

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ
Факультет «Электроника и автоматика»
Кафедра «Электроника и микроэлектроника»**

Хайдаров Фазлиддин Фуркат угли

**Тема: «Разработка прибора для измерения электросопротивлений
малой величины»**

Выпускная квалификационная работа

для получения степени бакалавра по направлению

5310800 "Электроника и приборостроение" (Электроника)

(шифр и название направления)

Заведующий кафедрой:

проф. Илиев Х.М.

Руководитель:

доц. Тачилин С.А.

Выпускник:

Хайдаров Ф.Ф.

Ташкент - 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	
1.1 Электрическое сопротивление, резисторы	5
1.2 Метод амперметра-вольтметра для измерения сопротивления постоянному току	8
1.3 Метод непосредственной оценки для измерения сопротивления постоянному току	10
1.4 Мосты для измерения сопротивления постоянному току	12
1.5 Методика измерения очень больших сопротивлений	15
1.6 Методы и приборы сравнения	16
1.7 Методика измерения ультрамалых сопротивлений постоянному току	19
1.8 Методика измерения сопротивления при переменном токе	21
1.9 Измерительные механизмы омметров	23
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	
2.1 Измерение малого электросопротивления растеканию тока заземляющих устройств	26
2.2 Методика измерения малых сопротивлений прибором М 416	33
2.3 Методика проверки наличия цепи между заземлителями и заземляемыми частями и элементами электроустановок	37
2.4 Анализ принципиальной схемы и конструкции авометра	39
2.5 Анализ схемы линейного омметра	43
2.6 Конструкция и технические характеристики разработанного прибора для измерения электросопротивлений малой величины	44
2.7 Порядок работы на разработанном приборе для измерения электросопротивлений малой величины	49
2.8 Определение параметров шунта для амперметра	50
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	55
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	80

ВВЕДЕНИЕ

При изготовлении, монтаже и эксплуатации электротехнических и радиотехнических устройств и установок необходимо измерять электрическое сопротивление.

В практике для измерения сопротивлений применяют различные методы в зависимости от характера объектов и условий измерения (например, твердые и жидкие проводники, заземлители, электроизоляция); от требований к точности и скорости измерения; от величины измеряемых сопротивлений.

Для измерения сопротивлений существует множество самых разнообразных методов. Все они отличаются друг от друга. И в каждом случае необходимо выбирать индивидуальный метод для измерения. Наиболее распространен метод косвенного измерения сопротивлений - это метод измерений через амперметр и вольтметр. Он применяется во множестве устройств по измерению сопротивления как постоянному, так и переменному току. Тем не менее, не всегда можно использовать обыкновенные вольтметры и амперметры для измерения напряжения и тока, поскольку они могут давать погрешность, например при измерении очень малых сопротивлений ввиду наличия сопротивления соединяющих проводов и контактов. Поэтому для грамотного измерения сопротивления важно выбрать метод, при котором погрешность измерений будет минимальна.

Методы измерения малых сопротивлений существенно отличаются от методов измерения больших сопротивлений, так как в первом случае надо принимать меры для исключения влияния на результаты измерений сопротивления соединительных проводов, переходных контактов.

В профессиональной и радиолюбительской практике приходится встречаться с необходимостью измерения ультрамалого сопротивления. К числу задач, требующих измерения сопротивлений вплоть до 1 мкОм с заданной точностью, относятся, например, изготовление сильноточных шунтов (в том числе и для измерительных приборов), измерение переходного

сопротивления контактов реле, переключателей, соединительных дорожек солнечных батарей и т. п. Аналогичная задача возникает и при необходимости отбора мощных полевых транзисторов.

В широко распространенных методах измерения последовательно с измеряемым сопротивлением неизбежно включено паразитное сопротивление, образованное соединительными проводами, переходным сопротивлением входных клемм или гнезд, контактных переключателей и т. п. Ввиду того что паразитное сопротивление включено последовательно с измеряемым, омметр измеряет их суммарное значение. Конечно, для больших значений сопротивления эта ошибка невелика и ее не учитывают. Иначе обстоит дело при измерении малых значений. Несложно заметить, что для значений измеряемых сопротивлений соизмеримых с паразитным сопротивлением, измерение в принципе еще возможно, хотя о точности говорить уже не приходится. Это действительно так для обычных, применяемых в аналоговых и цифровых омметрах, методов измерения сопротивления. Эта задача решается путем использования более сложных приборов для измерения малых значений сопротивлений методом амперметра и милливольтметра.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Электрическое сопротивление, резисторы

Электрическое сопротивление - основная электрическая характеристика проводника, величина, характеризующая противодействие электрической цепи или ее участка электрическому току. Также сопротивлением (резистором) называют деталь оказывающую электрическое сопротивление току. Электрическое сопротивление обусловлено преобразованием электрической энергии в другие виды энергии и измеряется в Омах.

Сопротивление обозначается буквой R и считается, в определённых пределах, постоянной величиной для данного проводника и её можно определить как

$$R = \frac{U}{I},$$

где R — сопротивление; U — разность электрических потенциалов на концах проводника, измеряется в вольтах; I — ток, протекающий между концами проводника под действием разности потенциалов, измеряется в амперах.

Для практического измерения сопротивлений применяют множество различных методов, в зависимости от условий измерения и характера объектов, от требуемой точности и быстроты измерений. Например различают методы для измерения сопротивления при постоянном токе и при переменном, измерение больших сопротивлений, сопротивлений малых и ультрамалых, прямые и косвенные и т.д.

Резисторы (сопротивления) - это наиболее распространенные компоненты электронной аппаратуры, с помощью которых осуществляется регулирование и распределение электрической энергии между цепями и элементами схем.

В зависимости от назначения резисторы подразделяются на две группы: 1) общего назначения (диапазоны номиналов 1 мОм - 10 МОм, номинальные мощности рассеивания 0,062- 100 Вт); 2) специального назначения, которые

подразделяются на: а) высокоомные резисторы (от десятков Мегаом до сотен Тераом, рабочее напряжение 100-400 В); б) высоковольтные (сопротивления до 10 Ом, рабочее напряжение единицы -десятки кВ); в) высокочастотные (имеют малые собственные емкости и индуктивности); г) прецизионные (повышенная точность - допуск 0,001 - 1%, стабильность, номиналы 0,1 Ом-10 МОм, номинальные мощности рассеивания до 2 Вт).

Переменные резисторы подразделяются на подстроечные и регулировочные. Подстроечные резисторы рассчитаны на проведение подстройки электрических режимов и имеют небольшую износостойчивость (до 1000 циклов перемещения подвижной части), а регулировочные - для проведения многократных регулировок. Они отличаются большей износостойчивостью (более 5000 циклов) и в зависимости от характера изменения их сопротивлений при перемещении подвижной части делятся на резисторы с линейной А и нелинейной функциональными характеристиками: логарифмической Б, обратнологарифмической В, характеристиками типа Б, Е.

Проводящий элемент резистора выполняют в виде пленки, осажденной на поверхность изоляционного основания; проволоки или микропроволоки; объемной конструкции. В зависимости от материала, использованного для создания проводящего элемента, резисторы подразделяют на проволочные, непроволочные, металлофольговые (проводящий элемент выполнен из фольги, нанесенной на непроводящие основания). У проволочных и металлофольговых резисторов в качестве материала проводящего элемента используют манганин и нихром.

Непроволочные резисторы можно подразделить на следующие группы: а) углеродистые и бороуглеродистые (проводящий элемент - пленка пиролитического углерода или его соединений, осажденная на непроводящее основание); б) металлодиэлектрические, металлопленочные или металлооксидные (проводящий элемент - микрокомпозиционный слой из диэлектрика и металла или пленки из металла, оксида металла или его сплавов; в) композиционные (проводящий элемент - гетерогенная система из нескольких

компонентов, один из которых проводящий, например графит или сажа); полупроводниковые (проводящий элемент выполнен из полупроводникового материала).

По конструктивному исполнению резисторы изготовляют в нормальном и тропическом (всеклиматическом) вариантах и выполняют неизолированными (касание токоведущих частей не допускается), изолированными (касание токоведущих частей допускается), герметизированными, в том числе и вакуумными (герметично изолированными от окружающей среды).

У любого резистора есть тепловые шумы. Они появляются вследствие тепловых движений носителей зарядов (электронов) внутри твердого тела. Их среднюю мощность определяют из формулы Найквиста $P_{ш} = 4kT\Delta f$, где k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура; Δf - полоса частот в которой измеряется мощность, $\Delta f = f_2 - f_1$.

Частотные характеристики у непроволочных резисторов значительно лучше, чем у проволочных.

При длительной эксплуатации происходит старение резисторов и их сопротивление изменяется. Так, например, у резисторов типа С2-6 сопротивление может измениться до +20% после 15000 ч работы. У некоторых типов резисторов после их выдержки в течение нескольких часов при повышенной температуре сопротивление не возвращается к начальному значению. Номинальное сопротивление резистора должно соответствовать одному из шести рядов: E6, E12, E24; E48; E96; E192.

Ряд допускаемых отклонений также нормализован. Допуски указываются в процентах в соответствии с рядом $\pm 0,001$; $+0,002$; $\pm 0,005$; $\pm 0,02$; $\pm 0,05$; $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $+2,0$; $+5,0$; ± 10 ; $+20$; ± 30 .

Основные параметры резисторов:

1. Номинальные сопротивления по ГОСТ 2825-67.
2. Допускаемые отклонения сопротивлений от номинальных величин.
3. Номинальные мощности рассеивания (максимальная мощность, которую резистор может рассеивать без изменения своих параметров свыше

значений, указанных в технической документации, при непрерывной электрической нагрузке и определенной температуре окружающей среды).

4. Предельное рабочее напряжение (напряжение, которое может быть приложено к резистору без нарушения его работоспособности).

5. Температурный коэффициент сопротивления (характеризует изменение сопротивления резистора при изменении температуры на 1 °С).

6. Уровень собственных шумов D (мкВ/В).

7. Максимальная температура окружающей среды для номинальной мощности рассеивания.

8. Коэффициент напряжения K_v .

9. Влагоустойчивость и термостойкость.

Значение сопротивления некоторых типов резисторов может меняться в зависимости от приложенного напряжения. Причиной этого является зависимость концентрации носителей тока и их подвижности от напряженности электрического поля. Учитывают это явление с помощью коэффициента напряжения.

1.2 Метод амперметра-вольтметра для измерения сопротивления постоянному току

Основными методами измерения сопротивления постоянному току являются косвенный метод, метод непосредственной оценки, а также мостовой метод. Выбор метода измерений зависит от ожидаемого значения измеряемого сопротивления и требуемой точности измерений. Из косвенных методов наиболее универсальным является метод амперметра-вольтметра.

Метод амперметра-вольтметра основан на измерении тока, протекающего через измеряемое сопротивление и падения напряжения на нем. Применяют две схемы измерения: измерение больших сопротивлений рис. 1.1 (а) и измерение малых сопротивлений рис. 1.1 (б). По результатам измерения тока и напряжения определяют искомое сопротивление.

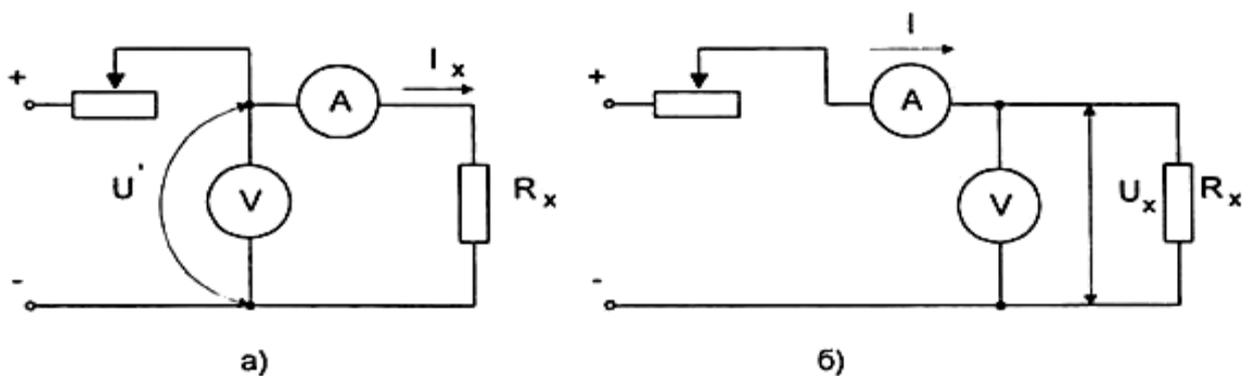


Рис. 1.1 Метод амперметра-вольтметра для измерения сопротивления постоянному току больших сопротивлений (а) и малых сопротивлений (б).

Для схемы (а) искомое сопротивление и относительную методическую погрешность можно определить по формулам:

$$R'_x = \frac{U'}{I_x} = \frac{U_x + U_a}{I_x} = R_x + R_a, \delta = \frac{R_a}{R_x},$$

где R_x - измеряемое сопротивление, а R_a - сопротивление амперметра.

Для схемы (б) искомое сопротивление и относительная методическая погрешность измерения определяются по формулам:

$$R'_x = \frac{U_x}{I} = \frac{U_x}{I_x + I_v} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_v}}, \delta = -\frac{R_x}{R_v + R_x},$$

Из формулы видно, что при подсчете искомого сопротивления возникает погрешность, оттого, что при измерении токов и напряжений во второй схеме амперметр учитывает и ток через вольтметр, а в первой схеме вольтметр измеряет напряжение помимо резистора еще и на амперметре.

Из определения относительных методических погрешностей следует, что измерение по схеме (а) обеспечивает меньшую погрешность при измерении больших сопротивлений, а измерение по схеме (б) - при измерении малых сопротивлений. Погрешность измерения по данному методу рассчитывается по выражению:

$$\delta_R = \gamma_v \frac{U_n}{U_x} + \gamma_a \frac{I_n}{I_x},$$

Используемые при измерении приборы должны иметь класс точности не более 0,2. Вольтметр подключают непосредственно к измеряемому сопротивлению. Ток при измерении должен быть таким, чтобы показания отсчитывались по второй половине шкалы. В соответствии с этим выбирается и шунт, применяемый для возможности измерения тока прибором класса 0,2. Во избежание нагрева сопротивления и, соответственно, снижения точности измерений, ток в схеме измерения не должен превышать 20% номинального.

Достоинство схем метода измерения амперметром и вольтметром заключается в том, что по резистору с измеряемым сопротивлением можно пропускать тот же ток, как и в условии его работы, что является важным при измерении сопротивлений, значения которых зависят от тока.

1.3 Метод непосредственной оценки для измерения сопротивления постоянному току

Метод непосредственной оценки предполагает измерение сопротивления постоянному току с помощью омметра. Омметром называют измерительный прибор непосредственного отсчёта для определения электрических активных сопротивлений, активные сопротивления также называют омическими сопротивлениями. Обычно измерение производится по постоянному току, однако, в некоторых электронных омметрах возможно использование переменного тока. Разновидности омметров: микроомметры, миллиомметры, мегаомметры, гигаомметры, тераомметры различающиеся диапазонами измеряемых сопротивлений.

По принципу действия омметры можно разделить на магнитоэлектрические - с магнитоэлектрическим измерителем или магнитоэлектрическим логометром (мегаомметры) и электронные, которые бывают аналоговые или цифровые.

Действие магнитоэлектрического омметра основано на измерении силы тока, протекающего через измеряемое сопротивление при постоянном напряжении источника питания. Для измерения сопротивлений от сотен Ом до

нескольких мегаом измеритель и измеряемое сопротивление r_x включают последовательно. В этом случае сила тока I в измерителе и отклонение подвижной части прибора a пропорциональны: $I = U/(r_0 + r_x)$, где U — напряжение источника питания; r_0 — сопротивление измерителя. При малых значениях r_x (до нескольких Ом) измеритель и r_x включают параллельно.

За основу логометрических мегаомметров берется логометр, к плечам которого подключаются в разных комбинациях (в зависимости от предела измерения) образцовые внутренние резисторы и измеряемое сопротивление, показание логометра зависит от соотношения этих сопротивлений. В качестве источника высокого напряжения, необходимого для проведения таких измерений, в подобных приборах обычно используют механический индуктор — электрогенератор с ручным приводом, в некоторых мегаомметрах вместо индуктора применяется полупроводниковый преобразователь напряжения.

Принцип действия электронных омметров основан на преобразовании измеряемого сопротивления в пропорциональное ему напряжение с помощью операционного усилителя. Измеряемый резистор включается в цепь обратной связи (линейная шкала) или на вход усилителя. Цифровой омметр представляет собой измерительный мост с автоматическим уравниванием. Уравнивание производится цифровым управляющим устройством методом подбора прецизионных резисторов в плечах моста, после чего измерительная информация с управляющего устройства подается на блок индикации.

При измерении малых сопротивлений может возникать дополнительная погрешность из-за влияния переходного сопротивления в точках подключения. Чтобы избежать этого применяют так называемый метод четырехпроводного подключения. Сущность метода состоит в том, что используются две пары проводов — по одной паре на измеряемый объект подается ток определенной силы, с помощью другой пары с объекта на прибор подается падение напряжения пропорциональное силе тока и сопротивлению объекта. Провода подсоединяются к выводам измеряемого двухполюсника таким образом, чтобы

каждый из токовых проводов не касался непосредственно соответствующего ему провода напряжения, при этом получается, что переходные сопротивления в местах контактов не включаются в измерительную цепь.

1.4 Мосты для измерения сопротивления постоянному току

Для измерения сопротивления на постоянном токе широко используются одинарные мосты рис. 1.2. Одинарными мостами называют четырехплечие мосты с питанием от источника постоянного тока. Существует ряд конструкций этих приборов с различными характеристиками. Погрешность моста зависит от пределов измерения и указывается обычно в паспорте моста.

Конструктивно мосты оформляются в виде переносных приборов; они рассчитаны на работу с собственным или наружным нуль-индикатором. При измерении малых сопротивлений на результат измерения существенное влияние оказывают сопротивления контактов и соединительных проводов, суммируемые с измеряемым сопротивлением. Для уменьшения этого влияния используют специальные способы присоединения R_x к мосту, для чего мост имеет четыре зажима:

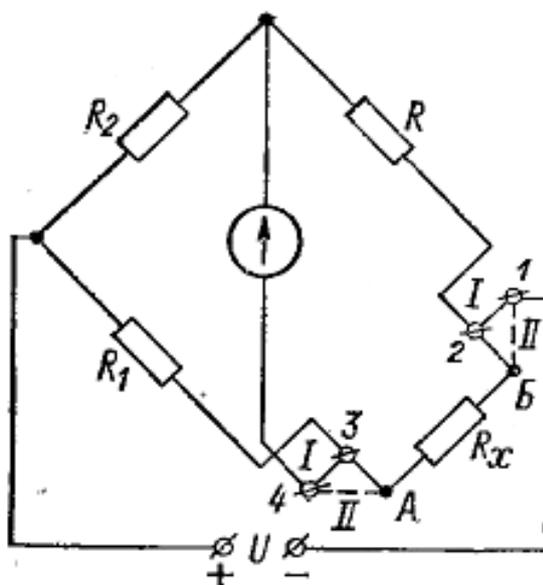


Рис. 1.2 Измерение сопротивления с помощью моста

При измерении сопротивлений от 10 до 1000000 Ом зажимы 1 и 2, а также 3 и 4 замыкаются переключателями и резистор с измеряемым сопротивлением подключается к зажимам 2 и 3. Сопротивление R_x измеряется вместе с сопротивлением проводов и контактов, при помощи которых оно подключается к зажимам 2 и 3. При измерении малых сопротивлений (тех, которые меньше 10 Ом) погрешность, вносимая соединительными проводами и контактами, может оказаться большой. Уменьшить её можно, подключив измеряемый резистор к 4 зажимам – 1 и 2, 3 и 4. При этом переключки между точками 1 и 2, 3 и 4 снимаются, а точки А и 4, Б и 1 соединяются между собой.

В этом случае сопротивление провода от R_x к зажиму 2 входит в плечо сопротивлением R , а сопротивление провода от R_x к зажиму 3 - в плечо сопротивлением R_1 . Сопротивления R и R_1 значительно больше сопротивлений проводов.

При измерении весьма малых сопротивлений рассматриваемый мост имеет большие погрешности из-за низкой чувствительности. Повышение чувствительности увеличением тока питания ограничивается допустимой мощностью, рассеиваемой в плечах моста. Этому недостатка лишены двойные мосты. Наиболее распространенной схемой, в которой влияние проводов и контактов сведено к минимуму, является схема двойного моста рис. 1.3:

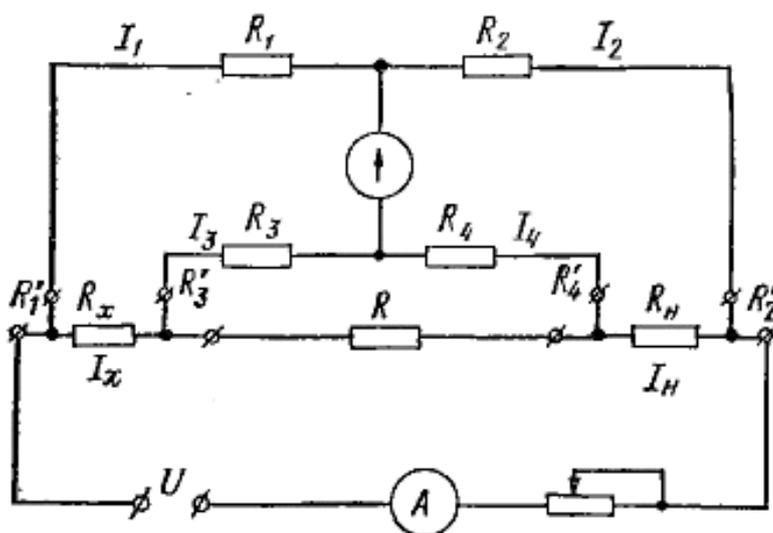


Рис. 1.3 Схема двойного моста.

Сопротивления плеч моста обозначены через R с соответствующими индексами, а сопротивления соединительных проводов и контактов через $R'1$, $R'2$ и т.д.

Если принять сопротивления соединительных проводов и контактов входящими в значения сопротивлений, обозначенных буквами с соответствующими индексами. При равновесии моста выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2; & I_3 &= I_4; & I_x &= I_n; \\ I_x R_x + I_3 R_3 &= I_1 R_1; \\ I_n R_n + I_4 R_4 &= I_2 R_2; \\ I_3 R_3 + I_4 R_4 &= (I_x - I_3) R. \end{aligned}$$

Решив эти уравнения относительно R_x найдем:

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_4 R}{R + R_3 + R_4} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right).$$

Из данного уравнения следует, что если выполнить условие $R_1/R_2 = R_3/R_4$, то второй член этого уравнения будет равен нулю и измеряемое сопротивление R_x можно определить из равенства:

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2}.$$

Двойные мосты выполняются с постоянным или переменным отношением плеч. Гальванометр в момент равновесия может быть замкнут на небольшое сопротивление, поэтому при выборе гальванометра следует предпочесть приборы с малым внешним критическим сопротивлением и возможно большей чувствительностью по напряжению. С целью расширения пределов измерения в промышленных приборах двойные мосты совмещаются с одинарными, обеспечивая широкие пределы измерений.

1.5 Методика измерение очень больших сопротивлений

Существует несколько методов измерения больших сопротивлений. Один из них – метод непосредственного отклонения, в котором ток, протекающий через измеряемое сопротивление под воздействием известного напряжения, непосредственно определяется по чувствительному гальванометру, включенному последовательно с сопротивлением. Напряжение на сопротивлении определяется по показанию включенного параллельно сопротивлению вольтметра. Величина искомого сопротивления находится на основании закона Ома делением напряжения на величину протекающего через него тока. Отличие этого метода от метода амперметра-вольтметра заключается лишь в замене амперметра на гальванометр.

Этот же самый метод лежит в основе выпускаемых промышленностью мегаомметров с непосредственным отсчетом. Измерительный механизм в них, как правило, магнитоэлектрического типа (из за его точности, малого собственного потребления и равномерности шкалы). Для определенного рабочего напряжения прибор градуируется непосредственно в единицах сопротивления. Ввиду ограниченной чувствительности мегаомметров, рабочее напряжение мегаомметров велико (до 2500 В).

Очень распространено измерение больших сопротивлений при помощи потенциометрических схем. Пределы измерений при этом могут быть значительно больше, а аппаратура надежнее и прочнее, чем при способе непосредственного отклонения. В большинстве промышленных мегомметров и тераомметров используется потенциометрический способ. Измеряемое R_x и образцовое R_0 сопротивления образуют делитель, питаемый от стабильного источника постоянного напряжения U . Падение напряжения на образцовом сопротивлении измеряют вольтметром V с высоким входным сопротивлением. При определенном значении напряжения U каждому показанию u вольтметра соответствует вполне определенное значение измеряемого сопротивления: $R_x = (U - u)R_0/u$, и вольтметр отградуирован в единицах сопротивления.

При осуществлении потенциметрического способа измерения возникают две проблемы: изготовления стабильного образцового сопротивления и выбора высокоомного и чувствительного вольтметра. На больших пределах измерения сопротивления R_0 могут быть только непроволочными. Потенциметрические схемы различаются лишь по способу измерения напряжения на образцовом сопротивлении.

1.6 Методы и приборы сравнения

Для измерения малых и средних сопротивлений применяют метод сравнения измеряемого сопротивления R_X с образцовым R_0 . Эти два сопротивления на схеме рис. 1.4 соединены последовательно, поэтому ток в них один и тот же. Величину его регулируют с помощью резистора R_p , так, чтобы она не превышала допустимого тока для сопротивлений R_X и R_0 .
$$U_X / R_X = U_0 / R_0.$$
 Отсюда $R_X = R_0 U_X / U_0$. Неизвестные падения напряжения U_X и U_0 измеряют вольтметром или потенциометром. Результаты измерения получаются более точными, если сопротивления R_X и R_0 одного порядка, а сопротивление вольтметра достаточно велико, так что присоединение его не влияет на режим основной цепи.

При измерении малых сопротивлений этим методом вольтметр подключают с помощью потенциальных зажимов, которые позволяют исключить сопротивления контактов основной цепи из результатов измерения.

Средние и большие сопротивления можно измерить методом замещения (рис. 1.5). Амперметром A измеряют ток, устанавливая переключатель Π в положение 1, а затем 2. Напряжение на входных зажимах схемы одинаково, поэтому $U = I_X R_X = I_0 R_0$. Отсюда $R_X = R_0 I_0 / I_X$.

При измерении больших сопротивлений амперметр заменяют гальванометром с шунтом, чем значительно повышают точность измерения.

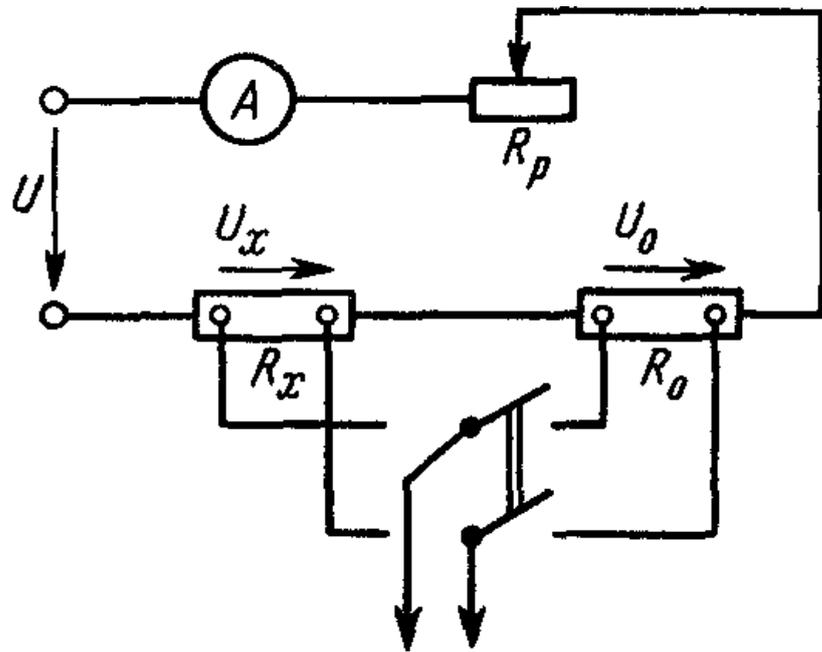


Рис. 1.4 Метод сравнения измеряемого сопротивления

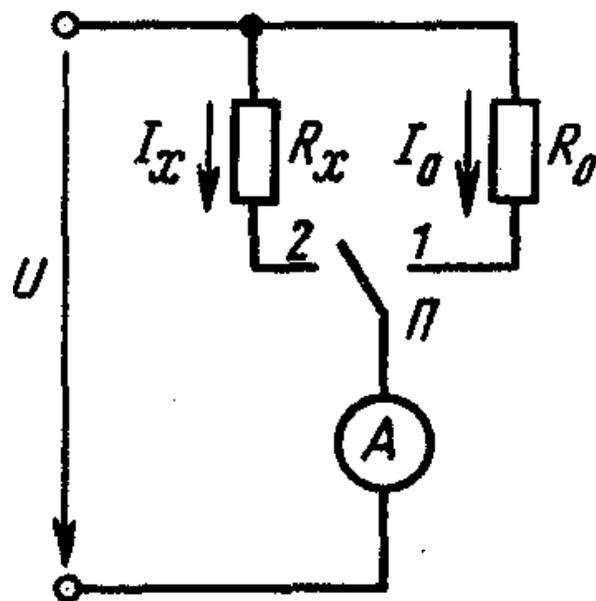


Рис. 1.5 Метод замещения

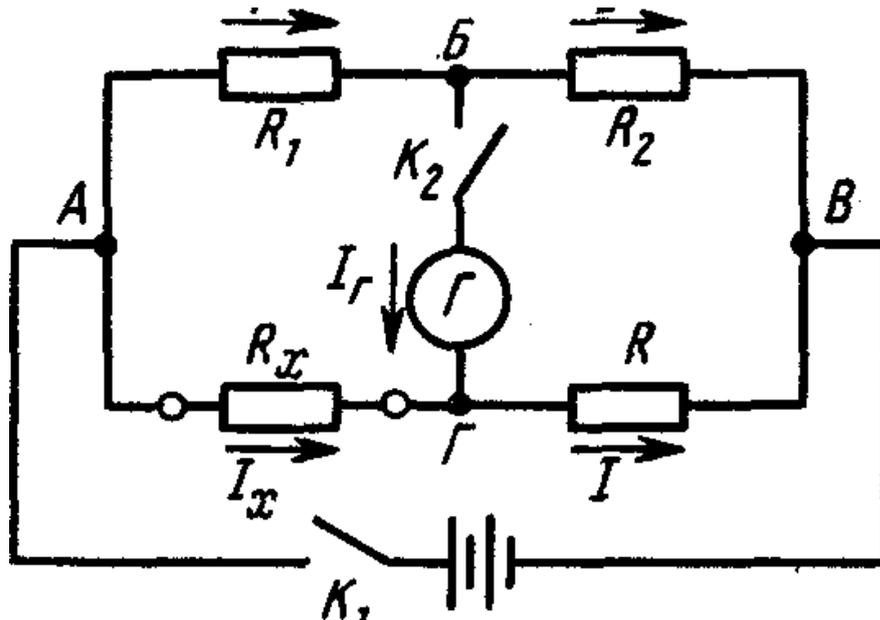


Рис. 1.6 Одинарный мост

Наиболее точные результаты при измерении сопротивлении дают мостовые схемы, которые в практике применяют в различных вариантах в зависимости от величин измеряемых сопротивлений и требуемой точности измерения.

Чаще других можно встретить прибор, построенный по схеме рис. 1.6, который в практике называют “одинарным мостом”. В данном случае в мостовую схему входят сопротивления R_1 ; R_2 ; R ; R_x , которые образуют замкнутый контур A, B, B, Γ из четырех ветвей (их называют “плечами моста”).

В одну диагональ схемы включен источник постоянного тока, в другую — гальванометр с двусторонней шкалой (ноль в середине шкалы).

Предположим, что при некотором сопротивлении R_x другие сопротивления подобраны так, что ток в измерительной диагонали $I_\Gamma = 0$, т. е. потенциалы V_B и V_Γ одинаковы при замкнутых выключателях K_1 и K_2 .

В этом случае $I_1 = I_2$; $I_x = I$; $I_1 R_1 = I_x R_x$; $I_2 R_2 = IR$.

Используя эти равенства, нетрудно получить выражение для измеряемого сопротивления $R_x = RR_1 / R_2$. Если сопротивления R_1 и R_2 одинаковые по величине, то $R_x = R$. В приборе промышленного изготовления R — это набор резисторов (магазин сопротивлений), составленный по декадному принципу. На верхней крышке расположены переключатели, с помощью которых можно набрать в известных пределах любую величину сопротивления с точностью, которая определяется самой малой ступенью изменения сопротивления.

Для расширения пределов измерения величины R_1 и R_2 подбирают так, чтобы их отношение можно было изменить тоже по десятичной системе (например, $R / R_2 = 100; 10; 1; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001$).

Одинарные мосты применяют в основном для измерения средних сопротивлений. При измерении малых сопротивлений измеряемый элемент включают по особой схеме или применяют специальные мосты, предназначенные для этой цели.

1.7 Методика измерения ультрамалых сопротивлений

постоянному току

В профессиональной и радиолюбительской практике приходится встречаться с необходимостью измерения ультрамалого сопротивления. К числу задач, требующих измерения сопротивлений вплоть до 1 мОм с заданной точностью, относятся, например, изготовление шунтов (в том числе и для измерительных приборов), измерение переходного сопротивления контактов реле, переключателей и т. п. Аналогичная задача возникает и при необходимости отбора мощных полевых транзисторов.

В широко распространенных методах измерения последовательно с измеряемым сопротивлением R_x неизбежно включено паразитное сопротивление R_n , образованное соединительными проводами, переходным сопротивлением входных клемм или гнезд, контактными переключателями и т. п.

Ввиду того что сопротивление R_n включено последовательно с R_x , омметр измеряет их суммарное значение. Конечно, для больших значений сопротивления эта ошибка невелика и ее не учитывают. Иначе обстоит дело при измерении малых значений. Несложно заметить, что для значений R_x соизмеримых с сопротивлением R_n , измерение в принципе еще возможно, хотя о точности говорить уже не приходится. Это действительно так для обычных, применяемых в аналоговых и цифровых омметрах, методов измерения сопротивления. Тем не менее эта задача давно успешно решена в более сложных приборах для измерения малых значений сопротивления методом амперметра и милливольтметра.

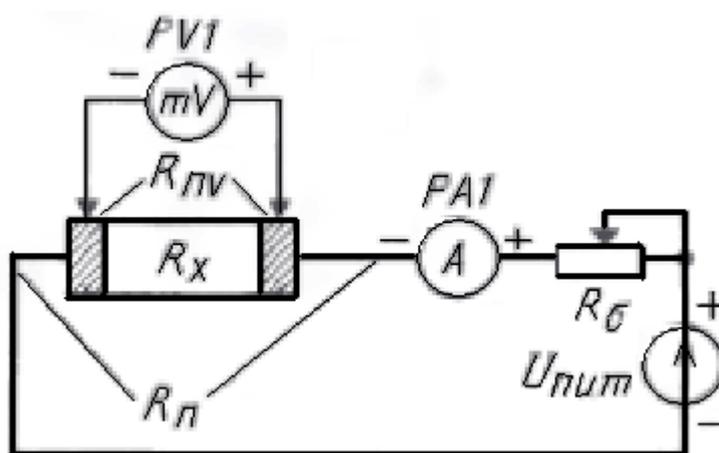


Рис. 1.7 Измерение ультрамалого сопротивления

Через измеряемое сопротивление R_x пропускают ток, регулируемый балластным резистором R_b и контролируемый амперметром $PA1$. Падение напряжения на R_x измеряют милливольтметром $PV1$.

Обратите внимание - вольтметр подключен непосредственно к R_x , поэтому влияние R_n полностью исключается. При этом, правда, появляется паразитное сопротивление R_{nv} в цепи вольтметра, образуемое контактным сопротивлением в точках подключения вольтметра (на рисунке показаны стрелками) и сопротивлением соединительных проводов вольтметра. Однако влияние R_{nv} пренебрежимо мало и его можно не учитывать, поскольку условие

$R_v > R_{nv}$ (где R_v - входное сопротивление вольтметра) выполняется практически всегда.

Действительно, минимальное значение входного сопротивления мультиметра у самых простых моделей составляет 1 МОм, а значение R_{nv} заведомо меньше 1 кОм. Значение R_x измеряемого сопротивления вычисляют по известной формуле $R_x = U/I$.

1.8 Методика измерение сопротивления при переменном токе

Измерителем иммитанса (или измерителем RLC) называют радиоизмерительный прибор, предназначенный для определения параметров полного сопротивления или полной проводимости электрической цепи. RLC в названии «измеритель RLC» составлено из широко распространённых схемных названий элементов, параметры которых может измерять данный прибор: R — сопротивление, C — ёмкость, L — индуктивность.

Среди основных методов измерения параметров электрических цепей можно назвать мостовые методы и метод, связанный с использованием соотношений закона Ома на переменном токе.

Принцип действия мостовых измерителей иммитанса основан на использовании измерительного моста, для уравнивания которого в приборе содержатся наборы образцовых активных и реактивных сопротивлений. Такие приборы могут работать только на фиксированных частотах. Реализация цифровых приборов для измерения параметров электрических цепей на основе мостовых методов сопровождается заметным усложнением их схемотехники и автоматизации процессов уравнивания.

Приборы, в основу которых положено использование соотношений закона Ома, проще с точки зрения схемотехнической реализации и автоматизированного получения результата измерения. Принцип измерения таких измерителей иммитанса основан на анализе прохождения тестового сигнала (обычно синусоидального) с заданной частотой через измеряемую цепь, обладающую комплексным сопротивлением. Напряжение рабочей

частоты с внутреннего генератора подается на измеряемый объект. На выделенном участке цепи измеряется напряжение, ток и фазовый сдвиг между ними. Измеренные величины используются для расчёта параметров цепей.

Измерительная линия используется для исследования распределения электрического поля вдоль СВЧ-линии передачи. Измерительная линия представляет собой отрезок коаксиальной линии или волновода с перемещающимся вдоль него индикатором, отмечающим узлы (пучности) электрического поля. С помощью измерительной линии исследуется распределение напряженности электромагнитного поля, из которого определяются коэффициент стоячей волны как отношение амплитуд волны в пучности и узле и фаза коэффициента отражения по смещению узла. Зная эти параметры, по круговой диаграмме полных сопротивлений можно найти полное сопротивление. Измерения производятся с использованием измерительного генератора в качестве источника сигнала. Для отсчета показаний используются, как правило, гальванометр или измеритель отношений напряжений. Измерительные линии применяются на частотах от сотен мегагерц до сотен гигагерц.

Линия состоит из трех основных узлов: отрезка передающей линии с продольной узкой щелью, зондовой головки и каретки с механизмом для перемещения зондовой головки вдоль линии. Зондовая головка представляет собой резонатор, возбуждаемый зондом — тонкой проволокой, погруженной через щель во внутреннюю полость волновода. Глубину погружения зонда в линии регулируют специальным винтом, расположенным сверху зондовой головки. Внутри резонатора помещен полупроводниковый детектор, связанный с индикаторным прибором. При перемещении зонда вдоль линии, внутри которой имеется электромагнитное поле, в зонде наводится электродвижущая сила, пропорциональная напряженности поля в сечении расположения зонда. Эта э. д. с. возбуждает резонатор, создавая в нем электромагнитные колебания. Для уменьшения искажающего действия зонда на электромагнитное поле в

линии и повышения чувствительности линии объемный резонатор зондовой головки настраивают в резонанс с частотой электромагнитных колебаний.

Для измерения полного сопротивления цепи также используется устройство, называемое измерителем полных сопротивлений. Измерители полного сопротивления имеют меньшую чувствительность, чем измерительные линии, однако они имеют существенно меньшие размеры, особенно в нижней части диапазона частот. Коэффициент стоячей волны, как и в измерительных линиях, определяется из отношения показаний низкочастотного индикатора при экстремальных значениях сигнала. Импеданс исследуемого объекта находят по круговой диаграмме полных сопротивлений исходя из значений коэффициента стоячей волны и фазы коэффициента отражения.

1.9 Измерительные механизмы омметров

Для прямого измерения сопротивлений применяют магнитоэлектрические измерительные механизмы одно- и двухрамочные.

Однорамочный механизм можно использовать для измерения сопротивлений. С этой целью в прибор вводят добавочный резистор с постоянным сопротивлением R_D и снабжают его источником питания (например, батареей сухих элементов). Измеряемое сопротивление R_X включается с измерителем последовательно (рис. 1.8) или параллельно.

При последовательном соединении ток в измерителе $I = U / (R_{II} + R_D + R_X)$, где R_{II} — сопротивление измерителя; U — напряжение источника питания.

Учитывая, что $\alpha = S_{IT} I$, где $S_{IT} = \frac{k_{BP} R_{III}}{k_{III} (R_{III} + R_K)}$ —

чувствительность прибора по току (постоянная величина), находим, что угол отклонения стрелки прибора при $U = const$ зависит только от величины измеряемого сопротивления R_X :

$$\alpha = \frac{US_{1T}}{(R_{И} + R_{Д} + R_{X})}$$

Если шкалу отградуировать по этому выражению в единицах сопротивления, то прибор будет омметром. Напряжение сухих элементов со временем уменьшается, поэтому в измерения вносится ошибка, тем большая, чем больше действительное напряжение отличается от того напряжения, при котором была градуирована шкала.

Ошибка от непостоянства напряжения питающего источника не возникает, если измерительный механизм имеет две обмотки, расположенные на общей оси под некоторым углом друг к другу (рис. 1.9).

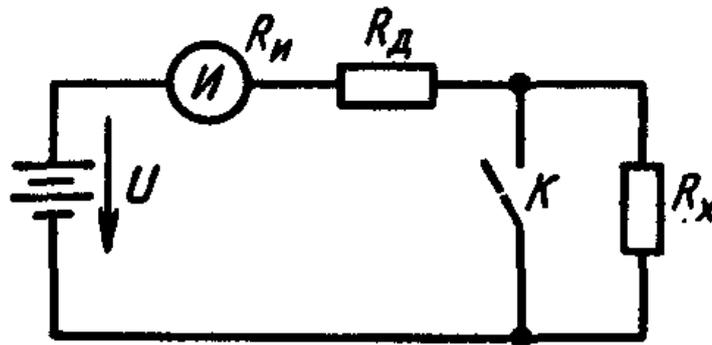


Рис. 1.8 Добавочный резистор с постоянным сопротивлением

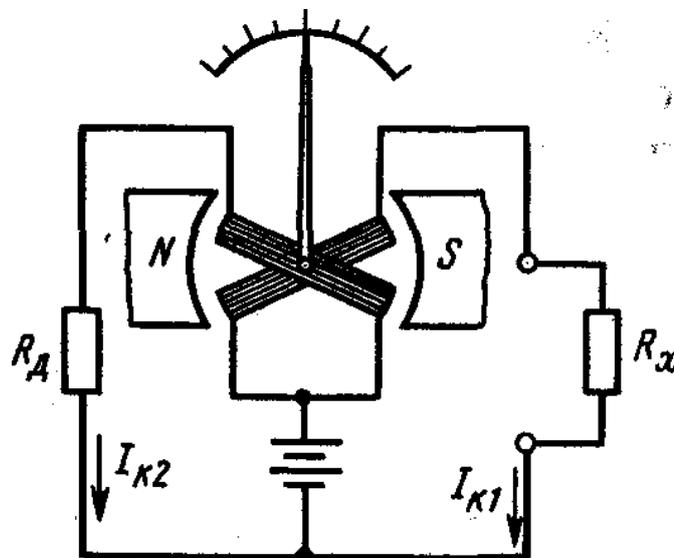


Рис. 1.9 Измерительный механизм с двумя обмотками

В двухрамочном измерительном механизме, который называют логометром, нет противодействующих пружин, вращающий и противодействующий моменты создаются электромагнитными силами. Поэтому при отсутствии тока в обмотках хорошо уравновешенная подвижная часть прибора находится в безразличном равновесии (стрелка останавливается у любого деления шкалы). Когда в катушках есть ток, на подвижную часть действуют два электромагнитных момента, направленные в противоположные стороны.

Магнитная цепь измерительного механизма устроена так, что магнитная индукция вдоль воздушного зазора распределена неравномерно, но с таким расчетом, что при повороте подвижной части в любую сторону вращающий момент уменьшается, а противодействующий момент увеличивается (в зависимости от направления поворота роль моментов меняется).

Подвижная часть останавливается при $M_{1BP} = M_{2BP}$ или $N_1 SB_1 I_{1K} = N_2 SB_2 I_{2K}$. Отсюда следует, что положение стрелки на шкале зависит от отношения токов в обмотках, т.е. $\alpha = f(I_{1K}/I_{2K})$, но не зависит от напряжения питающего источника.

На схеме рис. 2. видно, что измеряемое сопротивление R_X входит в цепь одной из катушек логометра, поэтому ток в ней, а также отклонение стрелки прибора однозначно зависит от значения R_X .

Используя эту зависимость, шкалу градуируют в единицах сопротивления и тогда прибор является омметром. Омметры для измерения сопротивления изоляции снабжают источником питания с напряжением до 1000 В, чтобы измерение проводить при напряжении, примерно равном рабочему напряжению установки. Таким источником может быть встроенный магнитоэлектрический генератор с ручным приводом или трансформатор с выпрямителем, включаемый в сеть переменного тока.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Измерение малого электросопротивления растеканию тока заземляющих устройств

Измерение малого сопротивления растекания тока заземляющих устройств, предназначено для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции и защиты оборудования в случае возникновения аварийных режимов, с целью проверки на соответствие их требованиям нормативных документов. При проведении работ используется измеритель сопротивления заземления ИС-10.

К проведению измерений сопротивления растеканию тока заземляющих устройств допускается персонал, прошедший специальную подготовку и проверку знаний и требований "правил устройства электроустановок" (ПУЭ), "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей" (ПТЭЭП), "Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок", включая раздел 5 "Испытания и измерения", "Инструкции по охране труда для электромонтеров по испытаниям и измерениям", "Методики измерения сопротивления растеканию тока заземляющих устройств", технических описаний и инструкций по эксплуатации на применяемые приборы.

При измерениях сопротивления растеканию тока заземляющих устройств на территории действующих РУ с использованием выносных токовых и потенциальных электродов должны приниматься меры, исключающие однофазное замыкание во время проведения измерений.

При сборке измерительной схемы соединительные провода, в первую очередь необходимо присоединять к вспомогательным электродам (токовым, потенциальным), затем к измерительному прибору и только после этого к заземляющему устройству (заземлителю).

Защитный (РЕ) проводник – проводник, предназначенный для целей электробезопасности. Совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий

(PEN) проводники – проводники в электроустановках до 1 кВ, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.

При выполнении измерений применяют средства измерений и другие технические средства, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1 Значения измеряемых сопротивлений с помощью измерителя сопротивления заземления ИС-10

№ п/п.	Наименование СИ и ИО	Тип СИ и ИО	Диапазон измерений	Погрешность, класс точности	Измеряемая величина
1.	Измеритель сопротивления заземления	ИС - 10	1 – 999 мОм 0,01 – 9,99 Ом 0,1 – 99,9 Ом 1 – 999 Ом 0,01 – 9,99 кОм	$\pm(3\%+3$ ед.мл.разр.)	Сопротивление элементов заземления

Измерение сопротивления заземляющего устройства по трехпроводной схеме применяется при значениях сопротивления заземляющего устройства выше 5 Ом, при меньших значениях измеряемого сопротивления применяется четырехпроводная схема подключения прибора

Измерение сопротивления заземления по четырехпроводному методу (4П) проводится следующим образом. Необходимо определить максимальную диагональ (далее Д) заземляющего устройства (ЗУ). Соединить ЗУ при помощи измерительных кабелей с гнездами Т1 и П1. Потенциальный штырь П2 установить в грунт на расстоянии 1,5 Д, но не менее 20 м от измеряемого ЗУ (рис. 2.1).

Токовый штырь Т2 установить в грунт на расстоянии более 3 Д, но не менее 40 м от ЗУ. Подключить соединительный кабель к разъему Т2 прибора. Произвести серию измерений сопротивления заземления при последовательной установке потенциального штыря П2 в грунт на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50,

60, 70, 80 и 90 % от расстояния до токового штыря Т2. ЗУ, токовый и потенциальный измерительные штыри обычно выстраивают в одну линию.

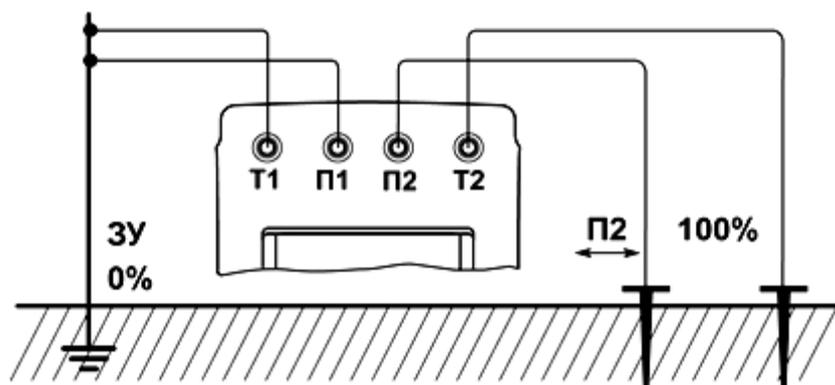


Рис. 2.1 Схема измерения сопротивления четырёхпроводным методом

При наличии напряжения помех, прибор измерит её амплитудное значение в вольтах и результат отобразит на индикаторе. В этом случае необходимо найти оптимальное направление расположения измерительных штырей, при котором величина напряжения помех будет минимальной. Это позволит получить наиболее достоверные результаты последующих измерений.

Далее построить график зависимости сопротивления от расстояния между ЗУ и потенциальным штырем П2 рис. 2.2.

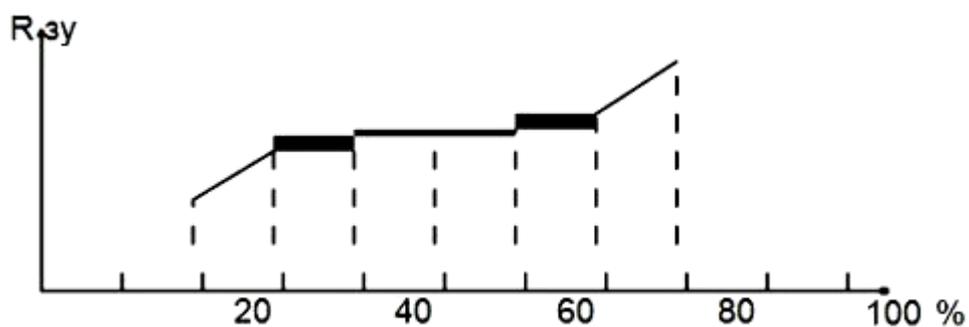


Рис. 2.2 Зависимость сопротивления от расстояния между ЗУ и потенциальным штырем

Если сопротивление в средней части графика достаточно равномерно возрастает, то за истинное принимается значение между точками участка с минимальной разницей значений сопротивления и эта разница не должна превышать 5 %. В противном случае все расстояния от ЗУ до штырей П1 и Т2 необходимо увеличить в 1,5 - 2 раза или изменить направление установки штырей.

Измерение сопротивления заземления по трехпроводному методу (ЗП) рис. 2.3 проводится следующим образом. Необходимо кнопкой «Режим» выбрать трехпроводный метод измерения. Подключить измерительный кабель минимальной длины к гнезду Т1.

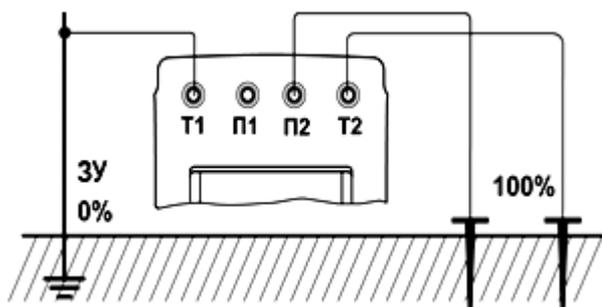


Рис. 2.3 Измерение сопротивления заземления по трехпроводному методу

Измерение проводить аналогично, но при этом измеренное значение сопротивления ЗУ будет включать в себя сопротивление измерительного кабеля, подключенного к гнезду Т1.

Величина удельного сопротивления ($R_{уд}$) определяется по методике измерения Вернера. Эта методика предполагает равные расстояния между электродами (d) и удельное сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R_{уд} = 2\pi \cdot d \cdot R \quad (6,28 \cdot d \cdot R),$$

где R – сопротивление, измеренное прибором.

Измерительные штыри установить в грунт по прямой линии, через равные расстояния (d), которое следует принимать не менее чем в 5 раз больше глубины погружения штырей. Соединить штыри с измерительными гнездами Т1, П1, П2 и Т2 в соответствии с рисунком 2.4.

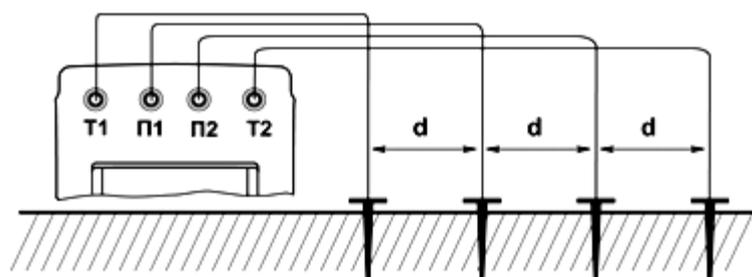


Рис. 2.4 Измерение удельного сопротивления

Кнопкой «РЕЖИМ» выбрать режим «Руд», при этом на индикаторе отображается ранее установленное расстояние между штырями. Расстояние между штырями можно изменить в меню прибора. Выбрать функцию «УСТ. РАССТ». Появится сообщение «РАССТОЯНИЕ ХХм».

Заданное расстояние сохраняется в памяти прибора до введения новых значений. Кнопками «▲» или «▼» установить расстояние от 1 до 99 м с шагом 1 м. Для подтверждения выбранного расстояния нажать кнопку «Rx». Результат измерений будет отображаться в «мкОм*м», «мОм*м», «Ом*м» или «кОм*м».

Значения сопротивления заземляющих устройств с подсоединенными естественными заземлителями приведены в таблице 2.2.

Значения сопротивления заземляющих устройств опор воздушных линий электропередач приведены в таблице 2.3, а значения сопротивления заземляющих устройств электроустановок кроме воздушных линий электропередач приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.2 Наибольшие допустимые значения сопротивлений
заземляющих устройств

Вид электроустановки	Характеристика электроустановки	Сопротивление, Ом
1. Подстанции и распределительные пункты напряжением выше 1 кВ	Электроустановки электрических сетей с глухозаземленной и эффективно заземленной нейтралью	0,5
	Электроустановки электрических сетей с изолированной нейтралью, с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор	$250/I_p$
2. Электроустановки напряжением до 1 кВ	Электроустановки с источниками питания в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью (или средней точкой) источника питания (система TN): - в непосредственной близости от нейтрали - с учетом естественных заземлителей и повторных заземлителей отходящих линий	15/30/60 2/4/8
	Электроустановки в электрических сетях с изолированной нейтралью (или средней точкой) источника питания (система IT)	50/I, более 4 Ом не требуется
3. Воздушные линии электропередач напряжением выше 1 кВ	Замеляющие устройства опор ВЛ при удельном сопротивлении грунта, r , Ом \times м: - до 100 - более 100 до 500 - более 500 до 1000 - более 1000 до 5000 - более 5000	10 15 20 30 $r \times 6 \times 10^{-3}$
4. Воздушные линии электропередач напряжением до 1 кВ	Заземляющие устройства опор ВЛ с повторными заземлителями реп (ре)-проводника	30

Таблица 2.3 Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземлителей
опор воздушных линий электропередачи

Характеристика объекта	Удельное сопротивление грунта, ρ , Ом \times м	Сопротивление, Ом
Линии на напряжение выше 1000 В		
Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, металлические и железобетонные опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3-20 кВ в населенной местности, заземлители оборудования на опорах 110 кВ и выше	До 100 более 100 до 500 более 500 до 1000 более 1000 до 5000 более 5000	10 15 20 30* 0,006 ρ
Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3-35 кВ	-	250/ I_p , но не более 10
Металлические и железобетонные опоры ВЛ 3-20 кВ в ненаселенной местности	До 100 более 100	30 0,3 ρ
Трубчатые разрядники на подходах линий к подстанциям с вращающимися машинами, вентильными разрядниками на кабельных вставках подходов к подстанциям с вращающимися машинами	-	5
Вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений на подходах линий к подстанциям с вращающимися машинами	-	3
Опоры с тросом на подходах линий к подстанциям с вращающимися машинами	-	10
Линии на напряжение до 1000 В		
Опоры ВЛ с устройствами грозозащиты	-	30
Опоры с повторными заземлителями нулевого провода при напряжении источника питания: 660/380 В; 380/220 В; 220/127 В.	- - -	15 30 60

Таблица 2.4 Наибольшее допустимое значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок

Характеристика объекта	Удельное сопротивление грунта, ρ , (Ом*м)	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали, выполненные по нормам на сопротивление	До 500 Более 500	0,5 0,002-0,5 ρ
Электроустановки 3-35 кВ сетей с изолированной нейтралью	До 500 Более 500	250/ I_p , но не более 10 Ом 0,002 ρ ×250/ I_p
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью напряжением, В 660/380 380/220 220/127	До 100 (более 100)	15 (15×0,01 ρ) 30 (30×0,01 ρ) 60 (60×0,01 ρ)
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью при мощности источника питания: Более 100 кВ×А До 100 кВ×А	До 500 Более 500	50/ I_p , но не более 4 Ом 50/ I_p , но не более 10 Ом

2.2 Методика измерения малых сопротивлений прибором М 416

Измеритель сопротивления заземления М 416 имеет четыре диапазона измерения: 0,1 - 10 Ом; 0,5 - 50 Ом; 2 - 200 Ом; 10 - 1000 Ом. Принцип действия основан на компенсационном методе с применением вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

При измерении выход преобразователя подключается в вспомогательному заземлителю (зажим “4”) и через первичную обмотку трансформатора Тр1 - к измеряемому сопротивлению (зажим “1”). Вторичная обмотка трансформатора Тр1 подключается к специальному калибровочному резистору (реохорду) R1, который шунтируется сопротивлениями R2 - R4 в зависимости от предела измерения.

Схема обеспечивает равенство токов основной цепи и через резистор R1, что позволяет изменением величины калибровочного резистора изменять величину напряжения между движком реохорда и зажимом вспомогательного заземлителя. Разностное напряжение подается через усилитель и детектор на индикатор (миллиамперметр). Момент компенсации наступает при таком положении резистора, когда падение напряжения на участке резистора до подвижного контакта равно падению напряжения на измеряемом сопротивлении. При этом ток в цепи индикатора равен нулю.

Для грубых измерений сопротивления заземления и для измерений больших сопротивлений зажимы 1 и 2 соединяются перемычкой и прибор подключается по 3-х зажимной схеме.

При точных измерениях снимают перемычку с зажимов 1 и 2, прибор подключают к измеряемому объекту по 4-х зажимной схеме. Это позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов. Стержни металлические диаметром более 5 мм, образующие вспомогательный заземлитель и зонд, забивают в грунт на глубину не менее 500 мм.

Порядок работы с прибором М 416:

1. Установить прибор на ровной поверхности и открыть крышку;
2. Установить переключатель в положение “Контроль 5 Ом”, нажать кнопку и вращением ручки “Реохорд” добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку, получив на шкале реохорда показание $5 \pm 0,3$ Ом;
3. Забить в грунт вспомогательный заземлитель и зонд по выбранной схеме заземления.
4. Переключатель установить в положение “ХІ”;
5. Нажатием кнопки и вращением ручки “Реохорд” добиться нулевого положения индикатора;
6. Результат измерения равен показанию реохорда на множитель положения переключателя.

Измерение удельного сопротивления грунта посредством вспомогательного заземлителя в виде металлического стержня или трубы. К зажимам 1 и 2 вместо измеряемого объекта подключается металлический стержень или труба, которые забиваются в глубину не менее 0,5 м. В месте забивки стержня, вспомогательного электрода и зонда растительный или насыпной слой должен быть удален. Удельное сопротивление грунта на глубине забивки трубы (стержня) подсчитывается по формуле:

$$\rho = 2,73 * R * L / \lg 4*L / d \text{ (Ом * м)}$$

где: **R** - сопротивление, измеренное прибором М 416, Ом;

L - глубина забивки трубы (стержня), м;

d - диаметр трубы (стержня), м.

Измерение удельного сопротивления грунта посредством четырех стержней. На испытуемом участке грунта по прямой линии забить 4 стержня на расстоянии “а” друг от друга на глубину не более 1/20 расстояния “а”. Зажимы 1 и 4 присоединяются к крайним стержням, а зажимы 2 и 3 - к средним. Удельное сопротивление грунта определяется по формуле:

$$\rho = R * 2 * a \text{ (Ом * м)}$$

где: **R** - показания прибора М 416, Ом;

a - расстояние между стержнями, м.

Определение погрешности измерений. Замеренное прибором значение всегда отличается от ее действительного значения, т.е. всегда есть какая - то погрешность измерений. Степень приближения измеренного значения к действительному характеризует относительная погрешность, определяемая следующим образом:

$$\gamma_{н.в.} = \gamma_g * A_n / A$$

где: **γ_{н.в.}** - наибольшая возможная относительная погрешность измерения;

γ_g - класс точности прибора - допустимое значение приведенной погрешности;

A_n - верхний предел измерения прибора;

A - замеренная величина.

При измерении нескольких величин наибольшая возможная относительная погрешность находится как сумма погрешностей каждого прибора.

Дополнительная погрешность при отклонении прибора от рабочего положения в пределах 10 градусов учитывается в величине наибольшей возможной относительной погрешности измерения $\gamma_{н.в.}$, т.е. погрешность измерения удваивается.

Основная погрешность прибора М 416 определяется выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \pm [1,5 + (N/RX - 1)]\%$$

где: N - верхний предел измерения прибора, Ом;

RX - измеренное сопротивление изоляции, Ом.

Таблица 2.5 Диапазоны измерений и допустимые сопротивления потенциальных и токовых электродов:

Диапазон измерений, Ом	Диапазон допустимых значений сопротивления электродов, кОм	
	потенциальных $R_{п1}, R_{п2}$ или их суммарное сопротивление ($R_{п1}+R_{п2}$)	токовых $R_{т1}, R_{т2}$ или их суммарное сопротивление ($R_{т1}+R_{т2}$)
0-0,3; 0-1	0-2	0-1
0-3; 0-10	0-6	0-3
0-30; 0-100 0-300; 0-1000 0-3000; 0-15000	0-12	0-6

2.3 Методика проверки наличия цепи между заземлителями и заземляемыми частями и элементами электроустановок

Данная методика предназначена для производства измерений сопротивлений защитных проводников и проводников выравнивания потенциалов при испытаниях электроустановок зданий и сооружений. Измерения производятся с целью определения целостности и непрерывности защитных проводников от измеряемого объекта до заземлителя или магистрали заземления и проводников выравнивания потенциалов, определения сопротивления измеряемого участка защитной цепи и с целью измерения (или отсутствия) напряжения на заземленных корпусах проверяемого оборудования в рабочем режиме.

Качество электрических соединений проверяется осмотром, а сварочных соединений ударами молотка (кувалды) с последующими измерениями цепи.

Измерения сопротивления производятся между любой открытой проводящей частью и ближайшей точкой главного проводника системы выравнивания потенциалов. Защитные проводники включают металлические электротехнические трубы, металлические оболочки кабелей.

Согласно п. 24.4 приложения 1 ПЭЭП сопротивление контакта заземляющих проводников не превышает 0,05 Ом.

Измеренное сопротивление цепи защитных проводников не должно более чем в 1,2 раза превышать расчетное значение.

Омметр М-372 предназначен для измерения сопротивления заземляющей проводки, установления факта обрыва ее, а также для обнаружения и измерения напряжения на оборудовании, на проводящих частях при испытаниях электроустановок зданий и сооружений. Прибор позволяет производить измерения сопротивлений до 50 Ом и напряжений от 60 до 380 В.

Прибор оснащен специальными гибкими проводами сечением $1,5 \div 4 \text{ мм}^2$, оборудованные один - струбциной, а другой специальным щупом из трехгранного напильника с приваренной клеммой. Сопротивление проводников должно быть не более 0,035 Ом. Ручка щупа выполняется изолирующей.

Места соединения струбцины с заземляющей проводкой должны зачищаться до металлического блеска.

Порядок работы с прибором М-372:

- 1.- подключить провода к прибору и струбцину к заземляющему проводнику;
- 2.- установить корректором стрелку на нуль;
- 3.- нажав на кнопку, рукояткой установить стрелку на отметку “∞”;
- 4.- соединив щуп с испытательным объектом, не нажимая кнопки, убедиться в отсутствии напряжения, при наличии напряжения измерить величину напряжения (прибор должен находиться под напряжением не более 30 сек);
- 5.- нажать кнопку и произвести отсчет сопротивления в Омах.

Замеренное прибором значение всегда отличается от ее действительного значения, то есть всегда имеется какая-то погрешность, определяемая выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \gamma_g * A_n / A ,$$

где, $\gamma_{н.в.}$ - наибольшая возможная относительная погрешность измерения;
 γ_g - класс точности прибора - допустимое значение приведенной погрешности;

A_n - верхний предел измерения прибора;

A - замеренная величина.

Дополнительная погрешность при отклонении прибора от рабочего положения в пределах 10 градусов учитывается в величине наибольшей возможной относительной погрешности измерения, то есть погрешность измерения удваивается.

Основная погрешность прибора М-372 определяется выражением:

$$\gamma_{н.в.} = \pm [1,5 + (N/R_x - 1) \% ,$$

где, N - верхний предел измерения прибора, Ом;

R_x - измеренное сопротивление, Ом.

2.4 Анализ принципиальной схемы и конструкции авометра

Принципиальная схема авометра показана на рис. 2.5. Он позволяет измерять постоянные токи до 100 мА, постоянные напряжения до 30 В и со-противления от 50 Ом до 50 кОм. Переключение видов и пределов измерения осуществляется включением одного из щупов в гнезда Гн1—Гн10. Вторым щуп, вставленный в гнездо Гн11 «Общ.», общий для всех видов и пределов измерения.

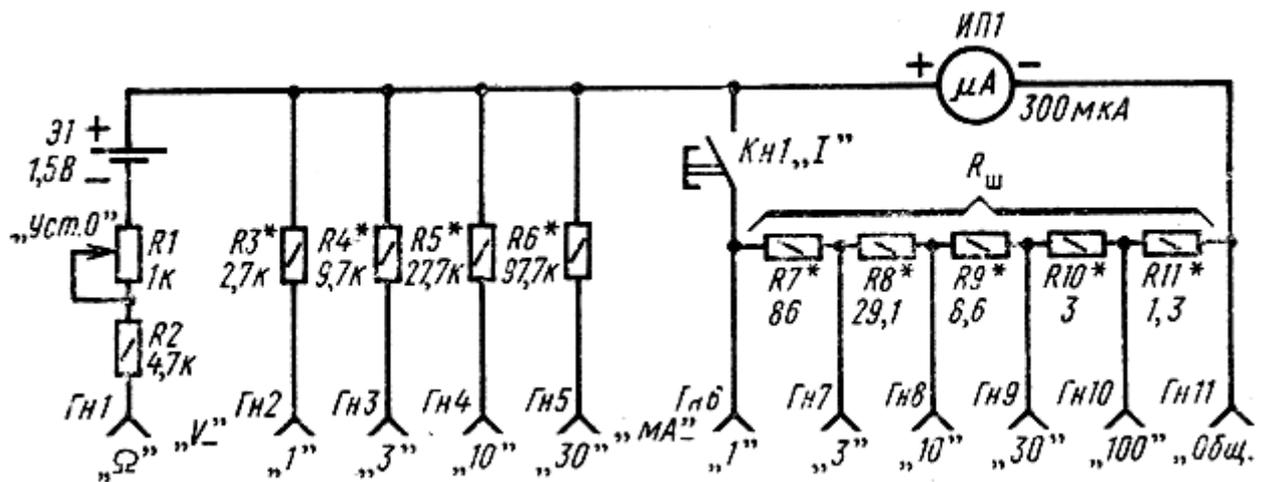


Рис. 2.5 Принципиальная схема авометра

Омметр однопределный. В него входят: микроамперметр ИП1, источник питания Э1 напряжением 1,5 В и добавочные резисторы R1 «Уст. 0» и R2. Перед измерением щупы прибора соединяют, и переменным резистором R1 стрелку микроамперметра устанавливают на конечную отметку шкалы, являющуюся нулем омметра. Затем щупами касаются выводов резистора, обмотки трансформатора или проводников участка цепи, сопротивление которых надо измерить, и по шкале омметра определяют результат измерения.

Четырехпределный вольтметр образуют тот же микроамперметр ИП1 и добавочные резисторы R3—R6. С резистором R3 (при включении второго Щупа в гнездо Гн2) отклонение стрелки микроамперметра на всю шкалу соответствует напряжению 1 В, с резистором R4—3 В, с резистором R5—10 В, с резистором R6—30 В.

Миллиамперметр пятипредельный: 0—1, 0—3, 0—10, 0—30 и 0—100 мА. Его образует универсальный шунт составленный из резисторов R7—R11, к которому кнопкой Кн1 подключают микроамперметр ИП1. Так сделано для того, чтобы при измерении микроамперметр подключался к шунту, через который течет большая часть измеряемого тока, а не наоборот.

Микроамперметр типа М49 на ток полного отклонения стрелки 300 мкА с сопротивлением рамки 300 Ом. Переменный резистор R1 (СПО-0,5), кнопка КН (КМ1-1) и все гнезда прибора укреплены непосредственно на лицевой панели, выпиленной из листового текстолита толщиной 2 мм. Роль гнезд Гн1—Гн11 выполняет гнездовая часть десятиконтактного разъема. Низкоомные резисторы R9-R11 типа МОИ (или проволочные), остальные МЛТ на мощность рассеяния 0,5 или 0,25 Вт. Необходимые сопротивления резисторов подбирают при налаживании путем их замены, параллельным или последовательным соединением нескольких резисторов. В описываемом приборе каждый из резисторов R3 и R6, составлен из двух последовательно соединенных резисторов, каждый из резисторов R5 и R11 также из двух резисторов, но соединенных параллельно.

Калибровка вольтметра и миллиамперметра заключается в подгонке сопротивлений добавочных резисторов и универсального шунта под максимальные напряжения и токи соответствующих пределов измерения, а омметра — к разметке шкалы по образцовым резисторам.

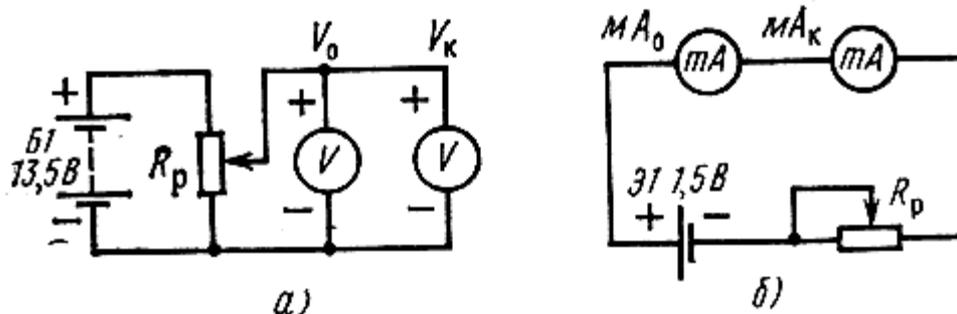


Рис. 2.6 Схемы калибровки вольтметра (а) и амперметра (б)

Калибровку вольтметра производите по схеме, показанной на рис. 2.6. Параллельно батарее Б1 напряжением 13,5 В (или от БП) подключите переменный резистор R_p сопротивлением 2—3 кОм, который будет выполнять роль регулировочного, а между его движком и нижним (по схеме) выводом,— параллельно соединенные самодельный калибруемый (VK) и образцовый (V0) вольтметры. Образцовым может быть вольтметр заводского авометра. Предварительно движок регулировочного резистора поставьте в крайнее нижнее (по схеме) положение, а калибруемый вольтметр включите на первый предел измерений — до 1 В. Постепенно увеличивая напряжение, подаваемое от батареи на вольтметры, установите на них по образцовому вольтметру напряжение, точно равное 1 В. Если при этом стрелка калибруемого вольтметра не доходит до ко-нечной отметки шкалы, это укажет на то, что сопротивление добавочного резистора R₃ оказалось больше, чем надо, а если уходит за пределы шкалы, то меньше. Подбирая этот резистор, необходимо добиться, чтобы при напряжении 1 В стрелка вольтметра устанавливалась точно против конечной отметки шкалы.

Точно так же, но при напряжениях 3 и 10 В, фиксируемых образцовым вольтметром, необходимо подогнать добавочные резисторы R₄ и R₅ для следующих двух пределов измерений. Для калибровки четвертого предела измерений не обязательно подавать на вольтметры напряжение 30 В. Можно подать 10 В и подбором резистора R₆ установить стрелку калибруемого вольтметра на отметку, соответствующую первой третьей части шкалы. При этом отклонение его стрелки на всю шкалу будет соответствовать напряжению 30 В.

Для калибровки миллиамперметра потребуются: миллиамперметр на ток до 100 мА, свежий элемент 343 или 373 и два переменных резистора — пленочный (СП, СПО) сопротивлением 5—10 кОм и проволочный сопротивлением 50—100 Ом. Первый из этих регулировочных резисторов будете использовать при подгонке резисторов R₇—R₉, второй — при подгонке резисторов R₁₀ и R₁₁ универсального шунта.

Первым необходимо подогнать резистор R7 шунта. Для этого необходимо соединить последовательно: образцовый миллиамперметр мА, калибруемый мА, включенный на первый предел измерений (до 1 мА), элемент Э1 и переменный резистор R_p. Нажмите кнопку Кн1 авометра и, плавно уменьшая вводимое сопротивление регулировочного резистора R_v, установите в цепи ток, равный 1 мА. Сопротивление резистора R7 должно быть таким, чтобы при таком токе в цепи стрелка калибруемого миллиамперметра была против конечной отметки шкалы. Аналогично необходимо подогнать: резистор R8 — на пределе 3 мА, резистор R9 — на пределе 10 мА, а затем, заменив пленочный регулировочный резистор проволочным, резистор R10 — на пределе 30 мА и, наконец, резистор R11 — на пределе 100 мА.

Разметить шкалу омметра необходимо с помощью постоянных резисторов с допуском от номинала $\pm 5\%$. Сначала замыкают щупы и регулировочным резистором R1 «Уст. О» устанавливают стрелку микроамперметра на конечную отметку шкалы, соответствующую нулю омметра. Затем щупы размыкают и подключают к ним резисторы с номинальными сопротивлениями: 50, 100, 200, 300, 400, 500 Ом, 1 кОм и т. д. примерно до 50—60 кОм, замечая всякий раз на шкале точку, до которой отклоняется стрелка прибора. По точкам отклонений стрелки, соответствующим разным сопротивлениям образцовых резисторов, градуируют шкалу омметра.

В описанном комбинированном приборе использован микроамперметр на ток $I_n = 300$ мкА с сопротивлением рамки R_n, равным 300 Ом. При таких параметрах входное сопротивление вольтметра не превышает 3,5 кОм/В. Увеличить относительное входное сопротивление и тем самым уменьшить влияние вольтметра на режим в измеряемой цепи можно использованием более чувствительного микроамперметра. Так, например, с микроамперметром на ток $I = 200$ мкА относительное входное сопротивление вольтметра будет 5, а с микроамперметром на ток $I = 100$ мкА — 10 кОм/В. С такими приборами расширится и предел измерения омметром. При замене микроамперметра более чувствительным надо пересчитать все сопротивления авометра.

Таким способом можно проверить или откалибровать любой стрелочный или цифровой вольтметр (амперметр). В качестве образцового рекомендуется использовать цифровой прибор заводского исполнения.

2.5 Анализ схемы линейного омметра

Большинство промышленных омметров имеют неравномерную шкалу, растянутую с одной стороны и сильно сжатую с другой. Точность измерения при этом получается невысокой, не говоря уже о том, что получается очень сложная калибровка при самостоятельном изготовлении шкалы. Линейный омметра отличается тем, что он имеет линейную шкалу, потому что измерение сопротивления в нем происходит по падению напряжения на этом сопротивлении, а не по току, протекающему через него рис. 2.7.

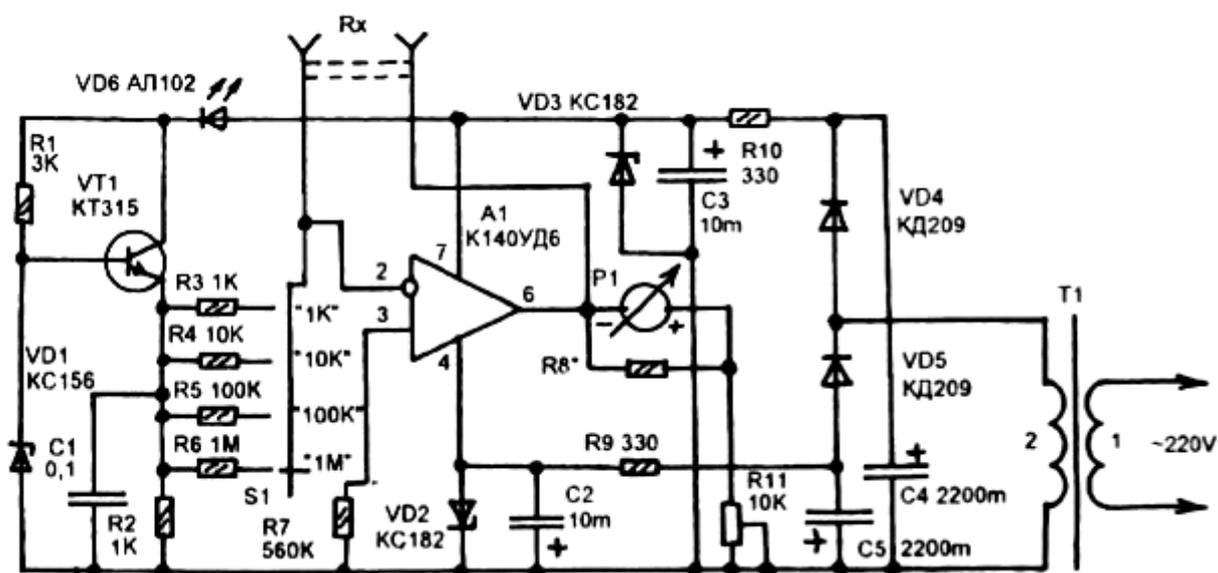


Рис. 2.7 Принципиальная электрическая схема линейного омметра

Прибор позволяет измерять сопротивления в четырех интервалах : 0-1 кОм, 1-10 кОм, 10-100 кОм и 100-1000 кОм. Точность измерения зависит от точности сопротивлений резисторов R3-R6. На них поступает напряжение от стабилизатора на транзисторе VT1. Резисторы при выборе предела измерения переключаются переключателем S1, при этом выбранный резистор и измеряемое сопротивление Rx образуют делитель напряжения.

Измерение падения напряжения на R_x производится при помощи операционного усилителя А1. Сопротивление R_x включается в цепь его ООС по постоянному току, совместно с выбранным резистором ($R3-R6$) определяет коэффициент усиления этого ОУ по постоянному току. Роль индикатора выполняет вольтметр, выполненный на микроамперметре Р1 и резисторах $R8$ и $R11$.

Питается омметр от сети переменного тока через понижающий трансформатор Т1. Источник питания двухполярный, но поскольку трансформатор имеет только одну вторичную обмотку без отвода, выпрямитель пришлось сделать по однополупериодной схеме на диодах VD4 и VD5. Диод VD4 выделяет положительные полуволны переменного напряжения и создает, таким образом положительное напряжение, диод VD5 - выделяет отрицательные полуволны и формирует отрицательное напряжение. Роль двухполярного стабилизатора выполняют стабилитроны VD2 и VD3 совместно с резисторами $R9$ и $R10$. Трансформатор Т1 - готовый, его вторичная обмотка вырабатывает переменное напряжение 12В

2.6 Конструкция и технические характеристики разработанного прибора для измерения электросопротивлений малой величины

В результате выполнения выпускной работы разработан прибор для измерения электросопротивлений малой величины. Разработанный прибор для измерения электросопротивлений малой величины позволяет проводить лабораторные работы по курсам «Материалы и элементы электронной техники», «Электроника и микроэлектроника», «Энергетическая электроника», «Транзисторные преобразователи напряжения и частоты», «Вторичные источники питания». На рисунке 2.8 приведена принципиальная электрическая схема разработанного прибора для измерения электросопротивлений малой величины.

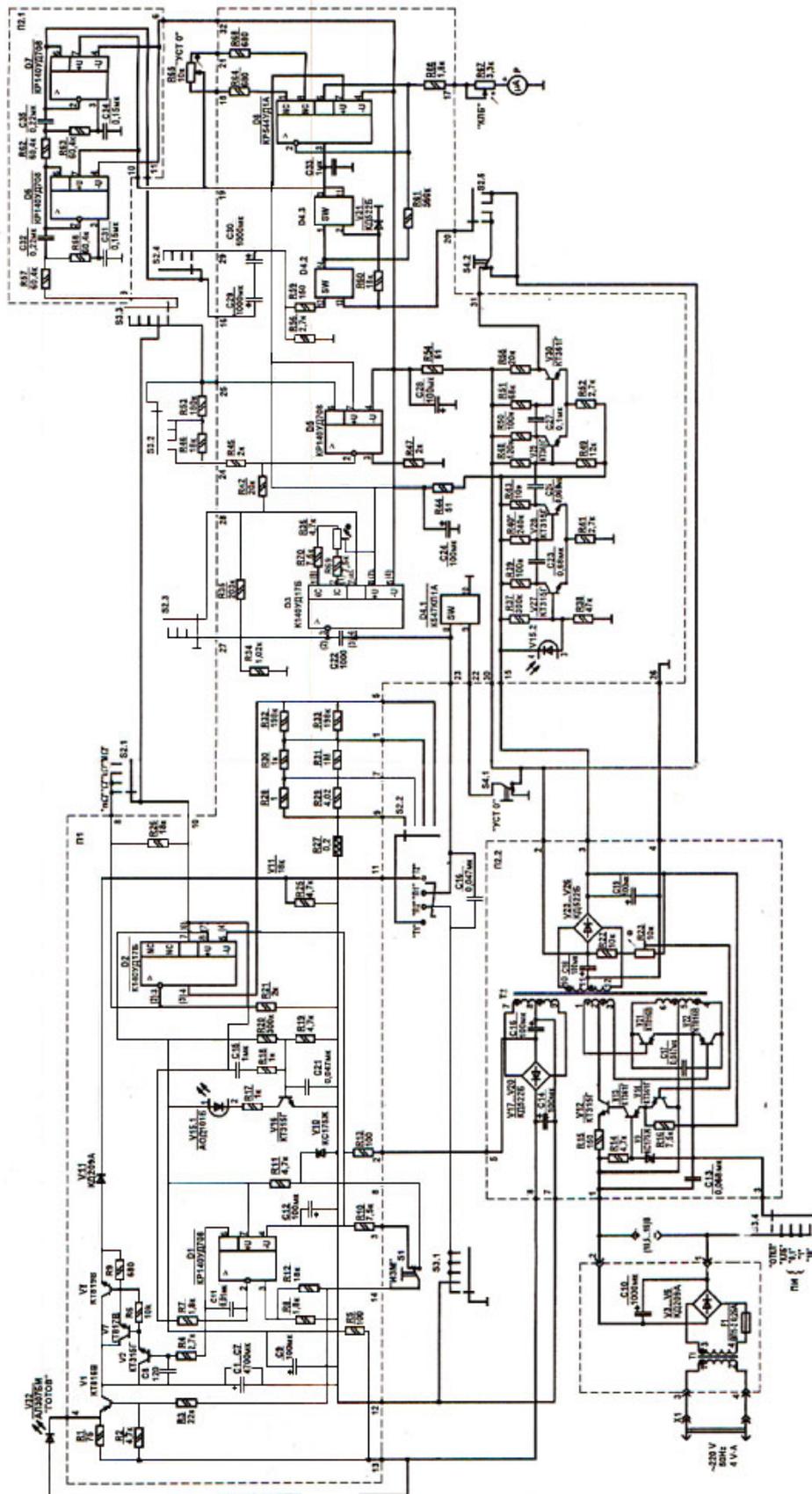


Рис. 2.8 Разработанная принципиальная электрическая схема прибора для измерения электросопротивлений малой величины

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины конструктивно выполнен в виде металлопластмассового корпуса, на передней пластиковой панели которого расположены индикаторный прибор для снятия показаний значения измеряемых сопротивлений, переключатели выбора режима работы, ручки управления и разъемы крепления для установки щупов подключения к прибору измеряемых сопротивлений.

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины предназначен для измерения сопротивления постоянному току при температуре окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха до 95% при температуре 30 °С.

Принцип действия прибора для измерения электросопротивлений малой величины основан на измерении величины падения напряжения на измеряемом сопротивлении при прохождении через него оперативного тока заданной величины.

Питание прибора для измерения электросопротивлений малой величины осуществляется от сети переменного тока частотой $50 \pm 0,5$ Гц и содержанием гармоник до 5 %, напряжением 220 ± 20 В через вход на боковой поверхности стенда. Весь монтаж и соединение схемы прибора для измерения электросопротивлений малой величины скрыт и выполнен внутри объема электробезопасного корпуса.

Габариты лабораторного прибора для измерения электросопротивлений малой величины учитывают необходимость компактного размещения его на рабочем месте при максимальной обозреваемости отдельных особенно важных компонентов. Общие размеры стенда составляют следующие значения: длина 360 мм, ширина 200 мм, высота 160 мм.

Масса прибор для измерения электросопротивлений малой величины соответствует силовым возможностям учащегося и учителя. Усилия, применяемые к органам управления и перемещаемым элементам конструкции стенда, соответствуют силовым возможностям человека.

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на двенадцати диапазонах: 0-100 мкОм, 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом, 0-10 Ом, 0-100 Ом, 0-1 кОм, 0-10 кОм, 0-100 кОм, 0-1 МОм, 0-10 МОм.

Пределы допускаемых значений основной погрешности от конечного значения диапазона измерений:

1. $\pm 4\%$ на диапазоне 0-100 мкОм;
2. $\pm 2,5\%$ на диапазонах 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом;
3. $\pm 1,5\%$ на остальных диапазонах.

Классы точности по ГОСТ 8.401:

1. 4,0 на диапазоне 0-100 мкОм;
2. 2,5 на диапазонах 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом;
3. 1,5 на остальных диапазонах.

Мощность, потребляемая от сети переменного тока, не превышает 4 В·А. Ток потребления прибора не превышает 120 мА. Время установления рабочего режима не более 1 мин. Продолжительность непрерывной работы не менее 8 ч. Время перерыва до повторного включения не менее 5 мин.

Максимальный ток в измеряемом сопротивлении соответствует значениям, указанным в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Значения максимального тока в измеряемом сопротивлении

Диапазон измерений	Ток в измеряемом сопротивлении А		Длительность импульса измерительного тока, не более мс
	Мин.	Макс.	
0-100 мкОм, 0-1 мОм, 0-10 мОм	3	4	160
0-100 мОм, 0-1 Ом, 0-10 Ом	0,6	0,8	800
0-100 Ом, 0-1 кОм, 0-10 кОм	$0,6 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$	постоянный ток
0-100 кОм, 0-1 МОм, 0-10 МОм	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,8 \cdot 10^{-6}$	постоянный ток

В конструкции прибора для измерения электросопротивлений малой величины предусмотрена возможность удобного, простого, быстрого и надежного сочетания с другими приборами и приспособлениями без применения инструмента, что делает разработанный прибор более мобильным к перемещениям.

Количество информации, заложенной в приборе для измерения электросопротивлений малой величины, соответствует объему внимания и возможностям восприятия и переработки информации обучающимися. Порядок расположения информативных элементов на панели управления прибора для измерения электросопротивлений малой величины, место расположения органов перемещения, управления и направление их перемещения соответствует закрепленным и вновь формируемым навыкам учащихся (с учетом быстроты и легкости их формирования).

Разработанный прибор для измерения электросопротивлений малой величины имеет небольшие размеры, предельно прост, прочен и надежен в работе. Конструкция прибора не сложная. Она образована из простых прямоугольных объемов. В приборе нет зазоров, углублений и стыков элементов формы, где возможно большое скопление пыли и грязи. Поверхность разработанного прибора для измерения электросопротивлений малой величины тщательно отделана и покрыта черной нитро краской устойчивой к повреждениям. Используются светлые и темные поверхности, что облегчает ориентировку в зоне управления и служит средством эстетической выразительности.

Время, затрачиваемое на подготовку прибора для измерения электросопротивлений малой величины к работе, на достижение основного режима работы с момента включения, на осуществление поставленных задач и целей небольшое, точно рассчитанное и сопоставимое с ограниченным временем урока. Конструкция прибора для измерения электросопротивлений малой величины обеспечивает время на его подготовку к работе - не более 10 минут.

2.7 Порядок работы на разработанном приборе для измерения электросопротивлений малой величины

Порядок работы на приборе для измерения электросопротивлений малой величины состоит из следующих основных этапов:

- 1.** Установить прибор для измерения электросопротивлений малой величины на ровную гладкую поверхность.
- 2.** Подключить измерительные электроды к разъемам крепления измеряемых сопротивлений.
- 3.** Подключить питание к прибору для измерения электросопротивлений малой величины путем включения вилки в розетку сети переменного тока 50 Гц, напряжением 220 В.
- 4.** Подключить электроды к сопротивлению значение которого необходимо определить.
- 5.** Тумблерами переключения выбрать необходимый режим работы прибора для измерения электросопротивлений малой величины.
- 6.** На панели измерительного блока определить соответствующие пределы измерения.
- 7.** Провести необходимые измерения.
- 8.** После окончания работы отключить прибор для измерения электросопротивлений малой величины.

После окончания работы необходимо отключить прибор для измерения электросопротивлений малой величины. Отключение прибора для измерения электросопротивлений малой величины осуществляется путем выключения питания переводом ручки управления в положение выключено и извлечением вилки из розетки сети переменного тока.

2.8 Определение параметров шунта для амперметра

Шунтом представляет собой малое сопротивление рис. 2.9, которое присоединяется параллельно зажимам амперметра (параллельно внутреннему сопротивлению прибора), чтобы увеличить диапазон измерений рис. 2.10. Измерительный шунт характеризуется номинальным значением входного тока и номинальным значением выходного напряжения. Их отношение определяет номинальное сопротивление шунта.



Рис. 2.9 Внешний вид шунтов

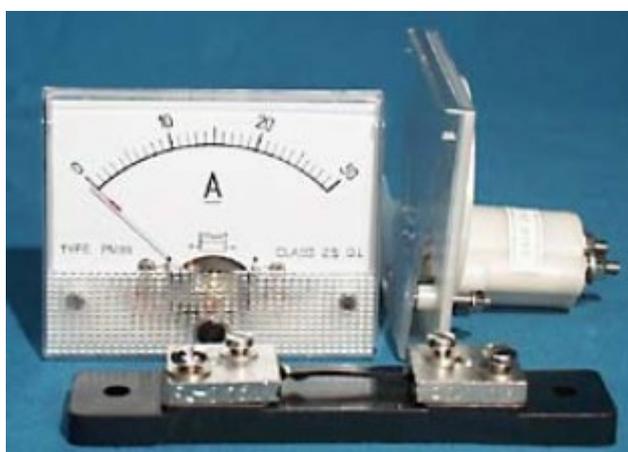


Рис. 2.10 Подключение шунта к амперметру

Измеряемый ток I разделяется между измерительным шунтом ($r_{ш}$, $I_{ш}$) и амперметром (r_a , I_a) обратно пропорционально их сопротивлениям. Сопротивление шунта $r_{ш}=r_a \cdot I_a / (I - I_a)$. Для увеличения диапазона измерений в n раз шунт должен иметь сопротивление $r_{ш}=(n-1)/r_a$

Рассчитаем шунт для электромагнитного амперметра имеющего внутреннее сопротивление $r_a=10$ Ом, а диапазон измерений до 1 А. Необходимо рассчитать сопротивление $r_{ш}$ шунта так, чтобы амперметр мог измерять ток до 20 А.

Измеряемый ток 20 А разветвится на ток $I_a=1$ А, который потечет через амперметр, и ток $I_{ш}$, который потечет через шунт:

$$I=I_a+I_{ш}.$$

Отсюда ток, протекающий через шунт, $I_{ш}=I-I_a=20-1=19$ А.

Измеряемый ток $I=20$ А долженделиться в отношении $I_a:I_{ш}=1:19$.

Отсюда вытекает, что сопротивления ветвей должны быть обратно пропорциональны токам:

$$I_a:I_{ш}=1/r_a : 1/r_{ш};$$

$$I_a:I_{ш}=r_{ш}:r_a;$$

$$1:19=r_{ш}:10.$$

Сопротивление шунта $r_{ш}=10/19=0,526$ Ом.

Сопротивление шунта должно быть в 19 раз меньше, чем сопротивление амперметра r_a , чтобы через него проходил ток $I_{ш}$, в 19 раз больший тока $I_a=1$ А, который проходит через амперметр.

Рассчитаем какое сопротивление должен иметь шунт, если прибор должен измерять ток до 1 А, а магнитоэлектрический миллиамперметр имеет диапазон измерений без шунта 10 мА и внутреннее сопротивление 100 Ом.

При полном отклонении стрелки через катушку миллиамперметра будет проходить ток $I_a=0,01$ А, а через шунт $I_{ш}$:

$$I=I_a+I_{ш},$$

откуда $I_{ш}=I-I_a=1-0,01=0,99$ А=990 мА.

Ток 1 А разделится обратно пропорционально сопротивлениям:

$$I_a : I_{ш} = r_{ш} : r_a.$$

Из этого соотношения найдем сопротивление шунта:

$$10 : 990 = r_{ш} : 100; \quad r_{ш} = (10 \cdot 100) / 990 = 1000 / 990 = 1,010 \text{ Ом.}$$

При полном отклонении стрелки через прибор пройдет ток $I_a = 0,01 \text{ А}$, через шунт – ток $I_{ш} = 0,99 \text{ А}$, а по общей цепи – ток $I = 1 \text{ А}$.

При измерении тока $I = 0,5 \text{ А}$ через шунт пройдет ток $I_{ш} = 0,492 \text{ А}$, а через амперметр – ток $I_a = 0,05 \text{ А}$. Стрелка при этом отклоняется до половины шкалы.

При любом токе от 0 до 1 А (при выбранном шунте) токи в ветвях разделяются в отношении $r_a : r_{ш}$, т. е. 100:1,01.

Определим в каком отношении разделится измеряемый ток 300 А в приборе и шунте, если амперметр имеет внутреннее сопротивление $r_a = 9,9 \text{ Ом}$, а сопротивление его шунта 0,1 Ом.

Задачу решим при помощи первого закона Кирхгофа: $I = I_a + I_{ш}$.

Кроме того, $I_a : I_{ш} = r_{ш} : r_a$.

Отсюда:

$$300 = I_a + I_{ш};$$

$$I_a : I_{ш} = 0,1 : 9,9.$$

Из второго уравнения получим ток I_a и подставим его в первое уравнение:

$$I_a = 1/99 \cdot I_{ш};$$

$$300 = 1/99 \cdot I_{ш} + I_{ш};$$

$$I_{ш} \cdot (1 + 1/99) = 300;$$

$$I_{ш} \cdot 100/99 = 300;$$

$$I_{ш} = 300 / 100 \cdot 99 = 297 \text{ А.}$$

Ток в приборе $I_a = I - I_{ш} = 300 - 297 = 3 \text{ А}$.

Из всего измеряемого тока через амперметр пройдет ток $I_a = 3 \text{ А}$, а через шунт $I_{ш} = 297 \text{ А}$.

На рис. 2.11 показано подключение внешней нагрузки через шунт, а на рис. 2.12 измеренное падение напряжения на самом шунте, 6,3 милли Вольта.

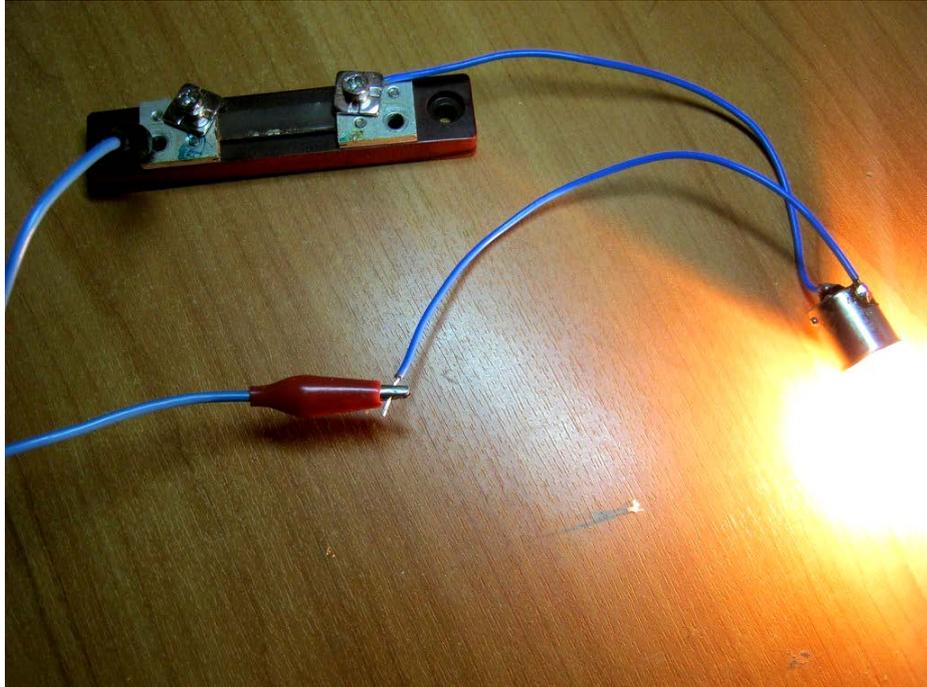


Рис. 2.11 Подключение внешней нагрузки через шунт

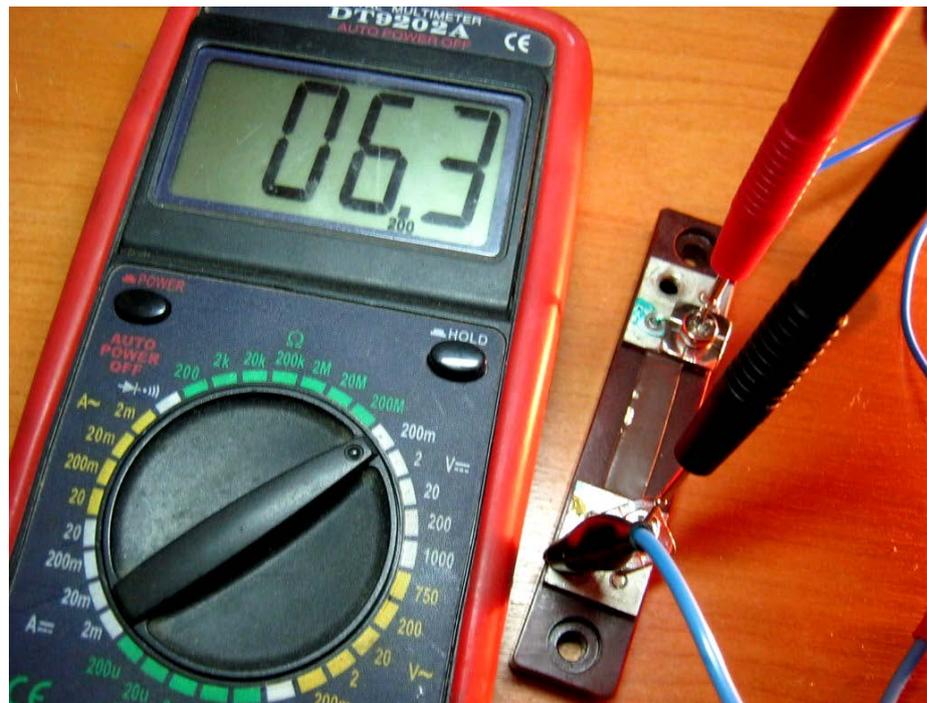


Рис. 2.12 Падение напряжения на шунте

Определим какое сопротивление должен иметь шунт, подключаемый параллельно зажимам прибора, если необходимо измерить ток до 200 А, амперметр, внутреннее сопротивление которого 1,98 Ом, дает полное отклонение стрелки при токе 2 А.

В данной задаче диапазон измерений увеличивается в 100 раз:

$$n=200/2=100.$$

Искомое сопротивление шунта $r_{ш}=ra/(n-1)$.

В нашем случае сопротивление шунта будет:

$$r_{ш}=1,98/(100-1)=1,98/99=0,02 \text{ Ом.}$$

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Введение

Модернизация страны и построение сильного гражданского общества наш главный приоритет. Важнейшим приоритетом реализации экономической программы на 2016 год должно стать продолжение политики углубления структурных преобразований экономики для обеспечения роста конкурентоспособности страны.

Ключевым приоритетом реализации программы развития стало привлечение инвестиций, прежде всего за счет мобилизации внутренних источников, на осуществление ускоренной модернизации, технического и технологического перевооружения важнейших отраслей экономики, опережающее развитие транспортных коммуникаций и строительства объектов социальной инфраструктуры.

Растущий потенциал, вошедшие за последние годы в строй новые современные мощности, развитие производственной и социальной инфраструктуры, системно осуществляемые реформы и либерализация экономики, созданный исключительно благоприятный инвестиционный климат дают нам возможность предусмотреть:

Рост ВВП, промышленной продукции и сельского хозяйства. Добиться роста объема инвестирования в экономику.

Ставится задача обеспечить прирост экспорта продукции, качественно изменить его структуру за счет увеличения доли готовой продукции с высокой добавленной стоимостью.

Предусматривается ужесточить проведение бюджетно-финансовой и денежно-кредитной политики и режима экономии, в первую очередь за счет внедрения современных ресурсо- и энергосберегающих технологий. Уровень инфляции ожидается в пределах 5-6 процентов.

Достижение поставленных целей будет зависеть, в первую очередь, от того, насколько полно мы сумеем мобилизовать все наши возможности и ресурсы,

обеспечить безусловное выполнение предусмотренных Антикризисной программой мер по нейтрализации все еще сохраняющихся больших рисков и последствий кризиса.

Это потребует от Кабинета Министров осуществления жесткого и системного контроля за реализацией каждым отдельным исполнителем возложенных на него задач в разрезе отраслевых комплексов и сфер экономики, а также территорий. Надо объективно признать, что в этом направлении уже много сделано и достигнуты весомые результаты.

В конкретных условиях нашей страны и региона речь идет об опережающем развитии современных отраслей и производств, таких, как газоперерабатывающая, нефтехимическая, химическая промышленность, энергетика, автомобилестроение, электротехническая промышленность, фармацевтика, машиностроение и, конечно, отрасль современных информационных технологий и систем телекоммуникаций, переходе на цифровое и широкоформатное телевидение. В этом плане данная выпускная работа является весьма актуальной.

**Объём инвестиций на покупку материально-
производственных запасов**

№	Наименование материала	Количество	Цена материала за единицу, сум	Тип, марка, ед.изм ерения	Стоимость материала, сум
1	Плата электронная	1	18000	шт	18000
2	Транзистор	2	3600	шт	7200
3	Блок контроля	1	21000	шт	21000
4	Корпус	1	30000	шт	30000
5	Блок согласующий	1	15000	шт	15000
6	Схема коммутационная	1	25000	шт	25000
7	Стабилитрон	1	2500	шт	2500
8	Защитный кожух	1	5000	шт	5000
9	Диодный мост	1	16000	кг	16000
10	Дроссель	0,5	6000	м	3000
11	Конденсатор	1	4200	шт	4200
12	Шнур сетевой	2	2400	м	4800
13	Выключатель сетевой	1	1800	шт	1800
14	Вилка сетевая	1	1200	шт	1200
15	Крышка	1	4000	шт	4000
16	Хомуты крепления	5	450	шт	2250
17	Болты	20	50	шт	1000
18	Гайки	20	50	шт	1000
19	Ножки	4	550	шт	2200
20	Подставка	1	2000	шт	2000
21	Стойка	1	3500	шт	3500
22	Ацетон	0,5	14000	кг	7000
23	Краска	0,25	18000	кг	4500
Итого					182150

Объём инвестиций на покупку малоценного инвентаря и контрольно-измерительных приборов

№	Наименование	Количество	Цена за единицу, сум	Общая стоимость, сум
1	Паяльник	1	5000	5000
2	Ключи	1	12000	12000
3	Отвертка	1	1500	1500
4	Плоскогубцы	1	10000	10000
	Итого			28500

Стоимость основных фондов

№	Наименование основных фондов	Количество	Стоимость ОФ, сум
1	Лаборатория	1	1200000
2	Инструмент	1	28500
	Итого		1228500

Амортизационные отчисления составляют 20 % от стоимости ОФ

$$A_{отч} = 20\% * ОФ$$

$$A_{отч} = 0,2 * 1228500 \text{ сум}/12$$

$$A_{отч} = 20475 \text{ сум}$$

Затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание 12% от стоимости ОФ

$$P_m = 12\% * ОФ$$

$$P_m = 0,12 * 1228500 \text{ сум}/12$$

$$P_m = 12285 \text{ сум}$$

Расчет заработной платы работников ВТК на разработку проекта

№	Наименование работы	Исполнители	Продолжительность дней	Средняя дневная ставка ВТК, сум	Стоимость выполненных работ
1	Согласование и утверждение темы	СНС	1	6000	6000
2	Разработка технического задания	МНС	1	3000	3000
3	Изучение НТЛ	МНС	2	3000	6000
4	Обоснование актуальности проекта	СНС	2	6000	12000
5	Составление структурной схемы	МНС	1	3000	3000
6	Проектирование конструкции	СНС	1	6000	6000
7	Выбор элементов конструкции	СНС	1	6000	6000
8	Подготовка необходимых материалов	МНС	1	3000	3000
9	Проверка качества материалов	СНС	1	6000	6000
10	Обработка материалов перед использованием	МНС	1	3000	3000
11	Монтаж конструкции	МНС	2	3000	6000
12	Наладка конструкции	МНС	1	3000	3000
13	Анализ полученных результатов	СНС	1	6000	6000
14	Расчёт по экономической части	МНС СНС	1 1	3000 6000	6000
15	Расчёт по БЖД	СНС	1	6000	6000

16	Оформление пояснительной документации	МНС	1	3000	3000
17	Рецензирование	СНС	1	6000	6000
	Итого		21		93000

Основная заработная плата определяется как сумма оплаты труда всех рабочих и премии в размере 15 %

$$Z_{осн} = COT * 0,15 + COT$$

$$Z_{осн} = 93000 \text{ сум} * 0,15 + 93000 \text{ сум}$$

$$Z_{осн} = 106950 \text{ сум}$$

Дополнительной заработной платы производственных рабочих берется 10 % от основной З/п

$$Z_{д} = K_{д} * Z_{осн}$$

$$Z_{д} = 0,1 * 106950 \text{ сум}$$

$$Z_{д} = 10695 \text{ сум}$$

Фонд оплаты труда определяется как сумму основной и дополнительной заработной платы

$$ФОТ = Z_{осн} + Z_{д}$$

$$ФОТ = 106950 \text{ сум} + 10695 \text{ сум}$$

$$ФОТ = 117645 \text{ сум}$$

Затраты на социальной страхование рассчитывается 25% от ФОТ

$$Офсс = 25\% * ФОТ$$

$$Офсс = 0,25 * 117645 \text{ сум}$$

$$Офсс = 29411,25 \text{ сум}$$

Транспортные расходы рассчитываются 20% от Зосн

$$P_{тр} = 0,2 * Z_{осн}$$

$$P_{тр} = 0,2 * 106950 \text{ сум}$$

$$P_{тр} = 21390 \text{ сум}$$

Расходы пара на производственные нужды

Длина = 6 метров

Ширина = 4 метров

$$V = \text{длина} * \text{ширина}$$

$$V = 6 \text{ м} * 4 \text{ м}$$

$$V = 24 \text{ м}^2 \quad \text{соответственно } 390 \text{ сум} * 24 \text{ м}^2 = 9360 \text{ сум}$$

Расход на электроэнергию определяются по формуле:

$$W = N * T * S .$$

N – установленная мощность - кВт,

T – стоимость 1кВт/час электроэнергии,

S – время работы.

$$W = 9424 \text{ сум.}$$

Объём инвестиций определяется по формуле:

$$K = \text{МПЗ} + \text{ФОТ} + \text{Аоф} + \Sigma P$$

$$K = 164600 \text{ сум} + 117645 \text{ сум} + 20745 \text{ сум} + 77306,8 \text{ сум}$$

$$K = 380026,8 \text{ сум}$$

Смета затрат на проведение разработки

№	Наименование статей затрат	Сумма
1	Стоимость выполненных работ	464180,5
2	Затраты на производство	371344,4
3	Производственная себестоимость	253699,4
4	Расходы периода	117645
5	Материальные затраты	185885,6
6	Сырьё	182150
7	Электроэнергия + отопление	18784
8	ФОТ	117645
9	Социальное страхование	29411,25
1 0	Амортизация	20475
1 1	Прочие затраты	8417
1 2	Основная заработанная плата	184600

Расчет экономической эффективности выполненных работ

№	Наименование показателей	Единица измерения	Сумма	Примечание
1	Стоимость выполненных работ	сум	464180,5	Таблица
2	Затраты на производство	сум	371344,4	Таблица
3	Инвестиции	сум	380026,8	Таблица
4	Экономическая эффективность	сум	116045,12	Формула
5	Срок окупаемости	месяц	3 месяца	Формула
6	Рентабельность	%	30,5	Формула

Экономическую эффективность определим по формуле

$$\mathcal{E} = (C1 - C2) * Q$$

где *C1* и *C2* - себестоимость до и после внедрения,

$$C1 = C2 * 1,3$$

Q – объем производства

$$\mathcal{E} = 116045,12 \text{ сум}$$

Рентабельность определяем по формуле

$$R = (\mathcal{E} * 100\%) / K$$

$$R = (116045,12 \text{ сум} * 100\%) / 380026,8 \text{ сум}$$

$$R = 30,5 \%$$

Срок окупаемости затрат

$$Tок = K / \mathcal{E}$$

Э – экономическая эффективность

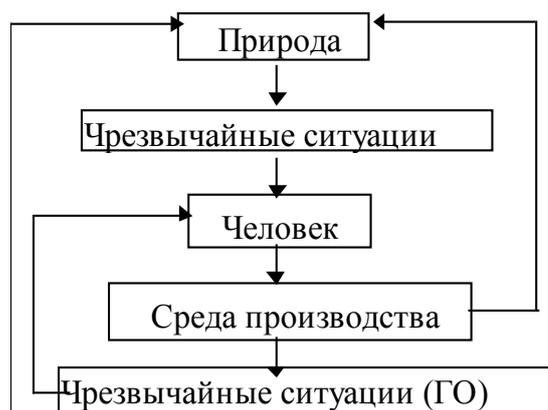
K - капитал

$$Tок = 368251,8 \text{ сум} / 380026,8 \text{ сум}$$

$$Tок = 3,2 \text{ месяцев}$$

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это могут быть какие-либо факторы производственной среды, чрезмерная физическая и умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также разное сочетание этих причин.



Цель БЖД

Цель = БС + ПТ + СЗ + ПР + КТ

БС — достижение безаварийных ситуаций

ПТ — предупреждение травматизма

СЗ — сохранение здоровья

ПР — повышение работоспособности

КТ — повышение качества труда

БЖД можно определить как область знаний, изучающая безопасности и защиту от них.

Задачи БЖД:

1. Идентификация (распознавание) опасностей с указанием их количественных характеристик и координат в 3-х мерном пространстве.

2.Определение средств защиты от опасностей на основе сопоставления затрат с выгодами, т.е. с точки зрения экономической целесообразности.

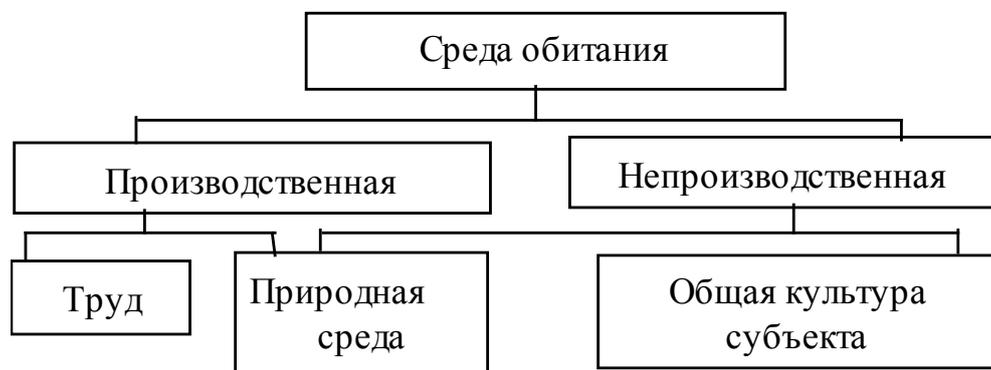
3.Ликвидация отрицательных последствий (опасностей).

Для достижения поставленной цели необходимо решить две группы задач:

1.Научные (математические модели в системах человек-машина; Среда обитания-человек, опасные (вредные) производственные факторы; человек-машина и т.д.)

2.Практические (обеспечение безопасных условий труда при обслуживании оборудования)

Объекты и предметы БЖД



Правовые и нормативно-технические основы обеспечения БЖД.

Основные положения изложены в Конституции РУз (8 дек. 1992г) в законе по охране труда и охране природы (1995-1996).

В качестве подзаконных актов выступают ГОСТы, Нормы и Правила.

Высший надзор по соблюдению законности осуществляет генеральный прокурор.

Госнадзор в соответствии со ст. 107 КЗоТ за соблюдением норм и правил по охране труда осуществляется:

1. специальными уполномоченными инспекциями, независимыми в своей деятельности от деятельности предприятия (Узкомгидромет, Госгортехнадзор, и т.д.);

2. профсоюзами в лице правовой и технической инспекцией труда.

Ведомственный контроль, осуществляющийся министерствами и ведомствами в соответствии с подчиненностью.

Общественный контроль — ФНП в лице профсоюзных комитетов, находящихся на каждом предприятии.

Группы опасных и вредных производственных факторов:

1 Физические:

1.1 перемещающиеся изделия заготовки, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования;

1.2 загазованность, запыленность рабочей зоны;

1.3 повышенный уровень шума;

1.4 повышенный уровень напряжения в электрической сети, замыкание которого может произойти в теле человека;

1.5 повышенный уровень ионизирующего излучения;

1.6 повышенный уровень электромагнитных полей;

1.7 повышенный уровень ультрафиолетового излучения;

1.8 недостаточная освещенность рабочей зоны.

2 Химические:

2.1 раздражающие вещества

3 Биологические:

3.1 макро- и микроорганизмы

4 Психофизиологические:

4.1 физические перегрузки;

4.1.1 статические нагрузки;

4.1.2 динамические нагрузки;

4.1.3 гиподинамия

4.2 нервно-эмоциональные нагрузки:

4.2.1 умственное перенапряжение;

4.2.2 переутомление;

4.2.3 перенапряжение анализаторов (кожные, зрительные, слуховые и т.д.)

4.2.4 монотонность труда;

4.2.5 эмоциональные перенагрузки.

Всякая деятельность потенциально опасна!

Критерием (количественной оценкой) опасности является понятие риска.

Риск — отношение числа тех неблагоприятных событий или проявлений опасности к возможному числу за определенный период времени. Риск гибели вследствие аварий, несчастных случаев и т.д. $1,5 \cdot 10^{-3}$, у летчиков — 10^{-2} .

Под безопасностью понимается такое состояние деятельности, при котором с некоторой вероятностью (риском) исключается реализация потенциальной опасности. Поэтому возникают вопросы, связанные с регламентированием риска.

Нормированный (приемлемый) риск равен 10^{-6} . Фактический риск в 100 и 1000 раз превышает приемлемый. Нормативный показатель приемлемого риска не остается постоянным.

Любая деятельность потенциально опасна.

Количественная оценка опасности — риск (R).

$$R = \frac{n}{N}, \text{ где } n - \text{ число случаев, } N - \text{ общее количество людей.}$$

По статистике $n = 500$ тыс. человек (погибают неестественной гибелью на производстве за год)

$$N = 160 \text{ млн. чел.}$$

Существует понятие нормируемого риска (приемлемый риск) $R=10^{-6}$.

Проблема безопасности жизнедеятельности человека в рамках его профессиональной деятельности не может основываться только на собственно законодательной базе. Необходимо проведение серьезных научных исследований в области охраны труда, поскольку внедрение новых технологий предусматривает новые условия и принципы безопасной профессиональной деятельности человека. Это предполагает разработку и апробацию научных методов предотвращения чрезвычайных ситуаций в условиях современного производства, а также эффективных мер борьбы с подобными ситуациями и их последствиями.

Классификация и общие характеристики чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайная ситуация — внешне неожиданная, внезапно возникающая обстановка, которая характеризуется резким нарушением установившегося процесса, оказывающая значительное отрицательное влияние на жизнедеятельность людей, функционирование экономики, социальную сферу и окружающую среду.

Классификация:

1. По принципам возникновения (стихийные бедствия, техногенные катастрофы, антропогенные катастрофы, социально-политические конфликты).

2. По масштабу распространения с учетом последствий.
местные (локальные); объектные; региональные; национальные; глобальные.

3. По скорости распространения событий
внезапные; умеренные; плавные (ползучие); быстро распространяющиеся.

Последствия чрезвычайных ситуаций разнообразны: затопления, разрушения, радиоактивное заражение, и т.д.

Условия возникновения ЧС.

1. Наличие потенциальных определенных и временных производственных факторов при развитии тех или иных процессов.

2. Действие факторов риска

- высвобождение энергии в тех или иных процессах;
- наличие токсичных, биологически активных компонентов в процессах и т.д.

3. Размещение населения, а также среды обитания.

Стадии развития ЧС.

1 этап. Стадия накопления тех или иных видов дефекта.
Продолжительность: несколько секунд — десятки лет.

2 этап. Иницирование ЧС.

3 этап. Процесс развития ЧС, в результате которого происходит высвобождение факторов риска.

4 этап. Стадия затухания. Продолжительность: несколько секунд — десятки лет.

Принципы обеспечения БЖД в ЧС.

1.Заблаговременная подготовка и осуществление защитных мер на территории всей страны. Предполагает накопление средств защиты для обеспечения безопасности.

2.Деференцированный подход в определении характера, объема и сроков исполнения такого рода мер.

3.Комплексный подход к проведению защитных мер для создания безопасных и безвредных условий во всех сферах деятельности.

Безопасность обеспечивается тремя способами защиты: эвакуация; использование средств индивидуальной защиты; использование средств коллективной защиты.

Затраты на снижение риска аварий могут быть распределены:

1.На проектирование и изготовление систем безопасности

2.На подготовку персонала.

3.На совершенствование управления в ЧС.

Травматизм и профзаболевания

Травма — внешнее повреждение организма человека, которое произошло в результате действия опасного производственного фактора.

Проф. заболевание — заболевание, при котором происходит внутреннее изменение в организме человека в результате действия вредного производственного фактора.

Несчастные случаи подразделяются:

легкие; средней тяжести; групповые; с инвалидным исходом; со смертельным исходом.

Проф. заболевания подразделяются:

•хронические;

- внезапные

Совокупность производственных травм называется **травматизмом**.

Отчетность по производственному травматизму:

I. Коэффициент тяжести травматизма (средняя продолжительность одной травмы)

$$K_T = \frac{Д}{Т}, \text{ где}$$

Д - кол-во (общее число) дней нетрудоспособности за отчетный период

Т - кол-во травм за отчетный период

II. Коэффициент частоты травматизма (кол-во травм, приходящихся на 1000 раб.)

$$K_c = \frac{Т}{Р} \cdot 1000, \text{ где}$$

Р - среднее списочное количество рабочих за отчетный период.

Поражения возникают в результате действия технического или атмосферного электрического тока. Неумелое использование электрических приборов, как в технике, так и в быту, а также неисправность этих приборов приводят к электротравмам. Смертность от поражения электрическим током составляет 9-10% всех случаев, что в 10-15 раз превышает смертность от других травм.

Электротравмы случаются чаще в весенне-летнее и осеннее время, когда повышается потливость кожных покровов, а также возникает возможность поражения молнией во время грозы, когда отмечается значительное скопление электрических зарядов в атмосфере. При этом путь молнии к земле может быть как бы “ориентирован” стоящим в поле деревом, более высоким деревом в лесу или любой металлической конструкцией. Поэтому находиться под ними в грозу небезопасно. Чтобы избежать повреждающего воздействия молнии в помещении, нужно закрывать окна, форточки, отключать из сети все электрические приборы.

С целью классификации, нужно провести границу приблизительно на цифре 1000 вольт, разделяя низковольтные и высоковольтные повреждения. Низковольтные повреждения - ожоги с ограниченной поверхностью поражения, причиняемые вольтовой дугой или вспышкой. Повреждения, производимые высоким напряжением (больше чем 1000 вольт), также возникают дугой или вспышкой, но, кроме того, причиняют большие разрушающие повреждения проводящего типа, которые могут привести к гибели ткани далеко от места контакта.

Электрические повреждения лучше всего объяснять через превращение электрической энергии в теплоту, которая затем приводит к прямому разрушению тканей. Кроме того, ток высокого напряжения оказывает прямой разрушающий эффект на клетки.

При высоком напряжении ток проходит через ткани тела и от источника (рана на входе) к земле (рана на выходе). Организм является проводником объема тока при наиболее выраженном повреждении ткани в местах большой плотности и высокого значения в амперах. Отсюда, больше всего страдают от повреждения конечности, чем туловище и места входа и выхода напряжения тока. Рана на входе имеет коженую поверхность, ткани напряжены из-за коагуляции и некроза. Рана на выходе обычно обширнее, потому что ток должен вырваться из организма, оставляя большое отверстие. Есть вероятность нескольких электрических каналов внутри тела, что приводит к множественным выходам, подвергая, таким образом, любой орган или структуру риску электрического поражения.

Дугообразные повреждения обычно сопровождаются высокочастотными повреждениями. Дугообразные повреждения лучше всего понять, если представить разрушение тканей от выделения ионизированных частиц между полюсами различных электрических зарядов. Дуги возникают, когда ток проходит от тела к земле или из одной части тела в другую, например, от руки к грудной стенке. Когда образовалась дуга, происходит резкое падение в напряжении, но если источник тока действует, дуга продолжается между двумя

полюсами. Расстояние, за которое дуга может проходить, увеличивается на 2-3 см на каждые 10000 вольт. Температура дуги может подниматься на 20000 С и обычно приводит к небольшому, скрытому поражению, которое является глубоко разрушающим. Самое большое повреждение происходит обычно глубоко в конечностях и считается, что это происходит из-за близкого расположения к кости, которая обладает самой высокой сопротивляемостью.

Электрическое повреждение осложняется феноменом "не освобождения" из-за тетанической сократимости мышц в контакте с изменяющимся током. При соприкосновении с высоковольтным проводом, мышцы-сгибатели предплечья подвергаются усиленной контрактуре, что делает невозможным оторваться с источником отсюда, название "не освобождение". Такие контрактуры приводят к потоку низкочастотного тока величиной над болезненным стимулом, но ниже требуется причинить тетанию дыхательных мышц. Больной избегает трудной ситуации, если только он находится без сознания и падает в стороне от источника тока.

Глубокие проводящие электрические повреждения характеризуются глубоким массивным разрушением мышц и глубоким отеком под здоровой кожей. Кроме того, глубокие проводящие повреждения могут воздействовать на удаленные участки ЦНС и на полости грудной клетки и живота. Раны входа и выхода тока являются отличительными признаками глубоких проводящих повреждений.

Дугообразные повреждения производят локальные, очень глубокие области коагуляционного повреждения, такие как запястье, локоть, промежность и подмышечная область.

Поверхностные термические ожоги случаются при электрических повреждениях из-за вспышки или возгорания одежды, захватывая обширные участки тела и тем самым, усложняя метаболическую травму больного. Такие ожоги могут действовать на проксимальные участки конечностей, требуя в последующем ампутации, образуя нестабильные рубцы на месте будущих протезов.

Сопутствующие повреждения случаются в тех случаях, когда человека отбрасывает от источника тока или он падает с высоты. Возможные сопутствующие повреждения: интракранеальная травма, спинные повреждения, перелом длинных костей, грудные и интра-абдоминальные паренхиматозные повреждения. Общий эффект тканей от электрических воздействий в каждой системе органа переводится в специфическое, клиническое повреждение: некоторые из них считаются острыми и угрожающими жизни, другие могут оказывать постепенное действие через месяцы и годы после несчастного случая. Ниже приводится список как острых, так и поздних эффектов высоковольтных повреждений.

Различают четыре степени электротравм:

1 степень - у пострадавшего отмечается судорожное сокращение мышц без потери сознания;

2 степень - судорожное сокращение мышц у больного сопровождается потерей сознания;

3 степень - у пострадавшего наблюдается не только потеря сознания, но и нарушение сердечной деятельности и дыхания;

4 степень - больной находится в состоянии клинической смерти.

Клиническая картина поражения электрическим током складывается из общих и местных признаков. Субъективные ощущения пострадавшего при прохождении через него электрического тока разнообразны: легкий толчок, жгучая боль, судорожные сокращения мышц, дрожь и др. Признаки: бледность кожных покровов, синюшность, повышенное отделение слюны, может быть рвота; боли в области сердца и мышц разной силы, непостоянны. После устранения воздействия тока пострадавший ощущает усталость, разбитость, тяжесть во всем теле, угнетение или возбуждение. Потеря сознания наблюдается у 80% пострадавших. Больные в бессознательном состоянии резко возбуждены, беспокойны. У них учащен пульс, возможно непроизвольное мочеиспускание. При электротравме, вызвавшей судорожные сокращения мышц или падение с высоты, могут наступить различные переломы костей и

вывихи суставов. При электротравме с обширными ожогами поражение внутренних органов, как правило, выражено значительно меньше. Это объясняется тем, что обуглившиеся и обожженные ткани создают как бы препятствие для проникновения тока за пределы ожога. Электрические ожоги небольшой площади сразу же после воздействия тока имеют четкие границы, вокруг омертвевших тканей черного цвета имеется более светлый ободок. Отек окружающих тканей развивается очень быстро. Боль в области электроожога, как правило, отсутствует.

Первая помощь при поражении электрическим током.

Первая помощь во всех случаях должна начинаться с немедленного освобождения пострадавшего от дальнейшего контакта с цепью электрического тока. Самым простым способом является отключение цепи выключателем или рубильником, вывинчиванием “пробки” и т.д. Но если они находятся далеко или по каким-то другим причинам отключить их невозможно, то следует оборвать или перерубить токонесущий провод, отвести провод в сторону от пострадавшего. Нужно быть осторожным, чтобы спасатель не стал частью электрической цепи- перерубая провод, нужно обернуть сухой шерстяной, шелковой или прорезиненной материей ручку инструмента, если она сделана не из сухого изолятора. Рубить провода во избежание короткого замыкания следует по отдельности. Обесточивая пострадавшего, оказывающий помощь должен стоять на каком-либо сухом резиновом, деревянном, стеклянном или другом предмете, сделанном из диэлектрика (изолятора). Также спасатель должен иметь в виду, что его может поразить электрическая дуга, поскольку ток высокого напряжения создает эту дугу вокруг пострадавшего на расстоянии 10 футов (1 фут равняется 3.3 метра). Отсюда следует, что к пострадавшему нельзя прикасаться до тех пор, пока источник тока не будет обезврежен или убран от больного при помощи не проводящего тока предмета, например, куском сухого дерева. Когда пострадавшего освободили, его нужно сразу осмотреть, проверить дыхание и сердечную деятельность и измерить жизненно важные показатели, обеспечить доступ свежего воздуха: расстегнуть воротник

и пояс брюк или юбки, другие стягивающие предметы одежды, уложить на ровное место. Если сердцебиение и дыхание, даже слабое, сохранены, можно давать вдыхать нашатырный спирт, следует обрызгать лицо холодной водой, растереть тело одеколоном, тепло укутать пострадавшего, немедленно вызвать врача. При сохраненном сознании можно дать болеутоляющие лекарства, успокаивающие и сердечные средства. На пораженную электроожогом кожу накладывают повязку, желательна из стерильного бинта, смоченного разведенным спиртом.

При выраженных расстройствах дыхания и сердечной деятельности, а тем более при их полной остановке следует немедленно, не теряя ни минуты, приступать к искусственной вентиляции легких и непрямому массажу сердца и продолжать их до полного восстановления самостоятельного сердцебиения и дыхания. Иногда на это может потребоваться 3-4 часа и больше. Прекращать эти реанимационные мероприятия до полного восстановления сердцебиения и дыхания нельзя, во всяком случае, до приезда врача. Продолжать их в случае необходимости нужно и в машине во время транспортировки потерпевшего в лечебное учреждение. Только появление признаков истинной биологической смерти (багровые трупные пятна на коже нижележащих частей тела и трупное окоченение мышц, резко затрудняющее движения во всех суставах) могут служить оправданием для прекращения попыток оживить пострадавшего. Ни в коем случае нельзя закапывать в землю пораженного электрическим током или молнией человека или же обливать его водой - это вызывает охлаждение организма, затрудняет дыхание и работу сердца, загрязняет ожоговые поверхности землей, что может привести к развитию столбняка и газовой гангрены, и, что самое главное, исключает возможность немедленно приступить к искусственному дыханию и массажу сердца, которые являются единственными надежными и эффективными мерами борьбы с “мнимой смертью” при тяжелых поражениях электрическим током.

Перед включением электрической вилки в розетку убедитесь, что она именно от того прибора, который Вы собираетесь включить. Также после

выдергивания вилки из розетки проверьте, что не ошиблись. Если провода шнуры от соседних устройств похожи, сделайте их разными: оберните изоляционной лентой или покрасьте. Не беритесь за электрическую вилку мокрой рукой. Не вбивайте гвоздь в стену, если не знаете, где проходит скрытая электропроводка.

Не следует приближаться к оборванному проводу: может поразить шаговое напряжение. Если все-таки приходится пересекать опасную зону возле лежащего на земле провода, надо делать это бегом: чтобы одновременно только одна нога касалась почвы.

Главная особенность электротравмы в том, что напряжение нашего внимания, наша твердая воля в состоянии не только ослабить действие электрического тока, но иногда совершенно его уничтожить. Сокрушительную силу падающей балки или взрыва нельзя ослабить мужеством и героической выдержкой, но это вполне возможно по отношению к действию электрического удара, если он наступает в период напряженного внимания. Действительно, кто слышит выстрел, не видя стреляющего, может погибнуть от внезапно наступившего шока, тот же, кто смотрит на стреляющего или сам стреляет, шоку не подвержен. Наиболее опасные (в отношении электротравм) отрасли хозяйства - сельское хозяйство и строительство. Причины - в широком использовании временной электрической проводки (брошенных на землю или кое-как подвешенных проводов, попадающих в лужи, повреждаемых транспортными средствами). Примерно 30 % электротравм на установках с напряжением 65 Вольт и ниже происходит от того, что в результате ошибки или поломки они оказываются под напряжением 220 или 380 Вольт. Поверхность изолирующего материала может стать электропроводящей в результате загрязнения и/или смачивания. Наиболее часто жертвами становятся электромонтеры, радиомонтеры, электросварщики, строительные рабочие. Много случаев электрического поражения имеет место на производственных установках, в которых используются химически активные вещества, разрушающие изоляцию, а также в запыленных производственных помещениях

(пыль снижает изолирующие свойства конструкций; покрытый влажной грязью изолятор становится проводником).

Опасны влажные помещения. Пробой изоляции может произойти в скрытой проводке - в месте прохождения провода через отверстие в стене. Поражение может наступить от одновременного контакта с влажной поверхностью (стеной, полом) и деталью водопровода или водяного отопления. Больше половины поражений на электроосветительных установках случается при замене ламп. Поражения при совершении работ чаще имеют место в начале смены, перед обеденным перерывом и к концу смены. Объяснить это можно усталостью - ослаблением внимания, снижением сопротивляемости организма. Опасна временная прокладка кабеля по полу, по земле. Известны смертельные случаи из-за прикосновения токоведущих проводов к крышкам клеммных коробок. Из-за отсутствия единообразия в конструкциях токоведущих устройств случаются поражения при необдуманном совершении привычных действий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной работы разработан прибор для измерения электросопротивлений малой величины. Разработанный прибор для измерения электросопротивлений малой величины позволяет проводить лабораторные работы по курсам «Материалы и элементы электронной техники», «Электроника и микроэлектроника», «Энергетическая электроника», «Транзисторные преобразователи напряжения и частоты», «Вторичные источники питания».

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины конструктивно выполнен в виде металлопластмассового корпуса, на передней пластиковой панели которого расположены индикаторный прибор для снятия показаний значения измеряемых сопротивлений, переключатели выбора режима работы, ручки управления и разъемы крепления для установки щупов подключения к прибору измеряемых сопротивлений.

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины предназначен для измерения сопротивления постоянному току при температуре окружающего воздуха от минус 30 до плюс 50 °С и относительной влажности воздуха до 95% при температуре 30 °С. Принцип действия прибора для измерения электросопротивлений малой величины основан на измерении величины падения напряжения на измеряемом сопротивлении при прохождении через него оперативного тока заданной величины.

Питание прибора для измерения электросопротивлений малой величины осуществляется от сети переменного тока частотой $50 \pm 0,5$ Гц и содержанием гармоник до 5 %, напряжением 220 ± 20 В через вход на боковой поверхности стенда. Весь монтаж и соединение схемы прибора для измерения электросопротивлений малой величины скрыт и выполнен внутри объема электробезопасного корпуса. Габариты лабораторного прибора для измерения электросопротивлений малой величины учитывают необходимость компактного размещения его на рабочем месте при максимальной

обозреваемости отдельных особенно важных компонентов. Общие размеры стенда составляют следующие значения: длина 360 мм, ширина 200 мм, высота 160 мм.

Прибор для измерения электросопротивлений малой величины обеспечивает измерение сопротивления постоянному току на двенадцати диапазонах: 0-100 мкОм, 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом, 0-10 Ом, 0-100 Ом, 0-1 кОм, 0-10 кОм, 0-100 кОм, 0-1 МОм, 0-10 МОм.

Пределы допускаемых значений основной погрешности от конечного значения диапазона измерений: $\pm 4\%$ на диапазоне 0-100 мкОм; $\pm 2,5\%$ на диапазонах 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом; $\pm 1,5\%$ на остальных диапазонах.

Классы точности по ГОСТ 8.401: 4,0 на диапазоне 0-100 мкОм; 2,5 на диапазонах 0-1 мОм, 0-10 мОм, 0-100 мОм, 0-1 Ом; 1,5 на остальных диапазонах.

Мощность, потребляемая от сети переменного тока, не превышает 4 В·А. Ток потребления прибора не превышает 120 мА.

Время, затрачиваемое на подготовку прибора для измерения электросопротивлений малой величины к работе, на достижение основного режима работы с момента включения, на осуществление поставленных задач и целей небольшое, точно рассчитанное и сопоставимое с ограниченным временем урока. Конструкция прибора для измерения электросопротивлений малой величины обеспечивает время на его подготовку к работе - не более 10 минут. Время установления рабочего режима не более 1 мин. Продолжительность непрерывной работы не менее 8 ч. Время перерыва до повторного включения не менее 5 мин.

Список использованной литературы:

1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. Учебник для вузов. – М. «Техносфера». 2005. – 632 с.
2. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. «Промышленная электроника». Учебник для вузов. – М. «Энергоатомиздат». 1995. – 320 с.
3. Мэк Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению. Учебное пособие. – М. «Додэка-XXI». 2008. – 272 с.
4. Пронин М.В., Воронцов А.Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / Учебное пособие. Под ред. Крутякова Е.А. СПб: «Электросила». 2003. – 172 с.
5. Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование. Учебное пособие. – К. «МК- Пресс». 2007. – 288 с.
6. Семенов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. Учебное пособие. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2005. – 416 с. (Серия «Библиотека инженера»).
7. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. Учебное пособие для вузов. – М. «Лаборатория базовых знаний». 2001. – 448 с.
8. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: Сан Пин 2.2.2 542-96. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2009.
9. Зотов Б.И., Курдюмов В.И. Безопасность жизнедеятельности.- М.: КолосС, 2004.
10. Носов В.Б. Безопасность труда/Под ред. В.В. Амбарцумяна. – М.: Машиностроение, 2004. – 144с.
11. “Основы медицинских знаний учащихся”, пробный учебник для средних учебных заведений, под редакцией М.И. Гоголева”, изд. “Просвещение”, Москва, 1991.

12. “Первая помощь при повреждениях и несчастных случаях”, под редакцией В.А. Полякова, изд. “Медицина”, Москва, 1990.
13. “Строителю о первой медицинской помощи”, под редакцией Н.Л. Хафизулиной, изд. “Стройиздат”, Москва, 1991.
14. “Гражданская оборона”, учебное пособие, под редакцией А.Т. Алтунина, “Воениздат”, Москва, 1994
15. <http://www.Инвертор/Википедия>
16. [http://www.Принципиальные электрические схемы омметров](http://www.Принципиальные_электрические_схемы_омметров)
17. <http://www.electronics.ru>
18. [http://www.Техническая библиотека.Омметр.](http://www.Техническая_библиотека.Омметр)
19. <http://www.radioradar.net>
20. [http://www. Автономные преобразователи.](http://www.Автономные_преобразователи)
21. [http://www.ioffe.rssi.ru;](http://www.ioffe.rssi.ru)
22. [http://www.nashaucheba.ru;](http://www.nashaucheba.ru)
23. [www.ziyonet.uz;](http://www.ziyonet.uz)
24. http://radioradar.net/articles/technics_measurements/measurements_ultra.html
25. <http://www.sonel.ru/ru/Biblio/article/resistance-directcurrent/>
26. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Омметр>
27. http://ru.wikipedia.org/wiki/Измеритель_RLC
28. http://ru.wikipedia.org/wiki/Измерительная_линия