

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Электротехнический факультет

Кафедра электротехники и электроники

С.Н. Епифанов  
А.А. Красных  
Л.В. Семёновых

## **ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Справочно-методическое пособие

Киров 2007

УДК 621.317.755

Епифанов С.Н., Красных А.А., Семёновых Л.В. Электроизмерительные приборы. Справочно-методическое пособие. – Киров. – Изд. ВятГУ, 2007 – 103 с.

Даны краткие технические описания, приведены справочные данные и практические электрические схемы электроизмерительных приборов, отсутствующие в учебной и справочной литературе. Пособие предназначено для учебных целей при выполнении РГР, решении задач и работе с электроизмерительными приборами в лабораториях.

Для студентов электроэнергетических специальностей.

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре электротехники и электроники Вятского государственного университета

Ил. 50

Табл. 22

Библиогр. 8

Рецензенты:

Кафедра «Электрические станции» Вятского государственного университета.  
К.т.н. Легконравов В.Л., директор филиала ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС».

Редактор Е.Г. Козвонина

Компьютерная верстка Л.В. Семёновых

Подписано в печать

Усл.печ.л.

Бумага офсетная

Печать матричная

Заказ №

Тираж

Бесплатно.

Текст напечатан с оригинал-макета, предоставленного авторами

---

610 000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Оформление обложки, изготовление – ПРИП ВятГУ

© С.Н. Епифанов, 2007

© А.А. Красных, 2007

© Л.В. Семёновых, 2007

© Вятский государственный университет, 2007

## Введение

Вся практическая деятельность человека тесно связана с измерениями. Любые исследования невозможны без использования количественной информации о свойствах объектов материального мира, т.е. о значениях физических величин: электрических, механических, тепловых и т.д. Эту информацию получают с помощью специальных технических средств, называемых средствами измерений.

С развитием техники развивались и средства измерения. Среди различных средств измерений особое место занимают средства измерений электрических величин. Они возникли в результате развития учения об электричестве и магнетизме.

Благодаря ряду достоинств средства электроизмерительной техники получили широкое распространение, как для измерения электрических, так и неэлектрических величин (с преобразованием их в электрические). Такой способ измерения объясняется тем, что электрические сигналы можно передавать на большие расстояния, над ними можно проводить различные математические операции, их легко регистрировать.

Ниже приводятся общие сведения о средствах электрических измерений, представленных в настоящем справочно-методическом пособии.

### В.1 Классификация средств электрических измерений

**Средствами электрических измерений** называют технические средства, используемые при электрических измерениях и имеющие нормированные погрешности. Различают следующие виды средств электрических измерений:

- 1) Меры (эталоны);
- 2) измерительные преобразователи;
- 3) электроизмерительные установки;
- 4) измерительные информационные системы;
- 5) электроизмерительные приборы.

**Мерой** называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера, например, измерительная катушка сопротивления, конденсатор. Набор мер представляет собой специально подобранный комплект мер для воспроизведения ряда одноименных величин различного размера (магазины сопротивлений, емкостей и т.д.)

**Измерительными преобразователями** называют средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Измерительные преобразователи можно разделить на:

1) преобразователи электрических величин в другие электрические, например, шунты, делители напряжения, измерительные трансформаторы. Такие преобразователи называют **масштабными**;

2) преобразователи неэлектрических величин в электрические (датчики), например, термоэлектрические термометры, тензорезисторы, индуктивные преобразователи.

**Электроизмерительная установка** состоит из ряда средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, расположенных в одном месте. При помощи таких установок можно производить более сложные и более точные измерения, чем при помощи отдельных измерительных приборов. Электроизмерительные установки широко используются для поверки и градуировки электроизмерительных приборов.

**Измерительные информационные системы** представляют собой совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи. Они предназначены для автоматического получения измерительной информации от ряда источников, а также для ее передачи и обработки.

Разновидностью информационно-измерительных систем являются **измерительно-вычислительные комплексы**. Их отличительной чертой является наличие в системе ЭВМ, которая используется не только для обработки результатов измерения, но и для управления самим процессом измерения, а также для управления воздействием на объект исследования.

**Электроизмерительными приборами (ИП)** называют средства электрических измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации, т.е. информации о значениях измеряемой величины в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем, например, амперметр, вольтметр, ваттметр, фазометр.

По виду представления информации различают аналоговые и цифровые приборы.

**Аналоговый** прибор – ИП, показания которого являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины. К аналоговым приборам относятся ИП, у которых указатель жестко связан с подвижной частью измерительного механизма. Независимо от назначения аналогового ИП и от разновидности применяемого в нем измерительного механизма любой прибор содержит общие для всех аналоговых приборов узлы и элементы. Это – отсчетное устройство, имеющее нанесенную на циферблат шкалу, устройства по созданию противодействующего и успокаивающего моментов, опорное устройство.

**Цифровой** прибор – ИП, автоматически вырабатывающий дискретные сигналы измерительной информации, показания которых представлены в цифровой форме. Цифровые приборы состоят из входного устройства, предназначенного для преобразования входной аналоговой величины, например, масштабного, аналого-цифрового преобразователя, преобразующего ее в код, который подается на цифровое отсчетное устройство, где индицируется в виде ряда цифр. Наряду с полной автоматизацией процесса измерения для цифровых ИП характерны высокая точность, быстрое действие, малое потребление

мощности от объекта измерения, индикация результата измерения в форме чисел, возможность выдачи результата измерения в виде кода во внешние устройства, например, в ЭВМ.

По физическим явлениям, на которых основана работа ИП, их можно разделить на электромеханические и электронные.

Названия различных систем **электромеханических** ИП зависят от способа преобразования в них электромагнитной энергии, подводимой к прибору, в механическую энергию перемещения подвижной части: магнито-электрические, электродинамические, индукционные и др.

**Электронные** ИП представляют собой устройства, содержащие большое число преобразователей, выполняющих функции генерирования, усиления, выпрямления, преобразования электрических сигналов определенной формы, аналогового сигнала в дискретный и наоборот, сравнения и др.

По характеру и виду измеряемых величин электронные ИП условно объединяют в группы, в т.ч.:

- 1) приборы, предназначенные для измерения значений физических величин, параметров и характеристик сигналов;
- 2) приборы, предназначенные для измерения характеристик и параметров компонентов, входящих в радиоэлектронные цепи;
- 3) измерительные установки, системы;
- 4) измерительные генераторы – маломощные источники сигналов.

К приборам первой группы относятся электронные осциллографы, вольтметры, частотомеры, фазометры, анализаторы спектров и др., предназначенные, как и аналогичные электромеханические приборы, для измерения значений почти всех физических величин. Эти приборы обладают большим динамическим диапазоном, для них характерна малая мощность потребления, возможность использования их в цепях постоянного и переменного тока широкого диапазона частот с различной формой сигнала. Электронные вольтметры обладают большим входным сопротивлением, благодаря чему ими можно выполнять измерения в цепях маломощных источников сигнала.

К приборам второй группы относятся измерители емкостей конденсаторов, индуктивностей катушек, сопротивлений резисторов, добротности контуров, параметров полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, амплитудно-частотных характеристик и др.

По способу представления измерительной информации ИП делятся на показывающие и регистрирующие.

**Показывающий** прибор – ИП, допускающий считывание показаний.

**Регистрирующий** прибор – ИП, в котором предусмотрена регистрация показаний. Регистрирующий прибор, в котором осуществляется запись показаний в форме диаграммы, называют самопишущим, а печатание показаний в цифровой форме – печатающим.

По способу применения и по конструкции ИП делятся на стационарные, в т.ч. щитовые, панельные, и на переносные; по степени защищенности

– обыкновенные, пыле-, водо- и брызгозащищенные, герметические, вибро- и ударопрочные и др.

Приборы, предназначенные для измерения нескольких величин, называют комбинированными. Приборы, которые можно использовать как на постоянном, так и на переменном токе, часто называют универсальными.

В зависимости от совокупности приемов и средств измерений методы измерений делятся на методы непосредственной оценки и методы сравнения.

Под **методом непосредственной оценки** понимают метод, по которому измеряемая величина определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, т.е. прибора, осуществляющего преобразование измерительного сигнала в одном направлении (без применения обратной связи), например, измерение тока амперметром. Метод прост, но имеет относительно низкую точность.

**Методом сравнения** называется метод, по которому измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой. Отличительной чертой метода сравнения является непосредственное участие меры в процессе измерения, например, измерение сопротивления путем сравнения его с мерой сопротивления – эталонной катушкой сопротивления. Методы сравнения обеспечивают большую точность измерения, чем методы непосредственной оценки, но это достигается за счет усложнения процесса измерения. Примерами измерений методом сравнения являются определение электрического сопротивления при помощи измерительного моста; напряжения с помощью компенсатора.

## **В.2 Технические характеристики средств электроизмерений**

Технические характеристики средства измерения отражают все основные его свойства (погрешность, чувствительность, габариты, масса и т.д.). Технические характеристики средств измерений, влияющие на результаты и погрешности измерений, называют метрологическими характеристиками.

Основными метрологическими характеристиками любого электроизмерительного прибора и устройства являются класс точности или предел допускаемой основной погрешности. Для большинства типов приборов в стандартах на конкретные виды приборов устанавливается в качестве основной характеристики класс точности.

**Класс точности** является обобщенной характеристикой средств измерений, определяющей пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей. Основная погрешность – это погрешность средства измерений, используемого в нормальных для него условиях эксплуатации (температура окружающего воздуха, влажность воздуха, атмосферное давление и др.).

Для приборов, у которых основная погрешность больше 4 %, класс точности не устанавливается, и приборы характеризуются предельным значением основной погрешности.

Пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей устанавливаются в виде абсолютных, относительных или приведенных погрешностей.

**Абсолютная** погрешность  $\Delta$  прибора есть разность между показанием прибора  $X_{II}$  и истинным значением  $X$  измеряемой величины, т.е.

$$\Delta = X_{II} - X. \quad (B.2.1)$$

**Относительная** погрешность  $\delta$  прибора представляет собой отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины. Относительная погрешность, обычно выражаемая в процентах, равна:

$$\delta = \pm \frac{X_{II} - X}{X} \cdot 100. \quad (B.2.2)$$

В связи с тем, что истинное значение измеряемой величины остается неизвестным, при оценке погрешностей его заменяют приближающимся к нему значением, найденным экспериментальным путем и называемым действительным. При поверке прибора действительное значение обычно принимается равным показанию эталонного прибора.

Приведенная погрешность  $\gamma$  прибора есть выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению  $X_N$ :

$$\gamma = \pm \frac{X_{II} - X}{X_N} \cdot 100. \quad (B.2.3)$$

Для приборов с нулевой отметкой на краю или вне шкалы нормирующее значение равно конечному значению диапазона измерений. Для приборов с двусторонней шкалой, т.е. с отметками шкалы, расположенными по обе стороны от нуля, оно равно арифметической сумме конечных значений диапазона измерений.

Класс точности у различных средств измерений может выражаться одним числом или дробью.

У ИП, класс точности которых выражается одним числом, основная приведенная погрешность в рабочем диапазоне шкалы не превышает значения, соответствующего классу точности. К таким приборам относится большинство стрелочных и самопишущих приборов.

У индукционных счетчиков электрической энергии классы точности определяются по относительной погрешности.

К приборам, класс точности которых выражается дробью, например, 0,1/0,05, относятся цифровые приборы, а также измерительные мосты, компенсаторы. Предельное значение основной относительной погрешности при-



боров, выраженное в процентах, в этом случае может быть определено путем расчета по формуле:

$$\delta_{\max} = \pm \left[ c + d \left( \frac{X_k}{X_{\Pi}} - 1 \right) \right], \quad (\text{B.2.4})$$

где  $c$  и  $d$  – постоянные числа, причем отношение  $c/d$  обозначает класс точности прибора, причем у всех приборов  $c/d > 1$ ;

$X_k$  – конечное значение диапазона измерений.

Число, определяющее класс точности измерительных преобразователей (шунтов, добавочных резисторов и др.), обозначает допустимое отклонение в процентах от номинального значения.

К основным техническим характеристикам ИП относятся: чувствительность, цена деления, диапазон измерений, потребляемая мощность.

**Чувствительностью  $S$**  электроизмерительного аналогового прибора к измеряемой величине называется производная от перемещения  $a$  указателя по значению измеряемой величины  $X$ :

$$S = \frac{da}{dX} = F(X). \quad (\text{B.2.5})$$

Перемещение  $a$  указателя, которое выражается в делениях или миллиметрах шкалы, для обширной группы приборов определяется, в первую очередь, углом отклонения  $\alpha$  подвижной части измерительного механизма. Кроме того, оно зависит от типа отсчетного устройства и его характеристик (стрелочный или световой указатель, длина шкалы, число делений шкалы и др.).

Если чувствительность постоянна, т.е. не зависит от значения измеряемой величины, то ее можно определить из выражения:

$$S = \frac{a}{X}. \quad (\text{B.2.6})$$

В этом случае чувствительность прибора численно равна перемещению указателя, соответствующего единице измеряемой величины. У приборов с постоянной чувствительностью шкала равномерна.

Чувствительность ИП имеет размерность, зависящую от характера измеряемой величины, поэтому, когда пользуются термином «чувствительность», говорят «чувствительность прибора к току», «чувствительность прибора к напряжению» и т.д. Например, чувствительность вольтметра к напряжению равна 10 дел/В.



Величина, обратная чувствительности,  $C = 1/S$ , называется **ценой деления** прибора. Она равна числу единиц измеряемой величины, приходящихся на одно деление шкалы. Например, если  $S = 10$  дел/В, то  $C = 0,1$  В/дел.

**Диапазоном измерений** ИП называют область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности.

Измерительный прибор в цепи, находящейся под напряжением, потребляет от этой цепи некоторую энергию. В большинстве случаев эта энергия мала с точки зрения экономии. Но при измерении в маломощных цепях в результате потребления энергии измерительными приборами может измениться режим работы цепи, что приведет к увеличению погрешности измерения. Поэтому малое потребление энергии из цепи, в которой осуществляется измерение, является достоинством ИП. Мощность потребления в зависимости от принципа действия, назначения прибора и предела измерения, имеет самые различные значения и лежит в пределах от  $10^{-12}$  до 15 Вт.

### **В.3 Маркировка электроизмерительных приборов и наносимые на циферблат условные обозначения**

Тип электромеханических измерительных приборов указывается на циферблате. Он состоит из прописной буквы и нескольких цифр, отражающих шифр завода – изготовителя и номер конструктивной разработки, например Д566.

Буква, с которой начинается обозначение, указывает способ создания вращающего момента электромеханического ИП, определяющий его название:

- М – магнитоэлектрический;
- Э – электромагнитный;
- Д – электро- и ферродинамический;
- И – индукционный;
- С – электростатический;
- В – выпрямительный;
- Т – термоэлектрический;
- Н – самопишущий;
- Р – меры и измерительные преобразователи.

Электронные измерительные приборы имеют свою классификацию. В зависимости от характера измерений и вида измеряемых величин они делятся на 20 подгрупп. Каждая подгруппа обозначается прописными буквами и состоит из нескольких видов, обозначаемых цифрами. Каждому типу прибора присвоены порядковые номера, перед которыми ставится черточка (дефис), например В3-38.

Ниже приведены некоторые подгруппы и виды электронных ИП:

Подгруппа А. Приборы для измерения тока.

Подгруппа Б. Источники питания для измерений и измерительных приборов.


- Подгруппа В. Приборы для измерения напряжения.  
 В2 – вольтметры постоянного тока;  
 В3 – вольтметры переменного тока;  
 В7 – вольтметры универсальные.
- Подгруппа Г. Генераторы измерительные.  
 Г3 – генераторы сигналов низкочастотные.
- Подгруппа Е. Приборы для измерения параметров компонентов и цепей.  
 Е3 – измерители индуктивностей;  
 Е6 – измерители сопротивлений;  
 Е8 – измерители емкостей.
- Подгруппа С. Приборы для наблюдения, измерения и исследования формы и спектра сигнала.  
 С1 – осциллографы универсальные;  
 С4 – анализаторы спектра.
- Подгруппа У. Усилители измерительные.
- Подгруппа Ф. Приборы для измерения фазового сдвига.
- Подгруппа Ч. Приборы для измерения частоты и времени.  
 Ч3 – частотомеры электронно-счетные;  
 Ч4 – частотомеры гетеродинные, емкостные, мостовые.
- Подгруппа Ш. Приборы для измерения электрических и магнитных свойств материалов.

Обозначение многих электронных приборов, изготовленных ранее принятия вышеприведенной классификации, начинается с буквы Ф, например – мегаомметр Ф4101, микровольтметр Ф139, частотомер Ф5035, прибор комбинированный Ф4318.

Каждый прибор имеет следующие обозначения (на лицевой стороне, на корпусе и у зажимов); обозначение единиц измеряемой величины (для приборов с именованной шкалой) или наименование прибора; обозначение класса точности прибора, условное обозначение системы прибора и вспомогательной части, с которой градуировался прибор; условное обозначение испытательного напряжения изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу; условное обозначение рабочего положения прибора, если это положение имеет значение; степени защищенности от влияния магнитных и электрических полей; товарный знак завода – поставщика, условное обозначение типа прибора, год выпуска, заводской номер.

Кроме перечисленных, некоторые приборы и вспомогательные части имеют следующие обозначения: номинальная частота, если она отличается от 50 Гц, или номинальная область частот (расширенная область частот); номинальный ток, напряжение и коэффициент мощности; ток или напряжение, соответствующие конечному значению шкалы; номинальные значения тока и падения напряжения шунтов; сопротивления и номинальные токи добавочных резисторов; коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов; схема подключения прибора или вспомогательной части.

Для переносных приборов классов точности 0,05...0,5 указывается: значение активного сопротивления и индуктивности – на амперметрах переменного тока; падение напряжения – на амперметрах постоянного тока; ток полного отклонения – на вольтметрах.

Допускается в соответствии с техническими условиями ряд обозначений указывать в эксплуатационной документации. В этом случае на приборе должен быть символ .

#### **В.4      Обозначения      и      сокращения,      принятые      в справочно-методическом пособии**

- ИВК – информационно-вычислительный комплекс.
- ИИС – информационно-измерительная система.
- ИМ – измерительный механизм.
- ИП – измерительный прибор.
- Кл. – класс точности электроизмерительного прибора.
- МЭ – магнитоэлектрический.
- ТН – измерительный трансформатор напряжения.
- ТП – термопреобразователь.
- ТТ – измерительный трансформатор тока,
- ТЭ – термоэлектрический.
- ФД – ферродинамический.
- ЭД – электродинамический.
- ЭМ – электромагнитный.
- ЭС – электростатический.

# **1 Магнитоэлектрические приборы**

## **1.1 Назначение и принцип действия**

Электроизмерительные приборы магнитоэлектрической (МЭ) системы предназначены для измерения тока и напряжения в цепях постоянного тока.

Применяя выпрямители или термопреобразователи, МЭ приборы используют для измерений в цепях переменного тока.

Работа МЭ приборов основана на взаимодействии магнитных полей постоянного магнита и измеряемого тока, проходящего по обмотке подвижной катушки, помещенной в рабочие воздушные зазоры магнитной цепи прибора.

## **1.2 Свойства и технические характеристики приборов**

МЭ приборы являются наиболее точными из числа электромеханических приборов с непосредственным отсчетом. Они имеют значение основной приведенной погрешности 0,1...2,5 %.

МЭ приборы обладают большой чувствительностью, достигающей 100 делений на 1 мкА (гальванометры).

Шкала МЭ приборов равномерная.

Сопротивление технических вольтметров составляет 100...300 Ом на 1 В; лабораторных – 1000 Ом на 1 В; специальных – 100000 Ом на 1 В.

Собственное потребление мощности МЭ приборов невелико и составляет доли или единицы ватт.

Изменение температуры окружающей среды сказывается на точности показаний приборов. Дополнительная погрешность при этом может достигать того же значения, что и основная погрешность при изменении температуры в ту или другую сторону на 10 °С от номинальной.

Достоинства МЭ приборов: высокая точность; большой вращающий момент, обеспечивающий высокую чувствительность; малое собственное потребление мощности; равномерная шкала и малая зависимость показаний от влияния внешних магнитных полей.

Недостатки МЭ приборов: пригодность для измерений без дополнительных приспособлений только в цепях постоянного тока; малая перегрузочная способность; относительная сложность устройства, обусловленная наличием подвижной катушки, по которой протекает измеряемый ток.

## **1.3 Пределы измерения и схемы включения**

Непосредственно через обмотку подвижной катушки прибора можно пропустить лишь небольшой ток: от микроампер до 5...30 мА – у амперметров и 3...10 мА – у вольтметров. Применение внутренних и наружных шун-

тов, включаемых параллельно катушке измерительного механизма, увеличивает пределы измерения амперметров до 10000 А и выше.

Вольтметры МЭ системы, включаемые в цепь непосредственно, позволяют измерять напряжения от 45 мВ до 600 В, с отдельными добавочными резисторами – до 15000 В и более.

#### **1.4 Амперметры, миллиамперметры, микроамперметры**

**1.4.1 М42007** – микроамперметры щитовые однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерения: 10; 20; 30 мкА. Падение напряжения 200 мВ, шкала 69 мм. Габариты 80×80×49 мм.

**1.4.2 М132** – микроамперметры щитовые однопредельные. Кл. 1,5. Пределы измерений: 10; 25; 25-0-25; 50; 50-0-50; 100; 200; 300 мкА. Внутреннее сопротивление соответственно: 3000; 900; 500; 500; 200 Ом. Шкала – 70 мм. Габариты 80×80×56 мм.

**1.4.3 М2003** – микроамперметры щитовые однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерений: 50; 100; 200; 300; 500; 1000 мкА. Внутреннее сопротивление соответственно: 3000; 900; 900; 500; 500; 200 Ом. Шкала – 70 мм. Габариты 80×80×56 мм.

**1.4.4 М4233** – миллиамперметры и амперметры щитовые однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерений миллиамперметров: 1; 5; 10; 15; 30; 50; 100; 150; 300; 500 мА. Напряжение при токе полного отклонения соответственно: 150; 150; 75; 75; 75; 85; 85; 85; 85; 85 мВ. Пределы измерений амперметров: 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 500; 750; 1000; 1500; 4000 А (на 20 А и выше включение с наружным шунтом 75 мВ). Напряжение при токе полного отклонения на пределах 1...10 А – 35 мВ, на остальных пределах – 75 мВ. Шкала – 70 мм. Габариты 80×80×56 мм.

**1.4.5 М901** – микроамперметры щитовые однопредельные. Кл. 1,5. Пределы измерений: 50; 100; 200; 300; 500; 1000; 100-0-100; 200-0-200; 500-0-500 мкА. Внутреннее сопротивление соответственно: 1900; 410; 210; 450; 30; 15; 210; 40; 15 Ом. Шкала 71 мм. Габариты 100×90×69 мм.

**1.4.6 М97** – микроамперметры щитовые однопредельные. Кл. 1,5. Предел измерения 200 мкА. Внутреннее сопротивление 1000 Ом. Шкала 71 мм. Габариты 120×105×54 мм.

**1.4.7 М136** – микроамперметры щитовые. Кл. 1,0. Пределы измерений: 10; 20; 50; 100; 200 мкА. Напряжение при токе полного отклонения соответственно: 1,0; 1,6; 2,5; 1,5; 2,8 мВ. Шкала 120 мм. Габариты 160×80×133 мм.

**1.4.8 М2027** – микроамперметры и миллиамперметры щитовые. Пределы измерения: 100; 200; 300; 500; 1000 мкА; 5; 10; 50; 100 мА. Внутреннее сопротивление соответственно: 3000; 900; 900; 350; 150; 50; 20; 5; 2 Ом. Шкала 100 мм. Габариты 120×105×75 мм. Кл. 1,0.

**1.4.9 М906** – микроамперметры и миллиамперметры щитовые. Пределы измерения: 50; 100; 200 мкА (Кл. 1,0); 500 мкА; 1 мА (Кл. 1,5); 2; 5; 10 мА

(Кл. 2,5). Внутреннее сопротивление соответственно: 2500; 2000; 850; 500; 200; 60; 15; 5 Ом. Шкала 100 мм. Габариты 120×105×59 мм.

**1.4.10 М330** – миллиамперметры и амперметры щитовые, среднего габарита, с непосредственным отсчетом, однопредельные и двухпредельные. Кл. 1,5. Изменение показаний приборов вследствие: а) изменения температуры окружающего воздуха от  $20 \pm 5$  °С до любой температуры в диапазоне от -30 до +40 °С не более  $\pm 1,2$  % на каждые 10 °С; б) наклона прибора на  $\pm 10^\circ$  от рабочего положения не более  $\pm 1,5$  %; в) влияния внешних магнитных полей напряженностью 400 А/м не более  $\pm 1$  %; г) влияния рядом расположенного прибора не более  $\pm 0,5$  %. Изменение показаний выражается так же как основная погрешность. Изоляция испытана напряжением 2 кВ. Сопротивление изоляции не менее 40 МОм. Пределы измерений миллиамперметров: 0,5; 0,75; 1; 3; 5; 10; 15; 30; 50; 75; 100; 150; 300; 500 мА; амперметров: 1; 2; 3; 5; 10; 20 А (включение непосредственное); 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 500; 750 А (с наружным калиброванным шунтом 75 мВ). Принципиальная электрическая схема амперметра на 1-20 А приведена на рис. 1.1. На схеме показаны:  $R_0$  – рамка;  $R_{\Pi}$  – пружинки;  $R_K$  – резистор последовательной температурной компенсации;  $R_{Ш}$  – шунт внутренний.

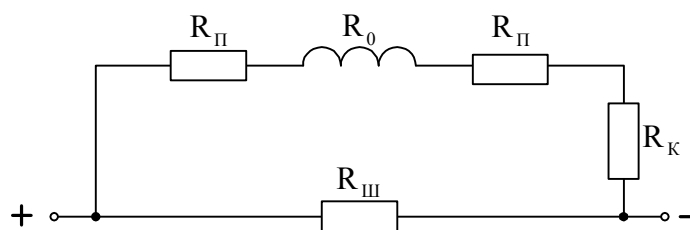


Рис. 1.1. Схема амперметра М330

Данные катушки: число витков 10,5; провод медный диаметром 0,27 мм; площадь сечения  $2,83 \text{ см}^2$ ; сопротивление 0,25 Ом. Сопротивление одной пружинки 0,3 Ом. Данные магнита: материал – сплав ЮНДК-15; индукция в зазоре – 0,16 Тл. Сопротивление компенсационного резистора из манганина 0,8 Ом. Материал шунта – манганин. Сопротивление шунта: 0,0768 Ом (1 А); 0,0382 Ом (2 А); 0,0253 Ом (3 А); 0,015 Ом (5 А); 0,0075 Ом (10 А); 0,00375 Ом (20 А). Падение напряжения на приборе 75 мВ. Габариты 110×110×91 мм.

Принципиальная схема двухпредельного миллиамперметра на 10-100 и 10-200 мА приведена на рис. 1.2.

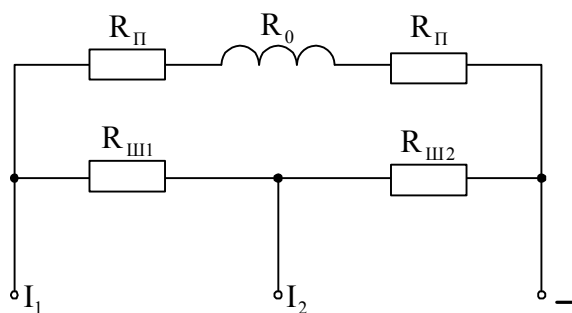


Рис. 1.2. Схема миллиамперметра М330

Данные катушки; число витков 50,5; площадь  $2,83 \text{ см}^2$ ; провод медный  $0,12 \text{ мм}$ ; сопротивление  $6,5 \text{ Ом}$ . Данные пружинок: материал – бронза; момент  $200 \text{ мг}\cdot\text{см}/90^\circ$ ; сопротивление одной пружинки  $0,7 \text{ Ом}$ . Данные магнита: материал сплав ЮНДК 15; индукция в зазоре  $0,16 \text{ Тл}$ ;  $R_{Ш1} = 5,85 \text{ Ом}$  и  $R_{Ш2} = 52,6 \text{ Ом}$  для предела  $10\text{-}200 \text{ мА}$ ;  $R_{Ш1} = 2,92 \text{ Ом}$  и  $R_{Ш2} = 55,6 \text{ Ом}$  для предела  $10\text{-}200 \text{ мА}$ ; ток полного отклонения  $I_0 = 9 \text{ мА}$ .

**1.4.11 М1607** – амперметры щитовые с наружным шунтом  $75 \text{ мВ}$ . Кл. 1,0. Пределы измерений:  $10; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000 \text{ А}$ . Ток измерительного механизма  $5 \text{ мА}$ . Шкала круговая, угол шкалы  $230^\circ$ , указатель стрелочный, шкала  $145 \text{ мм}$ . Габариты  $120 \times 120 \times 134 \text{ мм}$ .

**1.4.12 М1611** – амперметры щитовые. Кл. 1,5. Пределы измерений при непосредственном включении:  $5; 10; 20 \text{ А}$ . С наружным шунтом НШ75 (Кл. 0,5):  $50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000; 7500 \text{ А}$ . Ток измерительного механизма  $2 \text{ мА}$ . Шкала  $185 \text{ мм}$ . Габариты  $120 \times 120 \times 162 \text{ мм}$ .

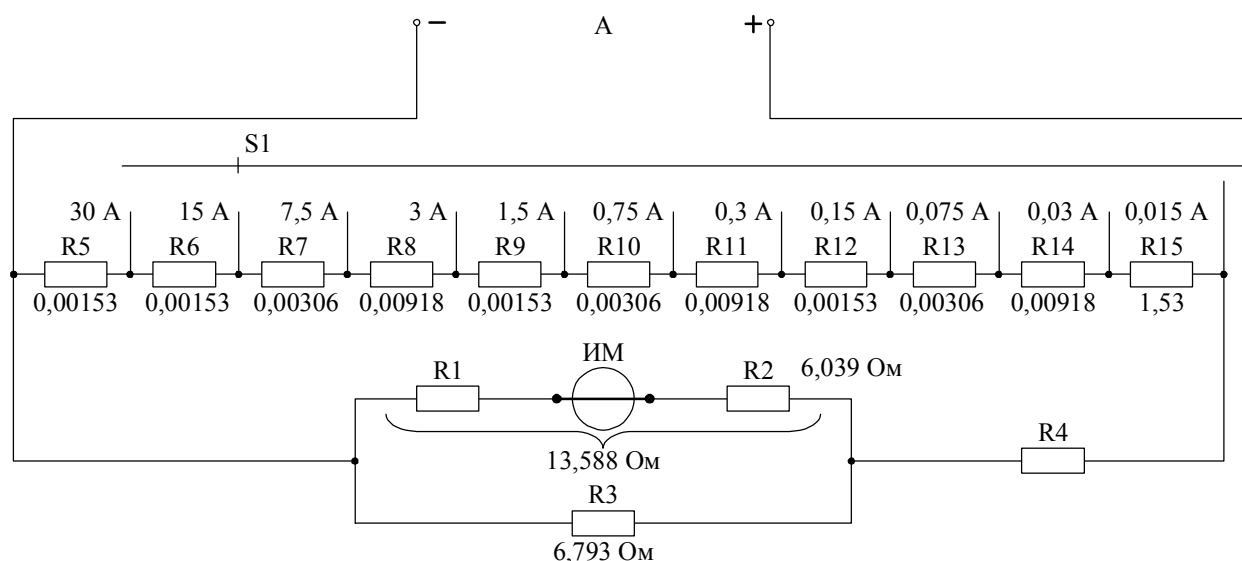
**1.4.13 М109** – микроамперметры, миллиамперметры, амперметры переносные лабораторные 4-предельные. Кл. 0,5. Пределы измерений микроамперметров:  $10\text{-}50\text{-}200\text{-}1000 \text{ мкА}$  ( $U_0 = 50\text{-}400\text{-}480\text{-}480 \text{ мВ}$ ); миллиамперметров:  $2\text{-}10\text{-}50\text{-}200 \text{ мА}$  ( $U_0 = 27\text{-}220\text{-}270\text{-}270 \text{ мВ}$ ); амперметров:  $1\text{-}2\text{-}5\text{-}10 \text{ А}$  ( $U_0 = 55\text{-}55\text{-}65\text{-}65 \text{ мВ}$ ). Шкала  $90 \text{ мм}$ . Габариты  $121 \times 131 \times 68 \text{ мм}$ .

**1.4.14 М2005** – микроамперметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,2. Пределы измерений:  $10; 25; 50; 100; 250; 500; 1000 \text{ мкА}$ . Напряжение при токе полного отклонения соответственно:  $70; 440; 570; 630; 670; 680; 687 \text{ мВ}$ . Подвижная часть на растяжках. Отсчетное устройство со стрелочным указателем и зеркальной шкалой длиной  $150 \text{ мм}$ . Габариты  $243 \times 200 \times 100 \text{ мм}$ .

**1.4.15 М104** – амперметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,5. Пределы измерения:  $0,015\text{-}0,03\text{-}0,075\text{-}0,15\text{-}0,3\text{-}0,75\text{-}1,5\text{-}3\text{-}7,5\text{-}15\text{-}30 \text{ А}$ . Падение напряжения  $U_0$  соответственно:  $32\text{-}38\text{-}44\text{-}47\text{-}48\text{-}54\text{-}60\text{-}65\text{-}87\text{-}100\text{-}175 \text{ мВ}$ . Схема амперметра представлена на рис. 1.3.

Подвижная часть на растяжках. Отсчетное устройство со стрелочным указателем. Шкала зеркальная, разделена на  $150$  делений. Длина  $140 \text{ мм}$ . Габариты  $200 \times 300 \times 120 \text{ мм}$ .





ИМ – измерительный механизм; R1...R4 – резисторы параллельно-последовательной цепи компенсации температурной погрешности; R5...R15 – шунты; S1-переключатель.

Рис. 1.3. Схема амперметра М104

## 1.5 Вольтметры, милливольтметры

**1.5.1 М4233** – вольтметры щитовые малогабаритные однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерений: 3; 7,5; 15; 30; 50; 75; 150; 250; 300; 500 В (ток полного отклонения 1,1 мА); 600, 1000; 1500; 3000 В (ток полного отклонения 5,06 мА). На пределах 1000 В и выше включается с отдельным добавочным резистором Р103. Шкала 70 мм. Габариты 80×80×56 мм.

**1.5.2 М4200** – вольтметры щитовые малогабаритные однопредельные. Кл. 1,5. Пределы измерений: 2; 3; 7,5; 10; 15; 30; 50; 75; 150; 250; 300; 500; 600 В. Ток полного отклонения 1,1 мА. Шкала 69 мм. Габариты 80×80×49 мм.

**1.5.3 М145** – вольтметры щитовые малогабаритные однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерений: 3; 7,5; 15; 30; 50; 75; 100; 150; 300; 450 В. Внутреннее сопротивление соответственно: 1; 3; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 100; 150 кОм. Шкала 80 мм. Габариты 85×85×95 мм.

**1.5.4 М42104** – милливольтметры щитовые малогабаритные однопредельные. Кл. 1,5. Пределы измерений: 25; 45; 75; 150; 300, 500; 750; 1000 мВ. Ток полного отклонения 3 мА. Шкала 69 мм. Габариты 80×80×50 мм.

**1.5.5 М903** – вольтметры щитовые среднего габарита (от 100 до 200 мм) однопредельные. Кл. 1,0. Пределы измерений: 1; 1,5; 3; 7,5; 15; 30; 50; 150; 250; 500; 600 В. Ток полного отклонения 500 мкА. Шкала 100 мм. Габариты 120×120×64 мм.

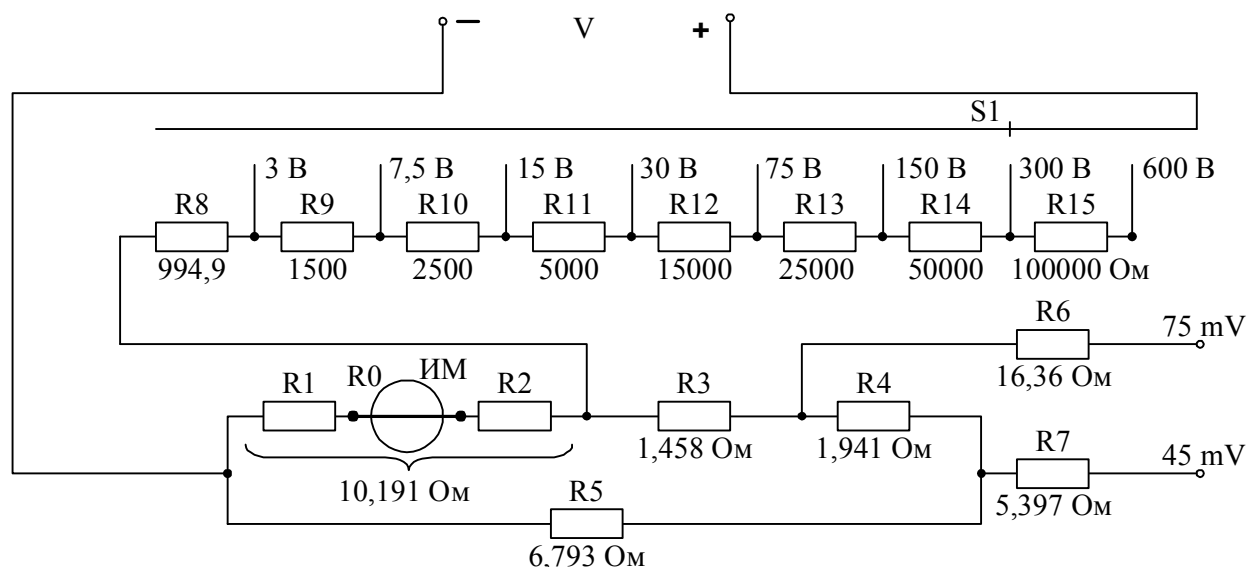
**1.5.6 М330** – вольтметры и киловольтметры щитовые среднего габарита однопредельные. Кл. 1,5. Пределы измерений вольтметров: 3; 7,5; 15; 30; 75; 150; 250; 300; 500; 600 В (включение непосредственное); киловольт-

метров: 1; 1,5; 3 кВ (с отдельным добавочным резистором типа P103). Ток полного отклонения 5 мА. Шкала 90 мм. Габариты 120×120×91 мм.

**1.5.7 M2004** – вольтметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,2. Пределы измерений: 1,5; 3; 7,5; 30; 75; 150; 300 В. Ток полного отклонения 10 мкА. Шкала 150 мм. Габариты 243×200×100 мм.

**1.5.8 M109** – вольтметры и милливольтметры переносные четырёхпредельные. Кл. 0,5. Пределы измерения вольтметров: 3-7,5-15-30 В; 75-150-300-600 В, ток полного отклонения 3 мА; 1-5-20-100 В; 5-20-100-500 В, ток полного отклонения 0,1 мА; пределы измерения милливольтметров: 10-50-100-200 мВ, ток полного отклонения 0,5 мА; 45-75-150-300 мВ, ток полного отклонения 3 мА. Шкала 90 мм. Габариты 121×131×68 мм.

**1.5.9 M106** – вольтметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,2. Пределы измерения и ток полного отклонения: 45 мВ (4,5 мА); 75 мВ (3,5 мА); 3-7,5-15-30-75-150-300-600 В (3 мА). Шкала зеркальная, 140 мм, 150 делений. Стрелка из стекла. Подвижная часть на растяжках. Габариты 200×300×120 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 1.4.



R0 – рамка измерительного механизма; R1...R5 – резисторы параллельно-последовательной цепи компенсации температурной погрешности; R6...R15 – шунты; S1-переключатель.

Рис. 1.4. Схема вольтметра M106

## 1.6 Вольтамперметры

**1.6.1 M2018** – вольтамперметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,2. Пределы измерения миллиамперметра и соответственно падение напряжения при токе полного отклонения: 0,75 мА (20 мВ); 1,5 (40); 3 (80); 7,5 (25); 15 (50); 30 (100); 75 (25); 150 (50); 300 мА (100 мВ), амперметра: 0,75 А (30 мВ); 1,5 (60); 3 (120); 7,5 (75); 15 (150); 30 А (300 мВ). Пределы измерений милливольтметра и соответственно значения тока полного отклонения: 15 мВ (0,25 мА); 30 (50); 60 (1); 75 (0,25); 150 (0,5); 300 (1,0); 600 В (1 мА). Шкала 150 мм. Габариты 243×200×100 мм.

**1.6.2 M80** – вольтамперметры переносные лабораторные многопредельные. Кл. 0,2. Пределы измерений амперметра: 0,03-0,075-0,15-0,3-0,75-1,5-3-7,5-15-30 А; вольтметра: 0,045-0,075-0,15-0,3-0,75-1,5-3-7,5-15-30-150-300 В. Ток полного отклонения на пределе 0,045 В равен 4,5 мА, на пределе 0,075 В – 15 мА, на пределах 0,15...300 В – 3 мА. Шкала зеркальная, длина 140 мм, 150 делений. Габариты 300×200×117 мм. Принципиальная электрическая схема на рисунке 1.5.

На схеме: R0 – рамка измерительного механизма; R5, R6, R7 – резисторы параллельно-последовательной цепи компенсации температурной погрешности; R1...R4, R18...R27 – шунты; S1, S2 – переключатели.

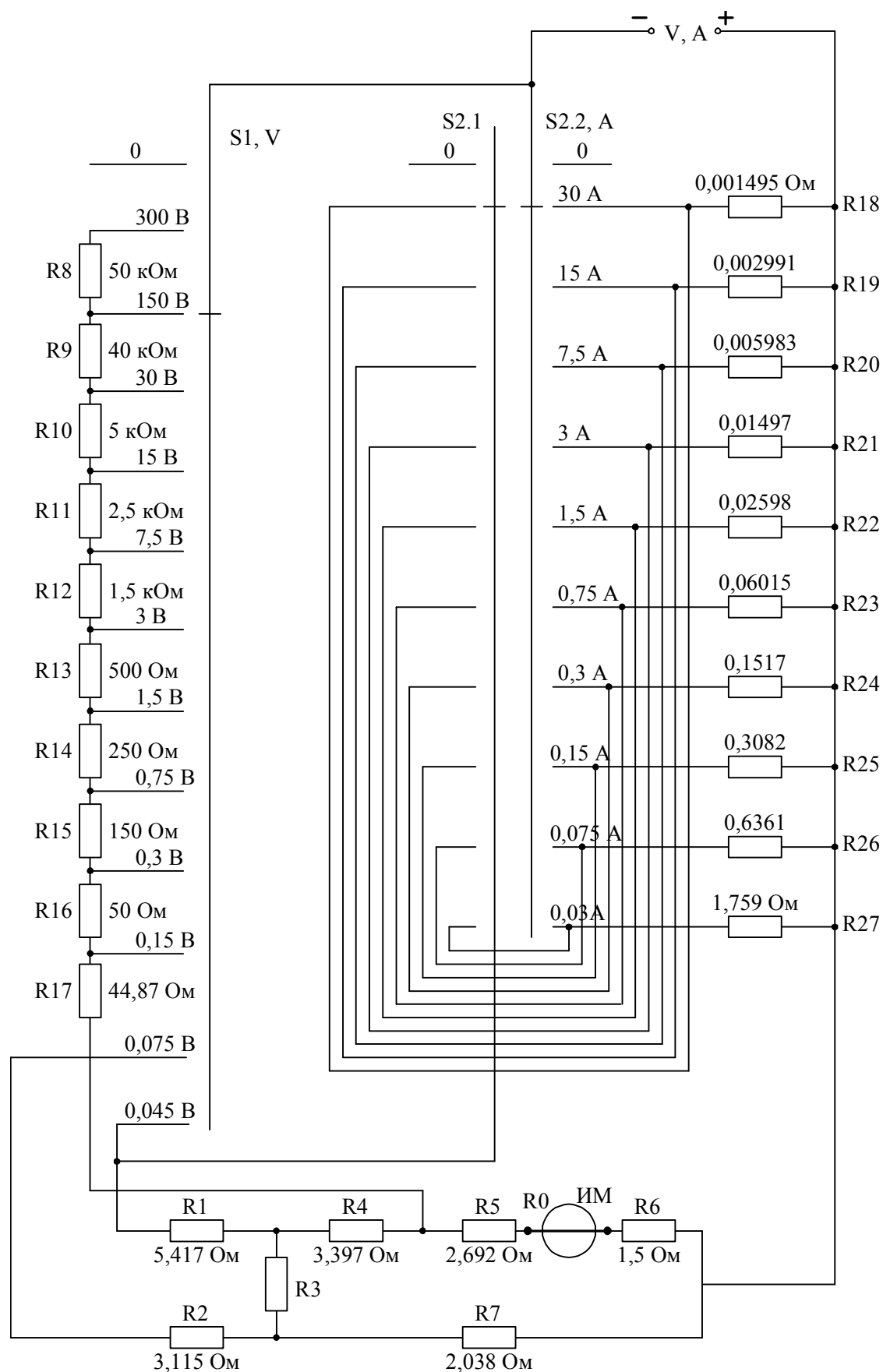


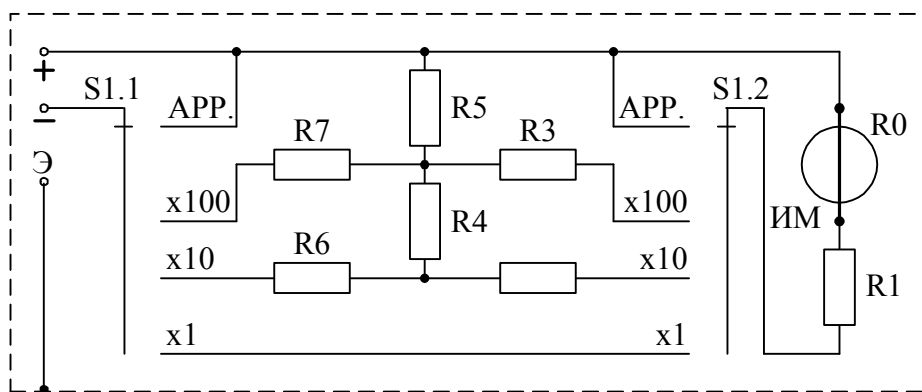
Рис. 1.5. Схема вольтамперметра М80

## 1.7 Гальванометры

**1.7.1 М118** – гальванометры панельные для индикации нуля в мостовых схемах. Цена деления: по току –  $1,8 \cdot 10^{-7}$  А; по напряжению –  $1,4 \cdot 10^{-4}$  В. Внутреннее сопротивление 350 Ом, внешнее сопротивление 500 Ом. Время успокоения 5 с. Шкала двусторонняя, симметричная, равномерная, с антипараллаксным устройством. Длина шкалы 20 мм, число делений – 20. Габариты 60×115×62 мм.

**1.7.2 М1032** – гальванометры демонстрационные со световым указателем для демонстрации физических опытов и индикации нуля в мостовых схемах. Цена деления по току  $5 \cdot 10^{-7}$  А, по напряжению  $4 \cdot 10^{-5}$  В. Внутреннее сопротивление 30 Ом; внешнее критическое сопротивление 100 Ом. Период свободных колебаний подвижной части 3 с. Время установления показаний – 4 с. Подвижная часть на растяжках. Длина шкалы 200 мм. Габариты 250×205×390 мм.

**1.7.3 М197** – гальванометры баллистические переносные лабораторные с непосредственным отсчётом предназначены для измерения электрического заряда и магнитного потока. Цена деления по току  $0,8 \cdot 10^{-8}$  А; по заряду  $0,5 \cdot 10^{-7}$  Кл; по магнитному потоку  $5 \cdot 10^{-5}$  Вб. Внутреннее сопротивление 800 Ом, внешнее критическое 10000 Ом. Период свободных колебаний подвижной части 9 с. Время успокоения – 8 с. Расчетные значения постоянной по энергии от  $10^{-13}$  до  $9,9 \cdot 10^{-13}$  Вт·с/дел. Указатель световой. Длина шкалы 140 мм, число делений 70-0-70. Габариты 275×220×150 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 1.6.



R0 – рамка измерительного механизма; S1 – переключатель для увеличения цены деления по току, заряду и магнитному потоку в 10 и 100 раз

Рис. 1.6. Схема гальванометра М197

## 1.8 Омметры и мегаомметры

Предназначены для измерения сопротивления на постоянном токе. В зависимости от схемы прибора элемент, сопротивление которого измеряется, включается последовательно (для измерения больших сопротивлений, шкала обратная) или параллельно (для измерения малых сопротивлений, шкала прямая) измерительному механизму.

**1.8.1 М4125** – омметры для измерения сопротивления электрических цепей постоянному току. Кл. 2,5. Конечные значения диапазонов измерений: 3; 30; 300 кОм. Напряжение питания для пределов 3 и 30 кОм – 1,5 В; для предела 300 кОм – 3 В. Ток полного отклонения – 10 мА. Шкала обратная, длина 100 мм. Габариты 140×137×75 мм.

**1.8.2 М471** – омметры переносные малогабаритные двухпредельные. Основная погрешность не превышает  $\pm 1,5\%$  от длины шкалы. Изготавливаются на пределы: 10-1000 Ом; 100-10000 Ом; 1000-100000 Ом; 0,1-10 МОм. Для меньшего предела шкала прямая, для большего – обратная. Питание от элемента с напряжением 1,4 В. Установка на «0» и « $\infty$ » с помощью магнитного шунта. Длина шкалы 100 мм. Габариты 132×114×52 мм. Принципиальная электрическая схема прибора на пределах измерения 100 и 10000 Ом на рис. 1.7.

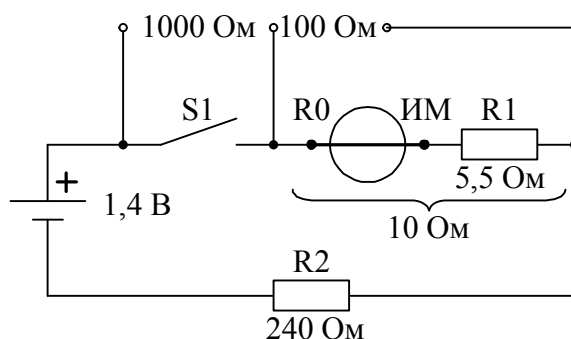
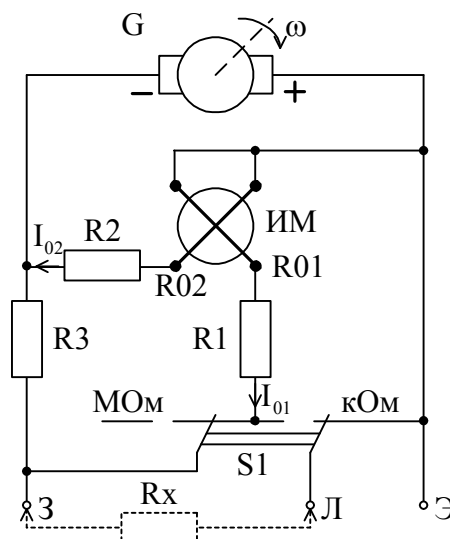


Рис. 1.7. Схема омметра М471

**1.8.3 М1101** – мегаомметры переносные двухпредельные для измерения сопротивления изоляции электрических цепей. Выпускается на пределы измерения: 200 кОм – 100 МОм (напряжение питания 100 В); 500 кОм – 500 МОм (500 В); 1000 кОм – 1000 МОм (1000 В).

Шкала 80 мм, прямая для меньшего предела и обратная для большего предела. Основная погрешность не превышает  $\pm 1\%$  от длины шкалы. Источник питания – генератор постоянного тока с ручным приводом. Номинальная скорость вращения ручки генератора 120 об/мин. Измерительный механизм – двухрамочный логометр. Габариты 195×130×150 мм.

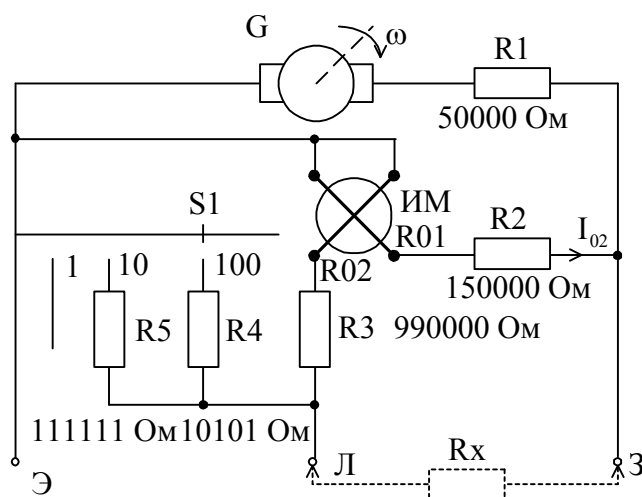
Принципиальная электрическая схема на рис. 1.8.



Зажимы: «З» - земля, «Л» - линия, «Э» - экран; ИМ – логометр; токи полного отклонения  $I_{01} = I_{02} = 1 \text{ мА}$

Рис. 1.8. Схема мегаомметра М1101

**1.8.4 МС-06** – мегаомметры переносные трёхнедельные для измерения сопротивления изоляции. Пределы измерений: 100-1000-10000 МОм. Рабочая часть шкалы соответственно: 0,01-10; 0,1-100; 1-1000 МОм. Погрешность измерения не превышает  $\pm 10 \%$  от данного показания. Питание от генератора постоянного тока с напряжением 2500 В. Шкала 200 мм. Габариты 355×225×200 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 1.9.



ИМ – логометр;  $R_{01} = 10000 \text{ Ом}$ ;  $R_{02} = 6000 \text{ Ом}$ ; Э – экран; Л – линия; З – земля; S1 – переключатель; G – генератор

Рис. 1.9. Схема мегаомметра МС-06

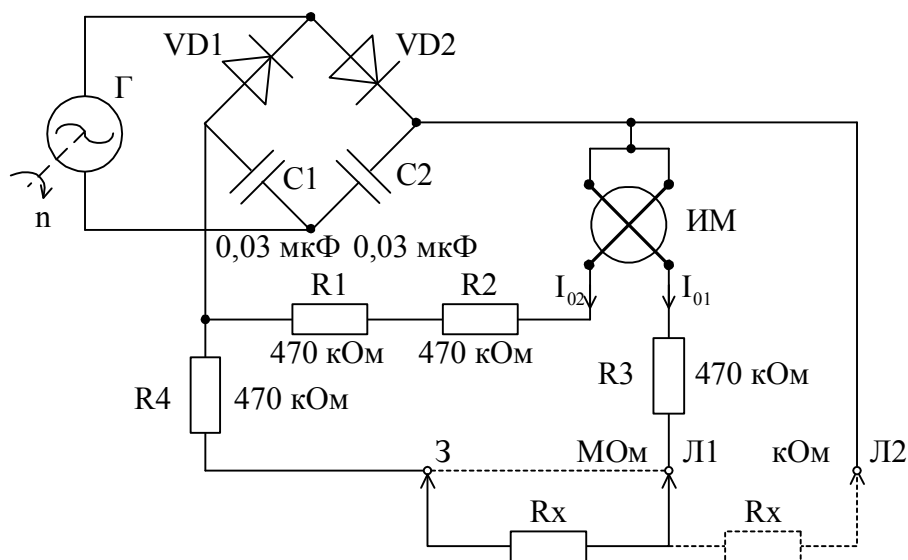


**1.8.5 М4100/1-5** – мегаомметры двухпредельные переносные для измерения сопротивления изоляции обесточенных электрических цепей. Технические характеристики приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики мегаомметров М4100

Модификация	Пределы измерений		Рабочая часть шкалы		Номинальное выходное напряжение, В
	кОм	МОм	кОм	МОм	
М4100/1	0-200	0-100	0-200	0,01-20	100±10
М4100/2	0-500	0-250	0-500	0,02-50	250±25
М4100/3	0-1000	0-500	0-1000	0,05-100	500±50
М4100/4	0-1000	0-1000	0-1000	0,2-200	1000±100
М4100/5	0-2000	0-2500	0-2000	0,5-1000	2500±250

Основная погрешность в рабочей части шкалы не более  $\pm 1\%$  от длины шкалы. Шкала 80 мм. Габариты 200×155×140 мм. Схема электрическая принципиальная на рис. 1.10. Питание – от генератора переменного тока с ручным приводом (номинальная частота вращения 120 об/мин).



ИМ – магнитоэлектрический логометр; VD1, VD2, C1, C2 – выпрямитель с удвоителем напряжения; подключение  $R_x$  – на пределе «кОм» показано пунктирными линиями

Рис. 1.10. Схема мегаомметра М4100/4

## 1.9 Выпрямительные измерительные приборы

Представляют собой магнитоэлектрический измерительный механизм и преобразователь переменного тока в постоянный в виде полупроводникового выпрямителя. Применяются для измерения тока, напряжения и частоты в цепях переменного тока, а также в качестве фазометров и фазоуказателей.

**1.9.1 Ц4203** – вольтметры на 45-55 Гц. Кл. 4,0. Диапазон измерения: 0-250 В. Ток полного отклонения 1 мА (действующее значение). Шкала 26 мм. Габариты 40×40×49 мм.

**1.9.2 Ц4202** – миллиамперметры и вольтметры щитовые малого габарита. Кл. 2,5. Номинальная область частот 45-1000 Гц. Расширенная область 30-45 и 1000-10000 Гц. Пределы измерения миллиамперметра 10-30; 15-50; 30-100 мА. Падение напряжения 0,7 В. Пределы измерения вольтметров: 15; 30; 50; 75; 150; 250; 300; 500; 600 В. Ток полного отклонения 100 мкА. Шкала 46 мм. Габариты 60×60×48 мм.

**1.9.3 Ц1620** – амперметры и вольтметры щитовые среднего габарита. Кл. 1,5. Номинальная частота 50 и 400 Гц. Диапазон измерений миллиамперметров: 0-100; 200; 300 мА. Амперметров: 0-1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100 А (включение непосредственное); 0-150; 200; 300; 400; 600; 750; 800 А (включение через трансформатор тока с вторичным током 5 А). Диапазоны измерения вольтметров: 0-30; 50; 150; 250; 450 В. Ток полного отклонения 1 мА. Шкала 185 мм. Угол шкалы 230°. Габариты 120×120×166 мм.

**1.9.4 Ц312** – вольтамперметры переносные многопредельные – приборы выпрямительной системы с магнитоэлектрическим ИМ и полупроводниковым выпрямителем. Предназначены для измерения тока и напряжения в цепях постоянного (Кл. 1,5) и переменного тока (Кл. 2,5). Диапазон частот: 0-500 Гц. Пределы измерений по току: 0,003-0,015-0,06-0,3-1,5-6 А. Падение напряжения в цепи соответственно: 1,14-1,14-1,14-1,13-1,07-0,8 В. Пределы измерения по напряжению: 1,5-6,0-15-60-150-300-600 В. Сопротивление цепи соответственно: 0,1-2-5-50-100-200 кОм. Ток полного отклонения 3 мА; на пределе 1,5 В – 15 мА. Предел 0,075 В только для постоянного тока. Шкала прибора имеет два ряда отметок: для постоянного тока и для переменного тока. Габариты 180×120×70 мм. Принципиальная электрическая схема прибора на рис. 1.11.

**1.9.5 Ц1426** – частотомеры выпрямительные щитовые малого габарита однопредельные, предназначены для измерения частоты в сетях переменного тока. Кл. 0,5. Диапазон измерений: 45-55; 55-65; 350-400 Гц. Номинальное напряжение 127; 220; 380 В. Допускаемая основная погрешность  $\pm 0,5\%$  конечного значения диапазона измерений. Шкала 105 мм. Габариты 80×80×126 мм. Схема частотомера на рис. 1.12. На рисунке ИМ - магнитоэлектрический логометр.

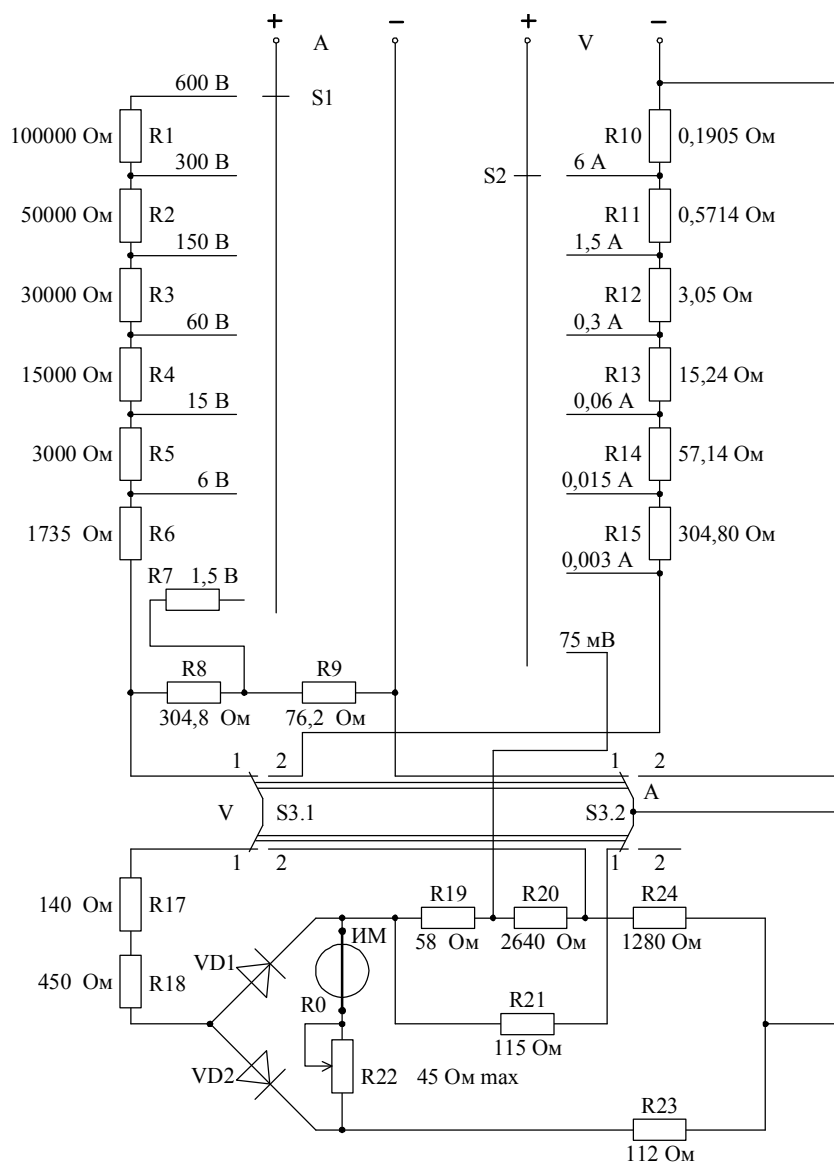


Рис. 1.11. Схема вольтамперметра Ц312

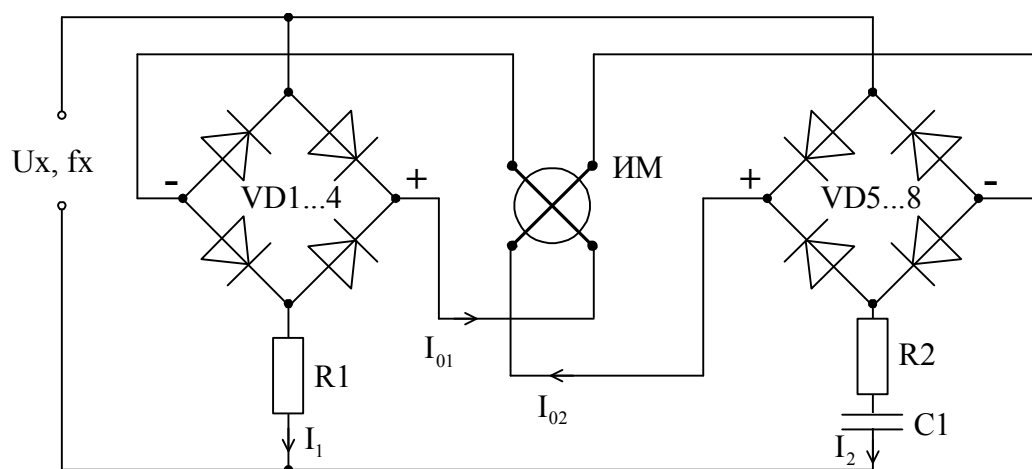


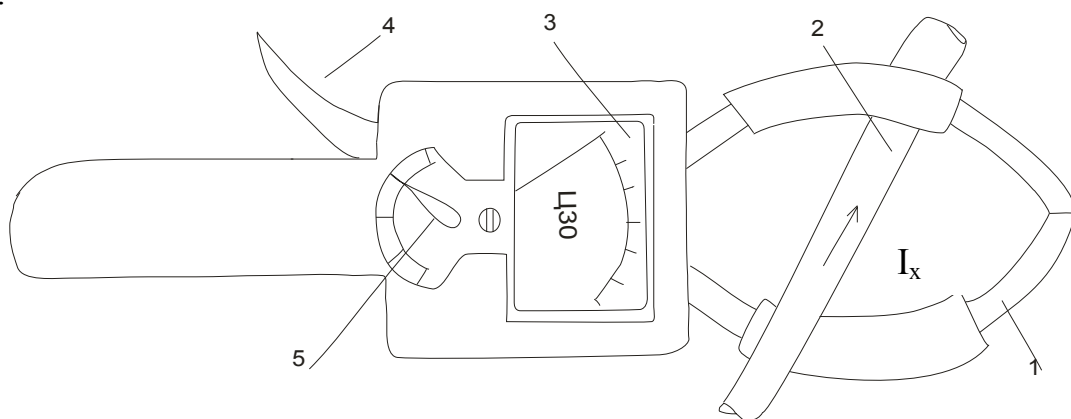
Рис. 1.12. Схема частотомера Ц1426

**1.9.6 Ц1424** – фазометры выпрямительные щитовые малого габарита. Предназначены для измерения коэффициента мощности ( $\cos\varphi$ ) в трехфазных цепях при равномерной нагрузке фаз и симметричных напряжениях. Диапазон измерений в значениях  $\cos\varphi$ : 0 (емк.) – 1 – 0 (инд.). Кл. 2,5. Номинальное напряжение 127; 220; 380 В. Номинальный ток 1 или 5 А. Номинальная частота 50 или 400 Гц. Подключение параллельной цепи непосредственное или через трансформатор напряжения 380/127 В. Подключение последовательной цепи непосредственное или через трансформатор тока с вторичным током 1 или 5 А. Мощность последовательной цепи 2 В·А, параллельной – 10 В·А. Шкала 110 мм. Угол шкалы 230°. Габариты 80×80×166 мм.

**1.9.7 Ц1425** – фазоуказатели выпрямительные щитовые малого габарита. Предназначены для определения порядка следования фаз в трёхфазных цепях. Номинальное напряжение 127 и 220 или 220 и 380 В. Номинальная частота 50 или 400 Гц. При прямом порядке следования фаз цепи указатель отклоняется вправо от средней отметки, при обратном – влево. Габариты 80×80×166 мм.

**1.9.8 Ц30** – клещи токоизмерительные. Представляют собой переносные многопредельные показывающие приборы, предназначенные для измерения тока и напряжения в цепях переменного тока напряжением менее 1000 В и частотой 50 Гц без разрыва цепи. Внешний вид прибора представлен на рис. 1.13.

Принцип действия состоит в том, что разъёмный магнитопровод 1 надевается на проводник 2, по которому протекает измеряемый ток, вследствие чего в обмотке, размещенной на магнитопроводе, индуцируется переменный ток, пропорциональный измеряемому току. Индуцированный ток выпрямляется и подаётся на магнитоэлектрический измеритель 3, по шкале которого производится отсчёт. Размыкание магнитопровода 1 осуществляется рукояткой 4.



1 – разъёмный магнитопровод; 2 – провод с измеряемым током  $I_x$ ; 3 – измеритель; 4 – рукоятка для размыкания магнитопровода; 5 – переключатель пределов измерения.

Рис. 1.13 Клещи токоизмерительные Ц30

Пределы измерений по току: 15-30-75-300-600 А; по напряжению: 600 В. Кл. 2,5. Шкала неравномерная, длина 55 мм, рабочая часть от – 30 до 100 % шкалы. Габариты 390×125×80 мм.

**1.9.9 ВАФ-85М** – вольтамперфазометры для измерений тока и напряжения частоты 50 Гц и углов сдвига фаз между напряжениями и токами в трехфазной цепи. Применяется при наладке и проверке устройств релейной защиты в условиях эксплуатации. Допустимая основная погрешность  $\pm 4\%$  при измерении тока и напряжения и  $\pm 1,5\%$  при измерении сдвига фаз. Конечное значение диапазона измерений: ток 10-50-250 мА, с клещевой приставкой 1-5-10 А; напряжение 1-5-25-125-250 В; сдвиг фаз 180-0-180°. Угол сдвига фаз отсчитывается по лимбу, закрепленному на оси фазорегулятора. Падение напряжения при измерении тока 10 мА – 20 мВ, 50 и 250 мА – 50 мВ. Ток полного отклонения на всех пределах измерения напряжения 500 мкА. Мощность, потребляемая амперметром при измерении тока 1; 5 и 10 А на частоте 50 Гц, не более 5 В·А. Габариты 260×160×190 мм. Масса прибора с принадлежностями 4 кг. Зазор клещевой приставки для ввода токопровода не менее 7 мм.

## 1.10 Термоэлектрические приборы

Представляют собой магнитоэлектрический измерительный механизм и термоэлектрический преобразователь переменного тока в постоянный. ТЭ преобразователь состоит из нагревателя, по которому протекает измеряемый ток, и термопары. ТЭ приборы применяются для измерения действующих значений токов в широком диапазоне частот.

**1.10.1 Т210** – миллиамперметры и амперметры с наружным термопреобразователем Т1. Пределы измерений миллиамперметров: 50; 100; 300; 500; 1000 мА; амперметров: 1; 2; 3; 5; 10 А. Диапазон рабочих частот 1 Гц – 30 МГц. Кл. 2,5. Габариты измерительного механизма 60х60х69 мм.

**1.10.2 Т216** – амперметр с наружным термопреобразователем типа Т1. Кл. 2,5. Пределы измерений: 0,5; 1; 2; 3; 5; 10 А. Номинальная область частот 50-3000 Гц, расширенная – 30 Гц...7,5 МГц. Габариты 80х80х75-мм.

**1.10.3 Т218** – вольтметры лабораторные с наружным термопреобразователем (ТП) типа Т108. Кл. 1,5. Пределы измерений: 0,75; 1,5; 3; 7,5; 15; 30; 50 В. Номинальная область частот от 50 Гц до 2 МГц, расширенная – от 20 Гц до 30 МГц. Шкала 100 мм. Габариты прибора 205х130х110 мм, ТП типа Е108 – 101х53х40 мм.

**1.10.4 Т13** – миллиамперметры переносные лабораторные однопредельные с наружным воздушным бесконтактным термопреобразователем типа Т103. Кл. 1,5. Пределы измерений: 1 и 3 А. Номинальная область частот от 50 Гц до 20 МГц, расширенная область – от 20 Гц до 30 МГц. Мощность, потребляемая прибором на пределе 1 А – 300 мВт, на пределе 3 А – 600 мВт. Приборы выдерживают перегрузку не более 50 % сверх номинального тока в течение 1 мин. Габариты прибора 213х203х123 мм, ТП-98х76х38 мм. Принципиальная электрическая схема прибора на рис. 1.14.



R1, R2 – добавочные резисторы; R3, R4 – резисторы подгоночные соединительного шнура; C – конденсатор

Рис. 1.14. Схема термоэлектрического миллиамперметра Т13

### 1.11 Комбинированные переносные приборы (тестеры)

Комбинированные приборы (тестеры) предназначены для измерения постоянных и переменных напряжений и токов, сопротивления, емкости, параметров биполярных транзисторов, относительного уровня передачи напряжения переменного тока, проверки (прозвонки) исправности электрических цепей. Содержат встроенный автономный источник питания, обладают невысоким классом точности (от 1,5 до 4,0).

**1.11.1 Ц20** – ампервольтметры для измерения постоянных токов и напряжений, переменных напряжений, сопротивления постоянному току. Пределы измерения: постоянного напряжения 1,5 - 6 - 30 - 120 - 600 В; переменного напряжения 7,5 - 30 - 150 - 600 В; постоянного тока 0,3 - 3 - 30 - 300 - 750 мА; сопротивления постоянному току 5 - 500 Ом; 0,05 - 5; 0,5 - 50; 5 - 500 кОм. Основная погрешность прибора:  $\pm 2,5\%$  конечного значения шкалы при измерении на постоянном токе;  $\pm 4\%$  конечного значения шкалы при измерении на переменном токе;  $\pm 2,5\%$  длины рабочей части шкалы при измерении сопротивления. Рабочей частью шкалы омметра считается участок, заключенный между отметками 0,5 и 5.

Входное сопротивление на постоянном токе 10000 Ом/В, на переменном токе 2000 Ом/В. Напряжение на зажимах при измерении тока 0,6 В. Габаритные размеры 208x118x75 мм.

**1.11.2 ТТ-2** – ампервольтметры для измерения постоянного тока и напряжения, действующего значения напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току. Пределы измерений: напряжение постоянного тока 7,5-30-75-150-300-900 В; напряжение перемен-

ного тока 7,5-30-75-150-300-900 В; постоянный ток 0,3-3-30-300-750 мА; сопротивление постоянному току 0,2-20-200 кОм – 2 МОм.

Основная погрешность прибора:  $\pm 2,5\%$  конечного значения шкалы при измерении на постоянном токе;  $\pm 4\%$  конечного значения шкалы при измерении на переменном токе;  $\pm 4\%$  длины рабочей части шкалы при измерении сопротивлений.

**1.11.3 Ц437** - ампервольтметры для измерения постоянного тока и напряжения, действующего значения напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току.

Пределы измерений: постоянного напряжения 2,5-10-50-250-500-1000 В; переменного напряжения 2,5-10-50-250-500-1000 В; постоянного тока 0,1-1-10-100-1000 мА; сопротивления постоянному току 300 Ом-3-30-300 кОм-3 МОм. Основная погрешность:  $\pm 2,5\%$  конечного значения шкалы при измерении на постоянном токе;  $\pm 4\%$  конечного значения шкалы при измерении на переменном токе;  $\pm 2,5\%$  длины рабочей части шкалы, равной 71 мм, при измерении сопротивления (на пределе  $\times 1$  не более  $\pm 4\%$ ). Номинальная область частот 45...20000 Гц, расширенная - 20...40000 Гц. Напряжение на зажимах при измерении постоянного тока 0,65 В. Входное сопротивление при измерении напряжений 10 кОм/В. Габаритные размеры 212x118x75 мм.

**1.11.4 Ц4353** - комбинированные приборы с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначены для измерения тока и напряжения постоянного тока, действующего значения тока и напряжения переменного тока синусоидальной формы, сопротивления постоянному току, электрической емкости и относительного уровня передачи напряжения переменного тока. Пределы измерения: напряжение постоянного тока 0,075-1,5-3-6-15-30-60-150-300-600 В; напряжение переменного тока 1,5-3-6-15-30-60-150-300-600 В; постоянный ток 0,06-0,12-0,6-3-15-60-300-1500 мА; переменный ток 0,6-3-15-60-300-1500 мА; сопротивление постоянному току 0,3-50-500-5000 кОм; относительный уровень передачи -10...+12 дБ; электрическая емкость 0,5 мкФ. Основная погрешность прибора:  $\pm 1,5\%$  конечного значения шкалы при измерении на постоянном токе;  $\pm 2,5\%$  конечного значения шкалы при измерении на переменном токе;  $\pm 1,5\%$  длины рабочей части шкалы, равной 59 мм при измерении на «Ω» и 54,5 мм при измерении на «кΩ»;  $\pm 2,5\%$  длины рабочей части шкалы, равной 50 мм, при измерении уровня передачи;  $\pm 2,5\%$  от длины рабочей части шкалы, равной 54,5 мм, при измерении емкости.



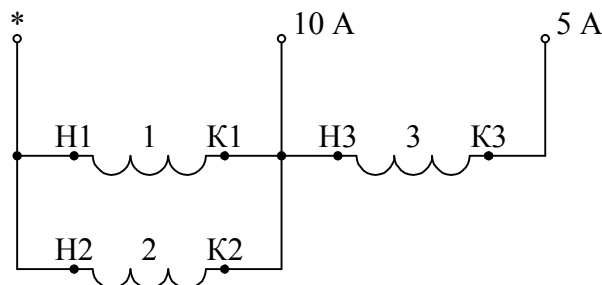
## 2 Электромагнитные приборы

Предназначены для измерения действующих значений тока и напряжения в цепях переменного тока промышленной частоты. Достоинства приборов этой системы: простота конструкции, большой предел измерения тока при непосредственном включении; высокая перегрузочная способность; возможность измерений в цепях постоянного и переменного тока; надёжность в эксплуатации. Недостатки: низкая точность; большое собственное потребление мощности; малая чувствительность; подверженность влиянию внешних магнитных полей; неравномерная шкала. Вследствие перечисленных свойств электромагнитные (ЭМ) приборы получили широкое распространение в виде технических щитовых приборов. В частности, они применяются на электростанциях, распределительных подстанциях, в схемах регулирования и защиты. Верхний предел измерения у амперметров непосредственного включения составляет 200-300 А, нижний – 6-8 мА. Шунты в электромагнитных амперметрах не применяются. Для расширения диапазонов измерения амперметров катушки выполняют секционированными. Верхний предел измерения у ЭМ вольтметров непосредственного включения составляет 500-600 В, нижний – около 1,5 В. Для увеличения пределов измерения амперметров и вольтметров применяют измерительные трансформаторы тока (ТТ) и напряжения (ТН).

### 2.1 Миллиамперметры, амперметры, килоамперметры, вольтметры

**2.1.1 Э140** - миллиамперметры, амперметры, вольтметры щитовые малого габарита однопредельные. Кл. 2,5. Пределы измерения миллиамперметров: 100; 200; 300; 500 мА; амперметров: 1; 2; 3; 5; 20; 30; 50 А - включение непосредственное; амперметров и килоамперметров: 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 750 А; 1; 2; 3; 4; 5; 6 кА - включение через ТТ 1/5 А. Рабочие частоты от 50 до 500 Гц. Потребляемая мощность 1,2 В·А. Пределы измерения вольтметров: 15; 30; 50; 100; 150; 250; 450 В. Включение непосредственное. Рабочая область частот от 50 до 500 Гц. Потребляемая мощность 4,5 В·А. Шкала 55 мм, равномерная в пределах от 25 до 100 % конечного значения. Габаритные размеры 85х85х92 мм.

**2.1.2 Э59/3** - амперметры переносные лабораторные двухпредельные. Кл. 0,5. Пределы измерения: 5 и 10 А. Номинальная область частот 55-1500 Гц. На пределе 5 А активное сопротивление равно 0,01 Ом и индуктивность 0,003 мГн; на пределе 10 А - 0,004 Ом и 0,001 мГн. Шкала однорядная с зеркальным отсчетом, длиной 105 мм, разделена на 150 делений (рабочая часть от 20 до 100 % длины шкалы). Габаритные размеры 150х205х90 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 2.1.



1,2,3 – секции неподвижной катушки измерительного механизма:  
H1...3 и K1...3 – начало и конец соответствующих катушек

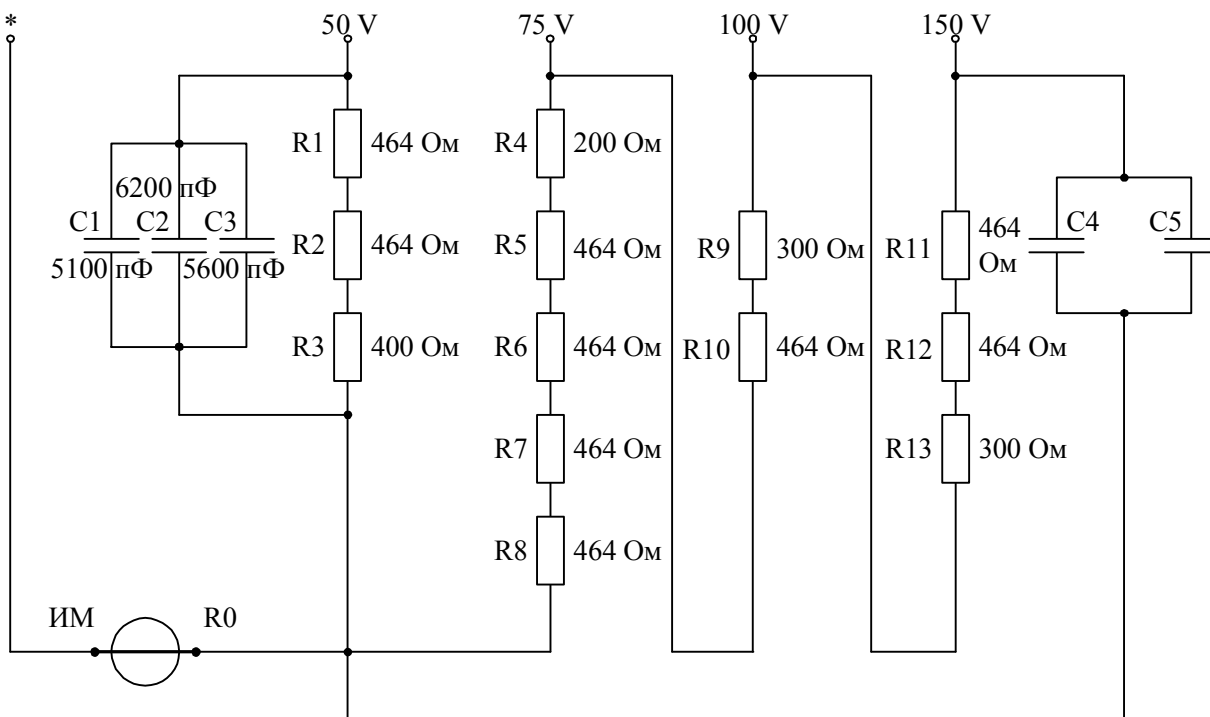
Рис. 2.1. Схема амперметра Э59/3

**2.1.3 Э523** - миллиамперметры переносные лабораторные. Кл. 0,5. Пределы измерения: 5; 10; 20; 50; 100; 200 мА. Включение непосредственное. Номинальная область частот: 45-300 Гц; расширенная - 100-1500 Гц. Потребляемая мощность 2,5 В·А. Подвижная часть на растяжках, со стрелочным указателем, с односторонней неравномерной зеркальной шкалой длиной 120 мм. Габаритные размеры 140x195x105 мм.

**2.1.4 Э528** - амперметры переносные лабораторные двухпредельные. Кл. 1,0. Пределы измерений: 0,5-1,0 А. Включение непосредственное. Номинальная область частот 45-1500 Гц, расширенная - 1500-3000 Гц. Потребляемая мощность 2,5 В·А. Подвижная часть на растяжках, со стрелочным указателем, с односторонней зеркальной шкалой длиной 120 мм. Габаритные размеры 140x195x105 мм.

**2.1.5 Э531** - вольтметры переносные лабораторные двухпредельные. Кл. 0,5. Пределы измерений: 1,5-3; 7,5-15; 15-30 В. Номинальная область частот 45-65 Гц, расширенная - 65-400 Гц. Потребляемая мощность 3 В·А. Конструктивное исполнение как 2.1.3.

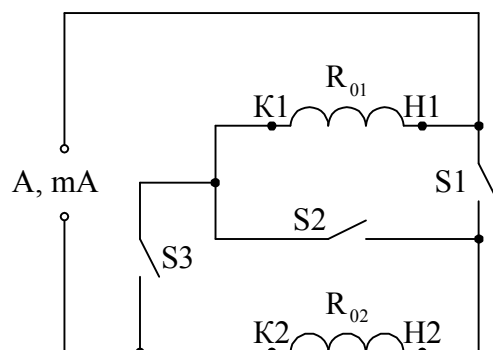
**2.1.6 Э534** - вольтметры переносные лабораторные четырехпредельные. Пределы измерения: 50; 75; 100 В (Кл. 1,0) и 150 В (Кл. 2,5). Номинальная область частот 45-400 Гц, расширенная область 40-500 Гц; на пределе 150 В: 45-3000 Гц и 30-5000 Гц соответственно. Подвижная часть на растяжках, со стрелочным указателем, с односторонней неравномерной зеркальной шкалой. Габаритные размеры 140x195x92 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 2.2.



ИМ – электромагнитный измерительный механизм

Рис. 2.2. Схема вольтметра Э534

**2.1.7 Э381** - амперметры и вольтметры переносные постоянного и переменного тока. Кл. 1,0. Рабочее положение горизонтальное. Погрешность от изменения температуры на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в пределах от  $-30$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  не более  $0,8\%$ . Погрешность из-за наклона прибора на  $10^{\circ}$  от горизонтального положения не более  $\pm 1\%$ . Влияние внешних магнитных полей напряженностью  $400\text{ А/м}$  не более  $\pm 2,5\%$ . Погрешность от изменения частоты в пределах диапазона измерений не более  $\pm 1\%$ . Погрешность от формы кривой на переменном токе не более  $\pm 1\%$ . Номинальная область частот  $45\text{--}60\text{ Гц}$ , расширенная –  $60\text{--}200\text{ Гц}$ . Относительная влажность воздуха  $90\%$ . Время успокоения не более  $3\text{ с}$ . Сопротивление изоляции  $40\text{ МОм}$ . Напряжение испытания изоляции  $2\text{ кВ}$ . Пределы измерения миллиамперметров:  $25\text{--}50$ ;  $50\text{--}100$ ;  $250\text{--}500\text{ мА}$ . Амперметров:  $1\text{--}2$ ;  $2,5\text{--}5$ ;  $5\text{--}10$ ;  $10\text{--}20\text{ А}$ . Вольтметров:  $7,5\text{--}15\text{--}30\text{--}75\text{ В}$  и  $150\text{--}300\text{--}600\text{ В}$ . Ток полного отклонения  $10\text{ мА}$ . Принципиальная электрическая схема миллиамперметров и амперметров – на рис. 2.3.



$R_{01}$ ,  $R_{02}$  – секции катушки электромагнитного измерительного механизма;  $H1$ ,  $H2$  – начало обмотки секции;  $K1$ ,  $K2$  – конец обмотки секции;  $S1 \dots S3$  – выключатели.

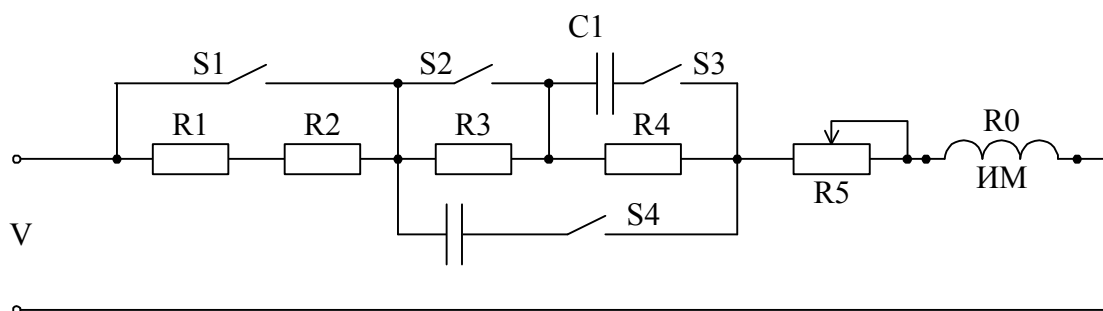
Рис. 2.3. Схема амперметра Э381

В таблице 2.1 указано состояние переключателей для различных пределов миллиамперметров и амперметров. (1 - контакт замкнут, 0 - разомкнут).

Таблица 2.1

Пределы измерения							Положение переключателя		
мА			А				S1	S2	S3
25	50	250	1	2,5	5	10	0	1	0
50	100	500	2	5	10	20	1	0	1

На рис. 2.4 приведена принципиальная электрическая схема вольтметров типа Э381 для пределов измерения: 150; 300; 600 В.



$R_0$  – катушка измерительного механизма;  $S1 \dots S4$  – переключатели;  
 $R1 \dots R4$  – добавочные резисторы;  $R5$  – подгоночный резистор;  $C1, C2$  – конденсаторы для компенсации частотной погрешности

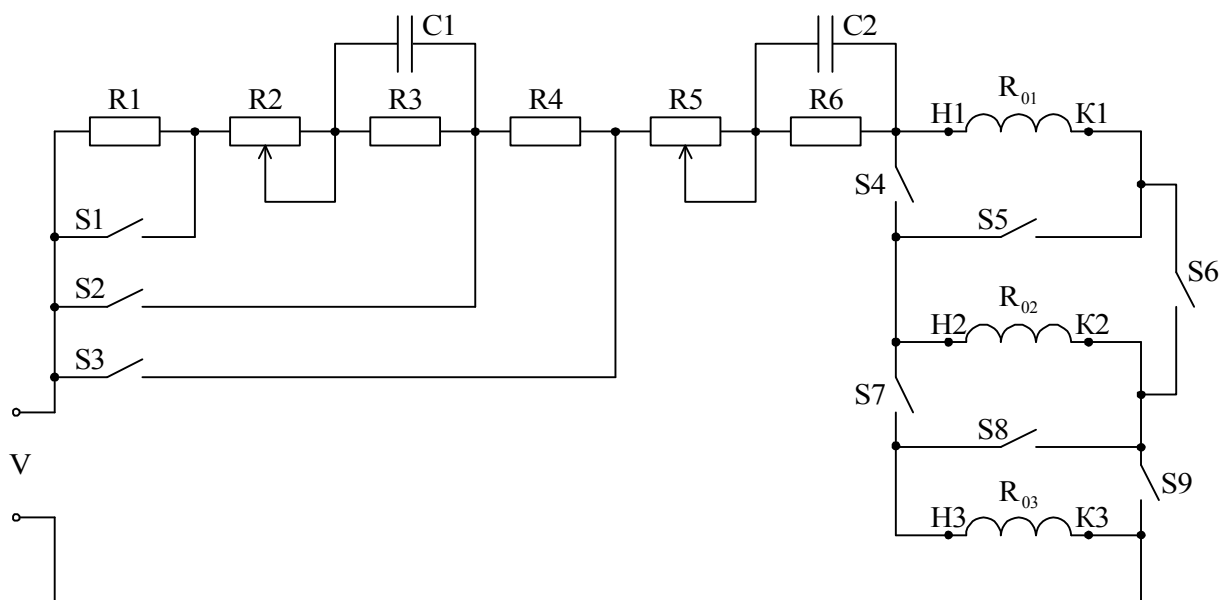
Рис. 2.4. Схема вольтметра Э381 (пределы измерений 150-300-600 В)

В таблице 2.2 указано положение переключателей для соответствующих пределов.

Таблица 2.2

Пределы измерения вольтметров	Положение переключателей			
	S1	S2	S3	S4
150 В	1	1	1	0
300 В	1	0	0	1
600 В	0	0	0	1

На рис. 2.5 приведена принципиальная электрическая схема вольтметров типа Э381 для пределов измерений: 7,5; 15; 30; 75 В.



$R_{01}$ ,  $R_{02}$ ,  $R_{03}$  – секции катушки ИМ;  $R_1, R_3, R_4, R_6$  – добавочные резисторы;  $R_2, R_5$  – подго-  
ночные резисторы;  $C_1, C_2$  – конденсаторы для компенсации частотной погрешности

Рис. 2.5. Схема вольтметра Э381 (пределы измерений 7,5-15-30-75 В)

В таблице 2.3 приведено положение переключателей для соответствующих пределов.

Таблица 2.3

Пределы измере- ния вольтметров	Положение переключателей								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
7,5 В	1	1	1	1	0	1	1	0	1
15 В	1	1	0	1	0	1	1	0	1
30 В	1	0	0	0	1	0	0	1	0
75 В	0	0	0	0	1	0	0	1	0

Приборы конструктивно оформляются в пластмассовых корпусах. Подвижная система укреплена на растяжках. Стрелка металлическая, ножевидная. Успокоитель воздушный. Переключение пределов измерения производится рычажным переключателем, который осуществляет все соединения, указанные в таблицах 2.1 - 2.3. От влияния внешних магнитных полей измерительный механизм защищен экраном.

## 2.2 Электромагнитные частотомеры

Электромагнитный частотомер представляет собой электромагнитный логометр, в цепи катушек которого включены резонансные контуры, настроенные на несколько различных резонансных частот (рис. 2.6).

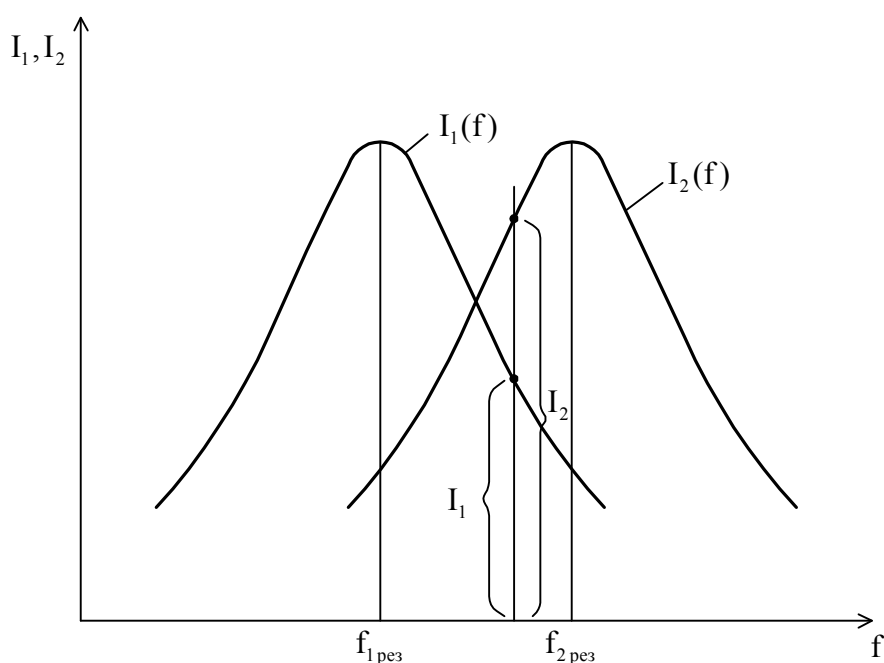


Рис. 2.6. Резонансные кривые

Каждому значению частоты  $f_x$ , лежащему в интервале между  $f_{1\text{рез}}$  и  $f_{2\text{рез}}$ , соответствует вполне определенное значение токов  $I_1$  и  $I_2$ , а следовательно, и вполне определенное показание логометра; это даст возможность проградуировать шкалу логометра непосредственно в значениях частоты.

**2.2.1 Частотомеры типа Э4** - малогабаритные тряскопрочные приборы с непосредственным отсчетом, предназначенные для измерения частоты переменного тока в одном из пределов: 45-55; 380-480; 450-550; 950-1050; 1450-1550 Гц. Кл. 1,5. Номинальное напряжение 36, 127, 220 В. Габаритные размеры 83x83x53 мм. Принципиальная электрическая схема частотомера Э4 на рис. 2.7.

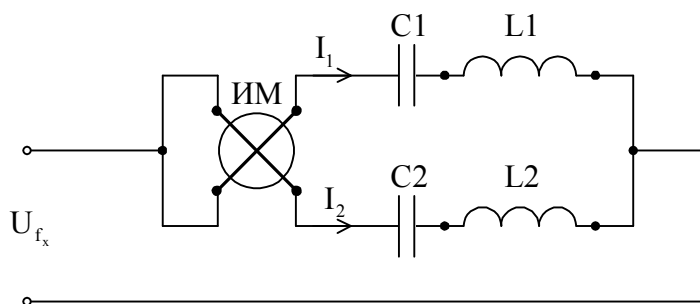


Рис. 2.7. Схема частотомера Э4

### 2.3 Электромагнитные фазометры

Фазометр представляет собой электромагнитный логометр. Вращающий момент создается в результате совместного воздействия на ферромагнитную подвижную часть магнитных потоков нескольких катушек, определенным образом расположенных в пространстве и питаемых токами, сдвинутыми по фазе относительно друг друга.

**2.3.1 Э144** - фазометры щитовые малогабаритные ударопрочные герметичные с непосредственным отсчетом. Предназначены для измерения коэффициента мощности ( $\cos\phi$ ) в сетях трехфазного тока частотой 50 Гц и 400 Гц при симметричной нагрузке фаз и симметричном напряжении. Применяются для монтажа на передвижных электроустановках. Пределы измерения фазометров (в значениях  $\cos\phi$ ): 0(емк.)-1-0(инд.) Номинальное напряжение 127, 220, 380 В. Номинальный ток прибора для сетей частотой 50 Гц – 5 А, 400 Гц – 1 А (включение через измерительный трансформатор тока с вторичным током 1 или 5 А). Потребляемая мощность каждой из последовательных цепей не более 2 Вт, параллельной цепи при напряжении 127 В – не более 2,6 Вт, при напряжении 220 В – не более 4,5 Вт. Кл. 2,5. Шкала 90 мм, угол шкалы 180°. Габаритные размеры 85x85x120 мм. Принципиальная электрическая схема на рис. 2.8.

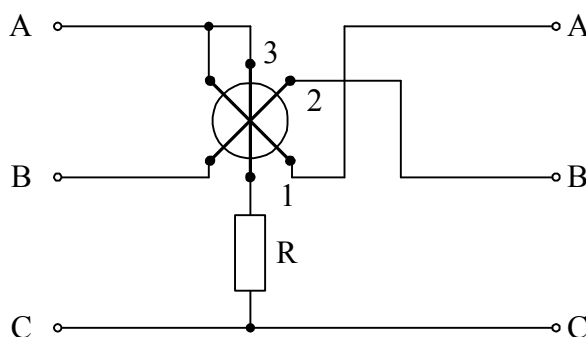


Рис. 2.8 Схема фазометра Э144





трехфазной сети, к которой подключается генератор. При несовпадении частот генератора II и сети стрелка синхроскопа вращается в ту или другую сторону - в зависимости от того, быстрее или медленнее синхронной скорости вращается генератор II. Надписи на шкале «медленнее» и «быстрее» дают указания в отношении регулировки его скорости. При совпадении частот и фаз э.д.с. генератора и напряжения сети стрелка синхроскопа устанавливается в нулевое положение.

**2.4.1 Э1505** - синхроскопы электромагнитные для синхронизации трехфазных генераторов в передвижных энергетических установках. Номинальное напряжение 127, 220 и 380 В, частота 50 и 400 Гц. Основная погрешность  $\pm 3^\circ$  (отклонение стрелки от отметки синхронизации). Диапазон разности частот синхронизируемого и работающего генераторов должен быть не менее чем 0 – 1 Гц на частоте 50 Гц и 0 - 2,5 Гц на частоте 400 Гц.

### 3 Электродинамические и ферродинамические приборы

Приборы предназначены для измерения тока, напряжения и мощности в цепях постоянного и переменного тока, а также частоты и угла сдвига фаз. Действие приборов основано на взаимодействии двух магнитных потоков, создаваемых токами, протекающими по неподвижной и подвижной катушкам. Приборы без стального магнитопровода называются электродинамическими (ЭД), а приборы со сталью – ферродинамическими (ФД). По принципу действия эти приборы одинаковы. ФД приборы обладают большей чувствительностью, но меньшей точностью.

Достоинствами приборов ЭД системы являются: высокая точность; способность измерять в цепях постоянного и переменного тока. Недостатки: зависимость показаний от внешних магнитных полей; чувствительность к перегрузкам; большое собственное потребление мощности; неравномерность шкалы; невысокая чувствительность. Исходя из указанных достоинств и недостатков, эти приборы нашли преимущественное распространение в виде переносных лабораторных приборов.

#### 3.1 Электродинамические амперметры, вольтметры и ваттметры

**3.1.1 Д1600** - амперметры, вольтметры, и киловольтметры щитовые однопредельные среднего габарита. Предназначены для измерений тока и напряжения в сетях переменного тока на передвижных энергетических установках. Пределы измерения амперметров: 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200 А. Включение непосредственное. Пределы измерения килоамперметров: 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6 кА. Включение через ТТ с номинальным током вторичной обмотки 5 А. Пределы измерения вольтметров: 30; 50; 150; 250; 450 В. Включение непосредственное. Кл. 2,5.

Номинальные частоты 10-60 и 400 Гц. Изменение показаний прибора, вызванное отклонением температуры от номинальной на 10 °С, не превышает  $\pm 0,5$  %; под влиянием внешнего магнитного поля напряженностью 400 А/м - не превышает  $\pm 1$  %.

Мощность, потребляемая приборами: 3,5 В·А - для амперметров непосредственного включения на 5 А и для амперметров с ТТ; 9 В·А - для амперметров непосредственного включения на 10-200 А; 5-7 Вт для вольтметров. Рабочее положение – вертикальное. Шкала неравномерная длиной 185 мм, диапазон измерений 20-100 %. Габаритные размеры 120x120x170 мм.

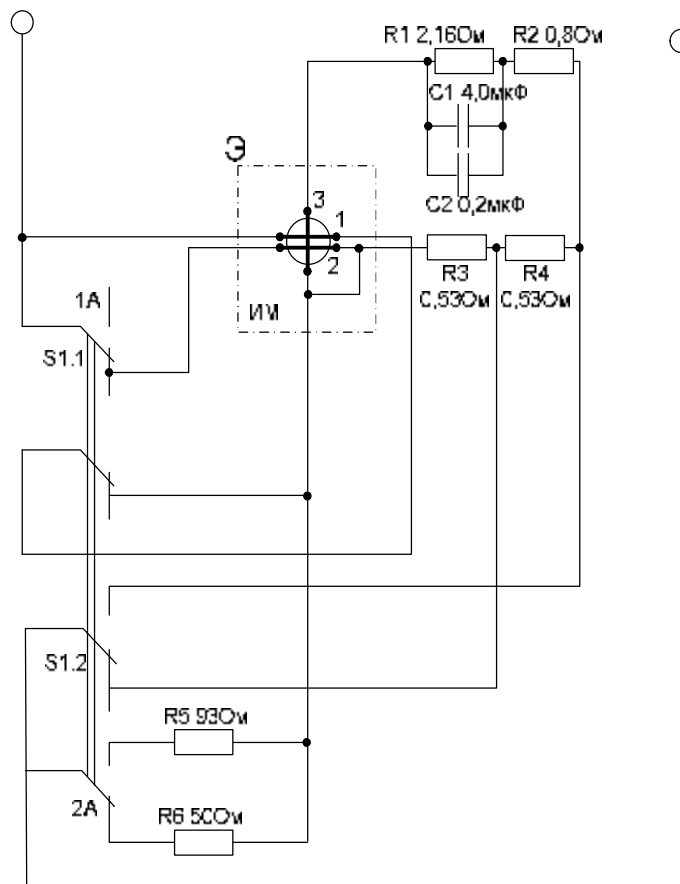
**3.1.2 Д573** - амперметры и миллиамперметры переносные двухпредельные на частоты: номинальные 45-1000 Гц, расширенные 1000-3500 Гц. Кл. 0,2. Пределы измерения амперметров: 5-10; 2,5-5; 1-2; 0,25-0,5 А; миллиамперметров: 50-100; 25-50; 10-20 мА. Шкала 320 мм, двухрядная со световым указателем. Габаритные размеры 225x300x165 мм.

**3.1.3 Д567** - вольтметры переносные семипредельные универсальные астатические. Кл. 0,5. Номинальный диапазон частот: 45 – 2500 Гц; расши-

ренный диапазон 2500-5000 Гц. Пределы измерения: 15-30-75-150-300-450-600 В. Ток полного отклонения 5 мА. Шкала 125 мм со световым указателем. Габаритные размеры 175x225x140 мм.

**3.1.4 Д566** - амперметры, миллиамперметры, вольтметры и однофазные ваттметры переносные экранированные многопредельные. Предназначены для измерения тока, напряжения и мощности в цепях переменного и постоянного тока. Кл. 0,2. Номинальная область частот 45-1000 Гц; расширенная область 1000-1500 Гц. Погрешность в расширенной области не более  $\pm 0,4\%$ . Приборы можно применять в диапазоне частот 1500-3000 Гц с погрешностью не более  $\pm 1\%$  и в диапазоне 3000-5000 Гц с погрешностью не более  $\pm 2,5\%$ . Шкалы амперметров и вольтметров имеют 100 или 150 дел., ваттметров 150 дел. Габаритные размеры 200x280x135 мм.

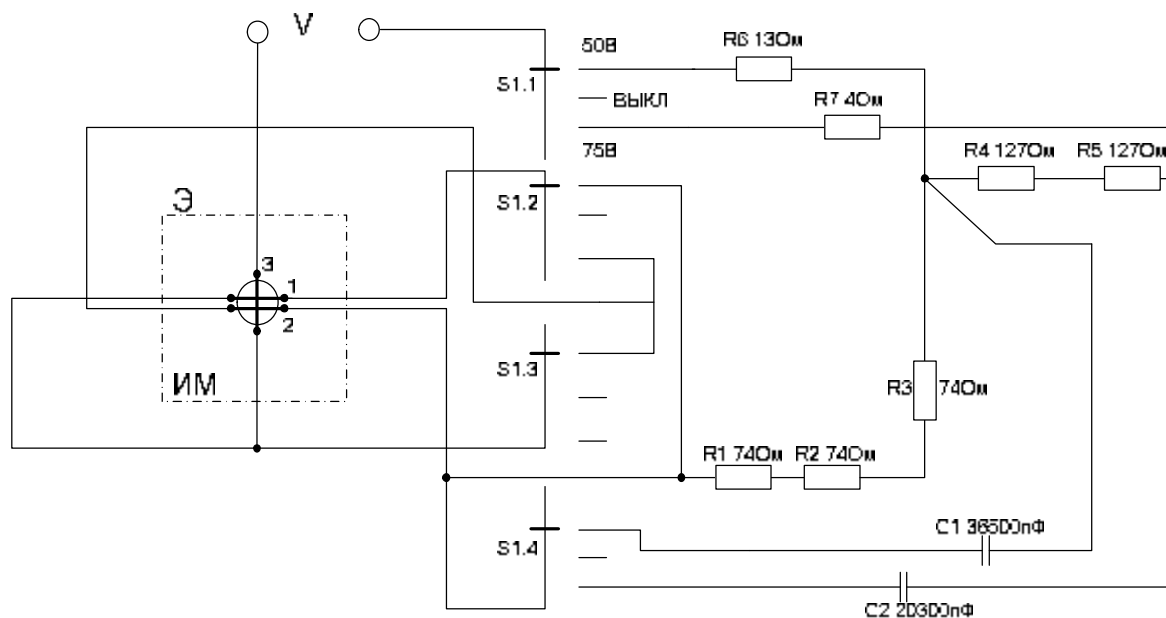
Пределы измерения миллиамперметров: 250-500 мА; 50-100 мА; 25-50 мА. Пределы измерения амперметров: 5-10 А; 2,5-5 А; 1-2 А. Принципиальная электрическая схема амперметра на рис. 3.1.



ИМ- электродинамический измерительный механизм; 1,2 – секции неподвижной катушки; 3 – подвижная катушка; R1,C1,C2 – резистор и конденсаторы для компенсации частотной погрешности; R2,R5,R6 – подгоночные резисторы; R3,R4 – шунты; S1 – переключатель; Э – экран.

Рис. 3.1. Схема амперметра Д566 на пределы 1 и 2 А

Пределы измерения вольтметров: 50-75; 75-150; 150-250; 300-450 В.  
Принципиальная электрическая схема вольтметра на рис. 3.2.



ИМ – электродинамический измерительный механизм; 1,2 – секции неподвижной катушки; 3 – подвижная катушка; R1...R5 – добавочные резисторы; R6,R7 – подгоночные резисторы; C1,C2 – конденсаторы частотной компенсации.

Рис. 3.2. Схема вольтметра Д566 на пределы 50 В и 75 В

Данные ваттметров типа Д566 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Номинальное напряжение	Номинальный ток	Сопротивление послед. цепи	Индуктивность послед. цепи	Ток параллельной цепи
В	А	Ом	мГн	мА
75 – 150 – 300	0,5 – 1	0,37;0,097	0,8;0,2	30
150 – 300 – 450	2,5 – 5	0,032;0,014	0,03;0,008	30
300 – 450- 600	2,5 – 5	0,047;0,013	0,06;0,015	15

Пределами измерения ваттметра Д566: по току 2,5 А и 5 А; по напряжению 300 – 450 – 600 В.

**3.1.5 Д307** - ваттметры однофазные щитовые ферродинамические с непосредственным отсчетом для измерения активной мощности в цепях 50 Гц. Кл. 1,5. Пределы измерения: от 0,6 кВт до 100 МВт. Включение после-

довательной цепи с номинальным током 5 А непосредственное и через ТТ I/5 А и I/1 А; параллельной цепи на напряжение 127, 220 В непосредственное и через ТН U/100 и U/127 В,  $\cos\varphi = 1$ . Потребляемая последовательной цепью мощность 5 В·А, параллельной 10 В·А. Шкала 120 мм. Габаритные размеры 160x160x79 мм.

**3.1.6 Д305** - ваттметры и варметры щитовые трехфазные ферродинамические для измерения активной и реактивной мощности в цепях 50 Гц при равномерной и неравномерной нагрузке фаз. Кл. 1,5. Пределы измерения от 3 кВт (квар) до 800 МВт (Мвар). Включение последовательной цепи на 5 А непосредственно и через ТТ I/5 А, параллельной цепи на 127, 220 и 380 В непосредственно и через ТН U/100 В. Потребляемая мощность последовательной цепи 0,5 В·А, параллельной 2 В·А. Шкала 120 мм. Рабочее положение вертикальное. Габаритные размеры 160x160x77 мм.

**3.1.7 Д124** - ваттметры трехфазные двухэлементные переносные многопредельные ферродинамические с непосредственным отсчетом для измерения активной мощности в цепях переменного тока с частотой 50 Гц. Кл. 1,5. Пределы измерения мощности: 0,5-1-1,5-2-3 кВт при номинальном напряжении 125-250-375 В и номинальном токе 2,5-5 А. Шкала однорядная, с зеркальным отсчетом, длина 125 мм, 50 дел., рабочая часть 100 %. Время успокоения не более 3 с. Рабочее положение горизонтальное. Испытательное напряжение 2 кВ между электрическими цепями и корпусом и 0,6 кВ между последовательной и параллельной цепями. Габаритные размеры 286x215x132 мм. Потребляемая мощность последовательной цепи 5 В·А, параллельной 3 В·А (каждого элемента).

**3.1.8 Д391** - ваттметры электродинамические узкопрофильные, со световым отсчетом для измерения, сигнализации и регулирования активной мощности в однофазных сетях частотой 200 или 500 Гц. Модификации: А - указывающий, С - сигнализирующий, К - контактный трехпозиционный, КП - двухпозиционный с правым контактом, КЛ - двухпозиционный с левым контактом. Комплектуется с Р391. Установка на вертикальных пультах и щитах и под углом 15; 30; 45; 60 или 75°. Кл. 2,5. Погрешность контактного устройства  $\pm 3,5$  %. Включение непосредственное на 127, 220, 380 В и ток 5 А и через ТН с вторичной обмоткой на 100 и 127 В и ТТ с вторичной обмоткой на 5 или 1 А. Габариты 160x30x226 мм.

## 3.2 Электродинамические фазометры

**3.2.1 Д5781** - фазометры однофазные переносные экранированные для измерения в однофазных цепях переменного тока частоты 50 Гц угла сдвига фаз и коэффициента мощности  $\cos\varphi$ . Кл. 0,5. Диапазон измерения: для угла сдвига фаз 0-90-180-270-360°; для  $\cos\varphi$  1-0-1-0-1. Номинальный ток 5 и 10 А; номинальное напряжение 100; 127; 220 В. Напряжение 100 В для включения через ТН. Собственное потребление последовательной цепи 5 В·А, параллельной цепи 8 В·А. Шкала неравномерная, двухстрочная. Длина шкалы для  $\varphi$  – 270 мм, для  $\cos\varphi$  – 240 мм. Указатель стрелочный, нитевидный. Успокоение подвижной части магнитно-индукционное. Габариты 230x280x140 мм.

**3.2.2 Д120** - фазометры трехфазные переносные ферродинамические с непосредственным отсчетом для измерения угла сдвига фаз и коэффициента мощности  $\cos\varphi$  в трехфазных цепях переменного тока с частотой 50 Гц. Пределы измерений: 0,9 (емк.)-1-0,2 (инд.). Номинальное напряжение 127-220-380 В, номинальный ток 5 А. Кл. 1,5. Габариты 286x215x132 мм.

## 3.3 Электродинамические частотомеры

**3.3.1 Д340** - частотомеры щитовые ферродинамические с непосредственным отсчетом для измерения частоты переменного тока. Применяются при монтаже электростанций, подстанций и других электросиловых установок стационарного типа. Кл. 1,0. Пределы измерений 45-55 Гц. Номинальное напряжение 127, 220, 380 В. Потребляемая мощность 12 В·А. Шкала 135 мм. Габариты 160x160x82 мм.

Вращающий момент подвижной части создается взаимодействием тока в рамке с магнитным потоком неподвижной катушки и зависит от амплитуды и фазы токов в рамке и неподвижной катушке. Неподвижная катушка включена в резонансный контур, настроенный на частоту, соответствующую среднему значению показаний прибора. При совпадении измеряемой частоты с резонансной вращающий момент равен нулю. Успокоение подвижной части магнитно-индукционное. Элементы резонансного контура могут быть заключены в отдельное устройство типа Р340.

**3.3.2. Д506** - частотомеры электродинамические переносные лабораторные с непосредственным отсчетом. Кл. 0,2. Технические данные частотомеров Д506 приведены в таблице 3.2, принципиальная электрическая схема на рис. 3.3. Потребляемая мощность 12 В·А. Измерительный механизм - ЭД логометр, заключенный в двойном магнитном экране. Успокоение подвижной системы магнитно-индукционное.

Таблица 3.2

Пределы измерений	Средняя частота	Цена деления	Номинальное напряжение
Гц	Гц	Гц	В
45 – 55	50	0,1	100 – 127 – 220
180 – 220	200	0,5	36 – 100 – 127 – 220
380 – 480	430	1,0	36 – 100 – 127 – 220
450 – 550	500	1,0	36 – 100 – 127 – 220
900 – 1100	1000	2,0	36 – 100 – 127 – 220
1350 – 1650	1500	5,0	36 – 100 – 127 – 220

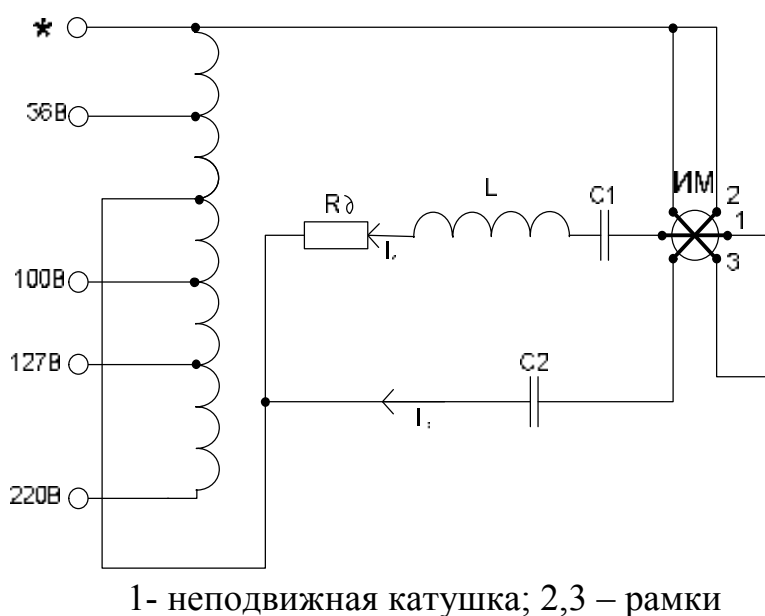


Рис. 3.3. Схема частотомера Д506

### 3.4 Электродинамические синхроскопы

Измерительным механизмом синхроскопа является синхронный двигатель с однофазным двухполюсным ротором и трехфазным статором. В цепи ротора установлен понижающий трансформатор.

**3.4.1 Д430** - синхроскопы ферродинамические, щитовые для определения момента синхронизации генераторов трехфазного тока частоты 50 Гц при включении их на параллельную работу. Номинальное напряжение 127 и 220 В. Основная погрешность  $\pm 3\%$ . Потребляемая мощность: в цепи ротора 3 В·А; в цепи статора 5,5 Вт при 127 В и 9,5 Вт при 220 В. На корпусе имеются 5 зажимов для подключения к сети и генератору. Габариты 186x186x105 мм.



## 4 Приборы электростатической системы

Основаны на взаимодействии электрически заряженных электродов. Они предназначены только для измерения напряжения. Электростатические (ЭС) вольтметры имеют важные достоинства: отсутствие собственного потребления мощности при измерении постоянного напряжения и очень малое потребление при измерении переменного напряжения; способность измерять высокие напряжения в цепях переменного тока без применения измерительных трансформаторов; широкий диапазон рабочих частот (от 0 до 40 МГц).

Точность ЭС вольтметров невелика. Основная погрешность их не ниже 0,5 %. Это объясняется тем, что вращающий момент по сравнению с моментом инерции подвижной системы очень мал, следовательно мал и коэффициент добротности. При малом вращающем моменте нельзя получить высокую чувствительность, поэтому ЭС вольтметры имеют порог чувствительности около 0,5 – 1 В.

Из внешних факторов наибольшее влияние оказывают электрические поля, которые наводят дополнительные заряды на электродах механизма, изменяя показания прибора. Для уменьшения этого влияния ЭС механизм помещают в экран, который заземляют.

**4.1.1 С75** - вольтметры щитовые однопредельные для измерения напряжения в сетях постоянного и переменного тока. Кл. 1,5. Пределы измерений: 300; 600; 1000; 1500; 2500; 3000 В. Включение непосредственное. Номинальная область частот: 20 Гц ... 3 МГц. Входное сопротивление постоянному току не менее  $10^{10}$  Ом. Рабочее положение вертикальное или горизонтальное. Длина шкалы 65 мм. Угол шкалы 90 градусов. Габаритные размеры 105x120x98 мм.

**4.1.2 С700М** - вольтметры щитовые однопредельные - для измерения напряжения в сетях постоянного и переменного тока. Кл. 1,0. Пределы измерения: 30; 50; 75; 100; 250; 300; 600 В. Включение непосредственное. Номинальная область частот 20 Гц ... 1 МГц. Входная емкость не более 30 пФ, входное сопротивление постоянному току не менее  $10^{10}$  Ом. Шкала неравномерная, односторонняя, длина 100 мм. Габаритные размеры 160x80x235 мм.

**4.1.3 С196** - киловольтметры лабораторные, переносные, трехпредельные, с непосредственным отсчетом для измерений напряжений в цепях постоянного и переменного тока промышленной и высокой частоты. Кл. 1,0. Пределы измерений: 7,5 - 15 - 30 кВ. Включение непосредственное. Номинальная область частот 20 Гц ... 14 МГц. Собственная резонансная частота не менее 100 МГц. Входная емкость не более 25 пФ. Шкала неравномерная, длина 145 мм. Отсчетное устройство - световой указатель. Габаритные размеры 280x645x239 мм. Схема прибора на рис. 4.1.

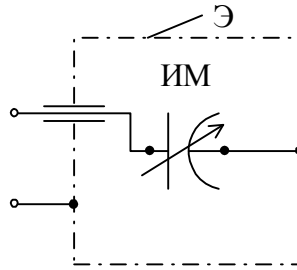


Рис. 4.1. Схема электростатического киловольтметра

Измерительный механизм прибора состоит из подвижного и неподвижного электродов, отделенных друг от друга изолятором из высокочастотной керамики.

Подвижный электрод соединен с электростатическим экраном Э, которым является корпус прибора. К электродам подводится измеряемое напряжение, под действием которого подвижный электрод поворачивается. Подвижная часть укреплена на растяжках, создающих противодействующий момент. На подвижной части установлено зеркальце, отражающее световой луч на шкалу. Успокоение магнитоиндукционное. Переход с одного предела измерения на другой осуществляется путем перестановки неподвижного электрода, вследствие чего изменяется расстояние между ним и подвижным электродом. С помощью специальной рукоятки осуществляется смена шкалы, по которой производится отсчет.

## 5 Приборы индукционной системы

Предназначаются для измерений только в цепях переменного тока. В отличие от приборов других систем индукционные приборы могут быть применены в цепях с одной определенной частотой, и незначительное изменение этой частоты от номинальной приводит к большим погрешностям. По этой причине амперметры и вольтметры индукционной системы не получили распространения. В настоящее время из числа индукционных приборов изготавливаются только счетчики электрической энергии для однофазных и трехфазных цепей переменного тока промышленной частоты.

Имеются следующие типы электрических счетчиков переменного тока: СО - активной энергии однофазные непосредственного включения или трансформаторного включения; СОУ - активной энергии однофазные трансформаторные универсальные; САЗ - активной энергии трехфазные непосредственного включения или трансформаторные трехпроводные; СА4 - то же, четырехпроводные; СРЗ - реактивной энергии трехфазные непосредственного включения или трансформаторные трехпроводные; СР4 - то же, четырехпроводные; САЗУ - счетчики активной энергии трехфазные трансформаторные универсальные трехпроводные; СА4У - то же, четырехпроводные; СРЗУ - счетчики реактивной энергии трехфазные трансформаторные универсальные трехпроводные; СР4У - то же, четырехпроводные;

В обозначениях типов счетчиков буквы и цифры означают: С - счетчик; А - активной энергии; Р - реактивной энергии; О - однофазный; 3 и 4 - для трех- или четырехпроводной сети; У - универсальный; И - индукционный; Ф - электронный; Д - с датчиком импульсов.

Трансформаторные счетчики предназначены для использования с измерительными трансформаторами, имеющими определенные, наперед заданные коэффициенты трансформации. Трансформаторные универсальные счетчики - для использования с измерительными трансформаторами, имеющими любые коэффициенты трансформации.

Классы точности. По точности учета счетчики активной энергии изготавливаются классов 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; счетчики реактивной энергии - классов 1,5; 2,0; 3,0. При этом нормирование пределов допускаемых погрешностей производится по относительной погрешности.

Чувствительность. Диск счетчика должен непрерывно вращаться при номинальном напряжении,  $\cos\varphi = 1$  (для счетчиков СР  $\sin\varphi = 1$ ) и токе, не превышающем 0,4 % номинального - для счетчиков класса точности 0,5; 0,5 % номинального - для счетчиков классов точности 1,0; 1,5 и 2,0; 1 % номинального - для счетчиков классов 2,5; 3,0.

Самоход. Диск счетчика не должен совершать более одного полного оборота при отсутствии тока в последовательной цепи и при любом напряжении от 80 до 110 % номинального.

## 5.1 Однофазные счетчики активной энергии

**5.1.1 СО-И445Т** - счетчики киловатт-часов для учета электрической энергии переменного тока номинальной частоты 50 или 60 Гц. Прибор эксплуатируется при температуре от  $-10$  до  $+55$  °С и относительной влажности до 95 %. Кл. 2,0. Номинальное напряжение 110, 127, 220, 230, 250 В. Номинальный ток 2,5; 5; 30 и 20 А. Номинальная частота вращения диска 0,275 об/с (16,5 об/мин). Чувствительность по току 0,5 % номинального. Рабочая область изменения тока 5-400 % номинального. Потребляемая в параллельной цепи мощность 1,5 Вт. Габаритные размеры 180x130x125 мм.

**5.1.2 СО-И446** - счетчики киловатт-часов. Кл. 2,0. Относительная погрешность  $\pm 2,5$  %, при  $\cos\varphi = 1$ ,  $\cos\varphi = 0,5$  и токах до 50 % номинального; 2,0 % при  $\cos\varphi = 1$ ,  $\cos\varphi = 0,5$  и токах от 50 до 300 % номинального. Номинальный ток 5 и 10 А. Номинальное напряжение 110; 127; 220; 230; 250 В. Габаритные размеры 217x135x115 мм. Межповерочный срок работы 8 лет.

**5.1.3 СО-И449** - счетчик киловатт-часов для учета электрической энергии переменного тока номинальной частоты 50 или 60 Гц. Кл. 2,0. Номинальное значение токов: 2,5; 5; 10; 15; 20 А для счетчиков, имеющих максимальные рабочие токи 300 и 400 % от номинального; 2,5; 5; 10 А - для приборов, имеющих максимальные рабочие токи 500 и 600 % от номинального. Номинальное напряжение 110; 120; 127; 220; 230; 250; 380 В. Номинальная частота вращения диска 0,135 об/с (8,1 об/мин). Чувствительность по току 0,5 % номинального. Мощность, потребляемая параллельной обмоткой при номинальном напряжении, не более 1,5 Вт. Габаритные размеры 250x220x96 мм. Схемы включения однофазных счетчиков в сеть показаны на рис. 5.1 и 5.2.

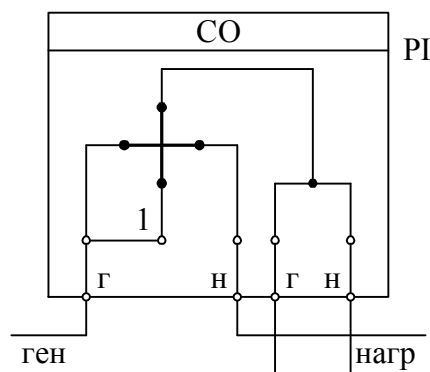


Рис. 5.1. Схема включения однофазного счетчика

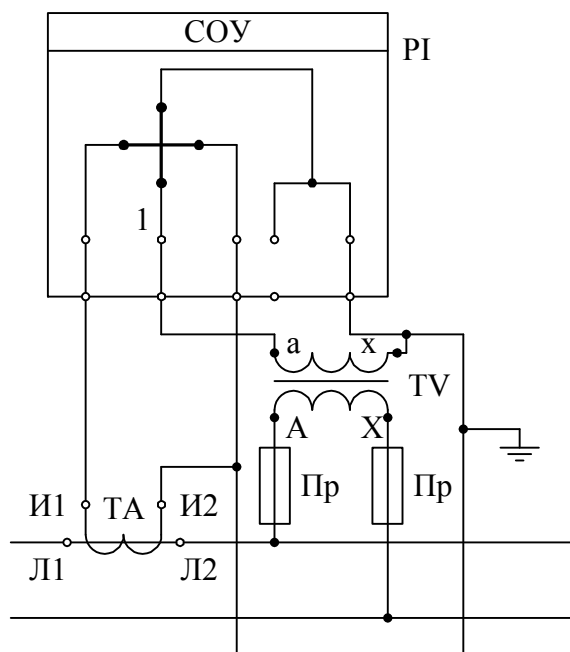


Рис. 5.2. Схема включения трансформаторного универсального счетчика

## 5.2 Трехфазные счетчики активной энергии

**5.2.1 СА3-И670, СА3У-И670** - счетчики киловатт-часов двухэлементные для учета активной энергии переменного тока в трехпроводных цепях. Номинальная частота 50 Гц. Кл. 2,0. Счетчик используется при температуре окружающего воздуха от 0 до 40 °С и относительной влажности воздуха до 80 % и при температуре окружающего воздуха от -10 до +40 °С и относительной влажности до 98 % (тропическое исполнение). Основные технические характеристики приведены в таблице 5.1.

Включение прибора непосредственное и через измерительные трансформаторы представлено соответственно на рис. 5.3, 5.4 и 5.5.

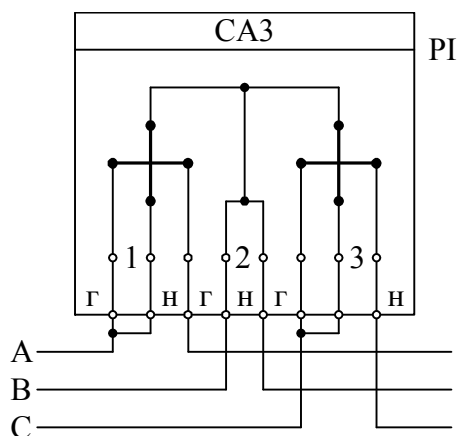


Рис. 5.3. Схема включения счетчика типа СА3

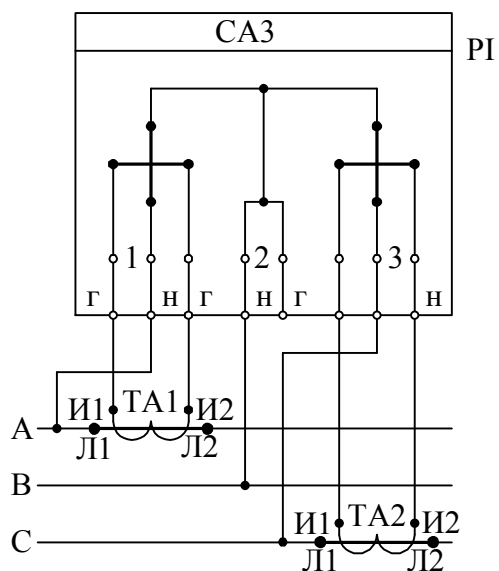


Рис. 5.4. Схема включения счетчика типа СА3 с трансформаторами тока

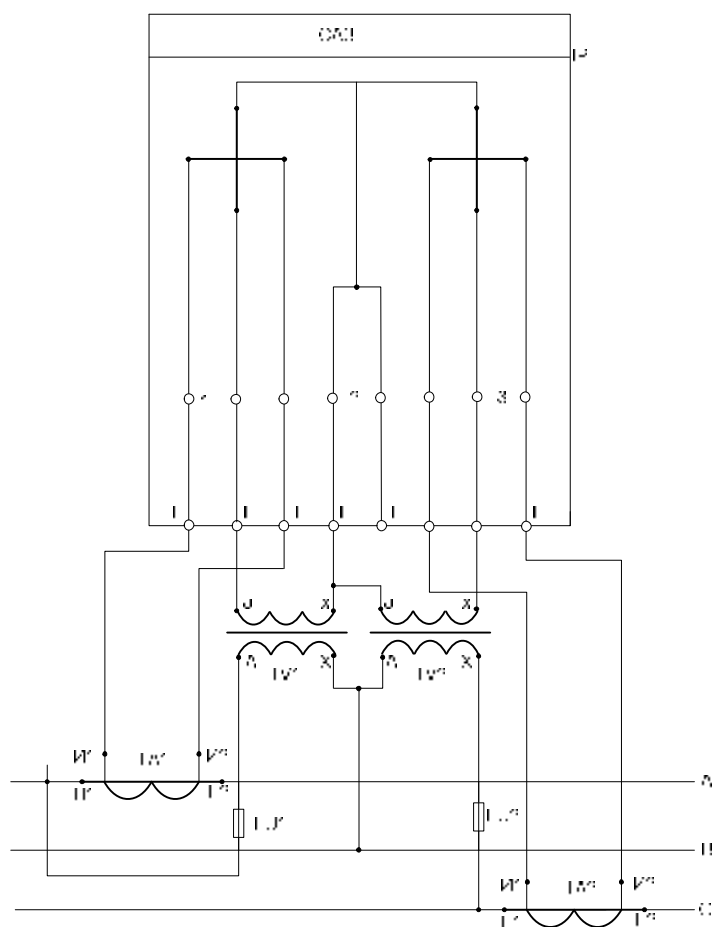


Рис. 5.5. Схема включения счетчика типа СА3 с трансформаторами тока и напряжения

Таблица 5.1

Тип прибора	Номинальный первичный ток, А	Номинальное первичное линейное напряжение, В	Включение прибора
САЗ – И670 САЗ – И 670М	5, 10	127, 220, 380	Непосредственное. Рисунок 5.3.
	5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000	380, 500, 660, 3000, 6000, 10000, 350000	Через трансформатор тока (I/5 А) и напряжения (U/100 В), рисунок 5.5.
	10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000	127, 220, 380	Через трансформатор тока (I/5 А), рисунок 5.4.
САЗУ – И670 САЗУ – И670	1,5	100, 127, 220, 380	Через любые ТТ и ТН

Рабочая область изменения тока 5...120 % номинального. Чувствительность по току 0,5 % номинального. Потребляемая мощность при номинальных токе и напряжении: параллельной цепи - 5,7 Вт; последовательной цепи - 2,5 Вт. Габаритные размеры 283x173x127 мм.

**5.2.2 СА4-И675 и СА4У-И675Т** - счетчики киловатт-часов трехэлементные для учета активной энергии переменного тока в трехфазных трехпроводных и четырехпроводных сетях. Номинальная частота 50 Гц. Кл. 1,0. Номинальные напряжения 220 и 380 В. Номинальные токи: 5 и 10 А - включение непосредственное; 20, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 А - включение через трансформаторы тока с вторичным током 5 А; 5 А - включение универсальное через трансформаторы тока и напряжения (СА4У-И675Т). Диапазон учитываемых токов 5...150 % от номинального. Порог чувствительности 0,5 % от номинального тока. Потребляемая каждой параллельной цепью мощность 3 Вт. Габаритные размеры 340x188x126 мм.

### 5.3 Трехфазные счетчики реактивной энергии

**5.3.1 СР4-И679** - счетчики квар.ч трехэлементные для учета реактивной энергии переменного тока в трех- и четырехпроводных цепях. Номинальная частота 50 Гц. Кл. 3,0. Номинальные токи 20, 30, 50 А при непосредственном включении (рис. 5.6). Номинальные линейные напряжения при включении в трехпроводную сеть - 127, 220 и 380 В; в четырехпроводную сеть - 220 и 380 В. Габаритные размеры 294x165x121 мм.

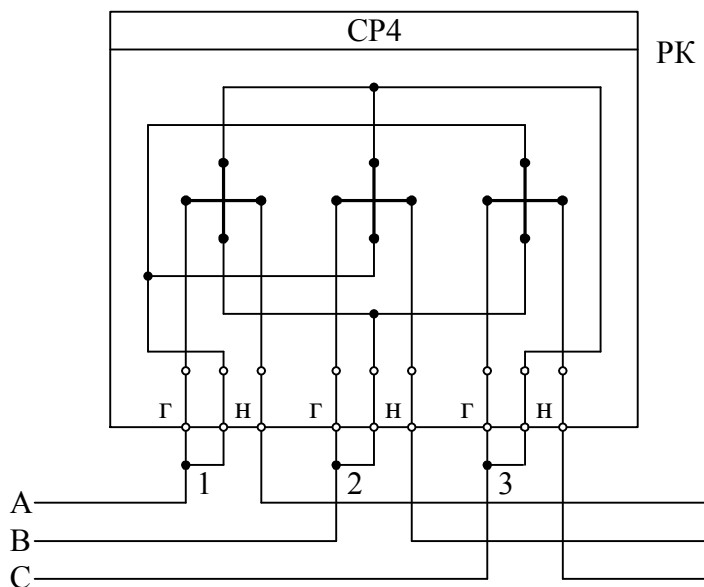


Рис.5.6. Схема включения счетчика типа СР4  
в трехфазную трехпроводную цепь

**5.3.2 СР4У-И673М** - счетчики квар-ч трехэлементные для учета реактивной энергии переменного тока в трех- и четырехпроводных сетях. Номинальная частота 50 Гц. Кл. 2,0 - для счетчиков, включаемых через трансформатор, и 3,0 - для непосредственного включения. Номинальные токи 1 и 5 А при включении в трехпроводную сеть и 5 А при включении в четырехпроводную сеть. Номинальные линейные напряжения 100, 220, 380 В при включении в трехпроводную сеть и 220, 380 В при включении в четырехпроводную сеть. Включение счетчика – через любые измерительные трансформаторы тока и напряжения. Габаритные размеры 282x173x127 мм. Масса 3,7 кг (тропическое исполнение) и 3,2 кг (обычное исполнение).



## 6 Измерительные комплекты

**6.1 K50** - измерительные комплекты переменного тока для измерения тока, напряжения и мощности в одно- и трехфазных трех- и четырехпроводных цепях. В корпусе смонтированы амперметр и вольтметр типа Э59К, ваттметр типа Д539К, измерительный ТТ, резисторы, фазоуказатель, и пять переключателей. Кл. 0,5. Пределы измерения: тока до 600 А, напряжения до 600 В.. мощности до 360 кВт (для одной фазы) при  $\cos\varphi = 1$ . Номинальный частотный диапазон 45-65 Гц, расширенный до 1500 Гц. Габариты 510x335x170 мм, масса 12,2 кг.

**6.2 K505** - измерительные комплекты, предназначенные для измерения тока, напряжения и мощности в однофазных и трехфазных трехпроводных и четырехпроводных сетях переменного тока при равномерной и неравномерной нагрузке фаз. Кл. 0,5. Пределы измерения тока 0, 5; 1; 2,5; 5; 10; 15; 30; 100; 150; 200; 300; 600 А. От 0,5 до 10 А - включение непосредственное, от 15 до 600 А - с трансформатором тока типа УТТ-5М. Пределы измерения напряжения: 30, 75, 150, 300, 450, 600 В. При этом пределы измерения мощности от 0,015 до 360 кВт. При измерении в трехфазных трехпроводных и четырехпроводных сетях комплект обеспечивает поочередное измерение напряжения, тока и мощности каждой фазы. Суммарная мощность в трехфазной сети определяется путем суммирования измеренных мощностей в каждой фазе. Встроенный фазоуказатель выполнен в виде асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Последовательность фаз определяется по направлению вращения диска фазоуказателя. Номинальный коэффициент мощности для ваттметра равен единице. Номинальная область частот комплекта 40-65 Гц. Расширенная область частот 65-400 Гц - на пределе 75 В; 65-500 Гц - на пределах 150, 300, 450, 600 В. В комплект входят приборы: амперметр типа Э514, вольтметр типа Э515, ваттметр типа Д5004 со встроенным ТТ до 10 А и с добавочным резистором, фазоуказатель. Габариты 505x330x190 мм, масса 15 кг.

## 7 Самопишущие приборы

**7.1 Н392** - амперметры, миллиамперметры, вольтметры, милливольтметры однопредельные, самопишущие, щитовые, магнитоэлектрические для измерения и непрерывной записи тока и напряжения в цепях постоянного тока. Кл. 1, 5. Погрешность регистрации времени 0,5 %. Пределы измерения: миллиамперметров: 1; 2; 5; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 300 мА (включение непосредственное); амперметров: 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 15; 20; 30 А (включение непосредственное); 50; 75; 100; 150; 300; 500; 750 А; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 7,5 кА (включение с наружным шунтом 75 мВ); 7,5; 10; 15; 20; 25; 35; 50; 70 кА (с трансформатором постоянного тока И58); милливольтметров: 75; 150 мВ; вольтметров: 1,5; 3; 5; 7,5; 15; 30; 50; 75; 150; 250; 300; 500; 600; 1000 В (включение непосредственное). Время успокоения подвижной части прибора не более 2 с. Запись чернилами в криволинейных координатах с шириной рабочей части диаграммы 100 мм. Скорость движения диаграммной ленты 20; 60; 180; 600; 1800; 5400 мм/час (устанавливается путем смены пары шестерен). Длина шкалы 100 мм. Прибор состоит из измерительного и лентопротяжного механизмов, синхронного двигателя, от счетчика времени. Питание двигателя от сети переменного тока напряжением 127 В или 220 В, частота 50 Гц. Габаритные размеры 160x172x270 мм.

**7.2 Н394** - миллиамперметры, амперметры и вольтметры самопишущие, щитовые, выпрямительные, однопредельные для измерения и непрерывной записи тока и напряжения в сетях переменного тока частоты от 45 до 10000 Гц. Кл. 2, 5. Пределы измерения: миллиамперметров: 5; 15; 25; 50; 150; 250; 500 мА; амперметров: 1; 1,5; 2,5; 5 А; вольтметров: 5; 15; 25; 50; 150; 250; 500 В. Запись чернилами в криволинейных координатах. Ширина рабочей части диаграммы 100 мм. Скорость движения диаграммной ленты 20, 60, 180, 600, 1800 и 5400 мм/час. Длина диаграммной ленты не менее 15 метров. Длина шкалы 100 мм. Прибор состоит из измерительного и лентопротяжного механизмов, синхронного двигателя, отметчика времени. Погрешность регистрации времени  $\pm 0,5$  %. Питание двигателя от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В, частота 50 Гц. Габаритные размеры 160x172x360 мм.

**7.3 Н395** - ваттметры и варметры трехфазные самопишущие ферродинамические щитовые для измерения и непрерывной записи активной и реактивной мощности в цепях трехфазного тока без нейтрального провода с неравномерной нагрузкой фаз при частоте тока 50 Гц. Кл. 1, 5. Пределы измерений (в ваттах или варах) устанавливаются как произведение номинальных значений тока, напряжения и  $\cos\varphi$  ( $\sin\varphi$ ) с округлением до ближайшего целого числа  $P$  из ряда  $P = a \cdot 10^n$ , где  $a = 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; n = -1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10$ . Приборы выпускаются на номинальные токи 5 А и напряжения 127, 220, 380 В - для непосредственного включения; с вторичным напряжением 100 В - для включения через ТН; с вторичным током 1 или 5 А - для включения через ТТ. Номинальный коэффициент мощности  $\cos\varphi = 1$  (для варметров  $\sin\varphi = 0,8$ ). Мощность, потребляемая последовательной цепью

прибора, предназначенного для включения через измерительный ТТ (при номинальном токе и частоте 50 Гц) и параллельной цепью прибора, предназначенного для включения через измерительный ТН, - не более 10 В·А. Длина шкалы 100 мм. Запись чернилами в криволинейных координатах с шириной рабочей части диаграммы 100 мм. Скорость движения диаграммной ленты 20; 60; 180; 600; 1800; 5400 мм/ч. Длина диаграммной ленты не менее 15 м. Погрешность регистрации времени  $\pm 0,5$  %. Привод - синхронный двигатель 127 или 220 В, частота 50 Гц. Потребляемая мощность двигателя 4 В·А. Габаритные размеры 160x172x360 мм.

**7.4 Н33** - частотомеры самопишущие щитовые выпрямительные для измерения и записи частоты в расширенном масштабе времени в периоды аварийных режимов и в сжатом масштабе во время предаварийных и нормальных режимов в энергосистемах. Напряжение 100 и 220 В. Кл. 2,5 с пределами измерения 45...55 Гц и кл. 4,0 с пределами измерения 48...52 Гц. Время успокоения 1 с. Запись чернилами в криволинейных координатах с шириной диаграммы 84 мм. По краям диаграммы два отметчика времени. Погрешность регистрации времени  $\pm 0,5$  %. Скорость диаграммы при нормальном режиме 60 мм/ч, при аварийном - 10 мм/с. Длительность аварийного цикла 12 с. Привод - синхронный двигатель. Питание от сети с напряжением 220 В, 50 Гц. Габаритные размеры 160x160x345 мм.

**7.5 Н117/1** - осциллографы светолучевые (шлейфовые) для одновременной регистрации световым лучом на фотоленте до 18 изменяющихся во времени электрических (тока, напряжения) величин. Осциллографирование производится на фотобумагу УФ, не требующую химического проявления, или на киноплёнку с химическим проявлением. Ширина фотоленты 35, 60, 100, 120 мм. Емкость кассеты 25 м. Скорость движения фотоленты 0, 5; 1; 1,5; 5; 10; 25; 50; 100; 250; 500; 1000; 2500; 5000; 10000 мм/с. В осциллографе применяются гальванометры типов М010, М014, М017, М1005. Линии отметок времени наносятся через 2; 0,2; 0,02; 0,002 с по всей ширине фотоленты. В осциллографе предусмотрено полное дистанционное управление работой прибора, контроль за движением фотоленты в кассете, автоматическое включение и выключение исследуемой цепи. Источником света является ртутная лампа сверхвысокой яркости ДРШ100-2, лампа накаливания ОП6, 8-11,5 и лампа накаливания ОП7-0,5. Предельная скорость записи 2000 мм/с - с ртутной лампой на фотобумаге УФ; 180 мм/с - с лампой накаливания ОП6, 8-11,5 на фотобумаге с чувствительностью 1000 единиц. Продольное графление фотоленты производится через 2 мм, каждая пятая линия имеет увеличенную толщину. Питание осциллографа от сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность 450 Вт - при работе с ртутной лампой, 250 Вт - при работе с лампой накаливания. Габариты 528x280x313 мм, масса с кассетой 33 кг.

**7.6 Н145** - осциллографы светолучевые (шлейфовые) для одновременной многоканальной регистрации изменяющихся во времени электрических и неэлектрических величин, преобразованных в электрические. Число каналов 24. Ширина фотоленты 120 и 200 мм; длина 50 м. Скорость движения фото-

ленты 1, 2, 4, 10, 20, 40, 50, 100, 200, 500, 1000, 20000 мм/с. Допустимые отклонения скорости от номинального значения не более  $\pm 0,5\%$ . Отметки времени наносятся на всю ширину фотоленты с интервалами 10; 1; 0,1; 0,01 с. Погрешность отметчика  $\pm 1\%$ . В приборе применяются осциллографические гальванометры типов М010; М014; М017; М1005; М1007. В осциллографе предусмотрены ограничитель времени регистрации в пределах от 0,5 до 90 с; продольное графление фотоленты (линии через 2 мм, каждая пятая имеет увеличенную толщину); прерыватель линии записи; управление внешней цепью; нанесение отметок времени от внешнего генератора сигналов времени; дистанционное управление съемкой; дистанционный контроль тока ртутной лампы и уменьшения запаса фотоленты до 3 - 5 м. Источник света - ртутная лампа ДРШ100-2. Предельная скорость записи 2000 мм/с. Питание от сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность 600 В·А. Габариты 205x267x390 мм, масса 17 кг.

**7.7 М010, М015, М017** - осциллографические магнитоэлектрические гальванометры с подвижной рамкой для регистрации световым лучом изменяющихся во времени электрических сигналов в светолучевых осциллографах с оптическим рычагом 300 мм. По исполнению являются гальванометрами - вставками рамочного типа с жидкостным или магнитоиндукционным успокоителем. Основные технические характеристики гальванометров приведены в таблице 7.1. Ширина светового пятна и нулевой линии не более 0,8 мм. Габаритные размеры 66x9x7,5 мм; номинальный установочный диаметр – 6 мм; масса 10 г.

Таблица 7.1

Тип и мо- дификация	Частота собствен- ных коле- баний, Гц	Рабочая полоса частот, Гц	Чувстви- тельность к току, мм/мА	Сопротивление, Ом		Макси- мальный рабочий ток, мА
				внут- реннее	внеш- нее	
с магнитоиндукционным успокоителем						
М010-20	20	0-12	60000	150	3500	0,007
М010-40	40	0-24	14000	150	1800	0,027
М010-80	80	0-48	7000	70	500	0,08
М017-150	150	0-115	4000	45	150	0,1
М017-300	300	0-225	810	30	70	0,4
М017-400	400	0-300	450	30	45	1
с жидкостным успокоителем						
М014-1200	1200	0-750	30	21	120	10
М014-2500	2500	0-1600	6	21	100	50
М014-3500	3500	0-2200	2,5	21	50	85
М014-7000	7000	0-5000	0,7	23	любое	90
М014-10000	10000	0-7000	0,6	18	любое	90

## 8 Измерительные преобразователи

### 8.1 Шунты, добавочные резисторы и делители напряжения

**8.1.1 ШС75 и ШС75М** - шунты стационарные измерительные взаимозаменяемые для расширения пределов измерений, показывающих и регистрирующих приборов постоянного тока. Основная погрешность составляет  $\pm 0,5$  % номинального сопротивления. Кл. 0,5. Изменение сопротивления шунтов, вызванное отклонением температуры на каждые 10 К, не превышает  $\pm 0,1$  %. Номинальное падение напряжения на шунте 75 мВ. Номинальный ток и номинальное сопротивление для шунта ШС75: 5 А/15000 мкОм; 10/7500; 20/3750; 30/2500, 50/1500; для шунта ШСМ75: 75/100; 100/750; 150/500; 200/375; 300/250; 500/150; 750/100; 1000/75; 1500/50; 2000/37,5; 3000/25; 4000/18,75; 5000/15; 6000/12,5; 7500/10.

**8.1.2 ШС100** - шунты стационарные измерительные взаимозаменяемые для расширения пределов измерения показывающих и регистрирующих амперметров постоянного тока. Кл. 0,5. Номинальное падение напряжения на шунте 100 мВ. Номинальный ток и номинальное сопротивление: 2000 А/50 мкОм; 3000/33,33; 4000/25; 5000/20; 6000/16,67. Допускаемое изменение сопротивления шунта, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой (в диапазоне от -30 до 40 °С), составляет  $\pm 0,1$  % на каждые 10 °С.

**8.1.3 ШС150** - шунты стационарные измерительные взаимозаменяемые для расширения пределов измерения амперметров постоянного тока. Кл. 0,5. Номинальное падение напряжения на шунте 150 мВ. Номинальный ток и номинальное сопротивление: 150 А/100 мкОм; 300/500; 750/200; 1500/100; 2000/75; 3000/50. Допускаемое изменение сопротивления шунта, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от номинальной до любой (в диапазоне от -40 до + 50 °С), составляет  $\pm 0,1$  % на каждые 10 °С.

**8.1.4 Р130М** - добавочные взаимозаменяемые щитовые резисторы для расширения пределов измерений электроизмерительных приборов постоянного тока. Номинальные токи 3; 5 и 7,5 А; номинальные напряжения 600; 1000; 1500; 3000 В. Основная погрешность  $\delta_0 = \pm 0,5$  % от номинального значения сопротивления при любом токе, не превышающем номинальный, в диапазоне температур от 10 до 35 °С. Кл. 0,5. Дополнительная погрешность от изменения температуры от номинальной не более  $0,5 \delta_0$  на каждые 10 °С.

**8.1.5 Р342** - делители напряжения для расширения пределов измерения потенциометров постоянного тока до 200 В. Коэффициенты деления делителя 1:1; 1:10; 1:100. Соответствующие этим коэффициентам максимальные значения входного напряжения 2; 20 и 200 В. Кл. 0,0005. Изменение погрешности коэффициента деления при отклонении температуры окружающего воздуха в диапазоне от 15 до 35 °С не превышает значение класса точности на



каждые 5 °С. Полное входное сопротивление делителя  $100 \pm 1$  кОм. Габаритные размеры 480x360x160 мм. Масса 12 кг.

**8.1.6 Р313** – делители напряжения для расширения пределов измерения потенциометров постоянного тока. Верхний предел измерения 1000 В. Коэффициенты делителя 1:10; 1:100; 1:1000. Погрешность коэффициента деления не превышает  $\pm 0,001$  % при измерении напряжения до 600 В и  $\pm 0,005$  % при измерении напряжения от 600 В до 1000 В. Габаритные размеры 470x310x225 мм.

## 8.2 Измерительные трансформаторы

**8.2.1 УТТ5М** – универсальные переносные лабораторные многопредельные измерительные трансформаторы тока для включения с измерительными приборами при точных лабораторных измерениях различных параметров в цепях переменного тока с напряжением, не превышающим 500 В и частотой 50 Гц. Они также могут применяться в качестве эталонных в цепях поверки рабочих ТТ. Номинальные первичные токи 15; 50; 100; 150; 200; 300; 600 А. Номинальный вторичный ток 5 А. Номинальная вторичная нагрузка 0,2 Ом при  $\cos \phi$  от 0,8 до 1. Номинальное число витков трансформатора 600. Кл. 0,2. Относительная погрешность трансформатора тока  $\pm 0,2$  %, угловая, в минутах,  $\pm 10$ . Корпус трансформатора прямоугольной формы с проходным отверстием в центре. На лицевую сторону корпуса выведены зажимы для включения трансформатора в электрическую цепь и для подключения к нему измерительных приборов. Постоянную первичную обмотку трансформатор имеет только на два предела измерения 15 и 50 А. На остальные пределы измерения первичная обмотка создается путем навивки через центральное отверстие корпуса определенного, указанного на табличке трансформатора, количества витков провода надлежащего сечения: 100 А – 6 витков; 150 А – 4 витка; 200 А – 3 витка; 300 А – 2 витка; 600 А – 1 виток.

**8.2.2 УТТ6** – универсальные переносные лабораторные многопредельные трансформаторы тока для включения с измерительными приборами при точных лабораторных измерениях различных параметров в цепях переменного тока с напряжением, не превышающим 500 В, частотой 50 Гц. Номинальные первичные токи 100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 1000, 1500, 2000 А. Соответственно число витков первичной обмотки 12, 8, 6, 4, 2, 2, 1, 1 виток. Номинальная вторичная нагрузка 0,4 Ом. Кл. 0,2. Электрическая схема ТТ УТТ6 приведена на рис. 8.1.

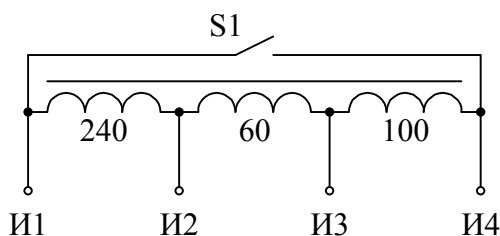


Рис. 8.1. Схема трансформатора тока УТТ6

Конструктивно ТТ выполнен в прямоугольном корпусе с проходным отверстием в центре. Магнитопровод трансформатора состоит из двух кольцеобразных сердечников, изготовленных из листового пермаллоя. Вторичная обмотка равномерно размещена на обоих сердечниках. Первичная обмотка изготавливается путем навивки через центральное отверстие корпуса определенного количества витков провода надлежащего сечения. На верхней части корпуса расположены четыре зажима (И1, И2, И3, И4) вторичной обмотки и переключатель SA, предназначенный для закорачивания вторичной обмотки. Вторичная обмотка имеет отводы на 1200, 1500, и 2000 ампер-витков.

**8.2.3 И523** – трансформаторы тока для лабораторных измерений. Используются в качестве эталонных в цепях переменного тока для проверки рабочих ТТ. Кл. 0,1. Частота 50 Гц. Номинальные первичные токи: 4000, 5000, 6000, 8000, 10000 А. Вторичный ток 5 А, напряжение 500 В. В. Номинальная нагрузка 0,6 Ом при  $\cos\varphi = 0,8 \dots 1$ . Диаметр центрального отверстия трансформатора для шинопровода 190 мм. Габаритные размеры 480x450x210 мм.

**8.2.4 И54** – трансформаторы тока многопредельные для лабораторных измерений тока, мощности и электрической энергии в однофазных цепях переменного тока частотой 50...2400 Гц, а так же в качестве эталонных в цепях проверки рабочих ТТ. Электрическая схема – на рис. 8.2. Кл. 0,2 при 50...1000 Гц и Кл. 0,5 при 1000...2400 Гц. Номинальный первичный ток 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 А. Вторичный – 5 А. Напряжение 500 В. Сопротивление вторичной цепи 0,4 Ом при  $\cos\varphi = 0,8 \dots 1$ . Относительная погрешность ТТ не более  $\pm 0,2 \%$ , угловая погрешность, в минутах, не более  $\pm 10$ . Габаритные размеры 185x125x235 мм.

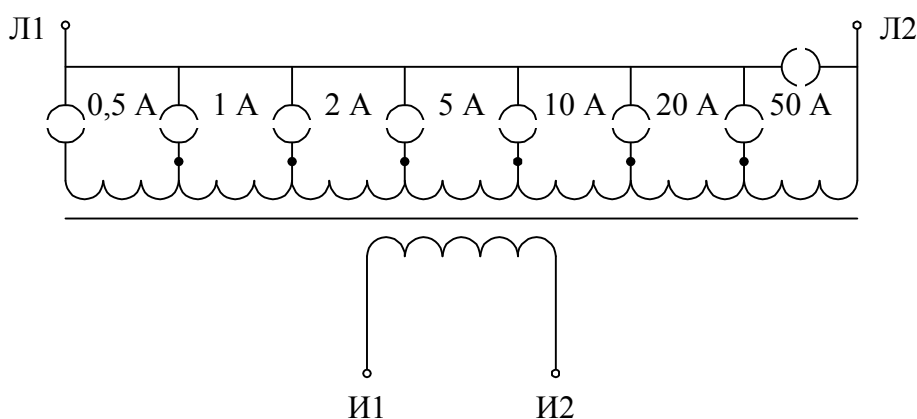


Рис. 8.2. Схема трансформатора тока И54

**8.2.5 УТН1** - трансформаторы напряжения универсальные переносные лабораторные многопредельные однофазные для измерения напряжения, мощности и электрической энергии в цепях переменного тока и для проверки рабочих ТН. Электрическая схема на рис. 8.3. Кл. 0,2. Номинальные первичные напряжения 500; 380;  $380/\sqrt{3}$  В. Номинальные вторичные напряжения 100;  $100/\sqrt{3}$ ; 100/3 В. Номинальная частота  $50 \pm 0,5$  Гц. Номинальная мощность вто-

ричной обмотки соответственно значениям вторичного напряжения: 15; 10; 5 В·А при  $\cos\varphi = 0,8 \dots 1$ . Относительная погрешность  $\pm 0,2\%$ , угловая, в минутах  $\pm 10$ . Габаритные размеры 305x185x310 мм. Масса 23 кг.

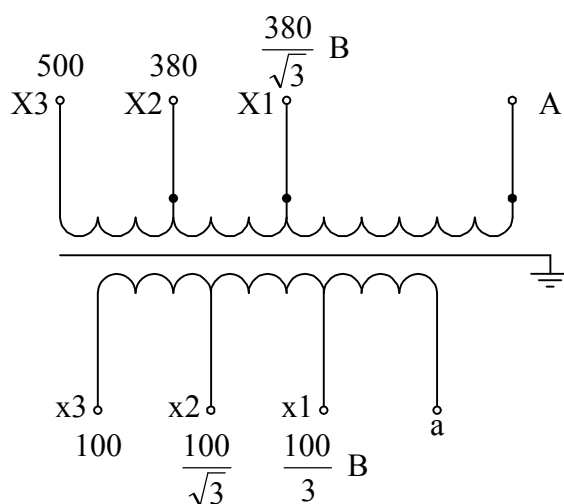


Рис. 8.3. Схема трансформатора напряжения УТН1

**8.2.6 И50** - трансформаторы напряжения лабораторные многопредельные маслonaполненные для поверки рабочих ТН. Электрические схемы представлены на рис. 8.4, 8.5. Кл. 0,2, Номинальная частота 50 Гц. Номинальное напряжение первичной обмотки: 3000, 6000, 10000, 15000 В; вторичной 100 и  $100/\sqrt{3}$  В. Относительная погрешность трансформатора напряжения  $\pm 0,2\%$ , угловая погрешность  $\pm 10$ . Номинальная мощность при вторичном напряжении 100 В равна 15 В·А и при  $100/\sqrt{3}$  В - 10 В·А при  $\cos\varphi = 0,8 \dots 1$ . Испытательное напряжение изоляции между токоведущими частями и корпусом 55 кВ. Габариты 400x490x550 мм. Масса 80 кг.

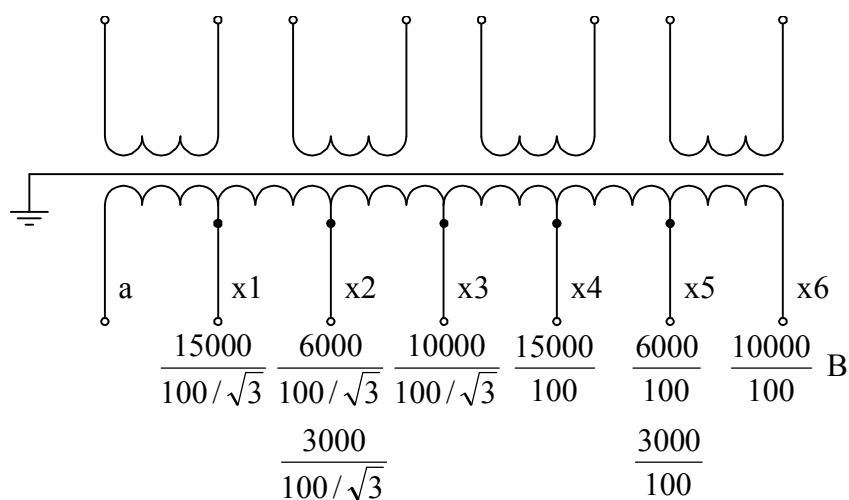


Рис. 8.4. Секции первичной обмотки ТН И50



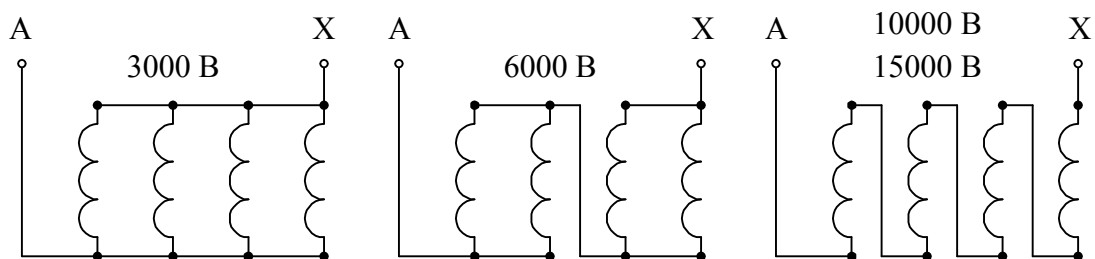


Рис. 8.5. Схемы переключений секций первичной обмотки ТН И50

**8.2.7. И510** - трансформаторы напряжения лабораторные многопредельные маслonaполненные для поверки рабочих ТН. Кл. 0,1 при 50 Гц. Номинальное напряжение первичной обмотки : 3000, 6000, 10000, 15000 В; вторичной обмотка  $100/\sqrt{3}$ ; 100; 150 В. Номинальная мощность нагрузки при вторичном напряжении  $100/\sqrt{3}$  равна 10 В·А; при 100 В - 15 В·А; при 150 В – 15 В·А.  $\cos\phi = 0,8...1$ . Габаритные размеры 410x490x500 мм. Масса. 100 кг.

## **9 Установки для поверки электроизмерительных приборов**

**9.1 У-355** установки потенциометрические поверочные постоянного тока на базе полуавтоматического потенциометра Р355. Оснащены приборами и эталонными мерами для поверки амперметров от 0,3 мкА до 30 А, вольтметров от 0,6 мВ до 600 В, ваттметров по току от 10 мА до 10 А и по напряжению от 75 мВ до 600 В; для измерения тока до 30 А, напряжения до 600 В, сопротивлений от  $10^{-3}$  до  $10^5$  Ом. В комплекте делитель напряжения Р356, Кл. 0,005; шунт Р357, Кл. 0,005; эталонные катушки сопротивлений, Кл. 0,01; нормальный элемент, Кл. 0,005; стабилизаторы тока и напряжения и вспомогательные принадлежности. Питание от однофазной сети 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 1000 В·А. Температурный диапазон от +15 до +30 °С, допустимая влажность до 80 %. Габаритные размеры 1550х1300х900 мм. Масса 300 кг.

## 10 Информационно-измерительные системы и измерительно-вычислительные комплексы

**10.1 К200** - Информационно-измерительные системы (ИИС) предназначены для сбора, преобразования, первичной обработки и регистрации информации, представленной в виде постоянного напряжения. Система выполняет следующие функции:

- 1) коммутирование аналоговых электрических сигналов;
- 2) измерение постоянного напряжения в диапазонах 0...1000 В с пределами 0,1-1-10-100-1000 В и преобразование в цифровой код постоянного напряжения;
- 3) регистрацию результатов измерений с помощью пишущей машины ЭУМ-23 или ленточного перфоратора ПЛ-150 (рис. 10.1).

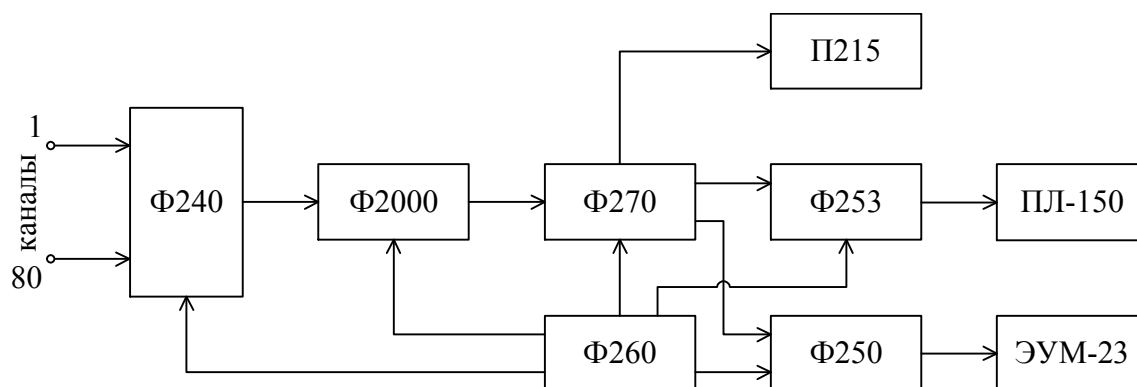


Рис. 10.1. Структурная схема ИИС К200

- 4) программирование режима измерений и выдачу информации о текущем времени;
- 5) сравнение результатов измерений с заданным значением в цифровом коде.

Погрешность измерений ИИС определяется погрешностью применяемого цифрового вольтметра. Режимы работы: циклический непрерывный, циклический разовый, адресный. Время непрерывной работы не менее 24 ч. Структурная схема ИИС К200 на рис. 10.1, где Ф240 - коммутатор, Ф2000 - цифровой вольтметр, Ф270 - усилитель-согласователь, Ф260 - устройство сигналов времени, Ф250 - транскриптор, Ф253 - блок управления, П215 - дискриминатор.

Существует 12 разновидностей ИИС, которые представляют собой три типовые структуры:

- 1) измерительная система на 80 каналов с индикацией и регистрацией результатов измерений;
- 2) контрольно-измерительная система, кроме функций первой системы, осуществляет по 40 каналам автоматическое сравнение результатов измерений с двумя уставками;

3) предназначена только для коммутации сигналов и выдачи их на регистрацию или на ввод в ЭВМ.

Питание ИИС от сети 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 120 Вт. Габаритные размеры 480х390х560 мм. Масса 43 кг.

**10.2 ИИСЭ1-48** - ИИС предназначены для расчетов за электроэнергию на промпредприятиях, транспорте и сельскохозяйственных объектах по двухставочному тарифу с основной ставкой за заявочную получасовую совмещенную мощность в часы максимума нагрузки энергосистемы, а также для тарифных расчетов по многостаночным позонным тарифам. Система осуществляет:

1) сбор информации о получаемой или потребляемой предприятием активной и реактивной электроэнергии в дневное время, в ночное время, а также в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузки энергосистемы;

2) определение текущего значения совмещенной получасовой мощности, потребляемой предприятием в часы максимума нагрузки энергосистемы, и хранение максимальных значений, получаемых за месяц, квартал, а также предыдущего значения, предшествовавшего текущему значению;

3) определение расхода электроэнергии (активной и реактивной), исходя из конкретной схемы электроснабжения и специфических требований к учету электроэнергии на каждом предприятии.

Система состоит из информационно-вычислительного устройства, цифropечатающего устройства типа Ф5033К, самопишущего потенциометра КСП2-016, электросчетчиков-датчиков. Предел допускаемой систематической составляющей относительной погрешности по каждому регистру не превышает при классе счетчиков-датчиков 1,0 - 1,5 - 2,0 соответственно 1,5 - 2,0 - 2,5 %. Система обеспечивает запись регистрирующим прибором текущей совмещенной мощности предприятия с выбором желаемого времени усреднения (1, 2, 5, 10 мин). Система выдает на печать значения всех учитываемых параметров, значения текущего времени автоматически каждые 30 мин, в часы максимумов нагрузки энергосистемы, а также в любое время по вызову. Максимальное число каналов учета 48. Разрядность индикаторного устройства и параметров, выводимых на печать - 8 десятичных разрядов. Максимальное расстояние от электрических счетчиков до ИИС не более 3 км. Потребляемая мощность 500 Вт.

**10.3 ИВК-8** - измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) предназначены для автоматизации научных и производственных экспериментов. С их помощью измеряется постоянное напряжение сигналов, поступающих по 100 каналам, а также формируется образцовый сигнал для проведения поверочных работ. Комплекс обеспечивает:

1) коммутацию, измерение, регистрацию электрических сигналов постоянного тока;

2) обработку измерительной информации.

В ИВК могут быть реализованы следующие структуры измерительных каналов:

- 1) коммутатор - цифровой вольтметр;
- 2) цифровой вольтметр;
- 3) источник калиброванных напряжений.

Режимы работы ИВК автоматический и ручной. Диапазон входного коммутирующего напряжения от -10 до +10 В. Диапазон калиброванных напряжений от - 9,99999 до +9,99999 В; поддиапазоны выходных напряжений от -0,1 до +0,1В; от -1 до +1 В; от -10 до +10 В. Количество дискретных значений на каждом поддиапазоне  $10^6$ . Время измерения 60 и 420 мс; время установления сигнала не более 30 мс. Пределы допускаемых основных приведенных погрешностей: 0,1 % для структуры коммутатор - цифровой вольтметр; 0,04 % для цифрового вольтметра; 0,005 % для выходных сигналов. Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности не превышает половины допускаемой основной приведенной погрешности. Время непрерывной работы ИВК 8 часов. В состав типового комплекса входят: УВК СМ-3; коммутатор измерительных сигналов типа Ф799/1; вольтметр цифровой постоянного тока типа Щ1516; источник калиброванных напряжений типа Ф4046/7; двухкоординатный построитель графических зависимостей типа Н710; таймер программируемый; блок системный интерфейсный; панель автономного управления; блок питания. Питание от сети 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность 7 кВ·А.

## 11 Меры электрических величин

Одним из истоков электрических измерений является метод сравнения значения измеряемой величины с эталонной мерой (в кратных или дольных единицах образцовой меры). Из электрических мер, применяемых в качестве рабочих мер, широкое распространение получили нормальные элементы, катушки сопротивления, катушки индуктивности, эталонные конденсаторы постоянной и переменной емкости, а также совокупности этих мер: магазины сопротивления, индуктивности, емкости. Основным требованием, которое предъявляется к мерам, является сохранение неизменным в течение длительного времени значения воспроизводимой величины.

### 11.1 Нормальные элементы

**11.1.1 НЭ-65** - нормальные элементы насыщенные. Применяются в качестве э.д.с. при поверке и градуировке электроизмерительных приборов, измерителей э.д.с., напряжения, тока и сопротивления. Кл. 0,005. Пределы изменения э.д.с. при температуре 20 °С от 1,01850 до 1,01870 В. Допустимая разность значений э.д.с. элемента при температуре 20 °С на протяжении трех дней 30 мкВ. Внутреннее сопротивление не более 1000 Ом. Рабочее положение вертикальное. Габаритные размеры: диаметр корпуса 104 мм, высота 95 мм.

### 11.2 Катушки и магазины сопротивления

**11.2.1 Р322** - катушки сопротивления измерительные эталонные для поверки и подгонки шунтов и рабочих мер сопротивления, поверки электроизмерительных приборов в мостовых и потенциометрических схемах постоянного тока. Кл. 0,02. Номинальное сопротивление 0,001 Ом. Номинальная мощность 1 Вт, максимальная - 10 Вт, охлаждение воздушное. Габариты: диаметр 192 мм, высота 276 мм. Масса 4 кг.

**11.2.2 Р361** - катушки сопротивления безреактивные для цепей постоянного и переменного тока. Комплект из 6 катушек на сопротивление: 1; 10; 100; 1000; 10000; 100000 Ом. Кл. 0,02, Номинальная мощность 0,3 Вт, максимальная - 3 Вт. Охлаждение воздушное, естественное. Габаритные размеры: диаметр 125 мм, высота 210 мм. Масса 1,5 кг.

**11.2.3 Р4010** - катушки сопротивления эталонные для цепей постоянного тока. Кл. 0,02. Номинальное сопротивление  $10^6$  Ом. Номинальное напряжение 550 В, максимальное - 1500 В. Годовая нестабильность  $\pm 0,005$  %.

**11.2.4 Р33** - магазины сопротивления шестидекадные рычажные для включения в цепи постоянного тока. Кл. 0,2. Номинальное сопротивление от 0,1 до 99999,9 Ом ступенями в 0,1 Ом. Номинальная мощность одной ступени 0,25 Вт. Габаритные размеры 260x185x110 мм. Масса 3 кг.

**11.2.5 Р10517М** - магазины сопротивления рычажные для включения в цепи постоянного и переменного тока частотой до 5000 Гц. Кл. 0,05. Преде-

лы сопротивления от 0,03 до 12222,21 Ом ступенями по 0,01 Ом. Индуктивность начальная не более 0,5 мкГн. Постоянная времени  $(10...50) \cdot 10^{-8}$  с. Межэлектродная емкость не более 700 пФ. Допустимый ток для низкоомных декад 1 А.

**11.2.6 НТН1, НТН2** - магазины сопротивления для нагрузки измерительных трансформаторов напряжения при их поверке. Модификация НТН1 для трансформатора с вторичным номинальным напряжением 100 В, модификация НТН2 - с вторичным номинальным напряжением 100 В и 3 В. Номинальная мощность от 6,25 до 80 В·А. Погрешность активной и реактивной составляющих сопротивления  $\pm 4$  %. Номинальная частота 50 Гц.

**11.2.7 НТТ1, НТТ2** - магазин сопротивления для нагрузки измерительных трансформаторов тока при их поверке. Модификация НТТ1 для трансформатора с номинальным вторичным током 5 А имеет сопротивление от 0,05 Ом до 2 Ом при  $\cos\varphi = 0,8$ ; НТТ2 - для трансформатора с номинальным вторичным током 1 А имеет сопротивление от 2,5 до 50 Ом при  $\cos\varphi = 0,8$ . Погрешность активной и реактивной составляющих сопротивления: для НТТ1  $\pm (3 \% + 0,003 \text{ Ом})$ , для НТТ2  $\pm (4 \% + 0,02 \text{ Ом})$ . Номинальная частота 50 Гц.

### 11.3 Катушки и магазины индуктивности

**11.3.1 P547** - катушки индуктивности эталонные для измерительных цепей. Значения индуктивности: 1; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 Гн. Основная погрешность  $\pm 0,1$  %. Максимальный ток 0,15; 0,4; 1; 2; 3 А. Активное сопротивление 140; 20; 1,5; 0,5; 0,15 Ом. Номинальная частота 500; 1500; 5000; 10000 Гц. Габаритные размеры: диаметр 200 мм, высота 120 мм.

**11.3.2 P567** - магазины индуктивности для точной переменной меры индуктивности в мостовых, компенсационных, фазосдвигающих, резонансных и других цепях для измерения  $C$ ,  $L$ ,  $Q$ ,  $R$  и других величин. Основная погрешность  $\pm 0,2$  %. Рабочая частота до 10 кГц. Максимальная индуктивность 111,11 мГн. Рабочий ток до 0,25 А. Габаритные размеры 380x290x190 мм, масса 14 кг.

### 11.4 Конденсаторы и магазины емкости

**11.4.1 P533** - конденсаторы образцовые воздушные для градуировки и поверки рабочих конденсаторов. Комплект на 9 номиналов конденсаторов постоянной емкости: 50; 100; 200; 300; 400; 1000; 2000; 3000; 4000 пФ; переменной емкости на 60 пФ (P364); трех соединительных подставок P535. Возможный набор емкости до 10000 пФ. Включение двухзажимное. Погрешность  $\pm 0,05$  %. Номинальная частота до 100 Гц.

**11.4.2 P575** - магазины емкости четырехдекадные для поверки мостов переменного тока. Используются в измерительных цепях в качестве эталонной меры. Максимальная емкость 111,1 мкФ. Включение двух- и трехзажимное. Кл. 0,5. Рабочая частота до 5000 Гц. Габаритные размеры 435x325x280 мм. Масса 20 кг.

## 12 Мосты и потенциометры

**12.1 Р39** - мосты одинарно-двойные для точного измерения сопротивлений на постоянном токе. Основные технические данные моста в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Схема измерения	Диапазоны измерений, Ом	Класс точности	Источник питания
Двойной мост	$10^{-8} \dots 10^{-7}$	2	200 А
	$10^{-7} \dots 10^{-5}$	0,2	15 А
	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	0,05	10 А
	$10^{-4} \dots 10^{-2}$	0,02	2 А
Мост одинарный с четырехзажимным подключением измеряемого сопротивления	$10^{-2} \dots 100$	0,01	0,5 А
	$10^{-4} \dots 10^{-3}$	1	1 В
	$10^{-3} \dots 10^{-2}$	0,1	1 В
	$10^{-2} \dots 10^{-1}$	0,05	1 В
	$10^{-1} \dots 1$	0,02	3 В
	$1 \dots 10$	0,02	3 В
Мост одинарный с двухзажимным подключением измеряемого сопротивления	$10 \dots 1,11 \cdot 10^6$	0,02	30 В

В качестве нуль-индикатора - микровольтнаноамперметр.

Габаритные размеры моста 645x445x365 мм.

**12.2 М0-61** - мосты постоянного тока для измерения электрических сопротивлений в лабораторных условиях. Кл. 0,05. Мост обеспечивает измерение сопротивлений от  $10^{-4}$  до  $10^8$  Ом, при этом: от  $10^{-4}$  до  $10^2$  Ом - по четырехзажимной схеме подключения  $R_x$ ; от  $10^2$  до  $10^8$  Ом - по двухзажимной схеме подключения  $R_x$ . Мост укомплектован гальванометром М17/2 имеющим параметры:  $C_1 = 2,8 \cdot 10^{-9}$  А/мм;  $R_r = 20$  Ом,  $R_{вн.кр.} = 100$  Ом. Прибор питается от сети 220 В, 50 Гц. Блок питания обеспечивает постоянное напряжение питания моста 3 и 30 В.

Измерительная схема представляет собой четырехплечий мост, в плечо сравнения которого включен шестидекадный рычажный магазин сопротивления (рис. 12.1) с декадами «9x1000 Ом», «9x100 Ом», «9x10 Ом», «9x1 Ом», «9x0,1 Ом», «9x0,01 Ом». Плечи отношения моста (рис. 12.2) выполнены в виде штепсельных магазинов сопротивления.



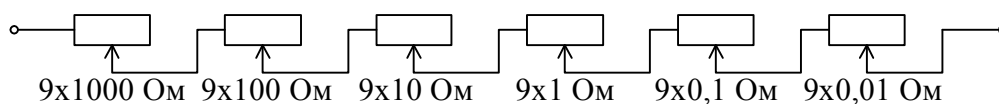


Рис. 12.1. Плечо сравнения моста М0-61

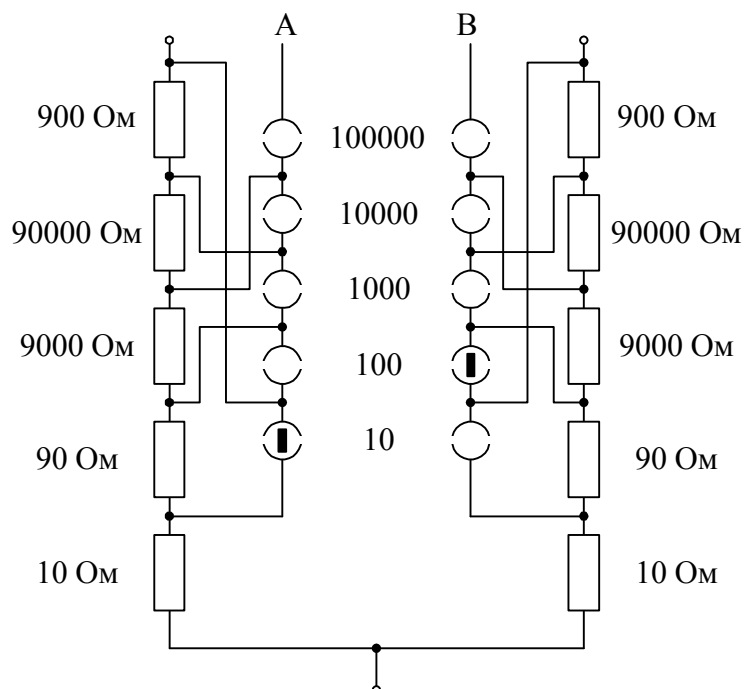


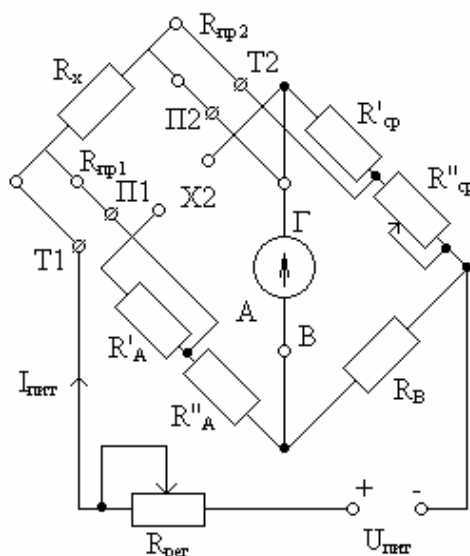
Рис. 12.2. Плечи отношения моста М0-61

Штепсельные магазины позволяют с применением двух штепселей осуществлять отношения:

$$A/B = 0,0001; 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100; 1000; 10000.$$

путем установки штепселей в соответствующие гнезда.

Измерения в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $10^2$  Ом проводятся по схеме четырехзажимного подключения измеряемого сопротивления  $R_x$  (рис. 12.3).



$$R_{\text{сп}} = R'_{\text{сп}} + R''_{\text{сп}} = 0,03 \dots 11111,14 \text{ Ом};$$

$$R_A = R'_A + R''_A = 10; 100; 1000; 10000; 100000 \text{ Ом};$$

$$R'_{\text{сп}} = R'_A = 0,01 \text{ Ом}; R_{\text{сп1}} = R_{\text{сп2}} = 0,01 \text{ Ом}.$$

Рис. 12.3. Схема моста М0-61 при четырехзажимном подключении  $R_x$

Поскольку сопротивление  $R_x$  в данном случае мало, наиболее нагруженным будет плечо, находящееся по отношению к источнику питания в одной ветви с  $R_x$ , так как эта ветвь имеет меньшее суммарное сопротивление. Применяется схема, когда в одной ветви с  $R_x$  включено плечо сравнения. Эта схема называется обратной. Так как плечо сравнения можно набирать из ряда резисторов (до 10 штук), его можно нагружать мощностью больше номинальной отдельных резисторов и, таким образом, повысить чувствительность схемы. Расширение нижнего предела осуществлено за счет применения схемы с устранением влияния сопротивления соединительных проводов.  $R_x$  подключается к зажимам Т1, П1, Т2, П2, причем к зажимам П1 и Т2 калиброванными проводами  $R_{\text{пр}}$  сопротивлением 0,01 Ом. Чтобы устранить влияние этого сопротивления на результат измерения, на 0,01 Ом уменьшены сопротивления плеча сравнения  $R_{\text{сп}}$  и плеча отношения  $R_A$ .

Измерения в диапазоне от  $10^2$  до  $10^5$  Ом проводятся по схеме двухзажимного подключения  $R_x$  (рис. 12.4, а). Это прямая схема, при которой  $R_x$  и  $R_{\text{сп}}$  находятся в разных ветвях относительно источника питания.

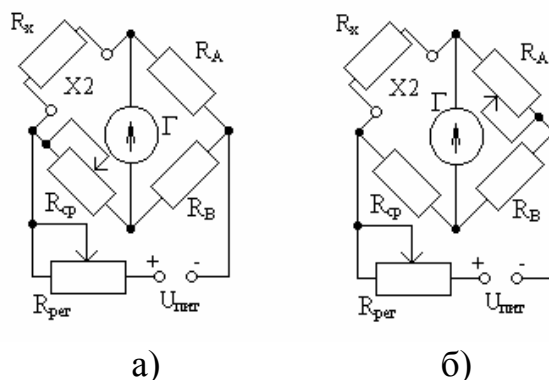


Рис. 12.4. Схема моста МО-61

Измерения в диапазоне от  $10^5$  до  $10^8$  Ом проводятся по обратной схеме (рис. 12.4, б) двухзажимного подключения  $R_x$ . При измерении больших сопротивлений самым важным является вопрос уменьшения влияния токов утечки на результат измерения. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, применяются высокочувствительные указатели и относительно высокие напряжения, а с другой стороны, сопротивление изоляции элементов цепи соизмеримо с  $R_x$  и должно быть не менее 2 МОм.

**12.3 Р4833** - прибор универсальный измерительный для измерения сопротивлений, постоянных э.д.с. и напряжений и проверки теплотехнических приборов. Класс точности прибора при использовании в качестве моста постоянного тока 0,1; потенциометра постоянного тока 0,05; магазина сопротивления 0,02/0,00015. Диапазон измерений моста от  $10^{-4}$  до  $10^6$  Ом; потенциометра от 0 до 111,10 мВ.

Основная абсолютная погрешность моста, Ом

$$\Delta R = \pm 10^{-2} CX, \quad (12.1)$$

где  $C$  – класс точности моста;

$X$  – показание, отсчитанное с лимбов переключателей декад, Ом.

Основная абсолютная погрешность потенциометра, В

$$\Delta U = \pm 5 \cdot 10^{-4} \left( \frac{U_n}{10} + U \right), \quad (12.2)$$

где  $U_n = 0,1$  В - нормирующее значение;

$U$  - показание потенциометра.

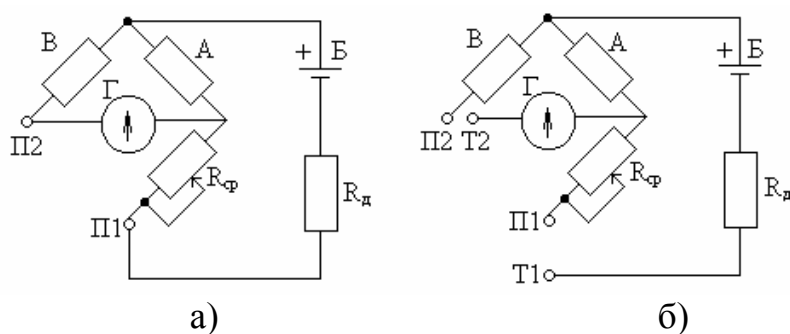
Предел допускаемого отклонения действительного значения сопротивления в процентах от номинального при использовании прибора в качестве магазина сопротивления определяется по формуле:

$$\delta = \pm[0,02 + 1,5 \cdot 10^{-4} (\frac{R_K}{R} - 1)], \quad (12.3)$$

где  $R_K = 1111,10$  Ом - наибольшее значение сопротивления магазина;  
 $R$  - значение включенного сопротивления.

Прибор укомплектован гальванометром с параметрами:  $R_G = 20$  Ом;  
 $C_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$  А/дел.

Схема электрическая принципиальная моста постоянного тока для измерения сопротивления от  $10^{-4}$  до  $10^2$  Ом (четырёхзажимная схема подключения) приведена на рис. 12.5 а, а для измерения сопротивления от  $10^2$  до  $10^6$  Ом (двухзажимная схема подключения) показана на рис. 12.5 б.



А, В – плечи отношения;  $R_{ср}$  – плечо сравнения;  $R_д$  – добавочный резистор; Б – источник питания; Г – гальванометр; Т1, Т2 – токовые зажимы; П1, П2 – потенциальные зажимы.

Рис. 12.5. Схемы моста Р4833

**12.4 Р307** - потенциометры постоянного тока для поверки потенциометров и точного измерения э.д.с. и напряжений компенсационным методом. Кл. 0,015. Верхний предел измерения 1,91111 В. Цена наименьшего деления 1 мкВ. Нулевое напряжение не превышает 0,35 мкВ. Рабочий ток 0,1 мА от нормального элемента с э.д.с. от 1,0180 до 1,0189 В. Для работы необходим вспомогательный источник с напряжением от 1,95 до 3,5 В, нормальный элемент 1-го или 2-го класса, гальванометр с чувствительностью порядка  $10^9$  мм/А. Габаритные размеры 520x330x240 мм. Масса 17 кг.

**12.5 Р56/2** – потенциометры переменного тока для измерения э.д.с., токов, активного и реактивного сопротивлений и проводимостей, углов сдвига фаз и др. величин без потребления мощности от исследуемых целей. Кл. 0,2. Номинальная частота 40...60 Гц. Двухпределные: до 1,6 В для каждой составляющей, цена наименьшего деления 0,001 В; до 0,16 В для каждой составляющей, цена наименьшего деления 0,0001 В. Рабочий ток 0,5 А. Габаритные размеры 660x440x265 мм. Масса 30 кг.

## 13 Приборы для магнитных измерений

**13.1 М199** - микровеберметры для измерения магнитного потока постоянных магнитов и магнитной индукции в воздушных зазорах. Основная погрешность  $\pm 1,5$  % при сопротивлении измерительной катушки до 50 Ом. Верхний предел измерений 500 мкВб. Отсчетное устройство световое. Питание постоянным напряжением 6 В, переменным напряжением 220 В, 50 Гц. Габариты 205x140x270 мм, масса 3,5 кг.

**13.2 М1119** - милливеберметры стрелочные однопредельные для измерения магнитного потока. Пределы измерений от 0 до 10 мВб. Основная погрешность при сопротивлении измерительной катушки 8 Ом  $\pm 1,5$  %; 20 Ом  $\pm 2,5$  %; 30 Ом  $\pm 4$  %. Шкала 130 мм. Габаритные размеры 200x300x117 мм, масса 3,7 кг.

**13.3 Ф4354/1** - теслаамперметры для измерения индукции постоянных магнитных полей и постоянного тока. Используется датчик Холла типа Х101. Неэквивалентность припайки электродов компенсируется переменным резистором, выведенным на переднюю панель. Калибровка по встроенному эталонному магниту изменением тока питания датчика. Кл. 2,5. Пределы измерений: индукции 150-300-600-1500 мТл; тока 0,3-3-30-300-3000 мА. Полупроводниковая пластинка датчика 1,5x2x0,3 мм; щуп датчика 80x5x1 мм, габариты прибора 220x120x100 мм. Масса 1,5 кг.

## 14 Электронные измерительные приборы

### 14.1 Аналоговые электронные вольтметры

**14.1.1 В2-11** - микровольтметры для измерения постоянных напряжений. Пределы измерения и входное сопротивление: 30 мкВ - 10 МОм; 100 мкВ - 30 МОм; 300 мкВ - 100 МОм; 1 мВ; 3 мВ; 10 мВ; 30 мВ; 100 мВ; 300 мВ, 1 В. Входное сопротивление на пределах от 1 мВ до 1 В - 300 МОм. Относительная погрешность измерения  $\pm(1..6)\%$ . Питание от сети переменного тока частотой  $50 \pm 0,5$  Гц, напряжением  $220 \pm 22$  В. Потребляемая мощность 5 В·А. Габаритные размеры 512x285x221 мм. Масса 14 кг.

Прибор (структурная схема на рис. 14.1) представляет собой усилитель постоянного тока с преобразователем напряжения, охваченный глубокой отрицательной обратной связью. Измеряемое постоянное напряжение  $U_{\text{вх}}$ , подаваемое на вход прибора, преобразуется в переменное при помощи вибропреобразователя, усиливается усилителем 1 переменного напряжения, выпрямляется синхронным детектором и подается на катодный повторитель 2, на выходе которого включен микроамперметр 3 магнитоэлектрической системы, показывающий результат измерения. Для питания обмоток возбуждения преобразователя и управления синхронным детектором служит генератор 4, формирующий сигнал в виде прямоугольных импульсов с частотой 42 Гц.

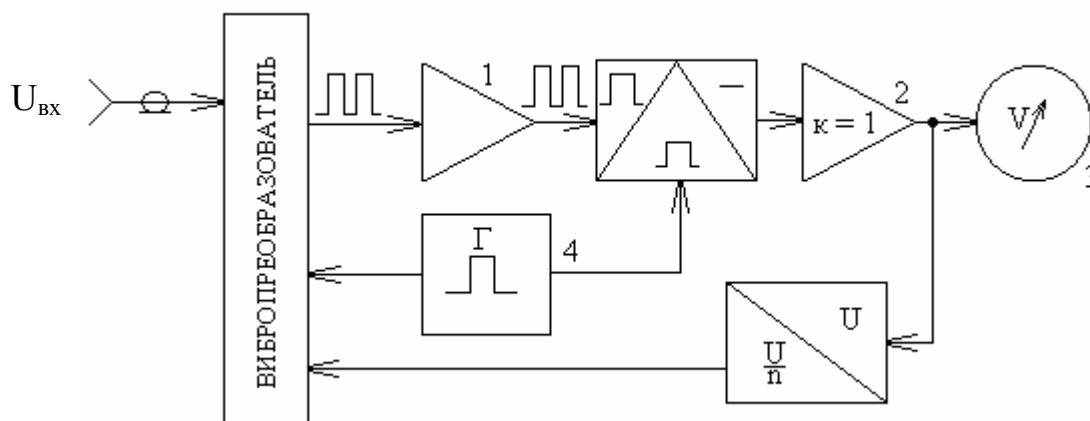


Рис. 14.1. Структурная схема микровольтметра В2-11

**14.1.2 В3-38А** - милливольтметры для измерения напряжений переменного тока. Диапазон измерения напряжения 0,1 мВ...300 В на пределах шкал 1-3-10-30-100 300 мВ, 1-3-10-30-100-300 В. Диапазон частот от 20 Гц до 5 МГц. Пределы основной погрешности в таблице 14.1.

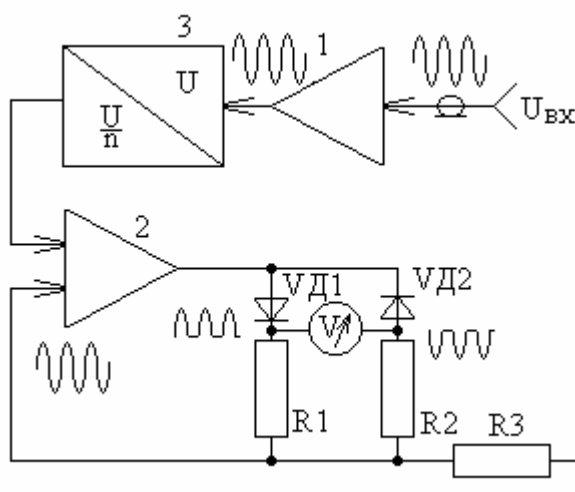
Входное сопротивление более 4 МОм. Входная емкость 30 пФ на пределах 1... 300 мВ и 15 пФ на пределах 1...300 В. Питание от сети переменного тока частотой  $50 \pm 0,5$  Гц, напряжением  $220 \pm 22$  В. Потребляемая мощность

10 В·А. Условия эксплуатации: температура воздуха от +10 до +35 °С, относительная влажность воздуха до 80 % при +20 °С. Габаритные размеры 152х206х300 мм. Масса 5 кг.

Таблица 14.1

Диапазон частот, МГц	Основная погрешность, %, на пределах измерения	
	от 1 до 300 мВ	от 1 до 300 В
$(20...45) \cdot 10^{-6}$	$\pm 4$	$\pm 4$
$45 \cdot 10^{-6} \dots 1$	$\pm 2,5$	$\pm 4$
1...3	$\pm 4$	$\pm 6$
3...5	$\pm 6$	$\pm 6$

По принципу действия прибор (рис. 14.2) является милливольтметром средних значений переменного напряжения. В качестве выпрямителя в нем использован диодный детектор, охваченный общей отрицательной обратной связью с широкополосным усилителем 2, что обеспечивает прибору простую конструкцию и высокую надежность.



- 1 – предварительный усилитель;  
2 – широкополосный усилитель;  
3 – переключатель пределов

Рис. 14.2. Структурная схема милливольтметра ВЗ-38А

**14.1.3 В7-13** - вольтметры универсальные для измерения постоянного напряжения и действующего значения гармонического напряжения, активного сопротивления, постоянного тока и действующего значения гармонического тока.

Пределы измерения постоянного напряжения; 30-100-300 мВ, 1-3-10-30-100-300-1000 В. Входное сопротивление 15 МОм.



Пределы измерения низкочастотного ( $20 \dots 5 \cdot 10^3$  Гц) напряжения: 100-300 мВ, 1-3-10-30-100-300-1000 В. Входное сопротивление 3 МОм. Входная емкость 60 пФ.

Пределы измерения высокочастотного ( $10 \dots 300 \cdot 10^3$  кГц) напряжения: 100-300 мВ, 1-3-10-30-100-300 В. Входное сопротивление 150 кОм. Входная емкость 2 пФ.

Пределы измерения постоянного тока: 1-10-100 мкА, 1-10-100 мА, 1-5-15-А. При измерениях на пределах 5 и 15 А используются внешние шунты. Пределы измерения переменного тока в диапазоне частот от 20 до 5000 Гц: 100 мкА, 1-10-100 мА, 1-5-15 А. При измерении на пределах 5 и 15 А используются внешние шунты.

Пределы измерения сопротивления: 15-150-1500 Ом, 15-150-1500 кОм.

Основная приведенная погрешность при измерении:

- постоянного напряжения  $\pm 2,5 \%$ ;
- низкочастотного напряжения  $\pm 4 \dots 6 \%$ ;
- высокочастотного напряжения  $\pm 4 \dots 15 \%$ ;
- постоянного тока  $\pm 2,5 \%$ ;
- переменного тока  $\pm 6 \dots 10 \%$ ;
- сопротивления  $\pm 3,5 \%$ .

Условия эксплуатации: температура воздуха от  $-30$  до  $+50$  °С, относительная влажность – до 98 % при  $+40$  °С. Габариты  $245 \times 180 \times 160$  мм. Масса 4,2 кг.

Принцип действия прибора заключается в следующем: измеряемое постоянное или выпрямленное соответствующим детектором напряжение подается на делитель напряжения и на вход УПТ, на выходе которого включен микроамперметр со специально градуированной шкалой. При измерении токов используются внутренние и внешние шунты. На пределах 5 и 15 А используют внешние шунты, входящие в комплект прибора. Падение напряжения на шунтах при предельных показаниях прибора составляет 300 мВ. При измерении переменных токов напряжение с шунтов поступает на вход детектора, а затем на вход УПТ. Выносной пробник позволяет измерять напряжения высокой частоты непосредственно у источника напряжения, не оказывая на него заметного влияния. Электрическая схема прибора позволяет использовать его в качестве индикатора при измерении постоянного напряжения на пределе 10 мВ и при измерении напряжения высокой частоты (до 1500 МГц) на пределах от 0,3 до 3 В. Погрешность измерения при этом не нормируется.

## 14.2 Цифровые вольтметры и мультиметры

**14.2.1 В7-16** - вольтметры универсальные для измерения постоянного и переменного напряжений и активных сопротивлений.

Технические характеристики прибора при измерении постоянного напряжения, переменного напряжения и сопротивления приведены в таблицах 14.2. 14.3 и 14.4.

Таблица 14.2

Измеряемое постоянное напряжение, В		Время преобразования, мс	Относительная погрешность, %
Диапазон	Пределы		
$10^{-4}$ -1000	1-10-100-1000	20	$\pm(0,05 + 0,05 U_k/U_x)$
$10^{-3}$ -1000	10-100-1000	2	$\pm(0,1 + 0,1 U_k/U_x)$

Входное сопротивление прибора при измерении постоянного напряжения 10 МОм.

Таблица 14.3

Частота, кГц	Диапазон измеряемого переменного напряжения, В	Относительная погрешность, %
$20 \cdot 10^{-3}$ -20	0,1 мВ – 1 В	$\pm(0,2 + 0,02 U_k/U_x)$
20-50	0,1 мВ – 1 В	$\pm(1 + 0,1 U_k/U_x)$
50-100	0,1 мВ – 1 В	$\pm(1,5 + 0,1 U_k/U_x)$
$20 \cdot 10^{-3}$ -20	1 В – 300 В	$\pm(0,5 + 0,2 U_k/U_x)$

Входное сопротивление при измерении переменного напряжения 1 МОм. Входная емкость 120 пФ. Время измерения 5...10 с.

Питание от сети переменного тока частотой  $50 \pm 0,5$  Гц, напряжением  $220 \pm 22$  В. Потребляемая мощность 50 В·А. Условия эксплуатации: температура воздуха от -10 до +50 °С, относительная влажность до 95 % при +30 °С. Габариты 348×160×425 мм. Масса 12 кг.

Таблица 14.4

Диапазон измерений сопротивлений	Пределы измерений	Относительная погрешность, %
1,0 Ом – 10 МОм	1-10-100 кОм 1-10 МОм	$\pm(0,2 + 0,02 R_k/R_x)$ $\pm(0,2 + 0,2 R_k/R_x)$

Работа вольтметра (рис. 14.3) основана на импульсном методе преобразования аналоговой величины в цифровую. Входное напряжение после соответствующего масштабного преобразования сравнивается с линейно изменяющимся напряжением, поступающим с генератора линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН). В моменты равенства этих напряжений состояние сравнивающего устройства (компаратора) изменяется, на его выходе по-



**14.2.2 Щ304** - вольтметры цифровые для измерения постоянного напряжения. Отсчет результатов измерения цифровой: индицируется полярность, пять значащих цифр, показывающих значение измеряемой величины. Кл. 0,05/0,02 и 0,2/0,1. Пределы измерения: 1 - 10 - 100 -  $10^3$  -  $10^4$  -  $10^5$  -  $5 \cdot 10^5$  мВ. Входное сопротивление 10 - 10000 МОм. Питание:  $220 \pm 22$  В,  $50 \pm 0,5$  Гц. Габаритные размеры 61×219×310 мм. Масса 3 кг.

**14.2.3 Щ1516** - вольтметр цифровой для точных измерений постоянных напряжений в лабораторных условиях. Кл. 0,01/0,005. Пределы измерения: 0,05 - 0,5 - 5 - 50 - 500 - 1000 В. Чувствительность: 0,001; 0,01; 0,1; 1; 10; 100 мВ. Входной ток на пределах 0,05 - 0,5 - 5 В равен  $10^{-10}$  А. Входное сопротивление в диапазонах 50-500-1000 В равно 10 МОм. Питание от сети  $220 \pm 22$  В,  $50 \pm 0,5$  Гц. Условия эксплуатации: температура от +10 до +35 °С, относительная влажность воздуха не более 80 % при +25 °С. Габаритные размеры 317×320×150 мм. Масса 9 кг.

**14.2.4 Щ1513** - цифровой вольтметр для измерения постоянных напряжений. Основан на принципе поразрядного уравнивания. Пределы измерения: 0,3 - 3 - 30 - 300 - 1000 В. При этом максимальные показания на пределах соответственно: 0,2999 - 2,9999 - 29,999 - 299,99 - 1000 В. Переключение пределов измерения ручное, определение полярности автоматическое. Разрешающая способность - 10 мкВ.

Основная относительная погрешность прибора, %:

$\pm(0,015 + 0,01 U_K/U_X)$  на пределе 0,3 В;

$\pm(0,01 + 0,005 U_K/U_X)$  на пределе 3 В;

$\pm(0,015 + 0,005 U_K/U_X)$  на остальных пределах.

Входное сопротивление на пределах 0, 3 и 3 В - 1000 МОм, на остальных пределах - 10 МОм.

Быстродействие прибора - 50 преобразований в секунду.

Прибор имеет 5 режимов работы: 1) разовых измерений; 2) периодических измерений; 3) измерений максимальных значений измеряемой величины; 4) измерений минимальных значений; 5) дистанционного запуска.

Отсчетное устройство содержит 5 разрядов. Имеет выход на цифропечатающее устройство. Калибровка прибора осуществляется от встроенного нормального элемента класса 0,002. Питание прибора от сети с напряжением  $220 \pm 22$  В, частотой  $50 \pm 0,5$  Гц. Потребляемая мощность 80 В·А. Габаритные размеры 560×210×460 мм. Масса 23 кг.

**14.2.5 В7-38** - вольтметры универсальные (мультиметры) цифровые для измерения постоянного и переменного тока и напряжения, сопротивления постоянному току. Основная погрешность обеспечивается для температурного диапазона 15-25 °С и относительной влажности до 80 % через 1 год после калибровки. Измерение тока производится с внешним шунтом.

Применяются при производстве и обслуживании электротехнической аппаратуры.

Индикатор люминесцентный, цифровой,  $4\frac{1}{2}$  разряда, шкала 20000 единиц, индикация полярности сигнала и перегрузки диапазона.

Технические характеристики приведены в табл. 14.5 - 14.8.

Входное сопротивление 1 МОм. Входная емкость 100 пФ. Время измерения не более 3 с.

Таблица 14.5 – Измерение постоянного напряжения

Диапазон, В	Разрешение	Погрешность $\pm(\% \text{ от показания} + n \text{ единиц измерения})$
0,2 2	10 мкВ 100 мкВ	$\pm(0,04+4)$
20 200 1000	1 мВ 10 мВ 100 мВ	$\pm(0,04+4)$

Входное сопротивление 10 МОм. Время измерения с нормированной погрешностью не более 1 с.

Таблица 14.6 – Измерение переменного напряжения

Диапазон, В	Разрешение	Погрешность (% от показания + n единиц измерения)			
		30-40 Гц	40-60 Гц	60 Гц-10 кГц	10-100 кГц
0,2 2	10 мкВ 100 мкВ				$\pm(0,2+20)$
20 200 1000	1 мВ 10 мВ 100 мВ	$\pm(1,5+20)$	$\pm(0,4+10)$	$\pm(0,2+10)$	$\pm(0,5+20)$  $\pm(0,5+20)$

Таблица 14.7 – Измерение постоянного и переменного тока

Диапазон	Разрешение	Погрешность (% от показания + n единиц измерения)		
		Постоянный ток	Переменный ток	
			30-40 Гц	40-20 кГц
0,2 мА 2 мА 20 мА 200 мА 2 А	10 нА 100 нА 1 мкА 10 мкА 100 мкА	$\pm(0,25+4)$	$\pm(1,6+20)$	$\pm(0,5+10)$

Падение напряжения на приборе при номинальном токе на всех диапазонах 0, 25 В.

Таблица 14.8 – Измерения сопротивления

Диапазон	Разрешение	Погрешность $\pm$ (% от показания + n единиц измерения)
0,2 кОм	0,01 Ом	$\pm(0,07 + 20)$
2 кОм	0,1 Ом	$\pm(0,07 + 4)$
20 кОм	1 Ом	
200 кОм	10 Ом	
2000 кОм	100 Ом	$\pm(0,15 + 4)$
20000 кОм	1 кОм	$\pm(0,5 + 20)$

Условия эксплуатации: температура воздуха от -10 до +40 °С, относительная влажность воздуха не более 80 % при +25 °С. Питание: переменное напряжение 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 10 В·А. Габаритные размеры 245×86×268 мм. Масса 2 кг.

**14.2.6 Щ1526** - вольтметры цифровые двухканальные интегрирующие для измерения двух независимых напряжений постоянного тока. Предел допускаемой основной относительной погрешности, %

$$\delta = \pm[0,015 + 0,005(U_k/U-1)]. \quad (14.1)$$

Пределы измерений и соответствующая им разрешающая способность: 50 мВ (1 мкВ) - 500 мВ (10 мкВ) - 5 В (100 мкВ) - 50 В (1 мВ) - 500 В (10 мВ) - 1000 В (100 мВ). Входное сопротивление 10 МОм.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерения (в процентах), вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой температуры в диапазоне от 10 до 35 °С, %

$$\delta_t = \pm[0,0015 + 0,0005(U_k/U-1)] \Delta t, \quad (14.2)$$

где  $\Delta t$  - отклонение температуры от нормальной (20 °С). Мощность, потребляемая прибором 60 В·А. Габаритные размеры 490×170×430 мм. Масса 18 кг.

**14.2.7 Щ1413** - вольтметры цифровые интегрирующие для измерения напряжения постоянного тока. Основная относительная погрешность, %

$$\delta = \pm[0,06 + 0,02(U_k/U-1)]. \quad (14.3)$$

Пределы измерений и соответствующая им разрешающая способность: 0,1 В (0,01 мВ) - 1 В (0,1 мВ) - 10 В (1 мВ) - 100 В (10 мВ) - 1000 В (100 мВ). Входное сопротивление 10 МОм.

Предел допускаемой дополнительной погрешности, вызванной отклонением  $\Delta t$  температуры окружающего воздуха от нормальной (20 °С), %

$$\delta_t = \pm[0,006 + 0,002(U_k/U-l)] \Delta t. \quad (14.4)$$

Потребляемая мощность 30 В·А. Габариты 317×140×305 мм. Масса 8 кг.

**14.2.8 Щ1313** - микровольтметры цифровые для измерения малых постоянных напряжений. Предел допускаемой основной относительной погрешности, %

$$\delta = \pm[0,15 + 0,05(U_k/U-l)]. \quad (14.5)$$

Пределы измерения: 5 мВ - 50 мВ - 500 мВ - 5 В - 50 В. Входное сопротивление на пределе 50 В - 1 МОм. Входной ток на остальных пределах  $1 \cdot 10^{-9}$  А.

Питание от сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 35 В·А. Габариты 238×147×330 мм. Масса 7 кг.

**14.2.9 Ф283** - вольтметры цифровые интегрирующие щитовые для измерения постоянного напряжения.

Предел допускаемой основной относительной погрешности, %

$$\delta = \pm[ a + b(U_k/U-l)]. \quad (14.6)$$

Предел допускаемой дополнительной погрешности, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от 20 °С до любой в пределах от +10 до +50 °С, %

$$\delta_t = \pm[ c + d(U_k/U-l)] \Delta t. \quad (14.7)$$

Технические характеристики и значения коэффициентов а, b, с, d приведены в таблице 14.9.

Питание от сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 20 В·А. Габаритные размеры 237×101×340 мм. Масса 6 кг.



Таблица 14.9

Предел измерения	Время интегрирования, мс	Входное сопротивление, МОм	Коэффициенты			
			a	b	c	d
20 мВ	200	10	0,1	0,06	0,1	0,06
	20		0,2	0,1	0,15	0,06
200 мВ	200	100	0,04	0,025	0,04	0,025
	20		0,2	0,1	0,1	0,06
2 В	200	1000	0,025	0,015	0,02	0,015
	20		0,2	0,1	0,1	0,06
20 В	200	10	0,05	0,025	0,05	0,025
	20		0,2	0,1	0,1	0,06
200 В	200	10	0,04	0,025	0,04	0,025
	20		0,2	0,1	0,1	0,06

**14.2.10 Ф4214** - вольтметры цифровые малогабаритные для измерения постоянных напряжений.

Предел допускаемой основной относительной погрешности, %

$$\delta = \pm[0,04 + 0,02(U_k/U-l)], \quad (14.8)$$

при калибровке и установке нуля через каждые два часа работы прибора и, %

$$\delta = \pm[0,06 + 0,03(U_k/U-l)], \quad (14.9)$$

при калибровке и установке нуля один раз за 24 часа непрерывной работы.

Таблица 14.10 – Основные технические характеристики прибора Ф4214

Предел измерения, В	Разрешающая способность, мВ	Входное сопротивление, МОм
1	0,1	10
10	1	100
100	10	150
1000	100	1500

Питание от сети 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 30 В·А. Габаритные размеры 237×110×320 мм. Масса 6 кг.

**14.2.11 Ф4830** - вольтметры цифровые для измерения постоянного напряжения. Предел допускаемой основной относительной погрешности, %

$$\delta = \pm[0,15 + 0,1(U_k/U-1)]. \quad (14.10)$$

Пределы измерения и соответствующие им входные сопротивления: 1 В (20 МОм) - 10 В (20 МОм) - 100 В (1 МОм) - 1000 В (10 МОм).

Питание от сети переменного напряжения 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 25 В·А. Габариты 217×147×330 мм. Масса 6 кг.

**14.2.12 В7-35** - вольтметры универсальные (мультиметры) цифровые для измерения постоянного и переменного напряжения и тока, сопротивления постоянному току с индикацией результата измерения в цифровой форме и с автоматическим выбором предела измерения (табл. 14.11). Вольтметр предназначен для эксплуатации в лабораториях, цеховых и полевых условиях. При этом питание вольтметра может осуществляться либо от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, либо от встроенного источника электроэнергии - пяти аккумуляторов типа НКГ-1,5-У1, либо двух батарей типа 3336У.

Таблица 14.11 – Основные технические характеристики прибора В7-35

Измеряемая величина	Пределы измерения	Дискретность измерения	Пределы допустимой относительной основной погрешности, %	Изменения измеряемой величины в пределах поддиапазона
1	2	3	4	5
Постоянное напряжение	100 мВ 1 В 10 В 100 В 1000 В	0,1 мВ 0,001 В 0,01 В 0,1 В 1 В	$\pm[0,2+0,1(U_k/U-1)]$	0,1 мВ-195 мВ 0,001 В-1,95 В 0,01 В-19,5 В 0,1 В-195 В 1 В-1000 В
Постоянный ток	100 мкА 1 мА 10 мА 100 мА 1000 мА 10 А	0,1 мкА 0,001 мА 0,01 мА 0,1 мА 1 мА 10 мА	$\pm[0,4+0,1(I_k/I-1)]$	0,1 мкА-195 мкА 0,001 мА-1,95 мА 0,01 мА-19,5 мА 0,1 мА-195 мА 1 мА-1200 мА 10 мА-10 А

Окончание таблицы 14.11

1	2	3	4	5
Переменное напряжение в диапазоне частот 20 Гц-20 кГц	100 мВ 1 В	0,1 мВ 0,001 В	$\pm[0,4+0,2(U_k/U-1)]$	0,1 мВ-195 мВ 0,001 В-1,95 В
	10 В 100 В	0,01 В 0,1 В	$\pm[0,6+0,3(U_k/U-1)]$	0,01 В-19,5 В 0,1 В-195 В
	1000 В	1 В	$\pm[0,6+0,3(U_k/U-1)]$	1 В-1000 В
Переменный ток 20 Гц- 20 кГц	100 мкА 1 мА 10 мА	0,1 мкА 0,001 мА 0,01 мА	$\pm[0,6+0,3(U_k/U-1)]$	0,1 мкА-195 мкА 0,001 мА-1,95 мА 0,01 мА-19,5 мА
	100 мкА 1000 мА 10 А	0,1 мА 1 мА 10 мА		0,1 мА-195 мА 1 мА-1200 мА 10 мА-10 А
Сопротивление постоянному току	1 кОм 10 кОм 100 кОм 1 МОм	0,001 кОм 0,01 кОм 0,1 кОм 1 кОм	$\pm[0,4+0,1(U_k/U-1)]$	0,001 кОм-1,95 кОм 0,01 кОм-19,5 кОм 0,1 кОм-195 кОм 1 кОм-1,95 МОм
	10 МОм	10 кОм		$\pm[0,7+0,1(U_k/U-1)]$ 10 кОм-10 МОм

При измерении постоянного и переменного тока на пределе 10 А используется внешний шунт. Напряжение на шунте при токе 10 А равно 100 мВ. Это напряжение измеряется прибором, работающим в режиме измерения постоянного или переменного напряжения соответственно.

Входное сопротивление вольтметра равно 10 МОм. Входная емкость 130 пФ.

Потребляемая мощность 5 В·А при питании от сети и 1,5 Вт при питании от батарей. Габариты 227×200×70 мм. Масса 2,2 кг.

### 14.3 Электронные осциллографы

**14.3.1 С1-77** - осциллографы универсальные для исследования формы электрических сигналов путем визуального наблюдения в диапазоне частот от 0 до 10 МГц, измерения напряжения в диапазоне от 0,01 до 200 В и временных интервалов от  $0,8 \cdot 10^{-6}$  до 0,4 с. Наличие двух каналов вертикального отклонения обеспечивает одновременное исследование двух сигналов на одной развертке.

Осциллограф относится ко второму классу точности.

Технические характеристики осциллографа:

– коэффициенты отклонения по вертикали каждого канала 0,005; 0,01, 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 В/дел;

– предел допускаемого значения относительной погрешности коэффициентов отклонения по вертикали  $\pm 4\%$ ;

- выброс переходной характеристики каждого канала вертикального отклонения не более 3 %;

- неравномерность переходной характеристики каждого канала вертикального отклонения не более 2,5 %

- входное активное сопротивление каждого канала вертикального отклонения равно  $1 \pm 0,02$  МОм, входная емкость 30 пФ;

- тракт вертикального отклонения обеспечивает следующие режимы работы:

- а) с одного первого канала (I);

- б) с одного второго канала (II);

- в) прерывистое изображение за один ход развертки (...);

- г) поочередное изображение с частотой следования разверток ( $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ );

- д) алгебраическое сложение сигналов от обоих каналов ( $I \pm II$ );

- тракт горизонтального отклонения обеспечивает следующие виды работ:

- а) развертку сигнала по горизонтали в автоколебательном режиме (АВТ);

- б) развертку сигнала по горизонтали в ждущем режиме (ЖДУЩ);

- в) вход внешнего сигнала на усилитель горизонтального отклонения ( $\ominus X$ ).

- коэффициенты развертки составляют 0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 500 мкс - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 50 - 100 - 200 мс. Обеспечивается пятикратная развертка - предел допускаемого значения относительной погрешности коэффициентов развертки равен  $\pm 4$  %, при пятикратной растяжке  $\pm 6$  %;

- коэффициент отклонения канала горизонтального отклонения равен 1 В/дел;

- калибратор амплитуды и времени генерирует П-образные импульсы с частотой 1 кГц и амплитудой 1 В;

- длительность непрерывной работы 16 часов;

- питание от сети 220 В, 50 Гц или от источника постоянного тока напряжением 24 В. Потребляемая мощность 50 В·А.

- Габаритные размеры 225×160×360 мм. Масса 10 кг.

Функциональная схема осциллографа изображена на рис. 14.4.

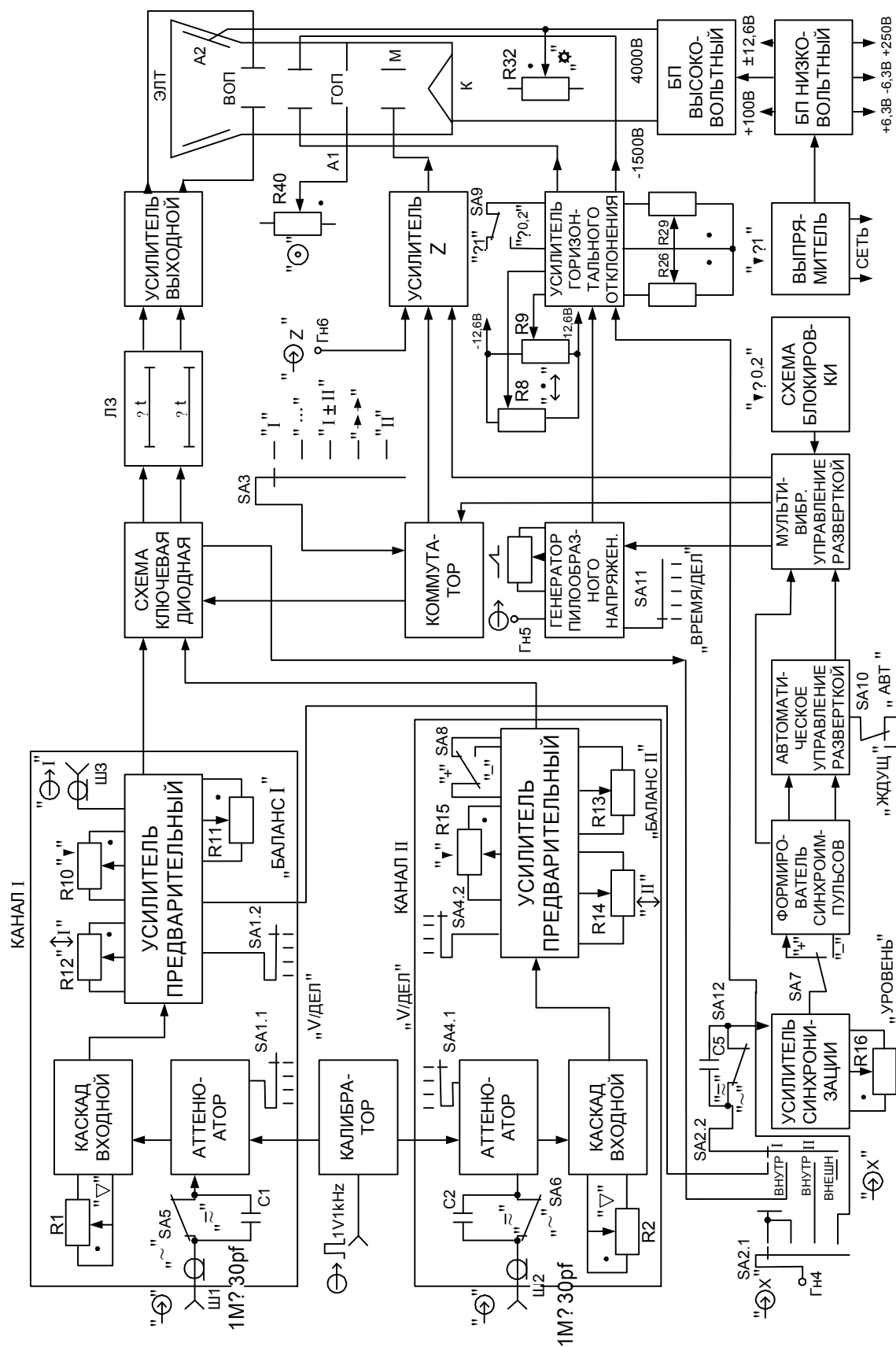


Рис. 14.6. Функциональная схема осциллографа С1-77

Исследуемый сигнал подается на одно из гнезд « $\ominus$  1M  $\Omega$  30 pF» или на два гнезда одновременно. Переключатели на входах SA5 и SA6 в положении « $\sim$ » (открытый вход) передают сигнал на вход аттенюатора непосредственно, а в положении « $\sim$ » (закрытый вход) - через разделительные конденсаторы C1 и C2.

Аттенюатор представляет собой частотно-компенсированный делитель напряжения, выполненный на прецизионных делителях. Он имеет 11 ступеней деления, нужная из которых выбирается переключателем SA1 (SA4) «V/дел».

Исследуемые сигналы усиливаются предварительным усилителем, в котором находятся элементы для балансировки («БАЛАНС I», «БАЛАНС II»), смещения луча по вертикали (« $\updownarrow$ ») и калибровки коэффициента отклонения « $\nabla$ ». Переключатель полярности SA8 осуществляет инвертирование сигнала, поступающего на вход канала II. Усиленные сигналы с выходов предварительных усилителей поступают через диодную ключевую схему на линию задержки ЛЗ.

С помощью коммутатора производится управление диодной ключевой схемой с целью выбора одного из режимов работы тракта вертикального отклонения:

- наблюдение формы сигнала с первого канала (переключатель SA3 в положении «I»);
- попеременное подключение сигналов с двух каналов (частота переключения каналов равна 100 кГц) за один ход развертки («...»);
- сложение (вычитание) сигналов от обоих каналов (« $I \pm II$ »);
- поочередное включение каналов с частотой следования развертки (« $\rightarrow$ »);
- наблюдение формы сигнала со второго канала («II»).

Линия задержки ЛЗ предназначена для задержки исследуемого сигнала на время  $\Delta t = 150$  нс, компенсирующее задержку сигнала в генераторе развертки и в канале горизонтального отклонения. Это дает возможность наблюдать передний фронт импульсов. С линии задержки сигнал поступает на выходной усилитель тракта вертикального отклонения «Y» и далее на вертикальноотклоняющие пластины ВОП электронно-лучевой трубки ЭЛТ.

Исследуемый сигнал с выхода предварительного усилителя первого канала вертикального отклонения и с выхода диодной ключевой схемы поступает на усилитель синхронизации, который осуществляет выбор (переключатель SA2) источника синхронизации «ВНУТР. I», «ВНУТР. I, II», «ВНЕШН.» и вид связи с источником синхронизации (переключатель SA12: открытый « $\sim$ » или закрытый « $\sim$ »).

Для периодической проверки коэффициента отклонения (V/дел) каналов вертикального отклонения луча и проверки калибровки длительности (ВРЕМЯ/дел) развертки служит калибратор амплитуды и длительности.

Усилитель синхронизации усиливает исследуемый сигнал до необходимой величины. Ручкой «УРОВЕНЬ» выбирается уровень исследуемого

сигнала, при котором происходит запуск развертки. SA7 - переключатель полярности синхронизации: «+» – фаза сигнала не меняется, «-» – фаза сигнала меняется на  $180^\circ$ . Формирователь синхроимпульсов вырабатывает импульсы, которые запускают мультивибратор управления разверткой. Генератор развертки (генератор пилообразного напряжения) может работать как в автоколебательном (переключатель SA10 в положении «АВТ»), так и в ждущем (ЖДУЩ) режиме.

Переключатель SA11 «ВРЕМЯ/дел» устанавливает калиброванный коэффициент развертки, когда ручка плавной регулировки «ПЛАВНО» установлена в крайнее правое положение. Схема блокировки обеспечивает работу генератора развертки в автоколебательном режиме, а также предупреждает повторный запуск при обратном ходе луча.

Пилообразное напряжение усиливается до необходимого значения усилителем горизонтального отклонения и поступает на горизонтальноотклоняющие пластины (ГОП) электронно-лучевой трубки.

Усилитель горизонтального отклонения позволяет увеличивать скорость развертки в 5 раз (переключатель SA9 в положении « $\times 0,2$ »),

Изменяя потенциал первого (фокусирующего) анода ЭЛТ А1 потенциометром R40, добиваются необходимой фокусировки электронного луча на экране. Изменяя потенциал второго (ускоряющего) анода ЭЛТ А2 потенциометром R32, получают изменение яркости изображения.

В осциллографе предусмотрена возможность подачи внешнего сигнала на горизонтальноотклоняющие пластины через усилитель горизонтального отклонения, используя гнездо « $\ominus X$ », расположенное на правой стенке осциллографа.

Для гашения обратного хода луча с мультивибратора управления разверткой прямоугольные импульсы подаются на усилитель Z, выход которого соединен с модулятором М ЭЛТ. Предусмотрена возможность получения ярких меток при подаче внешнего сигнала на гнездо « $\ominus Z$ ».

Узел питания обеспечивает все цепи необходимыми питающими напряжениями.

## 14.4 Измерительные генераторы

**14.4.1 ГЗ-118** - генераторы синусоидальных сигналов низкочастотные с прецизионной формой волны для исследования, настройки и испытаний систем и приборов.

Частота выходного сигнала устанавливается в диапазоне от 10 Гц до 200 кГц.

Установка частоты осуществляется дискретно на пяти поддиапазонах:

- 10 - 100 Гц через 0,1 Гц - I поддиапазон;
- 100 - 1000 Гц через 1 Гц - II поддиапазон;
- 1 - 10 кГц через 10 Гц - III поддиапазон;
- 10 - 100 кГц через 100 Гц - IV поддиапазон;
- 100 - 200 кГц через 100 Гц - V поддиапазон.



Основная погрешность установки частоты не превышает  $\pm(1 + 50/f_n) \%$  в диапазоне частот 10 Гц - 20 кГц и  $\pm 1,5 \%$  в остальном диапазоне частот, где  $f_n$  - установленное значение частоты, Гц.

Нестабильность частоты генератора не превышает  $\pm 1 \cdot 10^{-3} f_n$  (0,1 %) за любые 15 минут работы.

Наибольшее значение уровня выходного напряжения генератора на нагрузке  $600 \pm 6$  Ом не менее: 10 В на гнезде «Выход I»; 5 В на гнезде «Выход II».

Плавная регулировка уровня выходного напряжения генератора осуществляется от напряжения 10 В на гнезде «Выход I» или от 5 В на гнезде «Выход II» до уровня - 12 дБ.

Ступенчатая регулировка уровня выходного напряжения на гнезде «Выход II» осуществляется встроенным аттенуатором ступенями через 10 дБ в пределах от 0 до 60 дБ.

Коэффициент гармоник выходного сигнала генератора не превышает 0,05 %.

Выходное сопротивление генератора равно 5 Ом на гнезде «Выход I» и  $600 \pm 30$  Ом на гнезде «Выход II».

Прибор обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного 15 мин.

Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 8 часов при сохранении своих технических характеристик.

Питание генератора от сети с напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Потребляемая мощность 50 В·А.

Габаритные размеры 312×133×322 мм. Масса 8 кг.

Генератор ГЗ-118 представляет собой RC-генератор с дискретной установкой частоты и системой стабилизации уровня выходного напряжения. В частотоподающей цепи генератора использован активный режекторный фильтр.

Структурная схема генератора приведена на рисунок 14.5.

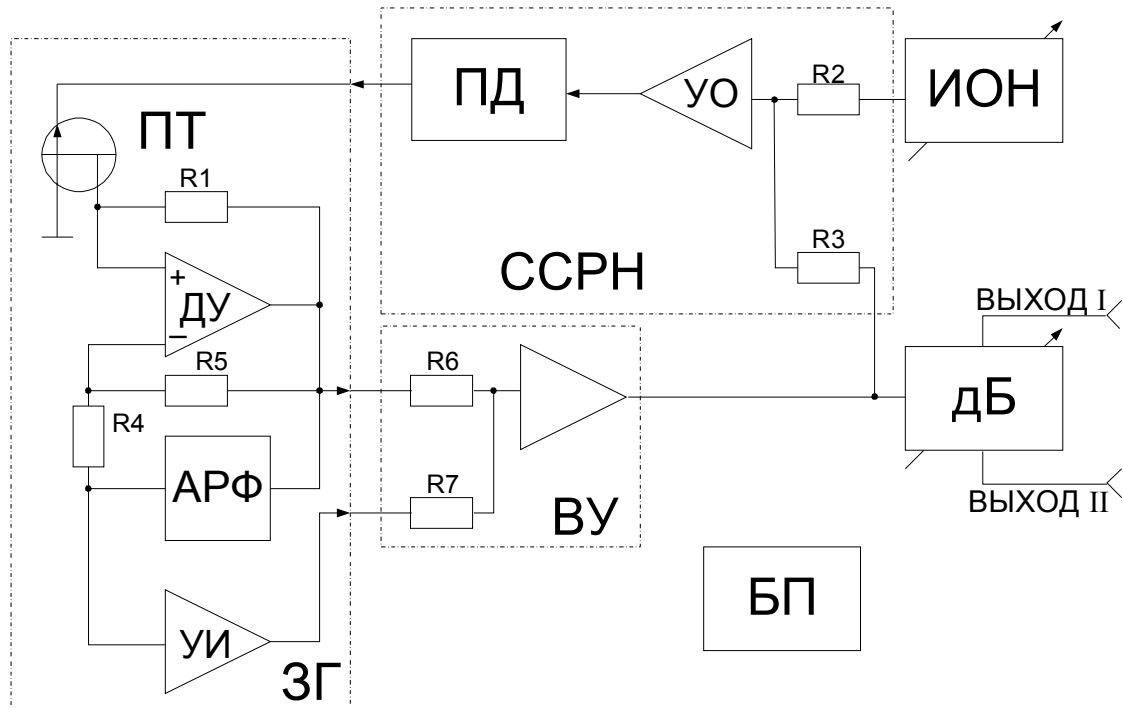


Рис. 14.5. Структурная схема генератора ГЗ-118

Основой прибора является задающий генератор ЗГ, представляющий собой дифференциальный усилитель ДУ, охваченный цепью регулируемой частотонезависимой положительной обратной связи и двумя цепями отрицательной обратной связи. Одна из цепей отрицательной обратной связи частотонезависимая, другая, содержащая активный режекторный фильтр АРФ, является частотозадающей RC-цепью.

На частоте режекции коэффициент передачи цепи, содержащей АРФ, стремится к нулю. В этом случае ДУ остается охваченным положительной и отрицательной частотонезависимыми обратными связями, коэффициенты передачи которых обеспечивают генерирование синусоидального сигнала с частотой, равной частоте режекции АРФ. На частотах, отличных от частоты режекции, глубина отрицательной обратной связи возрастает, что обеспечивает подавление в выходном сигнале ЗГ высших гармоник.

Перестройка частоты осуществляется коммутацией элементов режекторного фильтра.

Переменное напряжение с выхода выходного усилителя ВУ одновременно с опорным напряжением от источника опорного напряжения ИОН поступает на усилитель - ограничитель УО. На выходе УО возникают импульсы из отсеченных вершин синусоид, которая преобразуется пиковым детектором ПД в постоянное напряжение с уровнем, пропорциональным амплитуде импульсов. Полученное постоянное напряжение управляет сопротивлением канала полевого транзистора ПТ и, следовательно, глубиной положительной обратной связи ЗГ. Плавная регулировка выходного напряжения обеспечивается изменением уровня опорного напряжения, подаваемого на УО.

Выходной сигнал ЗГ поступает на основной вход ВУ. На второй вход через усилитель-инвертор ИУ подается напряжение высших гармоник, выделенных АРФ из выходного сигнала ЗГ. Таким образом, на входе ВУ происходит частичная компенсация спектральных составляющих, что приводит к снижению коэффициента гармоник на входе ВУ.

С выхода усилителя напряжение подается на аттенуатор дБ с общим ослаблением 60 дБ ступенями через 10 дБ и далее на гнездо «Выход II». Выходные сопротивления генератора на гнезде «Выход II» 600 Ом при всех значениях ослабления; номинальное сопротивление также 600 Ом.

На выходное гнездо «Выход I» сигнал подается непосредственно с ВУ. При этом обеспечивается низкоомный выход генератора (менее 5 Ом) и максимальное значение выходной мощности. Номинальное значение сопротивления нагрузки для этого выхода 600 Ом. При других значениях сопротивления величина тока в нагрузке не должна превышать 16 мА. Низкоомный выход на гнезде «Выход I» обеспечивается в положении переключателя «Ослабление, дБ» – «I».

Во всех остальных положениях переключателя «Ослабление, дБ» гнездо «Выход I» подключается к ВУ через резистор 1,2 кОм и может быть использовано для присоединения частотомера, осциллографа и т. п.

Наибольшее значение уровня выходного напряжения при нагрузке 600 Ом - не менее 10 В на гнезде «Выход I» и не менее 5 В на гнезде «Выход II».

Плавная регулировка выходного напряжения обеспечивается для двух выходов генератора независимо от значения установленного ослабления.

**14.4.2 ГЗ-33** - генераторы сигналов звуковой и ультразвуковой частоты для регулирования и использования радиоаппаратуры и аппаратуры связи. Диапазон частот 20 Гц - 200 кГц. Основная погрешность  $\pm(0,02 f_n + 1)$ , где  $f_n$  - установленное значение частоты. Нестабильность частоты  $2,5 \cdot 10^{-3} f_n$ . Выходная мощность от 0,5 до 5 Вт; регулировка выходного напряжения в пределах 0-100 дБ; выходное сопротивление 600 Ом. Погрешность выходного напряжения  $\pm(2,5...5) \%$ . Коэффициент нелинейных искажений 0,3...3 %. Питание 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность 150 В·А. Условия эксплуатации: температура воздуха от +10 до +35 °С, влажность до 80 %. Габаритные размеры 500×340×340 мм. Масса 30 кг.

## 14.5 Приборы для измерения времени и частоты

**14.5.1. ЧЗ-42** - частотомеры электронно-счетные реверсивные для измерения частоты, периода, счета числа импульсов, выдачи кодированных сигналов на внешнее регистрирующее устройство, выдачи напряжений кварцеванной частоты.

### Измерение частоты с блоком ЯЗ4-50

Диапазон частот 10 Гц - 2 МГц.

Время усреднения 1, 10,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  мс.

Относительная погрешность:

$$\delta_p = \pm[(\delta_0 + 1/(f_{BX} \cdot \tau_{сч}))], \quad (14.11)$$

где  $\delta_0 = 5 \cdot 10^{-7}$  - относительная погрешность частотного опорного (кварцевого) генератора;

$f_{BX}$  - измеряемая частота, Гц;

$\tau_{сч}$  - время счета, с.

Цикл измерения равен  $\tau_{сч} + t_{инд}$ . Время индикации  $t_{инд} = (0,05 - 4)$  с.

#### Измерение периода

Диапазон частот 0,01 Гц - 100 кГц.

Пределы относительной погрешности

$$\delta_T = \pm(\delta_0 + 3 \cdot 10^{-3}/N + f_{BX}/[(f_{ТАКТ} \cdot N)]], \quad (14.12)$$

где  $N = 1, 10, 100$  - число периодов;

$f_{ТАКТ} = 10^6, 10^5, 10^4$  Гц - частота заполнения.

Цикл измерения равен  $\tau_{сч} + t_{инд}$ .

#### Счет числа импульсов (режимы $\pm A, \pm B$ )

Диапазон частот: 0 - 2 МГц (вход по постоянному току), 10 Гц - 2 МГц (вход по переменному току).

Емкость заполнения 1 - 9999999.

Входное напряжение 0,1 - 100 В.

Входное сопротивление 50 кОм, входная емкость 50 пФ.

Номинальная частота кварцевого генератора 5 МГц.

Питание от сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность 85 В·А. Габаритные размеры 490×136×480 мм. Масса 18 кг.

Принцип действия частотомера основан на подсчете числа импульсов за определенный интервал времени. Импульсы, вырабатываемые формирующим устройством из сигнала измеряемой частоты, поступают через селектор, открытый на время 1, 10, 100 мс, 1, 10 с, задаваемое сигналом образцовой частоты на электронный счетчик. На цифровом табло индицируется значение частоты непосредственно в единицах частоты.

В режиме измерения периода исследуемый сигнал поступает на формирующее устройство, которое преобразует колебания в последовательность импульсов с периодом следования, равным периоду входного сигнала. Схема формирования времени счета вырабатывает импульс в один или  $10N$  ( $N$  - целое число) периодов входного сигнала, открывающий селектор. Импульсы, вырабатываемые формирующим устройством из сигнала образцовой частоты, подаются через открытый селектор на электронный счетчик. На цифровом табло индицируется значение измеренного периода непосредственно в единицах времени. Режим измерения временных интервалов аналогичен измерению периода.

Высокая помехозащищенность по сети и по входному сигналу, обеспечиваемая применением сетевого фильтра, экранировкой входных и выходных цепей и высококачественными входными усилителями, семиразрядная цифровая индикация результата счета с учетом знака остатка, вывод информации на регистрирующее устройство в коде 8-4-2-1 и дистанционное управление - все это позволяет использовать прибор для разнообразных измерений.

## 14.6 Приборы для измерения параметров цепей

**14.6.1 Ф4101** - мегаомметры для измерения сопротивления изоляции устройств, не находящихся под напряжением.

Диапазоны измерения электрического сопротивления изоляции в зависимости от положения переключателя диапазонов измерения и напряжения на зажимах приведены в таблице 14.12.

Напряжение на разомкнутых зажимах: 100, 500, 1000 В.

Основная погрешность прибора не превышает  $\pm 2,5$  % диапазона измерений.

Время установления показаний не более 4 с.

Шкала прибора многорядная неравномерная.

Питание от сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц или от источника постоянного тока напряжением 12 В. Потребляемая мощность 20 В·А. Габаритные размеры 335×296×140 мм. Масса 6 кг.

Таблица 14.12

Положение переключателя диапазонов измерения	Положение переключателя напряжения		
	100 В/Х1	500 В/Х5	1000 В/Х10
	Диапазон измерения, МОм		
I × 1	0 – 2	0 – 10	0 – 20
II × 1	0,1 – 2	0,5 – 10	1 – 20
III × 10	1 – 20	5 – 100	10 – 200
III × 10 <sup>2</sup>	10 – 200	50 – 1000	100 – 2000
III × 10 <sup>3</sup>	100 – 2000	500 – 10000	1000 – 20000

Структурная схема прибора приведена на рис. 14.6.

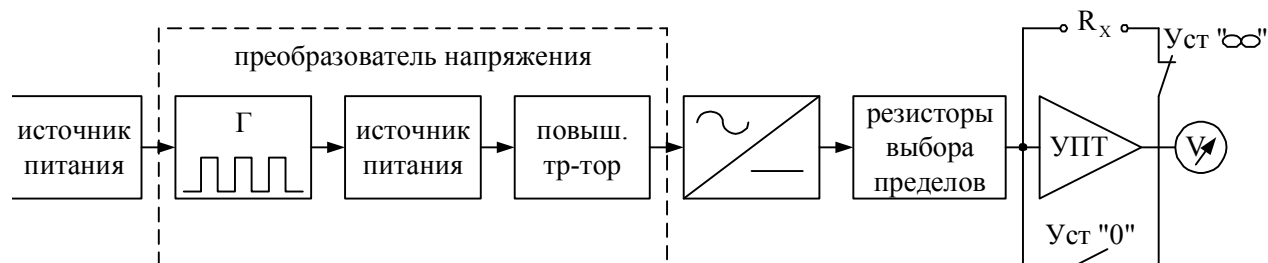


Рис. 14.6. Структурная схема мегаомметра Ф4101

Принцип действия мегаомметра основан на методе непосредственного измерения тока, зависящего от значения измеряемого сопротивления, при определенном значении напряжения. Источник питания - импульсный стабилизатор напряжения с выходным напряжением 8-8,5 В. Преобразователь напряжения состоит из задающего генератора, усилителя мощности и высоковольтного выпрямителя. Измерительный усилитель постоянного тока собран на полевых транзисторах. На вход измерительного усилителя подается напряжение, находящееся в функциональной зависимости от значения измеряемого сопротивления, с эталонных резисторов, размер которых устанавливается переключателем диапазонов измерения.

**Приложение А**  
(справочное)  
**Библиографический список**

1. Справочник по электроизмерительным приборам/ Под ред. Илюнина К.К. – Л: Энергоатомиздат, 1983 г.
2. Электротехнический справочник: в 3 т. Т1/ Под ред. Герасимова В.Г. – Л: Энергоатомиздат, 1985 г.
3. ГОСТ 8.009.84.ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
4. ГОСТ 16263-70. Метрология. Термины и определения.
5. ГОСТ 23217-78. Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом. Наносимые условные обозначения.
6. ГОСТ 2.729-68. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные.
7. Электрические измерения / Под ред. Малиновского В.Н. – М: Высшая школа, 1989 г.
8. Электроизмерительные приборы: справочно-методическое пособие. Сост. С.Н. Елифанов, А.А. Красных. – Киров, 1997.



## Приложение Б

(справочное)

Таблица Б.1 – Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы (по ГОСТ 23217-79)

Наименование	Обозначение
1	2
1. Единицы измерения	
Килоампер	kA
Ампер	A
Миллиампер	mA
Микроампер	$\mu A$
Вольт	V
Киловатт	kW
Ватт	W
Вар	var
Герц	Hz
Мегом	M $\Omega$
Килоом	K $\Omega$
Ом	$\Omega$
2. Род тока	
Ток постоянный	
Ток переменный (однофазный)	~
Ток постоянный и переменный	~
Ток трехфазный	~ ~ ~
3. Безопасность	
Напряжение испытательное (например, 2 кВ)	☆ <sub>2</sub>
4. Используемое положение	
Горизонтальное положение шкалы	┌
Вертикальное положение шкалы	└
Наклонное положение шкалы (например, под углом 60°)	└ <sub>60°</sub>
5. Класс точности	
По приведенной погрешности	1,0
По приведенной погрешности (в процентах от длины шкалы)	└ <sub>1,0</sub>

Продолжение таблицы Б.1

1	2
По относительной погрешности	
6. Обще условные обозначения	
Прибор магнитоэлектрический	
Прибор электромагнитный	
Прибор электродинамический	
Прибор ферродинамический	
Логометр электродинамический	
Прибор индукционный	
Прибор электростатический	
Прибор выпрямительный с магнитоэлектрическим измерительным механизмом	
Прибор электронный аналоговый с магнитоэлектрическим измерительным механизмом	
Прибор с цифровым отсчетом	
Зажим генераторный (для ваттметров)	
Зажим общий (для комбинированных приборов)	
Зажим для заземления	
Зажим, соединенный с корпусом	
Экран магнитный	
Экран электростатический	
Корректор	

## Окончание таблицы Б.2

1	2
Номинальная область частот Номинальная (от 50 до 60 Гц) и расширенная область частот (от 45 до 400 Гц) Прибор проградуированный с трансформатором тока (например, 100 А – первичный и 5 А - вторичный номинальные токи)	45-300 Hz 45- <u>50-60</u> -400 Hz $TT \frac{100}{5}$

## Приложение В

### (справочное)

### Алфавитный указатель приборов

B2-11.....	74	M104.....	15	P313.....	58	Ц1424.....	26
B3-38A.....	74	M106.....	17	P322.....	66	Ц1425.....	26
B7-13.....	75	M109.....	15, 17	P33.....	66	Ц1426.....	24
B7-16.....	76	M1101.....	21	P342.....	57	Ц1620.....	24
B7-35.....	84	M1119.....	73	P361.....	66	Ц20.....	28
B7-38.....	79	M118.....	20	P39.....	68	Ц30.....	26
BAФ-85M.....	27	M132.....	13	P4010.....	66	Ц312.....	24
		M136.....	13	P4833.....	71	Ц4202.....	24
		M145.....	16	P517M.....	66	Ц4203.....	24
		M1607.....	15	P533.....	67	Ц4353.....	29
		M1611.....	15	P547.....	67	Ц437.....	29
Г3-118.....	89	M197.....	20	P56/2.....	72		
Г3-33.....	92	M199.....	73	P567.....	67		
		M2003.....	13	P575.....	67		
		M2004.....	17			Ч3-42.....	92
		M2005.....	15	C1-77.....	85		
Д120.....	43	M2018.....	18	C196.....	45	ЩС150.....	57
Д124.....	42	M2027.....	13	C700M.....	45	ЩС100.....	57
Д1600.....	39	M330.....	14, 16	C75.....	45	ЩС75.....	57
Д305.....	42	M4100/1-5.....	23	СА3-И670.....	49	ЩС75M.....	57
Д307.....	41	M4125.....	21	СА4-И675.....	51		
Д340.....	43	M4200.....	16	СА4У-И675Т.....	51		
Д391.....	42	M42007.....	13	СО-И445Т.....	48		
Д430.....	44	M42104.....	16	СО-И446.....	48	Щ1313.....	82
Д506.....	43	M4233.....	13, 16	СО-И449.....	48	Щ1413.....	81
Д566.....	40	M471.....	21	CP4-И679.....	51	Щ1513.....	79
Д567.....	39	M80.....	18	CP4У-И673М.....	52	Щ1516.....	79
Д573.....	39	M901.....	13			Щ1526.....	81
Д5781.....	43	M903.....	16			Щ304.....	79
		M906.....	13				
		M97.....	13				
		MC-06.....	22	T13.....	27		
И50.....	60			T210.....	27	Э140.....	30
И510.....	61			T216.....	27	Э144.....	36
И523.....	59			T218.....	27	Э1505.....	38
И54.....	59	Н117/1.....	55	ТТ-2.....	28	Э381.....	32
ИБК-8.....	64	Н145.....	55			Э4.....	35
ИИСЭ1-48.....	64	Н33.....	55	У-355.....	62	Э523.....	31
		Н392.....	54	УТН1.....	59	Э528.....	31
		Н394.....	54	УТТ5М.....	58	Э531.....	31
		Н395.....	54	УТТ6.....	58	Э534.....	31
К200.....	63	НТН1.....	67			Э59/3.....	30
К50.....	53	НТН2.....	67				
К505.....	53	НТТ1.....	67				
		НТТ2.....	67				
		НЭ-65.....	66				
М010.....	56			Ф283.....	82		
М015.....	56			Ф4101.....	94		
М017.....	56			Ф4214.....	83		
М0-61.....	68	P130M.....	57	Ф4354/1.....	73		
М1032.....	20	P307.....	72	Ф4830.....	84		

## Содержание

Введение .....	3
В.1 Классификация средств электрических измерений .....	3
В.2 Технические характеристики средств электроизмерений .....	6
В.3 Маркировка электроизмерительных приборов и наносимые на циферблат условные обозначения .....	9
В.4 Обозначения и сокращения, принятые в справочно-методическом пособии .....	11
1 Магнитоэлектрические приборы.....	12
1.1 Назначение и принцип действия.....	12
1.2 Свойства и технические характеристики приборов.....	12
1.3 Пределы измерения и схемы включения.....	12
1.4 Амперметры, миллиамперметры, микроамперметры.....	13
1.5 Вольтметры, милливольтметры .....	16
1.6 Вольтамперметры .....	18
1.7 Гальванометры.....	20
1.8 Омметры и мегаомметры .....	21
1.9 Выпрямительные измерительные приборы .....	24
1.10 Термоэлектрические приборы .....	27
1.11 Комбинированные переносные приборы (тестеры) .....	28
2 Электромагнитные приборы.....	30
2.1 Миллиамперметры, амперметры, килоамперметры, вольтметры.....	30
2.2 Электромагнитные частотомеры .....	35
2.3 Электромагнитные фазометры.....	36
2.4 Электромагнитные синхроскопы.....	37
3 Электродинамические и ферродинамические приборы.....	39
3.1 Электродинамические амперметры, вольтметры и ваттметры .....	39
3.2 Электродинамические фазометры .....	43
3.3 Электродинамические частотомеры.....	43
3.4 Электродинамические синхроскопы .....	44
4 Приборы электростатической системы.....	45
5 Приборы индукционной системы .....	47
5.1 Однофазные счетчики активной энергии .....	48
5.2 Трехфазные счетчики активной энергии.....	49
5.3 Трехфазные счетчики реактивной энергии .....	51
6 Измерительные комплекты.....	53
7 Самопишущие приборы.....	54
8 Измерительные преобразователи .....	57
8.1 Шунты, добавочные резисторы и делители напряжения .....	57
8.2 Измерительные трансформаторы .....	58
9 Установки для поверки электроизмерительных приборов .....	62

10 Информационно-измерительные системы и измерительно- вычислительные комплексы .....	63
11 Меры электрических величин .....	66
11.1 Нормальные элементы .....	66
11.2 Катушки и магазины сопротивления .....	66
11.3 Катушки и магазины индуктивности .....	67
11.4 Конденсаторы и магазины емкости .....	67
12 Мосты и потенциометры .....	68
13 Приборы для магнитных измерений .....	73
14 Электронные измерительные приборы .....	74
14.1 Аналоговые электронные вольтметры .....	74
14.2 Цифровые вольтметры и мультиметры .....	76
14.3 Электронные осциллографы .....	85
14.4 Измерительные генераторы .....	89
14.5 Приборы для измерения времени и частоты .....	92
14.6 Приборы для измерения параметров цепей .....	94
Приложение А .....	96
Приложение Б .....	97
Приложение В .....	100
Содержание .....	101

Елифанов Сергей Николаевич  
Красных Александр Анатольевич  
Семёновых Людмила Владимировна

## **ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Справочно-методическое пособие