

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение Астраханской области
«Астраханский колледж вычислительной техники»**

Специальность 09.02.01

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
Изучение комбинированного прибора**

по дисциплине: «Электротехнические измерения»

Методические рекомендации
АКВТ.09.02.01.ЛР17.0102МР

Составил преподаватель: (Цепляев В.К.)

Рассмотрено на заседании цикловой
комиссии по специальности 09.02.01
«Компьютерные системы и комплексы»
Протокол № от « » 20__ г.
Рекомендовано для студентов

Председатель комиссии: (Сботова А.Г..)

2018

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель работы.....	3
2	Приборы и оборудование.....	3
3	Правила техники безопасности.....	3
4	Теоретическая часть.....	3
5	Порядок выполнения работы.....	13
6	Содержание отчёта.....	19
7	Контрольные вопросы.....	19
8	Литература.....	20
	Приложение А.Прибор комбинированный Ц4353.....	21
	Приложение Б.Генератор Г3-106.....	25
	Приложение В.Магазин сопротивлений Р32.....	26
	.Приложение Г.Источник питания Б5-43, Б5-44, Б5-45.....	27

Перв. примен.
Справ. №

Име. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Име. № дубл.
Подп. и дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	Разраб.	Цепляев		
	Пров.	Сботова		
	Н.контр.			
	Утв.			
Изучение комбинированного прибора Методические рекомендации			Лит.	Лист
			2	27
АКВТ				

1 Цель работы

1.1 Изучить устройство, принцип действия комбинированного прибора в режиме измерения напряжения постоянного тока.

1.2 Изучить устройство, принцип действия комбинированного прибора в режиме измерения напряжения переменного тока.

1.3 Дать анализ погрешности измерения и сделать вывод о факторах, влияющих на них.

2 Приборы и оборудование

2.1 Комбинированный прибор Ц4353.

2.2 Генераторы ГЗ-106.

2.3 Блок питания Б5-43.

2.4 Магазин сопротивлений Р32.

3 Правила безопасности

3.1 Приборы заземлить перед началом работы.

3.2 Соблюдать все требования техники безопасности при работе в лаборатории электротехнических измерений.

3.3 Соблюдать указания мер безопасности, приведённые в руководстве по эксплуатации приборов и оборудования, применяемых в данной работе.

4 Теоретическая часть

4.1 Измерение силы постоянного и переменного токов, постоянного и переменного напряжений, сопротивлений наиболее распространенные виды измерений.

4.2 Для проведения этих измерений широкое применение получили комбинированные приборы, для которых характерны:

- удобство применений при ремонте и исследованиях одного прибора для намерения нескольких величин;

- незначительные затраты для обеспечения требуемой универсальности приборов.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
3

4.3 К простейшим относятся приборы, основу которых составляет магнитоэлектрический измерительный механизм (МЭИМ).

4.4 Принцип МЭИМ основан на взаимодействии магнитных полей постоянного магнита и катушки с током.

Среди многообразия конструктивного исполнения наибольшее применение на практике получили МЭИМ с неподвижным магнитом и подвижной катушкой.

4.5 По принципу действия МЭИМ является измерителем постоянного тока с уравнением шкалы:

$$\alpha = S_i \cdot I \quad (1)$$

где α - угол отклонения стрелки МЭИМ;

I - ток в катушке;

S_i - чувствительность по току, имеющая постоянное значение для данного МЭИМ.

4.5 При градуировочной шкале МЭИМ его показание можно выразить через число делений n , на которое отклонилась стрелка при протекании по катушке тока I :

$$I = C_i \cdot n \quad (2)$$

где $C_i = \frac{1}{S_i} = \frac{I_n}{n_m}$ - цена деления шкалы МЭИМ по току;

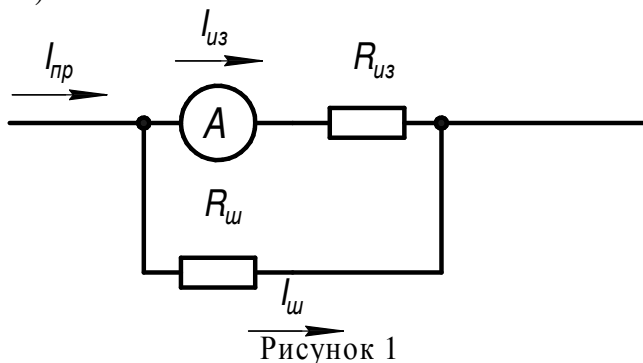
I_n - ток полного отклонения (номинальный ток);

n_m - число делений шкалы.

4.6 К числу других параметров, характеризующих свойства МЭИМ, относится его внутреннее сопротивление $R_{им}$, определяемое в основном сопротивлением катушки измерительного механизма постоянному току.

4.7 МЭИМ из-за небольших пределов измерения самостоятельно применяются для измерения силы постоянного тока редко.

4.8 Расширения пределов измерения по току в сторону больших значений добиваются включением параллельно МЭИМ специальных низкоомных резисторов-шунтов (см.рисунок 1).



Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
4

В результате ток $I_{из}$ через механизм становится меньше тока в измерительной цепи в $m = \frac{I_{пр}}{I_{из}}$ раз.

Сопротивление шунта на заданный предел измерения рассчитывается по формуле:

$$R_{ш} = \frac{R_{из}}{m-1} \quad (3)$$

Соответственно цена деления также увеличивается в m раз, а внутреннее сопротивление амперметра становится равным:

$$R = \frac{R_{из} \cdot R_{ш}}{R_{из} + R_{ш}} \quad (4)$$

4.9 МЭИМ может выполнять функции вольтметра с пределом $U_H = I_H \cdot R_{из}$.

Результат измерения при этом определяется по формуле:

$$U = C_u \cdot n \quad (5)$$

где C_u - цена деления МЭИМ по напряжению.

4.10 Расширение пределов достигается последовательным включением добавочных резисторов (см. рисунок 2).

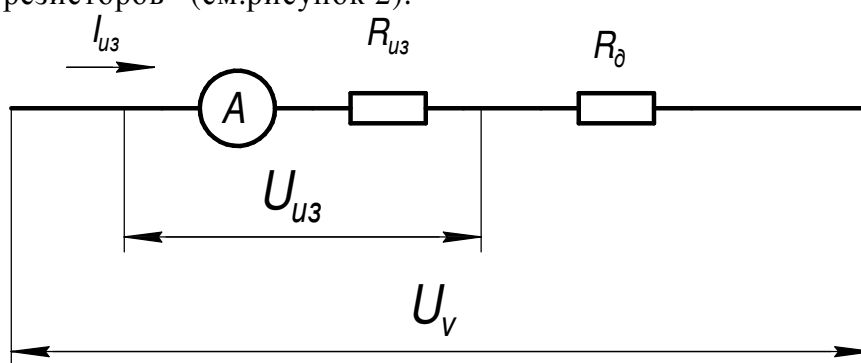


Рисунок 2 - Расширение пределов изменения напряжений

В результате падение напряжений на МЭИМ уменьшается, а предел измерения расширяется в $k = U_v / U_{из}$ раз.

4.11 Сопротивление $R_д$ добавочного резистора на заданный предел рассчитывается по формуле:

$$R_д = R_{из} \cdot (k-1) \quad (6)$$

Соответственно изменяются цена деления

$$C_v = C_u \cdot k \quad (7)$$

и внутреннее сопротивление

$$R_{вн} = R_{из} + R_д \quad (8)$$

4.12 Зависимость тока от сопротивления участка электрической цепи

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
5

позволяет использовать МЭИМ для измерения сопротивления постоянному току.

Такой метод измерения называется методом непосредственной оценки.

4.13 В приборах для измерения сопротивления постоянному току - омметрах, измеряемый резистор R может быть последовательно (см.рисунок 3) (последовательная схема) или параллельно (см.рисунок 4) с МЭИМ (параллельная схема).

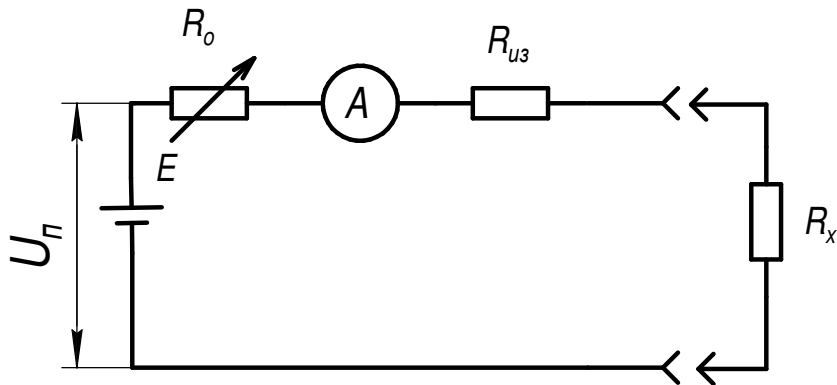


Рисунок 3

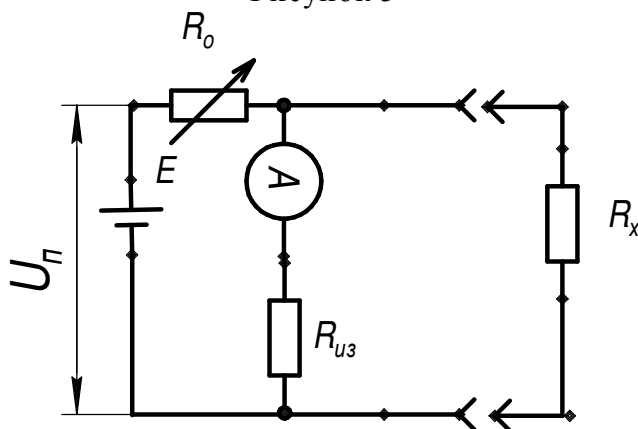


Рисунок 4

4.14 Обе схемы омметров содержат источник постоянного тока E (ИП), переменный резистор калибровки и МЭИМ.

4.15 В последовательной схеме R_0 служит для установки нуля шкалы омметра при коротком замыкании зажимов подключения измеряемого сопротивления R_x .

4.16 При измерении малых сопротивлений более эффективна параллельная схема (см.рисунок 4), в которой резистор R_0 служит для установки со шкалы при разомкнутых зажимах R_x .

Нулевому значению R_x соответствует нулевой ток через МЭИМ, и, таким образом, нуль шкалы находится на крайней левой отметке.

4.17 К недостаткам таких омметров можно отнести то, что шкалы их

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
6

неравномерны, так как уравнения шкал для последовательной и параллельной схем будут соответственно иметь вид:

$$\alpha_{\text{посл}} = S_i \frac{U_{\text{п}}}{R_x + R_0 + R_{\text{из}}} \quad (9)$$

$$\alpha_{\text{пар}} = S_i \frac{U_{\text{п}}}{\frac{R_x R_{\text{из}}}{R_x + R_{\text{из}}} + R_0} \quad (10)$$

Как следует из формул, градуировка омметров зависит от напряжения питания, что требует обязательной калибровки перед измерением, осуществляемой с помощью.

4.18 Кроме метода непосредственной оценки, при измерении сопротивлений с помощью МЭИМ может быть использован метод амперметра-вольтметра, который является косвенным и сводится к измерению тока и напряжения в цепи с измеряемым резистором R_x и последующим расчетом значения сопротивления по закону Ома.

При этом включение R_x в измерительную цепь возможно по двум схемам (см. рисунки 5 и 6), а значение измеряемого сопротивления в обоих случаях равно:

$$R_r = \frac{U_v}{I_a} \quad (11)$$

где U_v - показание вольтметра;

I_a - показание амперметра.

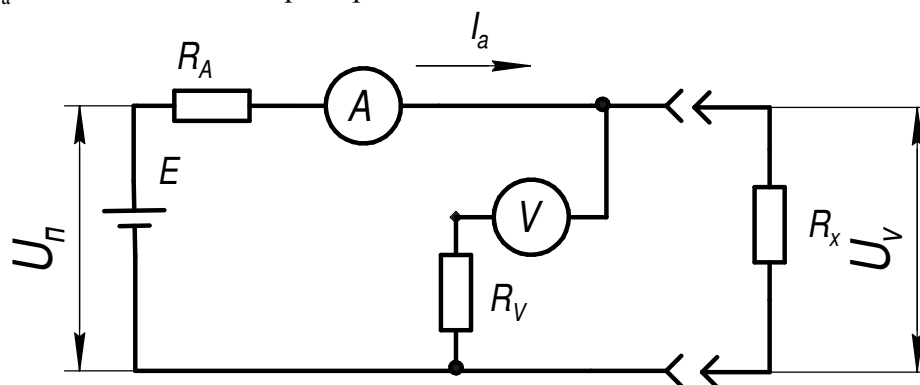


Рисунок 5

4.19 При измерениях силы и напряжения постоянного тока, сопротивления постоянному току возникают методические погрешности измерения.

При измерении силы тока амперметр с сопротивлением включается последовательно с участком исследуемой цепи (см. рисунок 7).

Ине. № дубл.	Ине. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № подл.	Ине. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
7

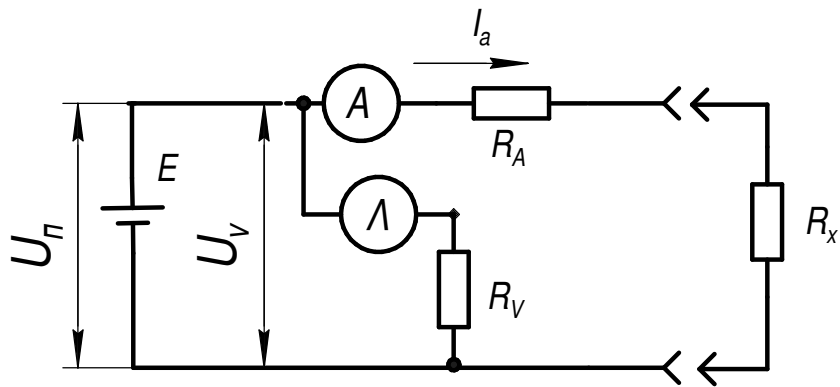


Рисунок 6

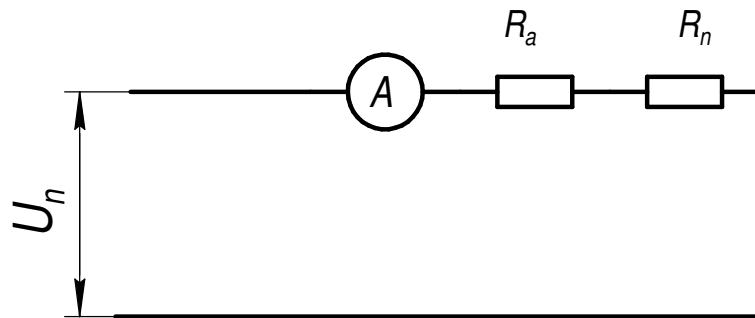


Рисунок 7

При этом увеличивается сопротивление участка цепи, и измеряемый ток уменьшается со значения $I = U_n / R_n$ до значения $I_r = U_n / (R_n + R_a)$.

В результате возникает методическая погрешность измерения тока, которая может быть рассчитана по формуле:

$$\delta_m = \frac{I_r - I}{I} 100\% = - \frac{100\%}{\left(1 + \frac{R_n}{R_a}\right)} \quad (12)$$

Из этой формулы следует, что δ_m тем меньше, чем сильнее неравенство $R_a \ll R_n$.

Так как эта погрешность систематическая с известным значением и знаком, то она может быть исключена из результата измерения введением поправки q_i :

$$I = I_r + q_i \quad (13)$$

$$\text{где } q_i = - \frac{\delta_m}{100 + \delta_m} I_r.$$

4.20 При измерении напряжения вольтметр с входным сопротивлением R_v подключается параллельно исследуемому участку цепи с сопротивлением R_n .

Ине. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
8

Вся остальная электрическая цепь при этом может быть представлена в виде эквивалентной э.д.с. E с внутренним сопротивлением R_0 (см рисунок 8).

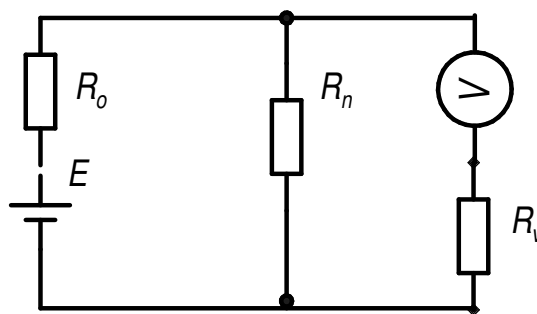


Рисунок 8

Очевидно, что сопротивление исследуемого участка уменьшится. Падение напряжения на нем также уменьшится со значения

$$U = \frac{E}{1 + \frac{R_0}{R_n}} \quad (14)$$

до значения

$$U_r = \frac{E}{1 + \frac{R_0}{R_n} + \frac{R_0}{R_v}} \quad (15)$$

Таким образом, появится методическая погрешность измерения

$$\delta_m = \frac{U_r - U}{U} 100\% = - \frac{100\%}{1 + \frac{R_0}{R_n} + \frac{R_0}{R_v}} \quad (16)$$

Погрешность δ_m тем меньше, чем сильнее выполняются неравенства $R_v \gg R_n$ или $R_v \gg R_0$.

Так как эта погрешность систематическая с известным значением и знаком, то она может быть исключена из результата измерения введением поправки q_u :

$$U = U_r + q_u \quad (17)$$

где $q_u = - \left(\frac{\delta_m}{100 + \delta_m} \right) U_r$

4.21 При измерении сопротивлений методом амперметра-вольтметра по схемам рисунков 5 и 6 возникают методические погрешности, обусловленные конечными значениями внутренних сопротивлений приборов.

Сопротивление R_r , измеренное по схеме рисунка 5 будет меньше действительного значения, так как показание амперметра будет завышено значение

Ине. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Ине. № дубл.	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

тока, а показание вольтметра будет равно напряжению на R_x .

Тогда относительная методическая погрешность в %:

$$\delta_m = \frac{(R_r - R_x)100\%}{R_x} \quad (18)$$

Из этой формулы следует, что погрешность δ_m тем меньше, чем больше сопротивление вольтметра по сравнению с измеряемым сопротивлением.

В случае применения схемы, приведенной на рисунке 6 ,

$$U_r = I_r R_a + U_r^1 \quad (19)$$

$$R_r = R_x + R_a \quad (20)$$

И тогда относительная методическая погрешность в % будет равна:

$$\delta_m = \frac{(R_r - R_a)100\%}{R_x} \quad (21)$$

т.е. δ_m тем меньше, чем меньше сопротивление амперметра по сравнению с измеряемым сопротивлением

4.22 Таким образом, схемой, приведенной на рисунке 5 следует пользоваться для измерения малых сопротивлений, а схемой, приведенной на рисунке 6 для измерения больших сопротивлений.

4.23 При измерении тока, напряжения и сопротивления все большее применение находят цифровые комбинированные измерительные приборы.

Распространение их обусловлено известными достоинствами:

- малой погрешностью измерений,
- высоким быстродействием
- чувствительностью,
- отсутствием субъективной ошибки отсчета результата измерений.

4.24 Цифровые комбинированные приборы, как правило, имеют следующую структуру: преобразователи измеряемых величин в напряжение постоянного тока - преобразователь напряжения постоянного тока в код.

Преобразователь напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока представляет собой усилитель и детектор, охваченные глубокой отрицательной обратной связью.

Преобразование силы тока в напряжение осуществляется путем пропускания измеряемого тока через прецизионный резистор, падение напряжения на котором пропорционально силе тока.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
10

Преобразователь сопротивления в напряжение представляет собой источник тока, который протекает через измеряемое сопротивление и создает на нем падение напряжения, пропорциональное измеряемому сопротивлению.

В преобразователях напряжения постоянного тока в код реализуются различные методы аналого-цифрового преобразования:

- время-импульсный,
- частотно-импульсный,
- кодово-импульсный.

4.25 Инструментальная погрешность (т.е. погрешность прибора) может быть

- абсолютной - Δ ,
- относительной- δ ,
- приведенной- γ .

Абсолютная погрешность определяется по формуле:

$$\Delta = X_x - X_i \quad (22)$$

где X_i - действительное значение величины (оно при поверке соответствует показанию образцового прибора);

X_x - измеренное значение величины.

Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_i} 100\% \quad (23)$$

Приведённая погрешность определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\% \quad (24)$$

где X_N - нормируемое значение, правила выбора, которого регламентированы ГОСТ 8.401-80.

Допускается в формулах вместо X_i использовать показание прибора X_x .

4.26 Согласно ГОСТ 8.401-80, если прибор имеет практически равномерную шкалу, значение X_N следует выбирать равным пределу измерения при нахождении нулевой отметки на краю диапазона измерений или равным сумме модулей пределов измерений, если нулевая отметка находится внутри диапазона измерений.

4.27 Если прибор имеет существенно неравномерную шкалу, значение X_N принимают равным длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений.

4.28 Обобщенной характеристикой прибора является класс точности, определяемый пределами допускаемых погрешностей прибора.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
11

Если эти пределы выражаются значениями δ и γ по формулам:

$$\delta = \pm q \quad (25)$$

$$\gamma = \pm p \quad (26)$$

где q и p — отвлеченные положительные числа, выбираемые из ряда

$$K = [1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 4.0; 5.0; 6.0]10^n, n = 1, 0, -1, -2...$$

то классы точности обозначаются числами, которые равны этим пределам (в процентах) и соответствуют ряду K .

4.29 Класс точности прибора проверяется путем поверки прибора, то есть сравнением показаний прибора с показаниями образцового прибора и определением погрешности, которая нормирована для поверяемого прибора.

4.30 Для повышения точности измерений используются многократные прямые или косвенные измерения величины. Алгоритмы обработки измерительной информации при таких измерениях приведены метрологической литературе.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

5 Порядок выполнения работы

5.1 Задания на проведение работы приведены в таблице 1

Таблица 1- Задания на проведение работы

Вариант	1	2	3	4	5	6
$R_{n1}, \text{Ом}$	233	230	393	156	234	256
$R_{n2}, \text{Ом}$	297	407	477	678	423	367
$R_{n3}, \text{Ом}$	515	556	666	787	589	561
$U_{ип1}, \text{В}$	8	6	4	3	2	3
$U_{ип2}, \text{В}$	12	8	6	12	12	6
$U_{ип3}, \text{В}$	10	15	10	14	15	9

5.2 Справочные данные на измерительные приборы, необходимые для проведения расчётов при выполнении работы.

5.2.1 Значения внутренних сопротивлений приборов Ц4353 в режимах измерения тока и напряжения на различных пределах измерения приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Значения внутренних сопротивлений при измерении силы тока

Предел $I, \text{мА}$	0,12	0,6	3	12	60
$R_a, \text{кОм}$	1,113	0,285	0,060	0,016	0,004

Таблица 3 - Значения внутренних сопротивлений при измерении напряжения

Предел $U, \text{В}$	1,5	3	12	30
$R_v, \text{кОм}$	30	60	240	600

5.3 Измерить силу постоянных токов, протекающих через нагрузки, с помощью прибора Ц4353.

Оценить инструментальную и методическую погрешности измерения тока.

5.3.1 Для измерения постоянного тока прибором комбинированным Ц4353

Ине. № подл. Подп. и дата

Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
13

Копировал

Формат А4

собрать схему изображенную на рисунке 9.

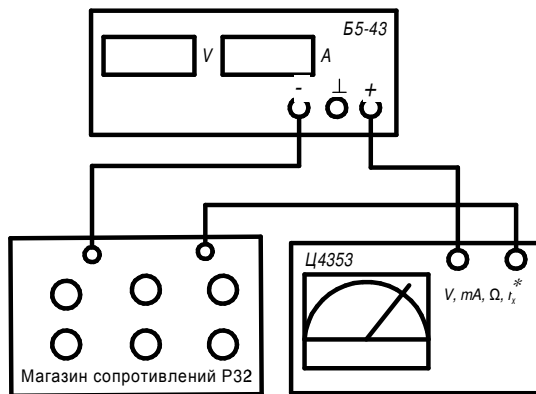


Рисунок 9 - Схема для измерения постоянного тока прибором комбинированным Ц4353

5.3.3 Результаты измерений, расчётов и пределы, на которых они выполнены, занести в таблицу 4 для прибора Ц4353.

Таблица 4. Таблица результатов при измерении постоянных токов

Напряжение источника питания $U_{пит}, В$	Сопротивление нагрузки $R_n, Ом$	Предел измерения	$I_{из}, мА$	$\delta_i, \%$	$\delta_{mi}, \%$	$q_i, мА$	$I, мА$

5.3.4 Формулы для расчётов:

а) максимальной абсолютной погрешности измерения Δ :

$$\Delta = K \cdot I_N \cdot 10^{-2}$$

где K - класс точности прибора на пределе измерения;

I_N - значение верхнего предела шкалы.

б) относительной погрешности измерения δ_i :

$$\delta_i = \frac{\Delta}{I_{из}} 100\%$$

где $I_{из}$ - измеренное значение тока.

в) методической погрешности измерения тока δ_m :

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

$$\delta_m = - \frac{100\%}{\left(1 + \frac{R_n}{R_a}\right)}$$

где R_n - сопротивление измеряемой цепи;
 R_a - внутреннее сопротивление амперметра.

г) поправки измерения q_i :

$$q_i = - \frac{\delta_m}{100 + \delta_m} I_{из}$$

д) значения измеренного тока с поправкой I :

$$I = I_{из} + q_i$$

5.4 Измерить падения напряжения постоянного тока на нагрузках с помощью прибора Ц4353. Оценить инструментальную и методическую погрешности измерения напряжения.

5.4.1 Для измерения постоянного напряжения прибором комбинированным Ц4353 собрать схему изображенную на рисунке 10.

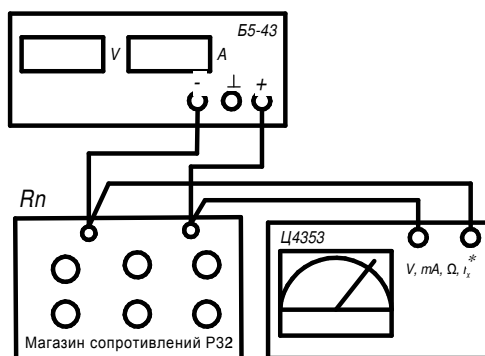


Рисунок 10 - Схема для измерения постоянного напряжения прибором Ц4353

5.4.2 Результаты измерений, расчётов и пределы, на которых они выполнены, занести в таблицу 6 для прибора Ц4353.

Таблица 5. Таблица результатов при измерении постоянных напряжений прибором Ц4353

Напряжение источника питания $U_{пит}, В$	Сопротивление нагрузки $R_n, Ом$	Предел измерения	$U_{из}, В$	$\delta_u, \%$	$\delta_{ui}, \%$	$q_u, В$	$U, В$

Ине. № подл.	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
15

5.4.3 Формулы для расчётов:

а) максимальной абсолютной погрешности измерения Δ :

$$\Delta = K \cdot U_N \cdot 10^{-2}$$

где K - класс точности прибора на пределе измерения;

U_N - значение верхнего предела шкалы.

б) относительной погрешности измерения δ_i :

$$\delta_i = \frac{\Delta}{U_{из}} 100\%$$

где $U_{из}$ - измеренное значение напряжения.

в) методической погрешности измерения напряжения δ_m :

$$\delta_m = - \frac{100\%}{\left(1 + \frac{R_v}{R_n}\right)}$$

где R_n - сопротивление измеряемой цепи;

R_v - внутреннее сопротивление вольтметра;

г) поправки измерения q_v :

$$q_v = - \frac{\delta_m}{100 + \delta_m} U_{из}$$

д) значения измеренного напряжения с поправкой U :

$$U = U_{из} + q_v$$

5.5 Измерить сопротивления, воспроизводимые магазином Р32, с помощью приборов Ц4353.

Оценить инструментальную погрешности измерения сопротивления.

5.5.1 Для измерения сопротивления прибором комбинированным Ц4353 собрать схему изображенную на рисунке 11.

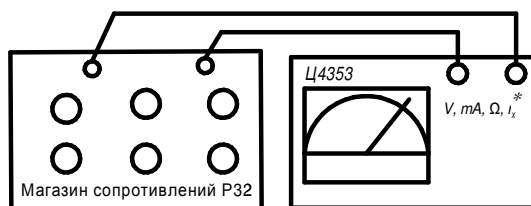


Рисунок 11 - Схема для измерения сопротивления прибором Ц435

5.5.2 Результаты измерений, расчётов и пределы, на которых они выполнены, занести в таблицу 6 .

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
16

Таблица 6

Сопротивление магазина P32 R, Ом	Предел измерения	R _{из} , Ом	Δ, Ом	δ, %	Класс точности прибора
100					
1000					
10000					

5.5.3 Формулы для расчётов:

а) абсолютной погрешности измерения Δ:

$$\Delta = R - R_{из}$$

где R - значение сопротивления магазина сопротивления P32.

б) относительной погрешности измерения δ:

$$\delta = \frac{\Delta}{R_{из}} \cdot 100\%$$

5.6 Измерение напряжения синусоидального сигнала прибором комбинированным Ц4353.

5.6.1 Схема измерений приведена на рисунке 12.

5.6.2 Установить частоту генератора ГЗ-106 равную 1000 Гц. Поочерёдно установить по прибору генератора значения выходного напряжения равными 2, 3, 4, 5 В и произвести замеры значений выходного напряжения прибором комбинированным Ц 4353.

5.6.3 По результатам измерений рассчитать:

а) амплитудное и средневыпрямленное значения измеренных напряжений;

б) абсолютную и относительную погрешности измерений и сравнить их со значениями, указанными в технических описаниях этих приборов.

5.6.4 Расчётные формулы:

а) вычисление амплитудного значения U_m измеренного напряжения:

$$U_m = 1,41U_{изм}$$

б) вычисление значения средневыпрямленного $U_{ср.в}$ измеренного напряжения:

$$U_{ср.в} = 0,9U_{изм}$$

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
17

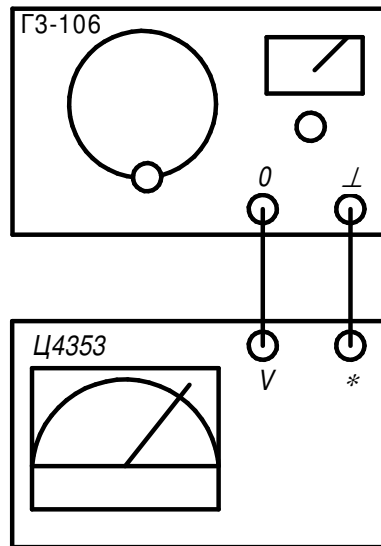


Рисунок 12 - Схема измерения напряжения синусоидального сигнала прибором комбинированным Ц4353

в) вычисление абсолютной погрешности Δ измерения напряжения:

$$\Delta = \frac{K_T \cdot U_{\text{ном}}}{100}$$

г) вычисление относительной погрешности δ измерения напряжения:

$$\delta = \frac{\Delta}{U_{\text{изм}}} \cdot 100\%$$

где K_T - класс точности (относительная погрешность) измерительного прибора;

$U_{\text{изм}}$ - показания измерительного вольтметра;

$U_{\text{ном}}$ - верхний предел шкалы, на которой было произведено измерение.

5.6.5 Результаты измерений и расчета занести в таблицу 7.

Таблица 7

Выходное напряжение генератора $U_{\text{г}}, \text{В}$	Измеренное напряжение $U_{\text{изм}}, \text{В}$	$U_{\text{м}}, \text{В}$	$U_{\text{св}}, \text{В}$	$\Delta, \text{В}$	$\delta, \%$	Предел измерения, В
2						
3						
4						
5						

Име. № подл.

Взам. инв. №

Име. № дубл.

Подп. и дата

Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист

18

6 Содержание отчёта

6.1 Наименование работы.

6.2 Цель работы.

6.3 Приборы и оборудование.

6.4 Выполнение работы:

6.4.1 Схемы измерений.

6.4.2 Таблицы результатов измерений.

6.4.3 Расчётные формулы

6.5 Основные технические характеристики измерительных приборов, примененных в работе.

6.6 Выводы о проделанной работе.

7 Контрольные вопросы

7.1 Поясните принцип действия, разновидности конструкции, достоинства и недостатки МЭИМ.

7.2 Поясните способы расширения пределов измерения по току комбинированного магнитоэлектрического прибора, приведите формулы для вычисления сопротивления шунта.

7.3 Поясните способы расширения пределов измерения по напряжению комбинированного магнитоэлектрического прибора, приведите формулы для вычисления сопротивления добавочного резистора.

7.4 Поясните принцип действия омметров, выполненных на базе МЭИМ по последовательной и параллельной схемам.

7.5 Поясните влияние уровня напряжения источника питания на градуировку отсчетных шкал комбинированного магнитоэлектрического прибора в режиме измерения сопротивления.

7.6 Поясните принцип измерения сопротивлений с использованием метода амперметра-вольтметра.

7.7 Поясните причину возникновения методической погрешности в режиме измерения тока с помощью комбинированного магнитоэлектрического прибора.

7.8 Поясните причину возникновения методической погрешности в режиме измерения напряжения с помощью комбинированного магнитоэлектрического

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
19

прибора.

7.9 Поясните причину возникновения методической погрешности при измерении сопротивления методом амперметра-вольтметра.

7.10 Поясните структуру комбинированных цифровых измерительных приборов.

7.11 Охарактеризуйте особенности различных методов аналого-цифрового преобразования:

- время-импульсного;
- частотно-импульсного;
- кодово-импульсного.

7.12 Поясните, что такое абсолютная, относительная и приведение; погрешности приборов, и как приведенная погрешность определяется для разных видов шкал.

7.13 Поясните, что такое класс точности приборов и как осуществляется поверка приборов.

7.14 Приведите алгоритм обработки результатов наблюдений при прямом измерении напряжения.

7.15 Приведите алгоритм обработки результатов наблюдений при косвенном измерении сопротивления методом амперметра-вольтметра.

8 Литература

8.1 Атамаян Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин. - М. Дрофа, 2005.

8.2 Измерения в электронике. Справочник./Под ред. В. А. Кузнецова. - М. Энергоатомиздат,1987.

8.3 Переносные комбинированные приборы.Справочное пособие. -М. Радио и связь,1991.

8.4 Садченков Д.А. Современные цифровые мультимеры.-М. СОЛОН- Прес, 2002.

8.5 Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. -М: «КноРус», 2009 г.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
20

Приложение А

Прибор комбинированный Ц4353

А.1 Назначение

Прибор электроизмерительный комбинированный Ц4353 (см.рисунок А.1) с автоматической защитой от электрических перегрузок предназначен для измерения:

- силы и напряжения постоянного тока;
- среднеквадратичного значения силы и напряжения переменного тока синусоидальной формы;
- сопротивления постоянному току;
- электрической емкости;
- абсолютного уровня сигнала по напряжению переменного тока в электрических цепях.

А.2 Технические и метрологические характеристики

В данной лабораторной работе прибор Ц4353 используется только для измерения силы и напряжения постоянного тока, а также сопротивления постоянному току.

Поэтому в таблице А.1 приведены технические и метрологические характеристики именно для этих режимов измерения.

Таблица А.1

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Класс точности	Предел допускаемого значения основной приведенной погрешности, %
Сила постоянного тока, мА	0...0.06; 0...0.12; 0...0.6; 0..3; 0...12; 0..,60;0...300;0...1500	1,5	± 1,5
Напряжение постоянного тока, В	0...0.075; 0...1.5; 0..3; 0...12; 0...30; 0...60; 0..120; 0...600	1,5	± 1,5
Напряжение переменного тока, В	0,25...1,5; 0,5...3; 1...6; 2,5...15; 10...60; 25...150; 50...300; 100...600	2,5	± 2,5
Сопротивление постоянному току, кОм	0...0.3; 0...10; 0...100; 0...1000; 0...10000	1,5	±1,5

Ине. № подл. Подп. и дата
Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
21

При этом основная погрешность прибора выражается в процентах в виде приведенной погрешности, по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\%$$

где Δ - значение абсолютной погрешности, выраженное в единицах измеряемой величины или в единицах длины шкалы;

X_N - нормируемое значение (конечные значения диапазонов измерений силы тока, напряжения постоянного тока или минимальные значения длин шкал диапазонов измерения сопротивления постоянному току).

Значения длин шкал $I_{пр}$ на « Ω » - не менее 62 мм, на «к Ω , М Ω » - не менее 58 мм.

Основная погрешность в режиме измерения сопротивления находится из формулы

$$\delta = \gamma \cdot \frac{I_{пр}}{I_{и}}$$

где $I_{и}$ - длина участка шкалы между нулевым значением и местом установления показания прибора на « Ω » и «к Ω , М Ω ».

Ток полного отклонения измерительного механизма, используемого в приборе, 29 мкА, и сопротивления измерительного механизма составляет не более 1000 Ом.

А.3 Устройство и принцип работы

В приборе применен измерительный механизм магнитоэлектрической системы на растяжках с внутрирайонным магнитом.

Расширение диапазонов измерений осуществляется с помощью коммутации универсального шунта и добавочных сопротивлений.

Для работы в режиме измерения сопротивлений используются электрохимические источники тока, расположенные в камере с тыльной стороны корпуса.

А.4 Методика работы с прибором

А.4.1 До подключения прибора к измеряемой цепи независимо от рода измеряемой величины проверить и при необходимости установить механический нуль с помощью корректора.

Рабочее положение прибора горизонтальное. Включить автоматическую защиту, нажав кнопку защиты до упора.

А.4.2 Измерение силы постоянного тока

А.4.2.1 Переключателем режимов работы установить род тока: постоянный (---).

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
22

А.4.2.2 Установить предел измерения тока, соответствующий измеряемому значению тока, а при неизвестном значении - максимальный предел 1500 мА.

А.4.2.3 Клеммы прибора «*» и «V, mA, Ω, r_x» должны быть последовательно подключены к исследуемому участку цепи с соблюдением полярности.

При отклонении стрелки влево от нуля изменить полярность на противоположную. Выбрать предел измерения, обеспечивающий минимальную погрешность (стрелка должна, находится по возможности ближе к концу шкалы), и определить цену деления шкалы. Отсчитать измеренное значение, как произведение цены деления на количество делений, указанное стрелкой по шкале «V, mA ---».

А.4.3 Измерение напряжения постоянного тока

А.4.3.1 Переключателем режимов работы установить род тока: постоянный (--).

А.4.3.2 Установить предел измерения, соответствующий измеряемому значению напряжения, а при неизвестном значении - максимальный предел 600 В.

А.4.3.3 Клеммы прибора должны быть подключены к «*» и «V, mA, Ω, r_x» параллельно исследуемой цепи с соблюдением полярности.

При отклонении стрелки влево от нуля изменить полярность.

Выбрать предел измерения, обеспечивающий минимальную погрешность, и определить, цену деления шкалы.

Отсчитать измеренное значение как произведение цены деления на количество делений, указанное стрелкой по шкале «V, mA».

А.4.4 Измерение сопротивления постоянному току

А.4.4.1 Установить переключатель пределов в положение «Ω; kΩx1» и нажать обе кнопки «kΩ, MΩ» и «---» переключателя режимов (при измерении сопротивления менее 300 Ом) или установить переключатель пределов в положения «Ω; kΩx1», или «kΩx10» или «x100» или «MΩ» и нажать кнопку «kΩ, MΩ» переключателя режимов (при измерении сопротивления более 300 Ом).

А.4.4.2. Установить стрелку прибора на h по шкале «Ω» (при измерении сопротивления менее 300 Ом) или на 0 по шкале «kΩ, MΩ, nF» при закороченных зажимах «*» и «V, mA, Ω, r_x» (при измерении сопротивления более 300 Ом) ручкой nF.

А.4.4.3 При измерении сопротивлений менее 300 Ом измеряемый резистор подключен к клеммам «*» и «V, mA, Ω, r_x» и отсчитывается значение сопротивления по шкале «Ω».

При намерении сопротивлении более 300 Ом измеряемый резистор подключается к клеммам «*» и «V, mA, Ω, r_x» и отсчитывается значение сопротивления по шкале «kΩ, MΩ» при умножении результата на x1, x10. или x100 в

Име. № подл.	Подп. и дата
Взам. име. №	Име. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
23

зависимости от положения переключателя пределов.

При установке за пределами рабочей части шкалы выбирают более удобный предел, обеспечивающий наибольшую точность отсчета.

По окончании намерений сопротивления необходимо перевести переключатель пределов в любое положение, кроме « Ω ; $k\Omega \times 1$ », « $k\Omega \times 10$ », « $\times 100$ », переключатель режимов работы в положение « \sim » или « $---$ ».

А.4.5 По окончании работы с прибором отключить защитную кнопку .

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата	АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Приложение Б

Генератор ГЗ-106

Б.1 Генератор ГЗ-106 - источник синусоидальных и прямоугольных электрических колебаний в диапазоне звуковой и ультразвуковой частоты.

Б.2 Генератор ГЗ-106 - малогабаритный портативный генератор РС-типа с плавной установкой частоты в пределах каждого из 4 поддиапазонов.

Б.3 Генератор ГЗ-106 может использоваться как источник сигнала в системах контроля радиотехнических средств, в комплектах аппаратуры связи и дальней связи, в селективных и широкополосных системах.

Б.4 В режиме синхронизации генератор ГЗ-106 представляет собой активный фильтр и может применяться для уменьшения гармонических искажений синхронизирующего сигнала, повышения его выходного уровня, получения синусоидального сигнала из несинусоидального.

Б.5 Выходное напряжение отсчитывается по шкале встроенного вольтметра (шкала вольтметра отградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального сигнала - вольтах) и выходному аттенюатору.

Б.6 Технические характеристики генератора ГЗ-106:

а) диапазон частот: 20 Гц-200 кГц (4 поддиапазона);

б) основная погрешность установки частоты: $\pm(3+30/f) \%$;

в) нестабильность частоты: $\pm 20 \cdot 10^{-4} f$ (за 15 минут) и $\pm 200 \cdot 10^{-4} f$ (за 3 часа);

г) выходное напряжение: 5 В (600 Ом);

д) ослабление выходного напряжения: 0-60 дБ с дискретностью через 20 дБ (с делителем) и -22 дБ (плавно регулируемое);

е) погрешность установки выходного напряжения: $\pm 6 \%$ (установка опорного уровня) и $\pm 0,8$ дБ (делитель);

ж) нестабильность выходного напряжения: $\pm 1 \%$ (за 15 минут) и $\pm 10 \%$ (за 3 часа);

и) коэффициент гармоник, %: 0,5 (20-200 Гц); 0,3 (200 Гц-20 кГц); 1 (20-200 кГц);

к) параметры сигнала прямоугольной формы:

- амплитуда: 5 В (600 Ом);

- скважность: 2;

- длительность фронта и среза: 150 нс;

л) потребляемая мощность: 20 ВА;

м) питание: 220 ± 22 В, 50 Гц или 115 В, 400 Гц;

н) масса: 4,6 кг.

п) габариты: 225x258x162 мм.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
25

Приложение В

Магазин сопротивлений Р32.

В.1 Магазин сопротивлений Р32 - шестидекадный магазин сопротивлений с диапазоном установки от 0,1 до 99999,9 Ом.

В.2 Магазин имеет небольшие габариты и массу - 265x185x110 мм, вес 3 кг.

В.3 Погрешность установки сопротивления Р32 рассчитывается по формуле:

$$\pm 0,2 + 6 \cdot 10^{-6} \cdot (R_k/R - 1)$$

где R_k - наибольшее значение сопротивления магазина;

R - номинальное значение включенного сопротивления.

В.4 Измерительный магазин сопротивлений Р32 служит для измерения сопротивления постоянному и переменному току и используется в качестве многозначной меры электрического сопротивления.

В.5 Измерительный магазин Р32 выполнен в настольном горизонтальном исполнении и имеет карболитовый корпус.

На панель управления Р33 выведены декадные переключатели и клеммные соединители.

Каждая из декад имеет по десять равно номинальных значений устанавливаемых сопротивлений.

На панель так же выведены и множители декад.

В.6 Работа с магазином сопротивлений Р32 заключается в последовательном подключении требуемого количества резисторов образцовой величины выставляемых в каждой декаде.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
26

Приложение Г

Источник питания Б5-43, Б5-44, Б5-45

Г.1 Предназначены для стабилизации постоянного напряжения или тока в зависимости от установленного режима.

Г.2 Источники питания имеют плавную регулировку выходного напряжения и тока, которая осуществляется с передней панели двухоборотным потенциометром с высокой разрешающей способностью.

Г.3 Предусмотрена работа источника, как с изолированным выходом, так и при заземлении клеммы любой полярности.

Г.4 Блок питания имеет возможность подключения по четырех проводной схеме обеспечивает гарантированное выходное напряжение непосредственно на нагрузке.

Г.5 Источник питания имеет цифровую индикацию выходных параметров. Допускается последовательное или параллельное соединения двух источников.

Г.6 Блоки питания существуют модификаций без цифрового индикатора и имеют декадный набор выходных параметров (напряжения и тока).

Технические характеристики прибора Б5-43, Б5-44, Б5-45 приведены в таблице Г.1.

Таблица Г.1

Наименование параметра	Б5-43	Б5-44	Б5-45
Выходное напряжение, В	0-10	0-30	0-50
Ток нагрузки, А	0-2	0-1	0-0,5
Нестабильность, % при изменении U сети на +/- 10% Напряжения Тока	0,01 0,005	0,01 0,005	0,01 0,005
Нестабильность, % при изменении нагрузки от 0 до 0,9R макс Напряжения Тока	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1

Ине. № подл.	Подп. и дата
Взам. ине. №	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

АКВТ.09.02.01.ЛР17.0001МР

Лист
27