75	R76	R77	R78	R79	R80	R81	R82	R83	R84	R85	R86	R87	R88	R89	R90	R91	R92	R93	R94	R95	R96	R97	R98	R99	R100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
V	mV	600	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Рис. 108. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4354 (3 —

Пределы		Элементы											
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
V	600	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	150	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,075	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
mA	600	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	150	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,075	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Ω	1500	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	60	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	15	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	6	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,75	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,075	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	0,012	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

цепи защиты)

Комбинированный прибор Ц4354-М1

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 97 и на рис. 109—111.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках ПтСр20-0,1 при натяжении 30 ± 5 г с внутрирамочным магнитом. Ток

полного отклонения 10 мА. Сопротивление подвижной рамки 2000 Ом содержит 730—750 витков провода ПЭВ-0,02.

Рабочая температура 10...35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С. Питание прибора осуществляется от четырех элементов типа 316 или А316 «Квант».

При измерениях на пределе 3 В отсчет относительного уровня переменного напряжения производится по шкале «В» непосредственно. При переходе на другие пределы измерений к показаниям прибора по шкале «В» необходимо прибавить числа, указанные в табл. 98.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов и принципиальной электрической схеме прибора (табл. 99).

Таблица 97. Основные технические параметры комбинированного прибора Ц4354-М1

Предел измерения	Род тока	Входное сопротивление, кОм/В	Длина шкалы, мм	Основная погрешность, %
300; 600 В	Постоянный	16	—	$\pm 2,5$
300; 600 В	Переменный	16	—	± 4
150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75; 0,075 В	Постоянный	36	—	$\pm 2,5$
150; 60; 30; 15; 6; 3; 0,75 В	Переменный	36	—	± 4
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6; 0,12; 0,012 мА	Постоянный	—	—	$\pm 2,5$
1500; 300; 60; 15; 3; 0,6; 0,12 мА	Переменный	—	—	± 4
$M\Omega \times 10$; $k\Omega \times 1000$; $k\Omega \times 100$; $k\Omega \times 10$; $k\Omega \times 1$	—	—	72	$\pm 2,5$
μF	Переменный	—	55	± 4
dB	Переменный	36	60	± 4

Таблица 98. Поправочные числа к пределам измерений

Предел измерения, В	0,75	1,5	3	6	15	30	60	150	300	600
Поправочное число, дБ	-12	-6	0	+8	+14	+20	+26	+34	+40	+46

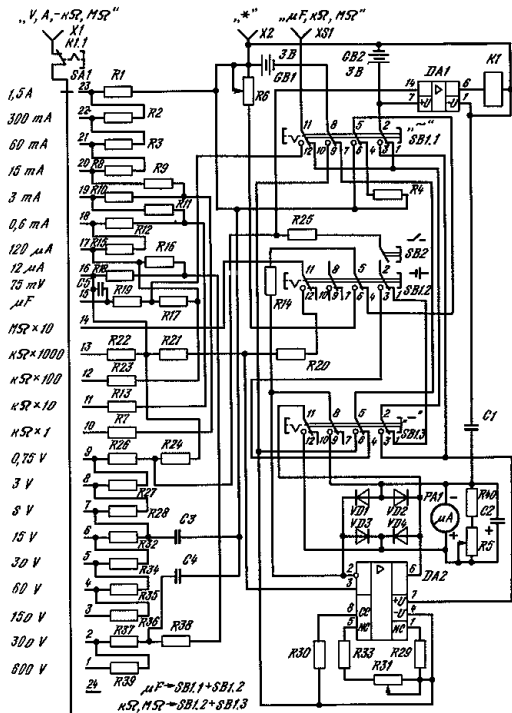


Рис. 109. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4354-М1

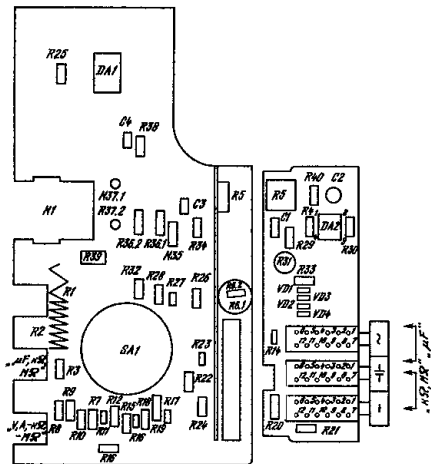


Рис. 110. Схема размещения элементов комбинированного прибора Ц4354-М1

Таблица 99. Перечень элементов и принципиальной схеме комбинированного прибора Ц4354-М1

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1	$0,05 \pm 0,00025$ Ом	1	Шунт
R2	$0,2 \pm 0,001$ Ом	1	
R3	C2-29B-0,125-1 Ом $\pm 0,5$ %	1	Параллельно 135 Ом ± 20 %
R4	МЛТ-0,25-24 Ом ± 10 %	1	
R5	СПЗ-31,5 кОм ± 10 %	1	
R6	СПЗ-9а-11-1 кОм ± 20 %	1	
R7	МЛТ-0,25-180 Ом ± 10 %	1	
	C2-29B-0,125-218 Ом ± 1 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание	
R8	C2-29B-0,125-3,74 Ом $\pm 0,5$ %	1	Допускается СПЗ-27а	
R9	C2-29B-0,125-1,26 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R10	C2-29B-0,125-18,7 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R11	C2-29B-0,125-37,4 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R12	C2-29B-0,125-62,6 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R13	C2-29B-0,125-2,21 кОм ± 1 %	1		
R14	C2-29B-0,125-221 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R15	C2-29B-0,125-499 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R16	C2-29B-0,125-626 Ом $\pm 0,5$ %	1		
R17	C2-29B-0,125-200 кОм ± 1 %	1		
R18	C2-29B-0,125-4,99 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R19	C2-29B-0,25-1,3 МОм ± 1 %	1		
R20	C2-29B-0,25-2,21 МОм ± 1 %	1		
R21	C2-29B-0,125-56,2 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R22	C2-29B-0,125-221 кОм ± 1 %	1		
R23	C2-29B-0,125-22,1 кОм ± 1 %	1		
R24	C2-29B-0,125-2,64 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R25	МЛТ-0,25-30 кОм ± 10 %	1		
R26	C2-29B-0,125-53,6 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R27	C2-29B-0,125-187 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R28	C2-29B-0,125-249 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R29	МЛТ-0,25-24 кОм ± 10 %	1		
R30	МЛТ-0,25-200 кОм ± 10 %	1		
R31	СПЗ-386-0,125-33 кОм ± 20 %	1		
R32	C2-29B-0,125-750 кОм $\pm 0,5$ %	1		
R33	МЛТ-0,25-33 кОм ± 10 %	1		
R34	C2-29B-0,25-1,26 МОм $\pm 0,5$ %	1		
R35	C2-29B-0,25-2,49 МОм $\pm 0,5$ %	1		
R36	C2-29B-0,25-3,48 МОм $\pm 0,5$ %	1		
	C2-29B-0,25-4,02 МОм $\pm 0,5$ %	1		
R37	C2-29B-0,5-4,87 МОм $\pm 0,5$ %	1		
R38	МЛТ-0,25-130 кОм ± 10 %	1		
R39	C2-29B-0,5-4,99 МОм $\pm 0,5$ %	1		
R40	МЛТ-0,25-1,5 кОм ± 10 %	1		
Конденсаторы				
C1	K73-9-100 В-2700 пФ ± 10 %	1		При необходимости
C2	K50-6-1-6,3 В-50 мкФ	1		
C3	КД2-М1500-39 пФ ± 10 %	1		
C4	КД2-Н70-680 пФ ± 20 %	1		
C5*	КД2-М750-6,8 пФ ± 10 %	1		
VD1—VD4	Диод КД521В	4	Допускается КМП201УП1	
DA1	Усилитель устройства защиты КМП203УП1А	1		
DA2	Микросхема КР140УД1208			

Комбинированный прибор 43101

Прибор с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного и переменного токов синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения постоянного тока.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 100—102 и на рис. 112—114.

Входное сопротивление прибора около 20 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений, а с множителем $\times 2$ 10 кОм/В. Рабочая температура —10...+40 °С, относительная влажность воздуха 90 % при температуре 30 °С.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм с внутрирамочным магнитом на растяжках. Ток полного отклонения 29 мкА, сопротивление подвижной рамки 775 Ом.

Питание прибора осуществляется от встроенного источника питания, состоящего из трех элементов типа 316.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 103).

Таблица 100. Основные технические параметры встроенного ампервольметра

Предел измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В 75 мВ	Постоянный	51	—	$\pm 1,5$
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В 75 мВ	$\times 2$ Постоянный	102	—	$\pm 1,5$
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В	Переменный	53	—	$\pm 2,5$
500; 250; 100; 25; 10; 2,5; 0,5 В	$\times 2$ Переменный	106	—	$\pm 2,5$
10А	Постоянный	—	0,6	$\pm 1,5$
	Переменный	—	$\pm 2,5$	
2500; 500; 100; 25; 5; 1; 0,25 мА	Постоянный	—	0,3	$\pm 1,5$
	Переменный	—	$\pm 2,5$	
50 мкА	Постоянный	—	0,08	$\pm 1,5$
2500; 500; 100	$\times 2$ Постоянный	—	0,6	$\pm 1,5$
25; 5; 0,25 мА	Переменный	—	$\pm 2,5$	
50 мкА $\times 2$	Постоянный	—	0,16	$\pm 1,5$

Таблица 101. Частотные параметры прибора

Предел измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
250; 500; 1000	45...60	45...200
200; 100; 0,15; 0,075 В; 10 А	45...400	45...1000
0,5 В; 5000 мА	45...2000	45...5000
Остальные пределы напряжения и тока	45...5000	20...20 000

Таблица 102. Пределы измерения сопротивления, емкости и уровня передачи переменного напряжения

Предел измерения	Конечное значение измеренного параметра	Значение напряжения источника питания, В	Для рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ω	200	3,7...4,7	62	$\pm 2,5$
кΩ $\times 1$	10	3,7...4,7	70	$\pm 2,5$
кΩ $\times 10$	100	3,7...4,7	70	$\pm 2,5$
кΩ $\times 100$	1000	3,7...4,7	70	$\pm 2,5$
кΩ $\times 1000$	10 000	190...245	70	$\pm 2,5$
нФ $\times 10$	0,1	190...245	70	± 4
нФ $\times 100$	1	190...245	70	$\pm 2,5$
дБв	—10...+12	—	50	$\pm 2,5$

Примечание. Ток потребления 0,053 мА.

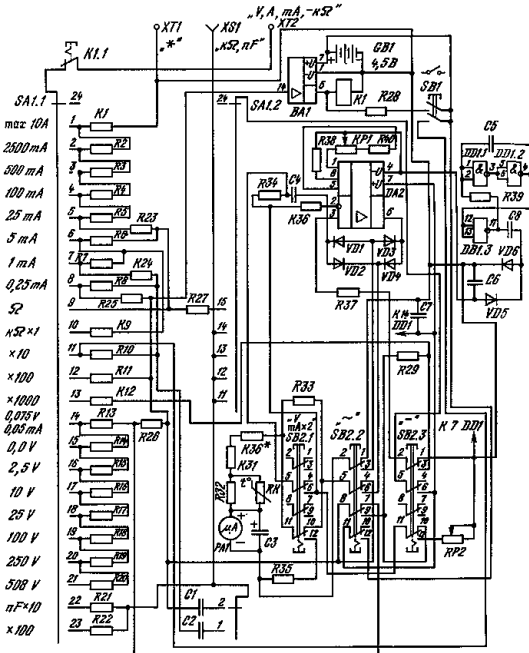


Рис. 112. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43101

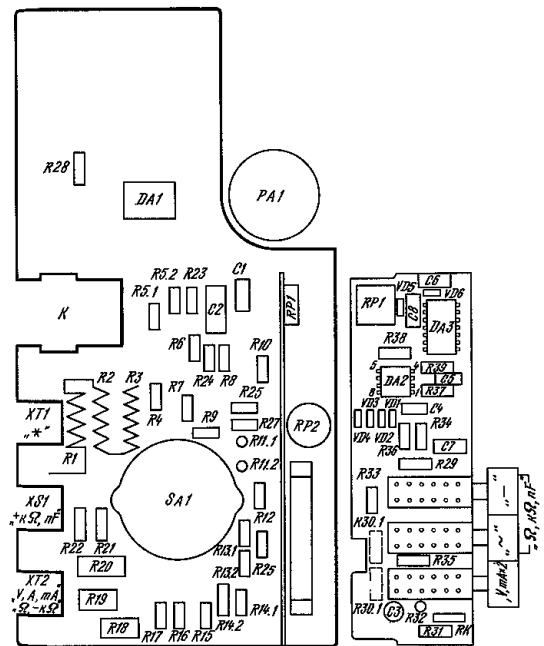


Рис. 113. Схема размещения элементов комбинированного прибора 43101

Пределы		Вре́мѣны																										Эле́менты																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35	R36	R37	R38	R39	R40	R41	R42	R43	R44	R45	R46	R47	R48	R49	R50	R51	R52	R53	R54	R55	R56	R57	R58	R59	R60	R61	R62	R63	R64	R65	R66	R67	R68	R69	R70	R71	R72	R73	R74	R75	R76	R77	R78	R79	R80	R81	R82	R83	R84	R85	R86	R87	R88	R89	R90	R91	R92	R93	R94	R95	R96	R97	R98	R99	R100	R101	R102	R103	R104	R105	R106	R107	R108	R109	R110	R111	R112	R113	R114	R115	R116	R117	R118	R119	R120	R121	R122	R123	R124	R125	R126	R127	R128	R129	R130	R131	R132	R133	R134	R135	R136	R137	R138	R139	R140	R141	R142	R143	R144	R145	R146	R147	R148	R149	R150	R151	R152	R153	R154	R155	R156	R157	R158	R159	R160	R161	R162	R163	R164	R165	R166	R167	R168	R169	R170	R171	R172	R173	R174	R175	R176	R177	R178	R179	R180	R181	R182	R183	R184	R185	R186	R187	R188	R189	R190	R191	R192	R193	R194	R195	R196	R197	R198	R199	R200	R201	R202	R203	R204	R205	R206	R207	R208	R209	R210	R211	R212	R213	R214	R215	R216	R217	R218	R219	R220	R221	R222	R223	R224	R225	R226	R227	R228	R229	R230	R231	R232	R233	R234	R235	R236	R237	R238	R239	R240	R241	R242	R243	R244	R245	R246	R247	R248	R249	R250	R251	R252	R253	R254	R255	R256	R257	R258	R259	R260	R261	R262	R263	R264	R265	R266	R267	R268	R269	R270	R271	R272	R273	R274	R275	R276	R277	R278	R279	R280	R281	R282	R283	R284	R285	R286	R287	R288	R289	R290	R291	R292	R293	R294	R295	R296	R297	R298	R299	R300	R301	R302	R303	R304	R305	R306	R307	R308	R309	R310	R311	R312	R313	R314	R315	R316	R317	R318	R319	R320	R321	R322	R323	R324	R325	R326	R327	R328	R329	R330	R331	R332	R333	R334	R335	R336	R337	R338	R339	R340	R341	R342	R343	R344	R345	R346	R347	R348	R349	R350	R351	R352	R353	R354	R355	R356	R357	R358	R359	R360	R361	R362	R363	R364	R365	R366	R367	R368	R369	R370	R371	R372	R373	R374	R375	R376	R377	R378	R379	R380	R381	R382	R383	R384	R385	R386	R387	R388	R389	R390	R391	R392	R393	R394	R395	R396	R397	R398	R399	R400	R401	R402	R403	R404	R405	R406	R407	R408	R409	R410	R411	R412	R413	R414	R415	R416	R417	R418	R419	R420	R421	R422	R423	R424	R425	R426	R427	R428	R429	R430	R431	R432	R433	R434	R435	R436	R437	R438	R439	R440	R441	R442	R443	R444	R445	R446	R447	R448	R449	R450	R451	R452	R453	R454	R455	R456	R457	R458	R459	R460	R461	R462	R463	R464	R465	R466	R467	R468	R469	R470	R471	R472	R473	R474	R475	R476	R477	R478	R479	R480	R481	R482	R483	R484	R485	R486	R487	R488	R489	R490	R491	R492	R493	R494	R495	R496	R497	R498	R499	R500	R501	R502	R503	R504	R505	R506	R507	R508	R509	R510	R511	R512	R513	R514	R515	R516	R517	R518	R519	R520	R521	R522	R523	R524	R525	R526	R527	R528	R529	R530	R531	R532	R533	R534	R535	R536	R537	R538	R539	R540	R541	R542	R543	R544	R545	R546	R547	R548	R549	R550	R551	R552	R553	R554	R555	R556	R557	R558	R559	R560	R561	R562	R563	R564	R565	R566	R567	R568	R569	R570	R571	R572	R573	R574	R575	R576	R577	R578	R579	R580	R581	R582	R583	R584	R585	R586	R587	R588	R589	R590	R591	R592	R593	R594	R595	R596	R597	R598	R599	R600	R601	R602	R603	R604	R605	R606	R607	R608	R609	R610	R611	R612	R613	R614	R615	R616	R617	R618	R619	R620	R621	R622	R623	R624	R625	R626	R627	R628	R629	R630	R631	R632	R633	R634	R635	R636	R637	R638	R639	R640	R641	R642	R643	R644	R645	R646	R647	R648	R649	R650	R651	R652	R653	R654	R655	R656	R657	R658	R659	R660	R661	R662	R663	R664	R665	R666	R667	R668	R669	R670	R671	R672	R673	R674	R675	R676	R677	R678	R679	R680	R681	R682	R683	R684	R685	R686	R687	R688	R689	R690	R691	R692	R693	R694	R695	R696	R697	R698	R699	R700	R701	R702	R703	R704	R705	R706	R707	R708	R709	R710	R711	R712	R713	R714	R715	R716	R717	R718	R719	R720	R721	R722	R723	R724	R725	R726	R727	R728	R729	R730	R731	R732	R733	R734	R735	R736	R737	R738	R739	R740	R741	R742	R743	R744	R745	R746	R747	R748	R749	R750	R751	R752	R753	R754	R755	R756	R757	R758	R759	R760	R761	R762	R763	R764	R765	R766	R767	R768	R769	R770	R771	R772	R773	R774	R775	R776	R777	R778	R779	R780	R781	R782	R783	R784	R785	R786	R787	R788	R789	R790	R791	R792	R793	R794	R795	R796	R797	R798	R799	R800	R801	R802	R803	R804	R805	R806	R807	R808	R809	R810	R811	R812	R813	R814	R815	R816	R817	R818	R819	R820	R821	R822	R823	R824	R825	R826	R827	R828	R829	R830	R831	R832	R833	R834	R835	R836	R837	R838	R839	R840	R841	R842	R843	R844	R845	R846	R847	R848	R849	R850	R851	R852	R853	R854	R855	R856	R857	R858	R859	R860	R861	R862	R863	R864	R865	R866	R867	R868	R869	R870	R871	R872	R873	R874	R875	R876	R877	R878	R879	R880	R881	R882	R883	R884	R885	R886	R887	R888	R889	R890	R891	R892	R893	R894	R895	R896	R897	R898	R899	R900	R901	R902	R903	R904	R905	R906	R907	R908	R909	R910	R911	R912	R913	R914	R915	R916	R917	R918	R919	R920	R921	R922	R923	R924	R925	R926	R927	R928	R929	R930	R931	R932	R933	R934	R935	R936	R937	R938	R939	R940	R941	R942	R943	R944	R945	R946	R947	R948	R949	R950	R951	R952	R953	R954	R955	R956	R957	R958	R959	R960	R961	R962	R963	R964	R965	R966	R967	R968	R969	R970	R971	R972	R973	R974	R975	R976	R977	R978	R979	R980	R981	R982	R983	R984	R985	R986	R987	R988	R989	R990	R991	R992	R993	R994	R995	R996	R997	R998	R999	R1000	R1001	R1002	R1003	R1004	R1005	R1006	R1007	R1008	R1009	R1010	R1011	R1012	R1013	R1014	R1015	R1016	R1017	R1018	R1019	R1020	R1021	R1022	R1023	R1024	R1025	R1026	R1027	R1028	R1029	R1030	R1031	R1032	R1033	R1034	R1035	R1036	R1037	R1038	R1039	R1040	R1041	R1042	R1043	R1044	R1045	R1046	R1047	R1048	R1049	R1050	R1051	R1052	R1053	R1054	R1055	R1056	R1057	R1058	R1059	R1060	R1061	R1062	R1063	R1064	R1065	R1066	R1067	R1068	R1069	R1070	R1071	R1072	R1073	R1074	R1075	R1076	R1077	R1078	R1079	R1080	R1081	R1082	R1083	R1084	R1085	R1086	R1087	R1088	R1089	R1090	R1091	R1092	R1093	R1094	R1095	R1096	R1097	R1098	R1099	R1100	R1101	R1102	R1103	R1104	R1105	R1106	R1107	R1108	R1109	R1110	R1111	R1112	R1113	R1114	R1115	R1116	R1117	R1118	R1119	R1120	R1121	R1122	R1123	R1124	R1125	R1126	R1127	R1128	R1129	R1130	R1131	R1132	R1133	R1134	R1135	R1136	R1137	R1138	R1139	R1140	R1141	R1142	R1143	R1144	R1145	R1146	R1147	R1148	R1149	R1150	R1151	R1152	R1153	R1154	R1155	R1156	R1157	R1158	R1159	R1160	R1161	R1162	R1163	R1164	R1165	R1166	R1167	R1168	R1169	R1170	R1171	R1172	R1173	R1174	R1175	R1176	R1177	R1178	R1179	R1180	R1181	R1182	R1183	R1184	R1185	R1186	R1187	R1188	R1189	R1190	R1191	R1192	R1193	R1194	R1195	R1196	R1197	R1198	R1199	R1200	R1201	R1202	R1203	R1204	R1205	R1206	R1207	R1208	R1209	R1210	R1211	R1212	R1213	R1214	R1215	R1216	R1217	R1218	R1219	R1220	R1221	R1222	R1223	R1224	R1225	R1226	R1227	R1228	R1229	R1230	R1231	R1232	R1233	R1234	R1235	R1236	R1237	R1238	R1239	R1240	R1241	R1242	R1243	R1244	R1245	R1246	R1247	R1248	R1249	R1250	R1251	R1252	R1253	R1254	R1255	R1256	R1257	R1258	R1259	R1260	R1261	R1262	R1263	R1264	R1265	R1266	R1267	R1268	R1269	R1270	R1271	R1272	R1273	R1274	R1275	R1276	R1277	R1278	R1279	R1280	R1281	R1282	R1283	R1284	R1285	R1286	R1287	R1288	R1289	R1290	R1291	R1292	R1293	R1294	R1295	R1296	R1297	R1298	R1299	R1300	R1301	R1302	R1303	R1304	R1305	R1306	R1307	R1308	R1309	R1310	R1311	R1312	R1313	R1314	R1315	R1316	R1317	R1318	R1319	R1320	R1321	R1322	R1323	R1324	R1325	R1326	R1327	R1328	R1329	R1330	R1331	R1332	R1333	R1334	R1335	R1336	R1337	R1338	R1339	R1340	R1341	R1342	R1343	R1344	R1345	R1346	R1347	R1348	R1349	R1350	R1351	R1352	R1353	R1354

Таблица 103. Перечень элементов принципиальной электрической схемы комбинированного прибора 43101

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	0,015 Ом $\pm 0,00005$ Ом	1	Шунт
R2	0,045 $\pm 0,00015$ Ом	1	
R3	0,24 $\pm 0,0007$ Ом	1	
R4	C2-29B-0,125-1,2 $\pm 0,006$ Ом	1	
R5	C2-29B-0,125-1,98 $\pm 0,01$ Ом	1	Последовательно R5=4,5 Ом
	C2-29B-0,125-2,52 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R6	C2-29B-0,125-12 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R7	C2-29B-0,125-120 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R8	C2-29B-0,125-301 Ом $\pm 0,25$ %	1	Параллельно R14=8,5 кОм
R9	C2-29B-0,125-965 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R10	C2-29B-0,125-9,65 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R11	C2-29B-0,125-96,5 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R12	C2-29B-0,125-965 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R13	C2-29B-0,125-240 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R14	C2-29B-0,125-8,56 кОм $\pm 0,25$ %	1	
	МЛТ-0,5-1,2 МОм ± 5 %	1	
R15	C2-29B-0,125-40,2 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R16	C2-29B-0,125-150 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R17	C2-29B-0,125-301 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R18	C2-29B-0,5-1,5 МОм $\pm 0,25$ %	1	
R19	C2-29B-0,5-3,01 МОм $\pm 0,25$ %	1	
R20	C2-29B-1-4,99 МОм $\pm 0,25$ %	1	
R21	МЛТ-0,5-4,7 МОм ± 5 %	1	
R22	МЛТ-0,5-470 кОм ± 5 %	1	
R23	C2-29B-0,125-12 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R24	C2-29B-0,125-150 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R25	C2-29B-0,125-2,4 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R26	C2-29B-0,125-193 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R27	C2-29B-0,125-549 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R28	МЛТ-0,5-56 Ом ± 10 %	1	
R29	МЛТ-0,5-27 кОм ± 10 %	1	
R30*	МЛТ-0,5-(22...430) Ом ± 10 %	1	
R31	МЛТ-0,5-1 кОм ± 5 %	1	
R32	C2-29B-0,125-240 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R33	C2-29B-0,125-1,1 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R34	C2-29B-0,125-2,4 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R35	C2-29B-0,125-2,18 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R36	C2-29B-0,125-1,67 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R37	МЛТ-0,5-1 кОм ± 5 %	1	
R38	МЛТ-0,5-270 кОм ± 10 %	1	
R39	МЛТ-0,5-15 кОм ± 10 %	1	
R40	C2-29B-0,125-27,1 кОм $\pm 0,5$ %	1	
RR	ММТ-13в-470 Ом ± 20 %	1	Терморезистор
RP1	СПЗ-39А-0,5-100 кОм ± 20 %	1	
RP2	СПЗ-9а-11-6,8 кОм ± 10 %	1	

Конденсаторы

C1	К73-9-100 В-0,01 мкФ ± 5 %	1	
C2	К73-9-100 В-0,1 мкФ ± 5 %	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
C3	К50-16-10 В-10 мкФ	1	
C4	К73-9-100 В-1800 пФ ± 10 %	1	
C5	К73-9-100 В-2200 пФ ± 10 %	1	
C6—C8	К73-9-100 В-0,047 мкФ ± 20 %	3	
<i>Микросхемы</i>			
D1	КМР203УП1	1	
D2	КР140УД12.08	1	
D3	К561ЛА7	1	
VD1—VD6	Диод КД521В	6	

* Подбирают при регулировке.

Примечание. В приборе могут быть установлены элементы других типов, не указанные в характеристиках прибора.

Комбинированный прибор 43102

Прибор предназначен для измерений напряжения постоянного тока, среднеквадратического значения напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля, в том числе и двигателя с бесконтактной системой зажигания, и угла замкнутого состояния контактов с электрооборудованием напряжением 12 В с минусом на «массе» автомобиля.

Рабочая температура 1...40 °С, относительная влажность воздуха 80 % при температуре 25 °С.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 104 и на рис. 115—117.

Основная погрешность прибора выражается приведенной погрешностью к пределу измерения (конечному значению диапазона) при измерении напряжения постоянного и переменного токов, частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя и к длине шкалы при измерении сопротивления, причем длина шкалы на пределе 100 Ом составляет 54 мм, а на пределе 100 кОм 46 мм.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы с интубируемым магнитом на растяжках с током полного отклонения 75 мкА. Подвижная рамка содержит 595 ± 15 витков провода ПЭВ-1 0,03.

Напряжение источника питания встроенного амперметра 1,35...1,65 В.

Напряжение источника питания схемы измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя и угла замкнутого состояния контактов прерывателя 10,8...15 В.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в перечне элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 105).

Таблица 104. Основные технические параметры комбинированного прибора 43102

Измеряемая величина	Конечное значение	Потребляемый ток, мА	Основная погрешность, %
Напряжение постоянного тока	2; 20; 40 В	0,105	$\pm 1,5$
Напряжение переменного тока	60...400 В	0,510	$\pm 2,5$
Сопротивление постоянному току	0,1; 100 кОм	35	$\pm 2,5$
Частота вращения коленчатого вала двигателя	1500; 9000 мин ⁻¹	15	$\pm 2,5$
Угол замкнутого состояния контактов прерывателя	45; 60; 90 град	15	$\pm 2,5$

Таблица 105. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора 43102

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1	C2-29B-0,25-12 Ом $\pm 0,25$ %	1	
R2	C2-29B-0,125-18,4 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R3	C2-29B-0,125-180 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R4	C2-29B-0,25-200 кОм $\pm 0,25$ %	1	
R5	C2-29B-0,5-1,0 МОм $\pm 0,5$ %	1	
R6	МЛТ-0,5-5,1 кОм ± 5 %	1	
R7, R8	МЛТ-0,5-1,8 кОм ± 10 %	2	
R9	МЛТ-0,5-470 Ом ± 10 %	1	
R10	МЛТ-0,5-3 кОм ± 5 %	1	
R11	C2-29B-0,25-8,35 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R12	СПЗ-9а-11-6,8 кОм ± 20 %	1	
R13	МЛТ-0,5-62 Ом ± 5 %	1	
R14	МЛТ-0,5-1 кОм ± 10 %	1	
R15	МЛТ-0,5-2,7 кОм ± 5 %	1	
R16*	МЛТ-0,5- (10...33) кОм	1	
R17	МЛТ-0,5-100 кОм ± 10 %	1	
R18	МЛТ-0,5-330 Ом ± 10 %	1	
R19*—R21*	МЛТ-0,5- (22...910) Ом	3	
R22	C2-29B-0,25-2,61 кОм $\pm 0,5$ %	1	
R23	C2-29B-0,25-287 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R24	C2-29B-0,25-145 Ом $\pm 0,5$ %	1	
R25	C2-29B-0,25-422 Ом $\pm 0,5$ %	1	
Конденсаторы			
C1, C2	МБМ-160 В-0,1 мкФ ± 10 %	2	
C3	МБМ-160 В-0,5 мкФ ± 10 %	1	
C4	К50-6-11-6,3 В-200 мкФ ± 10 %	1	
VD1	Диод КД105Б	1	

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
VD2	Стабилитрон Д814Б	1	
VD3—VD7	Диод КД521В	5	
VT1	Транзистор КТ315В	1	

* Подбирают при регулировке.

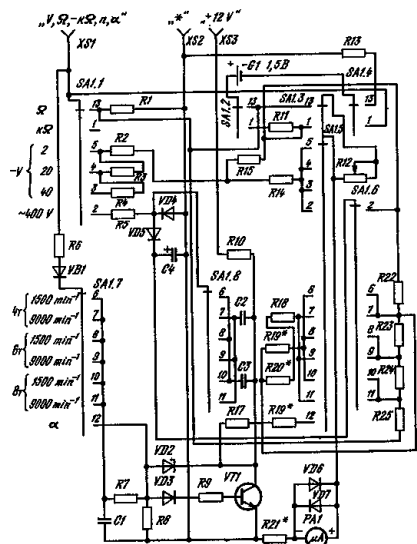


Рис. 115. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43102

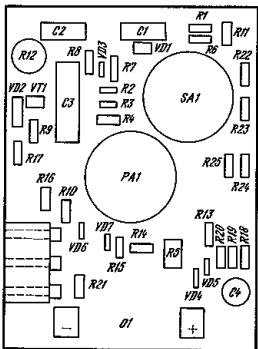


Рис. 116. Схема размещения элементов
комбинированного прибора 43102

Пределы	Элементы																								
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16*	R17	R18	R19	R20	R21*	R22	R23	R24	R25
5	+																								
кЗ	0	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х
2V		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х
20V		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х
40V		х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х	х
~400V					х																				
1500 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-18000 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1500 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-9000 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1500 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-9866 min ⁻¹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
α																									

Рис. 117. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43102

Прибор комбинированный 43104 предназначен для: измерений постоянных и переменных синусоидальной формы токов и напряжений, сопротивлений постоянному току, абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока, проверки работоспособности транзисторов мощностью до 150 мВт с измерением их параметров.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 106–108 и на рис. 118–121.

Прибор применяется при температуре окружающего воздуха $+10...+35^{\circ}\text{C}$ и влажности до 80% при температуре воздуха 25°C .

Генератор, встроенный в прибор, обеспечивает генерацию напряжения: на выходе «1 кГц» – по форме близкой к прямоугольной со значением частоты $F = 1 \pm 0,2$ кГц, амплитудным значением не менее 1,0 В; на выходе «465 кГц» – по форме близкой к синусоидальной со значением частот $F = 465,0 \pm 46,5$ кГц амплитудным значением не менее 0,2 В, модулированным напряжением по форме близкой к прямоугольной, частотой 1 кГц с глубиной модуляции 20...100 %.

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с током полного отклонения – 37,5 мкА и сопротивлением рамки 800±40 Ом.

Таблица 106. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

Пределы измерений	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,6 мА	Постоянный	—	0,06	±2,5
0,6; 6; 60; 600 мА	«	—	0,18	±2,5
3000 мА	«	—	0,3	±2,5
0,6; 1,2; 3; 12; 30; 60 В	«	50	—	±2,5
120; 300; 600; 1200 В	«	50	—	±2,5
0,3; 3; 30; 300; 3000 мА	Переменный	—	0,9	±4,0
3; 6; 15; 60; 150; 300 В	«	250	—	±4,0
600; 1200 В	«	250	—	±4,0

Таблица 107. Частотные характеристики прибора

Пределы измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
300; 600; 1200 В	45...100	45...300
150 В	45...300	45...1000
60 В	45...1000	45...5000
15 В	45...5000	45...10000
3; 6 В	45...10000	45...20000
0,3; 3; 30; 300; 3000 мА	45...10000	45...20000

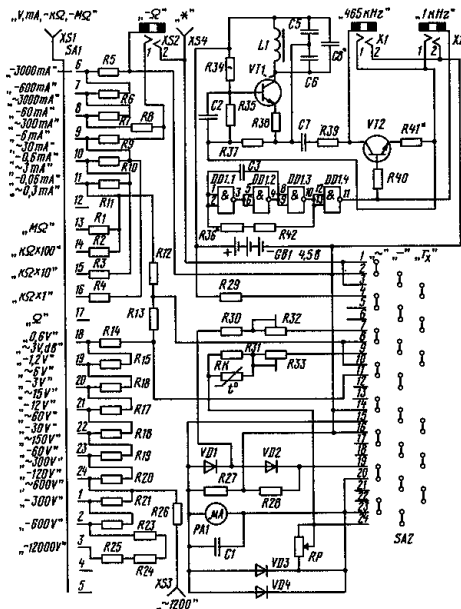


Рис. 118. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора 43104

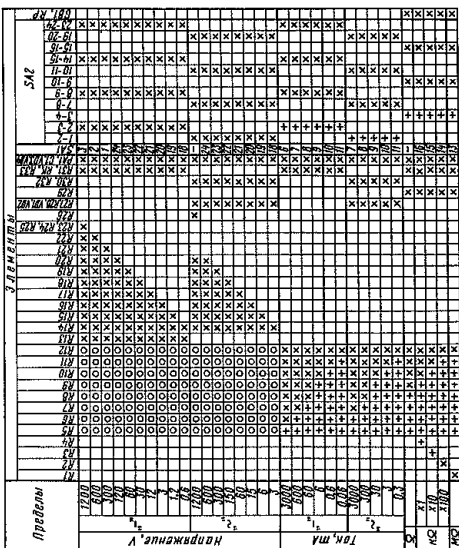


Рис. 119. Карта электрических цепей комбинированного прибора 43104

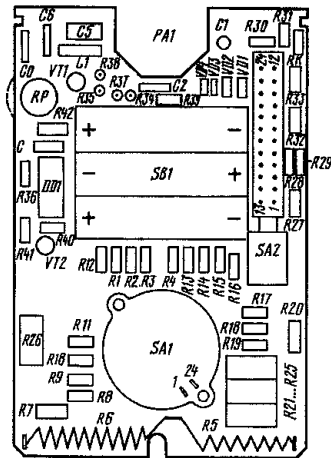


Рис. 120. Схема расположения элементов комбинированного прибора 43104

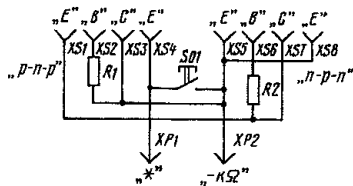


Рис. 121. Схема электрическая принципиальная приставки к прибору 43104

Т а б л и ц а 108. Основные технические характеристики встроенного амметра

Окончание табл. 109

Пределы измерений	Конечные значения, кОм	Ток потребления, мА	Изменение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
кОм х 1	10	10	3,7...4,7	54	±2,5
кОм х 10	100	1	3,7...4,7	54	±2,5
кОм х 100	1000	0,1	3,7...4,7	54	±2,5
МОм	10000	0,1	33...42	54	±2,5
Ом	0,2	14,7	3,7...4,7	50	±2,5
3 В, дВ	-10...12	0,25	—	39	±2,5

Т а б л и ц а 109. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора ЭК104

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	C2-29В-0,125-583 кОм ±0,5%-1,0	1	Последовательно =6 МОм
R2	C2-29В-0,125-56,9 кОм ±0,5%-1,0	1	
R3	C2-29В-0,125-5,3 кОм ±0,5%-1,0	1	
R4	C2-29В-0,125-234 Ом ±0,5%-1,0	1	
R5	Шунт 0,05 Ом	1	
R6	Шунт 0,2 Ом	1	
R7	C2-29В-0,125-2,26 Ом ±0,5%-1,0	1	
R8	C2-29В-0,125-12 Ом ±0,5%-1,0	1	
R9	C2-29В-0,125-10,5 Ом ±0,5%-1,0	1	
R10	C2-29В-0,125-226 Ом ±0,5%-1,0	1	
R11	C2-29В-0,125-2,26 кОм ±0,5%-1,0	1	
R12	C2-29В-0,125-449 Ом ±0,5%-1,0	1	
R13	C2-29В-0,125-750 Ом ±0,5%-1,0	1	
R14	C2-29В-0,125-10,5 кОм ±0,5%-1,0	1	
R15	C2-29В-0,125-12 кОм ±0,5%-1,0	1	
R16	C2-29В-0,125-36,1 кОм ±0,5%-1,0	1	
R17	C2-29В-0,25-180 кОм ±0,5%-1,0	1	
R18	C2-29В-0,125-361 кОм ±0,5%-1,0	1	
R19	C2-29В-0,125-597 кОм ±0,5%-1,0	1	
R20	C2-29В-0,5-1,2 МОм ±0,5%-1,0	1	
R21	C2-29В-0,25-3,61 МОм ±0,5%-1,0	1	
R22	МЛТ-0,5-3 МОм ±5%	2	
R23, R24	МЛТ-0,5-3,9 МОм ±5%	2	Последовательно R23+R24+R25 = 12,1 МОм
R25	МЛТ-0,5-4,3 МОм ±5%	1	
R26	МЛТ-0,5-1,2 МОм ±5%	2	Последовательно =2,4 МОм
R27, R28	МЛТ-0,25-750 Ом ±5%	2	
R29	C2-29В-0,125-320 Ом ±0,5%-1,0	1	1
R30*	МЛТ-0,25(820 Ом...1,2 кОм) ±5%	1	
R31	МЛТ-0,25-620 Ом ±5%	1	
R32, R33	СП3-38В-0,125-330 Ом	2	

Позиционное Обозначение	Наименование	Число	Примечание
RP	СП3-22вМ-0,125-3,3 кОм	1	Терморезистор
RK	ММТ-13в-100 Ом ±20%	1	
R34, R39	МЛТ-0,25-3 кОм ±5%	2	
R35, R37	МЛТ-0,25-1 кОм ±5%	2	
R36*	МЛТ-0,25-(10...150) кОм ±5%	1	
R38	МЛТ-0,25-75 Ом ±5%	1	
R40	МЛТ-0,25-10 кОм ±5%	1	
R41*	МЛТ-0,25-(100...150) Ом	1	
R42	МЛТ-0,5-510 кОм ±5%	1	
Конденсаторы			
C1	K50-16-6,3 В-50 мкФ	1	
C2, C3	K73-9-100 В-1000 пФ	2	
C5	K73-9-100 В-1500 пФ	1	
C6	KД-2Н20-820 пФ ±10%-2	1	
C7	K73-9-100 В-3300 пФ ±20%	1	
C8	K10-7В-M47(36...150) пФ	1	
Диоды			
VD1, VD2	Д9Д	2	
VD3, VD4	КД521В	2	
Транзисторы			
VT1, VT2	КТ315Г	2	
DD1	Микросхема К561ЛА7	1	
L1	Дроссель высокочастотный ДПМ-0,1-200	1	

Комбинированный прибор ЭК4304

Многогабаритный комбинированный прибор ЭК4304 предназначен для измерения постоянного тока и напряжения, переменного напряжения, относительного уровня переменного напряжения, сопротивления постоянного тока и проверки элементов питания.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, карта электрических цепей, схема расположения элементов приведены в табл. 110-112 и на рис. 122-124.

В приборе используется магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 37,5 мкА и сопротивлением рамки 3,4±0,2 кОм.

Напряжение встроенного источника составляет 1,32...1,52 В, один элемент типа А316.

Т а б л и ц а 110. Частотные характеристики комбинированного прибора ЭК4304

Пределы измерения, В	Область частот, Гц	
	номинальная	расширенная
250; 1000	45...60	45...100
10; 50	45...1000	45...5000

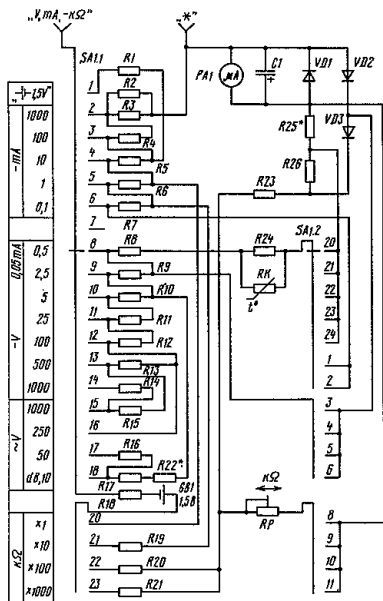


Рис. 122. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора ЭК4304

Таблица 111. Основные параметры встроенного ампервольтметра

Пределы измерений	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,5; 2,5; 5; 25; 100 В	Постоянный	52	—	±4,0
500; 1000 В		104		
10; 50; 250; 1000 В	Переменный	180	—	±4,0
0,05; 0,1; 1; 10; 100; 1000 мА	Постоянный	—	1,5	±4,0

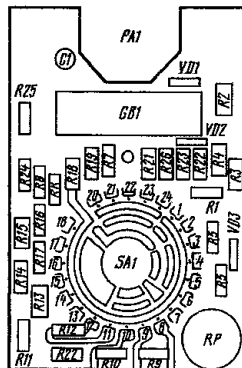


Рис. 123. Схема расположения элементов комбинированного прибора ЭК4304

Т а б л и ц а 112. Характеристики встроенного омметра и измерителя абсолютного уровня

Пределы изме- нения	Конечные значения шкала	Ток потреби- ния, мА	Напряжени- е питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная по- грешность, %
X1	0...3 кОм	8	1,5	61	4,0
X10	0...30 кОм	0,8	1,5	61	4,0
X100	0...300 кОм	0,08	1,5	61	4,0
X1000	0...3000 кОм		12...14	61	4,0
dB, 10	-10...+22 dB	0,18		45	4,0

Таблица 113. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора ЭК4304

Позиционное Обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
R1	C2-29 В-0,125-5,05 Ом±1%-1,0	1	
R2, R3	C2-29 В-1-2 Ом±1%-1,0	2	Паралл. R=1 Ом
R4	C2-29 В-0,125-8,98 Ом±0,5%-1,0	1	
R5	C2-29 В-0,125-89,8 Ом±0,5%-1,0	1	
R6	C2-29 В-0,125-898 Ом±0,5%-1,0	1	
R7	C2-29 В-0,125-8,98 кОм±0,5%-1,0	1	
R8	C2-29 В-0,125-5,11 кОм±1%-1,0	1	
R9	C2-29 В-0,125-40,2 кОм±0,5%-1,0	1	
R10	C2-29 В-0,125-49,9 кОм±1%-1,0	1	
R11	C2-29 В-0,125-402 кОм±0,5%-1,0	1	
R12	C2-29 В-0,25-1,5 МОм±0,5%-1,0	1	
R13	C2-29 В-0,5-3,01 МОм±0,5%-1,0	1	Доп. 2,98 МОм
R14	C2-29 В-0,25-2 Ом±1%-1,0	1	
R15	C2-29 В-0,5-2,98 МОм±1%-1,0	1	Доп. 3,01 МОм
R16	C2-29 В-0,125-320 кОм±1%-1,0	1	
R17	МЛТ-0,25-22 кОм±5%	1	
R18	C2-29 В-0,125-117 Ом±1%-1,0	1	
R19	C2-29 В-0,125-1,11 кОм±0,5%-1,0	1	
R20	C2-29 В-0,125-17,6 кОм±1%-1,0	1	
R21	C2-29 В-0,125-213 кОм±1%-1,0	1	
R22	МЛТ-0,25-8,2 кОм±5%	1	3...10 кОм
R23	C2-29 В-0,125-7,77 кОм±1%-1,0	1	
R24	МЛТ-0,25-1,5 кОм±5%	1	
R25	МЛТ-0,25-1,5 кОм±5%	1	560...2200 Ом
R26	C2-29 В-0,125-2,23 кОм±1%-1,0	1	
RK	Терморезистор ММТ-136-2,2 кОм±20%	1	
RP	Резистор СПЗ-ЗВМ-22 кОм-А-П-22	1	До 15 кОм
C1	К50-40-16 В-10 мкФ	1	
GB1	Элемент питания А316	1	
CA1	Переключатель	1	Печатный
VD...VD3	Дiod КД521А	3	КД521В
X1, X2	Гнездо	2	
PA1	Измерительный механизм	1	37 мкА

Проверка элементов питания с номинальным напряжением на зажимах 1,32...1,5 В производится путём измерения напряжения при нагрузке сопротивлением 15 Ом.

Сопротивления резисторов должны соответствовать значениям, указанным в печатке элементов к принципиальной электрической схеме прибора (табл. 113).

[illegible]

Рис. 124. Карта электрических цепей комбинированного прибора ЭК43

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, напряжений постоянного и переменного токов; сопротивлений постоянному току; емкости и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема и карта электрических цепей представлены в табл. 114–117 и на рис. 125, 126.

Прибор устойчиво работает при температуре окружающего воздуха в пределах $-30...+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 95%.

В приборе применён магнитоэлектрический механизм с током полного отклонения 75 мкА и сопротивлением рамки $1000 \pm 10 \text{ Ом}$.

Таблица 114. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

Пределы измерения	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
3; 6; 15; 30; 60; 150; 300; 600 В	Постоянный	102,5	—	2,5
0,12; 0,6; 3; 15; 60; 300; 1500 мА	«	—	0,7	2,5
3 В	Переменный	3120	—	4,0
15; 30; 60; 150; 300; 600 В	«	5200	—	4,0
6 В	«	520	—	4,0

Таблица 115. Частотные характеристики прибора

Пределы измерения	Частотная область, Гц	
	номинальная	расширенная
600	45...200	45...500
300	45...500	45...1000
150	45...1000	45...2000
3; 6; 15; 60	45...2000	45...5000

Таблица 116. Технические характеристики, встроенных омметра и измерителя емкости

Пределы измерений	Конечные значения	Ток потребления, мА	Напряжение источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
Ом $\times 1$	0,5 кОм	132	3,7...5	64	4,0
Ом $\times 10$	5 кОм	13,2	3,7...5	64	2,5
Ом $\times 100$	50 кОм	13,2	3,7...5	64	2,5
Ом $\times 1000$	500 кОм	0,132	3,7...5	64	2,5
PF	500000 pF	0,5	187...253	58	4,0
dB	-10...12 dB	5,2	—	52	4,0

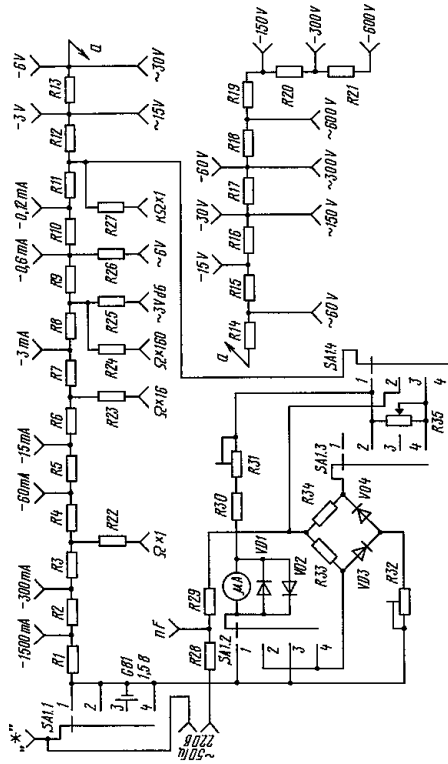


Рис. 125. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора Ц4393

Полное наименование	Наименование	Число, шт	Примечание
---------------------	--------------	-----------	------------

Резисторы

R1	Шунт 0,3 Ом $\pm 0,2\%$	1	
R2	C2-13-0,5-1,2 Ом $\pm 0,5\%$	2	Последовательно = Ом
R3	C2-13-0,25-1,5 Ом $\pm 0,5\%$	2	
R4	C2-13-0,25-3,01 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R5	C2-13-0,25-11,4 Ом $\pm 0,5\%$	1	Последовательно = 22,5 Ом
	C2-13-0,25-11,1 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R5	C2-13-0,25-105 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R7	C2-13-0,25-301 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R8	C2-13-0,25-298 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R9	C2-13-0,25-3,01 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R10	C2-13-0,25-750 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R12	C2-13-0,25-475 Ом $\pm 0,5\%$	1	Последовательно
	C2-13-0,25-28,4 Ом $\pm 0,5\%$	1	= 28,875 кОм
R13	C2-13-0,25-30,1 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R14	C2-13-0,25-59,7 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R15	C2-13-0,25-30,1,1 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R16	C2-13-0,25-150 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R17	C2-13-0,25-301 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R18	C2-13-0,25-597 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R19	C2-13-0,25-301 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R20	C2-13-0,25-750 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R21	C2-13-0,25-1 МОм $\pm 0,5\%$	1	
R22	C2-13-0,25-30,1 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R23	C2-13-0,25-312 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R24	C2-13-0,25-3,16 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R25	C2-13-0,25-184 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R26	C2-13-0,25-1,35 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R27	C2-13-0,25-34 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R28	C2-13-0,25-348 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R29	C2-13-0,25-120 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R30	C2-13-0,25-464 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R31, R32	СП5-3-470 Ом $\pm 10\%$	2	Допускается 680 Ом
R33, R34	C2-13-0,25-597 Ом $\pm 0,5\%$	2	
R35	СП3-9в-25-3,3 кОм $\pm 20\%$	1	

Дюды

VD1, VD2	Д220Б	2
VD3, VD4	Д9М	2

Рис. 126. Карта электрических цепей комбинированного прибора Ц4393

Прибор предназначен для измерения тока и напряжения в цепях постоянного переменного токов, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей представлены в табл. 118–121 и на рис. 127–129.

Входное сопротивление прибора на постоянном и переменном токе при измерении напряжения составляет 50 кОм/В.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 37,5 мкА.

При измерении относительного уровня переменного напряжения необходимо пользоваться табл. . Частотный диапазон составляет 20 Гц...1,5 кГц для всех пределов измерений.

Эксплуатация прибора допускается при температуре +10...+30 °С.

Т а б л и ц а 118. Основные характеристики встроенного ампервольтметра

Пределы измерений	Род тока	Ток полного отклонения, мкА	Падения Напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30 В	Постоянный и переменный	20	—	2,5
300 В	«	270	—	2,5
1000 В	«	900	—	2,5
30 мкА	«	—	0,12	2,5
0,1 мА	«	—	0,18	2,5
0,3; 1; 3; 10; 30 мА	«	—	0,2	2,5
100 мА	«	—	0,24	2,5
300 мА	«	—	0,3	2,5
1000 мА	«	—	0,6	2,5

Т а б л и ц а 119. Конечные значения уровней переменного напряжения в зависимости от выбранного предела измерений

Пределы измерения, В		0,3	1	3
Конечные значения, дВ	-40...-18	-30...-8	-20...-2	-10...12

Окончание табл. 119

Пределы измерения, В	10	30	100	300	1000
Конечные значения, дВ	0...22	10...32	20...32	30...52	40...62

Т а б л и ц а 120. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

Пределы измерений	Конечные значения, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
x 100 кОм	(30...1000) кОм	20	3,5	42	2,5
x 10 кОм	(3...100) кОм	200	3,5	42	2,5
x 1 кОм	(0,3...10) кОм	2000	3,5	42	2,5
дВ	(-20...0...2) дВ	См. табл.	—	38	2,5

Пределы		Элементы																							
		Н1	Н2	Н3	Н4	Н5	Н6	Н7	Н8	Н9	Н10	Н11	Н12	Н13	Н14	Н15	Н16	Н17	Н18	Н19	Н20	Н21	Н22	Н23	Н24
В	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	300	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	30	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
мА	1000	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	300	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ω	1000	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	100	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	1	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+
	0,3	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	+	+	+	+	+	+

Рис. 127. Карта электрических цепей комбинированного прибора UM-Z3

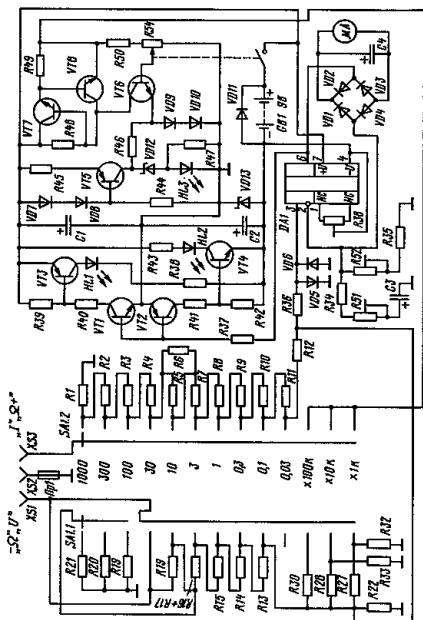


Рис. 128. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора UM-23

Высокое входное сопротивление прибора обеспечивается применением электронного вольтметра, выполненного на основе операционного усилителя DA1 и известных элементами VD1-VD6, R34-R36, R51-R53, C3, C4, PA1. Питание операционного усилителя осуществляется от параметрического стабилизатора (C1, C2; VT5-VT8, VD7-VD13, R44-R50, R54 б GB1), преобразующего однополярное напряжение элемента GB1 (9 В) в двухполярное с искусственным общим выводом, причём в положительной ветви напряжение стабилизируется. Оно используется для питания встроенного омметра, независимо от напряжения на выводе 7 операционного усилителя.

Светодиод HL3 указывает на наличие номинального напряжения питания. На элементах R37-R43; VT1-VT4; HL1, HL2 собран указатель полярности измеряемого параметра. Свечение обоих светодиодов HL1 и HL2 указывает на переменный ток или напряжение.

Т а б л и ц а 121. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме анимированного прибора UM-23

Полное обозначение	Наименование	Число	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	Шунт 0,2 Ом	1	
R2	Шунт 0,433 Ом	1	
R3	Шунт 1,37 Ом	1	
R4	Шунт 4,33 Ом	1	
R5, R6	MFR-0,125W-27,4 Ом	2	C2-29
R7	MFR-0,125W-43,2 Ом	1	C2-29
R8	MFR-0,125W-137,0 Ом	1	C2-29
R9	MFR-0,125W-432 Ом	1	C2-29
R10	MFR-0,125W-1,37 кОм	1	C2-29
R11	MFR-0,125W-4,32 кОм	1	C2-29
R12	MFR-0,125W-1,37 кОм	1	C2-29
R13	MFR-0,125W-10,9 кОм	1	C2-29
R14	MFR-0,125W-34,4 кОм	1	C2-29
R15	MFR-0,25 W-109 кОм	1	C2-29
R16	MFR-0,5W-320 кОм	1	C2-29
R17, R37	MFR-0,25W-22 кОм	2	C2-29
R18	MFR-1 W-1,09 МОм	1	C2-29
R19	MFR-0,5W-158 МОм	1	C2-29
R20	MFR-0,25W-37,9 кОм	1	C2-29
R21	MFR-0,25W-11,1 кОм	1	C2-29
R22	MFR-0,125W-11,1 кОм	1	C2-29
R27, R28	MFR-0,5W-196 кОм	2	C2-29
R30	MFR-0,5W-191 кОм	1	C2-29
R32	MFR-0,125W-1,76 кОм	1	C2-29
R33	MFR-0,125W-19,3 кОм	1	C2-29
R34	MFR-0,125W-22,6 кОм	1	C2-29
R35	MFR-0,125W-2,37 кОм	1	C2-29
R36, R48	RWC-0,125W-4,7 кОм	2	МЛТ-0,125
R38, R43	RWC-0,125W-3,9 кОм	2	МЛТ-0,125
R39, R42	RWC-0,125W-39 кОм	2	МЛТ-0,125
R40, R41	RWC-0,125W-56 кОм	2	МЛТ-0,125
R44	RWC-0,125W-4,3 кОм	1	МЛТ-0,125

Позиционное обозначение	Наименование	Число	Примечание
R45	RWC-0,125W-150 Ом	1	МЛТ-0,125
R46	RWC-0,125W-2 кОм	1	МЛТ-0,125
R47	RWC-0,125W-1,6 кОм	1	МЛТ-0,125
R49	RWC-0,125W-15 Ом	1	МЛТ-0,125
R50	RWC-0,125W-6,2 кОм	1	МЛТ-0,125
R51	PKd400-0,1W-2,5 кОм	1	СПЗ-38А
R52	PKd400-0,1W-470 Ом	1	СПЗ-38А
R53	PKd400-0,1W-10 кОм	1	СПЗ-38А
R54	PRG-121-0,1W-10 кОм	1	СПЗ-36М
VD1-VD4	БАУР-95	4	Д9А
VD5-VD11	БАУР-17	7	КД521А
VD12, VD13	BZP683(СЗV3)	2	КС133В
HL1-HL3	СОР441	3	АЛ307
C1-C3	Конденсаторы		
C4	04/U, up2-2,2mkF/25V	3	КС0
	04/U, up2-4,7mkF/16V	1	КС0
VT1, VT4, VT6	BC148B-C	3	КТ373В, КТ315В
VT7, VT8	BC148B-C	2	КТ373В, КТ315В
VT2, VT3, VT5	BC158B-C	3	КТ3107, КТ361В
DA1	UBV7741	1	К140УД7
GB1	6F22(9V)	1	Крона, Корунд
Bz (Пл1)	W-TA-1A /250V	1	ПК-20-1А

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, переменного и постоянного напряжения, сопротивления постоянному току и относительного уровня переменного напряжения. Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов и карты электрических цепей представлены в табл. 112-125 и на рис. 130-132.

Входное сопротивление при измерении постоянного и переменного напряжений составляет 2 кОм/В. В приборе применён магнитоэлектрический измерительный механизм на ростожах с током полного отклонения 175 кОм и сопротивлением рамки 1000±100 Ом.

Т а б л и ц а 122. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

Пределы измерений	Род тока	Ток полного отклонения, мА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
0,5 мА	Постоянный	—	0,4—	5
50 мА	«	—	0,56	5
500 мА	«	—	0,68	5
10; 50; 250; 1000 В	«	500	—	5
10; 50; 250; 1000 В	«	500	—	5

Т а б л и ц а 123. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения

Предел измерения, В	10	50	250	1000
Поправочное число, дБ	0	+14	+28	+40

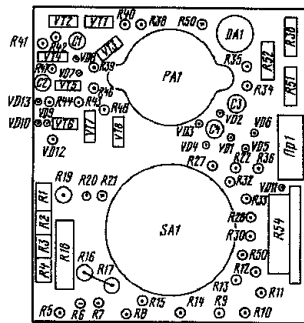


Рис. 129. Схема расположения элементов комбинированного прибора UM-Z3

Пределы		Элементы															
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10, R11	R12	PA1	VD1, VD2	GB1		
I _п	mA	500						+	+	+	+	+	+	+	+		
	50							+	+	+	+	+	+	+	+		
	0,5							+	+	+	+	+	+	+	+		
	10							○	○	○	○	○	○	○	○		
	50	x						○	○	○	○	○	○	○	○		
V	250	x	x					○	○	○	○	○	○	○	○		
	1000	x	x	x				○	○	○	○	○	○	○	○		
	1000	x	x	x	x			○	○	○	○	○	○	○	○		
	250	x	x					○	○	○	○	○	○	○	○		
	50	x						○	○	○	○	○	○	○	○		
Ω	10							○	○	○	○	○	○	○	○		
	x10							○	○	○	○	○	○	○	○		
	x100							○	○	○	○	○	○	○	○		
	x1K							○	○	○	○	○	○	○	○		

Рис. 130. Карта электрических цепей комбинированного прибора МФ-110 А

Т а б л и ц а 124. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

Пределы измерений	Конечные значения, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
х 10 кОм	10 кОм	3200	1,5	50	5
х 100 кОм	100 кОм	2500	1,5	50	5
х 1 кОм	1000 кОм	240	1,5	50	5
(10В) дВ	-20...0...2 дВ	500	—	24	5

Т а б л и ц а 125. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора MF-110A

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
Резисторы			
R1	C2-29-0,25-80 кОм ±0,5%	1	
R2	C2-29-0,25-400 кОм ±0,5%	1	
R3	C2-29-0,5-1,5 МОм ±0,5%	1	
R4	C2-29-0,25-4,13 кОм ±0,5%	1	
R5	C2-29-0,25-556 Ом ±0,5%	1	
R6	C2-29-0,25-49,5 Ом ±0,5%	1	
R7	C2-29-0,25-1,1 Ом ±0,5%	1	
R8	C2-29-0,25-9,935 Ом ±0,5%	1	
R9	C2-29-0,25-1092 Ом ±0,5%	1	
R10	C2-29-0,25-680 Ом ±0,5%	1	
R11	СПЗ-266 -0,25-1 кОм ±20%	1	
R12	C2-29-0,25-19,2 кОм ±0,5%	1	
Диоды			
VD1, VD2	КД521А	2	316 и др. Печатный монтаж
GB1	P6U-1,5V	1	
SA1	Специальный	1	

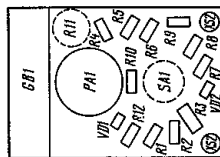


Рис. 132. Схема расположения элементов комбинированного прибора MF-110A

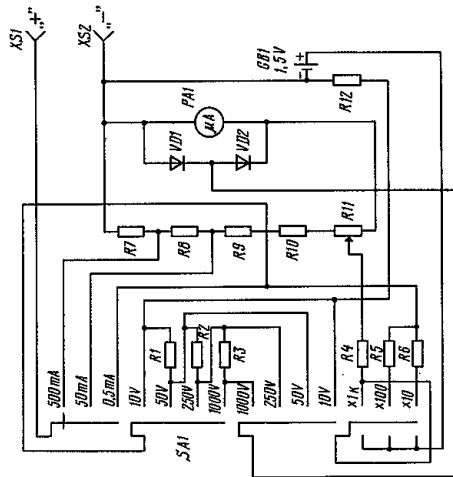


Рис. 131. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора MF-110A

Т а б л и ц а 127. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

Пределы измерений	Конечные значения, кОм	Ток потребления, мА	Значение напряжения источника питания, В	Длина рабочей части шкалы, мм	Основная погрешность, %
х 100 Ом	10 кОм	3200	1,5	50	5
х 1 Ом	100 кОм	2500	1,5	50	5
(10В) dB	-20...0...22	500	—	24	5

Т а б л и ц а 128. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения

Предел измерения, В	10	50	250	1000
Поправочное число, dB	0	+14	+28	+40

Т а б л и ц а 129. Перечень элементов в принципиальной электрической схеме комбинированного прибора MF-110 В

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
-------------------------	--------------	------------	------------

Резисторы

R1	МЛТ-0,25-120 Ом ±5%	1	
R2	С2-29-0,25-80 кОм ±0,5%	1	
R3	С2-29-0,25-400 кОм ±0,5%	1	
R4	МЛТ-0,5-1,5 МОм ±5%	1	
R5	МЛТ-0,25-560 Ом ±5%	1	
R6	С2-29-0,25-1,1 Ом ±0,5%	1	
R7	С2-29-0,25-9,935 Ом ±0,5%	1	
R8	С2-29-0,25-1092 Ом ±0,5%	1	
R9	С2-29-0,25-5,1 кОм ±0,5%	1	
R10	СПЗ-266-0,25-620 Ом ±20%	1	
R11	СПЗ-38Г-0,25-1 кОм ±20%	1	
R12	МЛТ-0,25-120 кОм ±5%	1	
R13	С2-29-0,25-19,2 кОм ±0,5%	1	
R14	МЛТ-0,25-82 кОм ±5%	1	

Диоды

VD1, VD2	КД521А	2	
GB1	Р6УР1,5В	1	316 и др.
SA1	Специальный	1	Печатный монтаж

Комбинированный прибор УХ-1000А (шпша)

Прибор предназначен для измерения постоянного тока, переменного и постоянного напряжений, сопротивление постоянному току и относительного уровня переменного напряжения.

Технические характеристики, принципиальная электрическая схема, схема расположения элементов, карта электрических цепей приведены в табл. 130-133 и на рис. 136-138.

Входное сопротивление прибора составляет 2 кОм/В при измерении постоянного и переменного напряжений.

В приборе применен магнитоэлектрический измерительный механизм на растяжках с током полного отклонения 175 мкА и сопротивлением рамки 500...1000 Ом.

Т а б л и ц а 130. Основные технические характеристики встроенного ампервольтметра

Пределы измерений	Род тока	Ток полного отклонения, мА	Падение напряжения на зажимах, В	Основная погрешность, %
500 мкА	Постоянный	—	0,3	5
50; 250 мА	«	—	0,55	5
10; 50; 250; 1000 В	«	500	—	5
10; 50; 250; 1000 В	Переменный	500	—	5

Пределы		Элементы										
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8, R9	R10	GB1	VD1, VD2
OFF												
V	~	1000	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×
		250	+	+	+	+	+	+	+	+	×	×
		50			+	+	+	+	+	+		×
		10			+	+	+	+	+	+		×
mA	—	250				+	×	×	×		3	×
		50				+	×	×	×		3	×
		0,5				+	+	+	+	×	3	×
		10				+	+	+	+	×	3	×
V	—	50			+	+	+	+	+	×	3	×
		250			+	+	+	+	+	×	3	×
		1000	+	+	+	+	+	+	+	×	3	×
		кОм	х 1			+	+	+	+	+	3	×

Рис. 136. Карта электрических цепей комбинированного прибора УХ1000А

Т а б л и ц а 131. Характеристики встроенного омметра и измерителя уровня переменного напряжения

Пределы измерения	Конечные значения	Ток потребления, мкА	Значения напряжения источника, В	Длина рабочей части сигнала, мм	Основная погрешность, %
$\times 1 \text{ кОм}$	200 кОм	300	1...1,5	42	5
10 В	-20...22 дВ	500	—	24	5

Т а б л и ц а 132. Поправочные числа к пределам измерений уровня переменного напряжения

Предел измерения, В	10	50	250	1000
Поправочное число, дБ	0	+14	+28	+34

При эксплуатации прибора необходимо учитывать особенности измерений напряжений с низким входным сопротивлением.

Т а б л и ц а 133. Перечень элементов к принципиальной электрической схеме комбинированного прибора УХ-1000А

Позиционное обозначение	Наименование	Число, шт.	Примечание
<i>Резисторы</i>			
R1	МЛТ-0,5-1,5 МОм $\pm 5\%$	1	
R2	C2-29-0,25-400 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R3	C2-29-0,25-80 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R4	C2-29-0,25-19,2 кОм $\pm 0,5\%$	1	
R5	C2-29-0,25-2 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R6	C2-29-0,25-8 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R7	C2-29-0,25-990 Ом $\pm 0,5\%$	1	
R8	СПЗ-38Г-0,25-1 кОм $\pm 20\%$	1	
R9	СПЗ-26Б-620 Ом $\pm 20\%$	1	
R10	C2-29-0,25-4,4 кОм $\pm 0,5\%$	1	
<i>Диоды</i>			
VD1, VD2	КД521А	2	
GB1	Р6УР1,5В	1	336 и др.
SA1	Специальный	1	Печатный монтаж

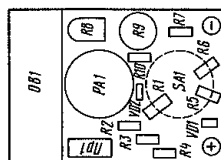


Рис. 138. Схема расположения элементов комбинированного прибора УХ-1000А

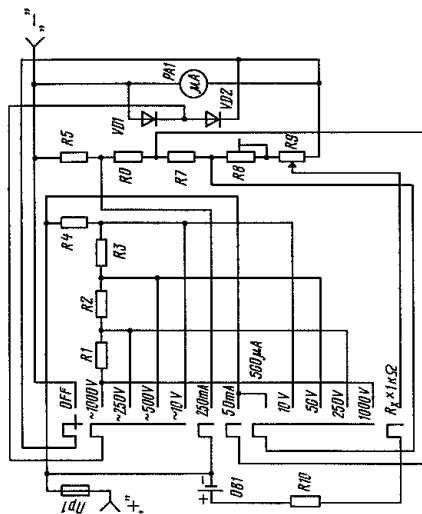


Рис. 137. Схема электрическая принципиальная комбинированного прибора УХ-1000А

Ниже приведены схемы комбинированных приборов, разработанные и выполненные авторами.

Милливольтметр с низковольтным питанием

Прибор предназначен для измерения постоянного напряжения от единиц милливольт до 1 В и более. Принципиальная электрическая схема прибора представлена на рис. 139, схема калибровки милливольтметра – на рис. 140.

Прибор состоит из делителя напряжения (R1, R5–R8, R11, R12, SA1); усилителя постоянного тока (DA1, R2, R9, R10, R13) и вольтметра (PA1, R3, R4). Входное сопротивление прибора составляет примерно 4 кОм/мВ, или 4000 кОм/В.

В приборе применены: переключатель SA1 типа ПР2-10П1НВ (МПН-1, ПГ2-10-12П1НВ); операционный усилитель DA1 – К140УД12 (КР140УД1208); микроамперметр PA1 М4257 (М2001, М263М, М4253М и др.) с током полного отклонения 50 мкА; резисторы R3, R10 соответственно типа СП2-5-0,5 и СП2-5-1; остальные резисторы МЛТ-0,25 или С2-29; выключатель SA2-МТ-3; элементы питания GB1, GB2 типа А332, А336 и др.

Для настройки прибора следует собрать схему, представленную на рис. . Движок резистора R2 установить в нижнее по схеме положение. Переключатель пределов измерения милливольтметра поставить в положение 5 мВ, включить питание и прогреть прибор в течение 5 мин и, закоротив входные зажимы резистором R10, установить стрелку микроамперметра на нуль. Последнюю операцию необходимо выполнять перед каждым измерением. Резистором R2 устройства калибровки выставить по вольтметру PV1 напряжение 1 В, что соответствует 5 мВ на выходе схемы, и подать на вход милливольтметра. Подстроечным резистором R3 милливольтметра установить стрелку микроамперметра на конечную отметку шкалы. На остальных пределах измерений подгонка осуществляется изменением сопротивления резисторов R5, R7, R8, R11 и R12, начиная с R5, с использованием данных, приведенных в табл.

В качестве вольтметра можно использовать комбинированный прибор с классом точности 1,0; 1,5.

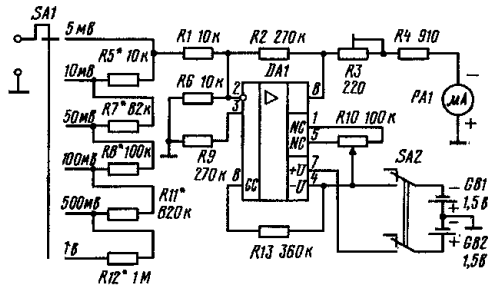


Рис. 139. Схема электрическая принципиальная милливольтметра

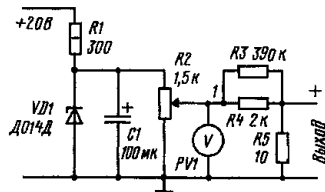


Рис. 140. Схема калибровки милливольтметра

Т а б л и ц а 134. Данные для калибровки милливольтметра

Показания вольтметра, В		1	2	10	2	5	10
Показания милливольтметра, мВ		5	10	50	100	500	1000
Значения сопротивлений	R3, кОм	390	390	390	8,2	8,2	8,2
	R4, Ом	2000	2000	2000	91	91	91

Прибор предназначен для измерения постоянного напряжения, амплитудных значений однополярных импульсов с частотой следования 20 Гц...3 МГц и переменных симметричных напряжений любой формы в диапазоне частот 20 Гц...3 МГц. Принципиальную электрическую схему прибора представлена на рис. 141.

Вольтметр содержит генератор импульсов DD1.1, DD1.2, DD1.4, R1, R2, C1 (GN), электронный ключ DD1.3, генератор ступенчатого нисходящего напряжения DD2, DD4, DD5, DA1, DA2, VD1, R3, R4, R6, компаратор (устройство сравнения) DA3, R7, R8, R5; входное устройство SA1, R9, R10, R8, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) DD7, DD10, DD13, DD16; счётчик (CT2) и устройство индикации DD8, DD11, DD14, DD17, HL1-HL4.

Принцип работы вольтметра заключается в сравнении измеряемого напряжения с опорным, преобразованного в нильообразное ступенчатое (рис. 142) и запоминания в ОЗУ кода в момент их равенства, причем для импульсного и переменного напряжения запоминается последний результат.

При нажатии кнопки «Пуск» RS-триггер (Т1), выполненный на элементах DD2.1, DD2.2 переходит из единичного состояния и логической 1 с выхода 6 открывает ключ DD1.3, одновременно с выхода 3 логический 0 переводит счётчики DD3; DD4, DD5 (CT1) и DD6, DD9, DD12, DD15 (CT2) в состояние счёта. Под действием этого же логического 0 срабатывает RS-триггер на элементах DD19.1, DD19.2. Логический 0 с выхода 3 RS-триггера поступает на вход 2 элемента или DD18.1, который начинает работать как обычный инвертор.

Последовательность импульсов с генератора импульсов GN через ключ DD1.3 поступает на входы двоичного счётчика CT1 и двоячно-десятичного счётчика CT2. Счётчик CT1 формирует двоичный код, который микросхемой DA1 совместно с DA2 преобразуется в десятичное напряжение, причём каждому импульсу соответствует $1/1024 \text{ У.П.}$ опорное напряжение снимается с резистора R4 и устанавливается равным 10,24 В, тогда, посчитав счётчиком CT2, импульсы можно судить о значении измеряемого напряжения.

Ступенчатое напряжение поступает на вход 2 компаратора DA3, где сравнивается с измеряемым напряжением. В момент их равенства или превышения измеряемого напряжения (амплитуды, импульса) над неизменяемым на выходе 7 компаратора присутствует логический 0, тогда с выхода 1 микросхемы DD18.1, работающего в режиме инвертора, логическая 1 разрешит запись кода с выходов счетчика CT2 в ОЗУ. В случае превышения ступенчатого напряжения над измеряемым, на выходе компаратора будет присутствовать логическая 1. С выхода микросхемы DD18.1 логический 0 запретит запись новой информации в ОЗУ. В ОЗУ останется информация, которая записалась в момент равенства сравниваемых напряжений. На цифровом табло будут высвечиваться цифры, соответствующие коду записанному в ОЗУ (числу импульсов — "ступеней"). В случае измерения ступенчатого или переменного напряжений запись в ОЗУ осуществляется многократно, но остается последняя.

По прохождению 1023 импульсов через счётчик СТ1, с приходом 1024 выпулса на выходе 11 микросхемы DD5 появится логическая 1 и тогда с выхода 8 инвертора DD2.3 логический 0 переводит RS-триггер DD10.1: DD19.2 в единичное состояние, логическая 1 с выхода 3RS триггера поступит на вход 2 DD18.1, чем обеспечит на выходе 1 микросхемы DD18.1 логический 0, независимо от состояния входа 3, следовательно, сохранность информации в ОЗУ и на цифровом табло. Этот же сигнал логического 0 с выхода 8 инвертора DD2.3, задержанный во времени элементами DD19.3 и DD19.4 переключает RS-триггер на элементах DD2.1, DD2.2 в нулевое состояние.

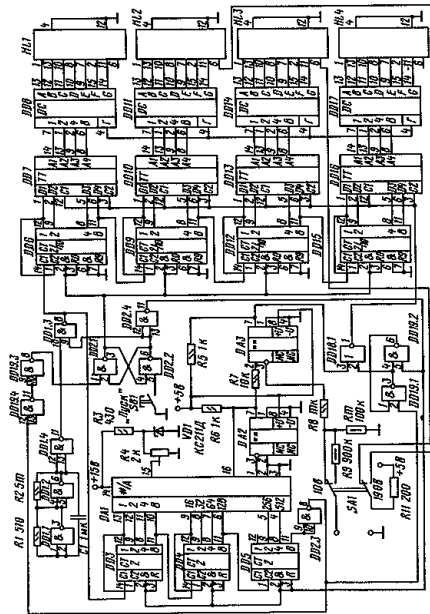


Рис. 141 Сумма электрических принципиальная амплитудного вольтметра

Счетчики CT1 и CT2 обнуляются, ключ DD1.3 запирается, счёт импульсов прекращается, с цифрового табло считывается информация. Элемент DD2.4 служит для разгрузки выхода 3 RS-триггера.

Частотный диапазон прибора определяется: снизу частотой генератора GN1, т.е. временем измерения. Как видно из рис. 142, чем больше переесечений амплитуд с пилообразным напряжением, тем точнее результат; сверху быстройдействием компаратора — $t_{\text{ср.зв.}} \text{ ОЗУ} - t_{\text{ср.зв.}} \text{ и элемента ИЛИ} - t_{\text{ср.зв.}}$, тогда $1/f_{\text{ср.}} = 1,2(t_{\text{ср.зв.}} + t_{\text{ср.зв.}} + t_{\text{ср.зв.}})$.

В амплитудном вольтметре использованы: микросхемы DD1, DD2, DD19 - K155ЛA3; DD3-DD5 - K155HE5; DD6, DD9, DD12, DD18 - K155HE2; DD7, DD10, DD13, DD16 - K155TMS; DD8, DD11, DD14, DD17 - K544Д1; DD18 - K155ЛE1; DA1 - K572IA1; DA2, DA3 - K521CA3; стабилизатор VD1 - KC211Д или другие прецизионные стабилизаторы с $U_{\text{н}} = 11$ В; резисторы R1-R3, R5, R6, R11 - МЛТ 0,125; R7-R10 - С2-29 0,125; R4 - СПЗ-38; свазодные метрицы H1-H4 - АЛС234А; переключатель пределов измерений SA1 - МТ3; кнопка SB1 - П2К; конденсатор C1 - КТ (KM).

Питание прибора осуществляется от двух стабилизированных источника питания +15 В (50 мА) и +5 В (1А).

Настройка прибора сводится к установкам опорного напряжения $U_{\text{оп}} = 10,24$ В резистором R4.

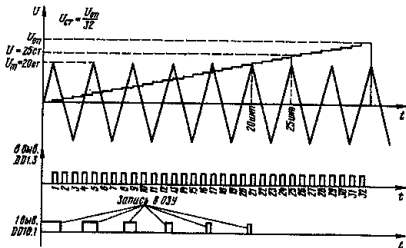


Рис. 142. Диаграммы, поясняющие работу амплитудного детектора

Измеритель емкости, вольтметр

Прибор предназначен для измерения емкости конденсаторов от единиц пикофард до единиц микрофард, емкости монтажа, емкости переходов полупроводниковых приборов, определения мест обрывов кабелей, измерения напряжения постоянного и переменного тока. Кроме того, прибор может служить генератором импульсов фиксированных частот. Понятийная электрическая схема прибора приведена на рис. 143.

Диапазон измеряемых емкостей разбит на девять диапазонов: 0...50; 0...100; 0...200; 0...1000; 0...2000; 0...10000; 0...20000; 0...100000; 0...200000 пФ и 0...2 мкФ (SA2).

Шкала прибора яннейна. Погрешность измерения не превышает 5%.

Принцип действия измерителя емкости основан на измерении среднелогарифмического значения тока, проходящего через измеряемую емкость под действием импульсного напряжения прямоугольной формы со скважностью, равной 2.

Значение тока определяется амплитудой и частотой импульсного напряжения и измеряемой емкостью.

Прибор состоит из кварцевого генератора (DD1.1, DD1.2, BQ1, R1, R2, C1, C2), делителя частоты (DD2, DD4, DD1.3, DD1.4, DD3), коммутатора (SA1, VT1, R3, R4), измерителя (PA1, R5, R8, R9, VD1–VD4), делителя напряжения вольтметра (R6, R7) и блока питания (GB1, VD5, R10).

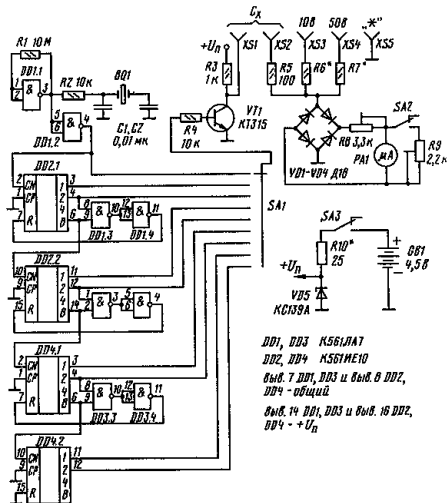
Кварцевый генератор может иметь резонансную частоту около 100 кГц (необязательно точно 100 кГц). Единственная задача кварцевого генератора — обеспечить стабильность частоты. Стабильность амплитуды выходного напряжения достигается применением стабилизированного источника питания.

Делитель частоты выполнен из четырех счётчиков на базе 4-разрядных двоичных счётчиков (DD2, DD4) и схем сброса (DD1.3, DD1.4, DD3) в нуль, необходимых для формирования декады. Выходами каждого счётчика являются выходы первого и второго триггеров, откуда снимается выходной импульсный сигнал прямоугольной формы со скважностью, равной 2, что позволяет получить практически явственную характеристику, а также дискретно изменять пределы измерений, без подстройки остальных пределов.

При помощи выключателя SA2 и резистора R9 имеется расширить предел измерения до 4 мкФ на предельные измерения 0...100000 пФ и до 400000 пФ из предельные 0...20000 пФ или, соответственно, до 2; 1; 0,2 мкФ.

Предел измерения выбирается при помощи переключателя SA1. Ключ VT1, R3, R4 необходим для согласования меломощного выхода делителя частоты с выходом прибора. Пределы измерения вольтметра постоянного и переменного токов настраиваются согласно рекомендациям гл. 4.

В приборе используются: переключатель SA1 любой, например ПР-10ПИНВ; выключатель SA2, SA3 – MT3; резисторы R1–R10 – МЛТ-0,125 или другие; R8, R9 – подстроечные типа С15-2; конденсаторы – КТ или КМ. Транзистор VT1 – КТ315, VT2, VT3, VT102 с любыми буквенными индексами. Микросхемы серии К561 можно заменить микросхемами серии 564 без какого-либо изменения электрической схемы. Диоды VD1–VD4 – Д18, Д9, Д2; микроамперметр PA1 – M4257 (M2001, M265M, M4253M и др.) с током полного отклонения 50 мкА. При использовании микроамперметра с большим током полного отклонения уменьшается чувствительность измерителя, но повышается верхний предел измерения и, соответственно, изменяются пределы измерения. Например, при токе полного отклонения микроамперметра PA1, равного 200 мкА, пределы измерения будут 0...200; 0...400; 0...800; 0...4000; 0...8000; 0...40000; 0...80000; 0...400000; 0...800000 мкА, тогда расширенный предел измерения – 0...4 мкА (подел 0...400000 мкА).



Настройка прибора заключается в измерении известных значений емкостей конденсаторов.

При подгонке встроенного вольтметра следует взять переменный резистор сопротивлением 220...330 кОм, включенный по схеме потенциометра на максимальное значение сопротивления и подключить его вместо резистора R6. Подать на вход прибора ("X" и "10 В) 10 В и переменным резистором установить стрелку микроамперметра на конечное значение шкалы. Измерить сопротивление переменного резистора омметром или мостом постоянного тока и заменить переменный резистор постоянным, с сопротивлением, полученным при измерении. Изменяя напряжение на входе встроенного вольтметра, отградуировать дополнительные шкалы для постоянного и переменного напряжений. Аналогично необходимо выполнить операции на пределе 100 В без градуировки (значение переменного резистора будет равным 2,2...3,3 МОм и оно может состоять из последовательно соединенных постоянного и переменного резисторов).

Работа с прибором проста и особых навыков не требует. При определении места обрыва кабеля или двухпроводной линии проводят два измерения $C1$ и $C2$ с обеих сторон кабеля и измеряют длину кабеля l , тогда расстояние до места обрыва кабеля $l1$, $l1 = (C1+C2)C1/l$, от первой стороны кабеля.

При использовании прибора в качестве генератора нужно использовать зажимы $XS1$ и $XS5$.

Рис. 143. Схема электрическая принципиальная измерителя емкости-вольтметра

Прибор	Виды и пределы измерений					
	Постоянное напряжение, В	Переменное напряжение, В	Постоянный ток, мА	Переменный ток, мА	Сопротивление, кОм	Относительный уровень, дБ
ЭК-4304	0,5...1000	10...1000	0,1...1000	—	...3000	—
УХ-1000А	10...1000	10...1000	0,5...500	—	...200	-20... +56
МФ-110А	10...1000	10...1000	0,5...500	—	...1000	-20... +62
МФ-110В	10...1000	10...1000	0,5...500	—	...1000	-20... +62
УВ-ЗЗ	0,1...1000	0,1...1000	0,03...1000	0,3...1000	...175	-40... +62

Дополнение к табл. 2

Прибор	Частотный диапазон, Гц	Класс точности, Погрешность, %			Внутреннее сопротивление, кОм/В		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		-I-U	-I-U	R, C, L	-U	-U		
ЭК-4304	45...5000	4,0	4,0	4,0	20	5	140x90x45	0,3
УХ-1000А	—	5	5	5	2	2	90x60x30	0,1
МФ-110А	—	5	5	5	2	2	90x60x30	0,1
МФ-110В	—	5	5	5	2	2	90x60x30	0,1
УМ-ЗЗ	20...1500	2,5	2,5	2,5	50	50	130x90x40	0,34

Фирменные знаки заводов-изготовителей



Краснодарский завод измерительных приборов «ЗИП»



Омский завод «Электроточприбор»



Санкт-Петербургский завод «Вибратор»



Московский завод «Энергоприбор»



Нижегородский завод электронизмерительных приборов



Чебоксарский завод электронизмерительных приборов (ЧЗИП)



Витебский завод электронизмерительных приборов (ВЗИП)



Кишиневский завод «Микропроход»



Уманский завод «Метромметр»



Киевский завод «Точэлектроприбор»



Житомирский завод «Электронизмеритель»



Львовский завод электронизмерительных приборов



Ереванский завод «Электротчприбор»



Кишиневский завод «Электроприбор»



Ереванский завод «Электроприбор»



Житомирское производственное объединение «Электронизмеритель»

Список литературы

1. Меерсон А. М. Радионизмерительная техника.— 3-е изд., перераб. и доп.— Л.: Энергия.— 1978.— 408 с.
2. Сапаров В. Е., Максимов Н. А. Системы стандартов в электросвязи и радиоэлектронике: Учеб. пособие для вузов.— М.: Радио и связь.— 1985.— 248 с.
3. Предлагает «Измеритель» // Радио.— 1980.— № 5.— С. 42, 43.
4. Измерительные приборы // Радио.— 1980.— № 6.— С. 50.
5. Измерительные приборы для радиолюбителей // Радио.— 1986.— № 10.— С. 40, 41.
6. Иванов Б. Контролирующее устройство для автомобиля // Радио.— 1983.— № 4.— С. 26.
7. Ринский В. И. Измерительная лаборатория радиолюбителя.— М.: Радио и связь.— 1983.— 104 с.
8. Фролов В. В. Радиолюбительская технология.— М.: ДОСААФ, 1975.— 134 с.

Оглавление

Предисловие	3
1. Основные сведения о метрологии	4
2. Принцип действия, устройство и конструкция комбинированных приборов.....	8
3. Измерение комбинированными приборами.....	27
4. Ремонт комбинированных приборов.....	33
5. Конструирование любительских измерительных приборов.....	40
Справочные сведения	58
Список литературы.....	260

1. Основные сведения о метрологии	4
2. Принцип действия, устройство и конструкция комбинированных приборов	8
3. Измерение комбинированными приборами	27
4. Ремонт комбинированных приборов	33
5. Конструирование любительских измерительных приборов	40

Справочные сведения

Ампервольтметр АВО-5М1	58
Комбинированный прибор Ц20-05	62
Комбинированный прибор Ц4311	69
Комбинированный прибор Ц4312	81
Комбинированный прибор Ц4313	88
Комбинированный прибор Ф4313	96
Комбинированный прибор Ц4314	110
Комбинированный прибор Ц4315	118
Комбинированный прибор Ц4323(Т)	126
Комбинированный прибор Ц4324	131
Комбинированный прибор Ц4325	136
Комбинированный прибор Ц4326	142
Комбинированный прибор Ц4340	150
Комбинированный прибор Ц4341	159
Комбинированный прибор Ц4342	166
Комбинированный прибор Ц4342-М1	173
Комбинированный прибор Ц4352	180
Комбинированный прибор Ц4353	187
Комбинированный прибор Ц4354	194
Комбинированный прибор Ц4354-М1	202
Комбинированный прибор 43101	210
Комбинированный прибор 43102	217
Комбинированный прибор 43104	222
Комбинированный прибор ЭК4304	227
Комбинированный прибор Ц4393	232
Комбинированный прибор УМ-З3	236
Комбинированный прибор МF-110А	241
Комбинированный прибор МF-110В	244
Комбинированный прибор УХ-1000А	247

Авторские конструкции

Милливольтметр с низковольтным питанием	250
Амплитудный вольтметр	252
Измеритель емкости и вольтметр	255
Фирменные знаки заводов-изготовителей	259