

Лабораторная работа, №1

«Метрологические характеристики аналоговых приборов электроаппаратной группы»

1. Цель работы:

Изучение статистических и ~~функциональных~~ метрологических характеристик приборов типов М2038 (табл. 1) и АВО-5М (табл. 2)

2. Краткие теоретические сведения:

2.1. чувствительность к измеряемой величине: $S_x = \frac{\alpha_H}{X_H}$ (равномерная шкала);
 $S_x = \frac{\Delta \alpha}{\Delta X}$ (неравномерная шкала);

2.2. цена деления измеряемой величины: $C_x = \frac{X_H}{\alpha_H}$ (равномерная шкала); $C_x = \frac{\Delta X}{\Delta \alpha}$ (неравномерная шкала);

2.3. относительная приведенная погрешность: $f = \pm \frac{\Delta X}{X_H} \cdot 100\%$;

2.4. предельное значение абсолютной погрешности: $\Delta X = \pm \frac{K_T \cdot X_H}{100}$

3. Графическая часть:

см. табл. 1 и табл. 2

Сметательские характеристики измерительного
мультиметра модели M2038

Таблица 1

Измеряемая величина (I, U)	Клеммы подсоединение прибора	Шкала равномерная или неравномерная	Диапазон измерения шкалы в делениях	Предельное значение измере- емой величины	Класс точности	Предельное значение абсо- лютной погрешности прибора ΔX	Чувствительность прибора к измеряемой величине	Цена деления измеряемой величины	График зависимости предельного значения абсолютной погрешности от измеряемой величины $\Delta X = F(x)$	Запись результата измерения предельного значения с учётом погрешности в начале и конце шкалы	Относительная погреш- ность измерений в начале и конце шкалы
I	0-7,5A	Равномерна	0-150	7,5; 4=30A 0,5	$\Delta I = \pm 0,15$ A	5 $\frac{\mu A}{A}$	0,2 $\frac{A}{\mu A}$		$I_1 = (5,00 \pm 0,15) A$ $I_2 = (30,00 \pm 0,15) A$	$\delta_1 = \pm 3\%$ $\delta_2 = \pm 0,5\%$	
I	0-B, A	Равномерна	0-150	750; 2=1500 μA 0,5	$\Delta I \approx \pm 8$ μA	0,1 $\frac{\mu A}{A}$	10 $\frac{\mu A}{\mu A}$		$I_1 = (200 \pm 8) \mu A$ $I_2 = (1500 \pm 8) \mu A$	$\delta_1 = \pm 3,8\%$ $\delta_2 = \pm 0,5\%$	
U	0-15мВ	Равномерна	0-150	15 мВ 0,5	$\Delta U \approx \pm 0,8$ мВ	10 $\frac{\mu B}{мВ}$	0,1 $\frac{мВ}{\mu B}$		$U_1 = (5,00 \pm 0,8) мВ$ $U_2 = (15,00 \pm 0,8) мВ$	$\delta_1 = \pm 1,5\%$ $\delta_2 = \pm 0,5\%$	
U	0-B, A	Равномерна	0-150	7,5; 4=30В 0,5	$\Delta U = \pm 0,15$ В	5 $\frac{\mu B}{В}$	0,2 $\frac{В}{\mu B}$		$U_1 = (4,00 \pm 0,15) В$ $U_2 = (30,00 \pm 0,15) В$	$\delta_1 = \pm 3,75\%$ $\delta_2 = \pm 0,5\%$	

Лаборатория 2
Измерение сопротивления с помощью мультиметра типа АВО-5М
используемого в качестве и вольтметра (прецизионной) измеритель

измеряемая величина (I, U, R)	классы подсоединения прибора	шкала равномерная или неравномерная	диапазон измерения шкалы в делениях	предельное значение измеряемой величины	класс точности	предельное значение абсолютной погрешности прибора ΔX	чувствительность прибора к измеряемой величине	цена деления измеряемой величины	График зависимости предельного значения абсолютной погрешности от изме- ряемой величины $\Delta X = f(x)$	Запись результата измерения предельного значения с учетом погрешности в начале и в конце шкалы	Относительная по- грешность измерения в начале и в конце шкалы
$\sim I$	$-\sim \mu A$	Неравномер	5-30	30 μA	4,0	$\pm 1,2$	$1 \frac{\mu A}{\mu A}$	$1 \frac{\mu A}{\mu A}$		$\sim I_1 = (5,0 \pm 1,2) \mu A$ $\sim I_2 = (30,0 \pm 1,2) \mu A$	$\delta_1 = 24\%$ $\delta_2 = 4\%$
$-I$	$--- + 12$	Равномер	0-30	12 A	4,0	$\approx \pm 0,5$	$2,5 \frac{\mu A}{A}$	$0,4 \frac{A}{\mu A}$		$-I_1 = (2,0 \pm 0,5) A$ $-I_2 = (12,0 \pm 0,5) A$	$\delta_1 \approx 25\%$ $\delta_2 \approx 5\%$
$\sim U$	$-\sim V_{\sim}$	Неравномер	5-30	1200 B	4,0	$\pm 48 B$	$0,025 \frac{B}{B}$	$40 \frac{B}{\mu A}$		$\sim U_1 = (200 \pm 48) B$ $\sim U_2 = (1200 \pm 48) B$	$\delta_1 = 24\%$ $\delta_2 = 4\%$
$-U$	$--- V_{\sim}$	Равномер	0-30	600 B	4,0	$\pm 24 B$	$0,05 \frac{B}{B}$	$20 \frac{B}{\mu A}$		$-U_1 = (100 \pm 24) B$ $-U_2 = (600 \pm 24) B$	$\delta_1 = 24\%$ $\delta_2 = 4\%$

4. Расчёты:

4.1. Расчёты к табл. 1:

1 строка: $\Delta I = \pm \frac{k_T \cdot I_H}{100} = \frac{0,5 \cdot 30}{100} = \pm 0,15 \text{ A};$

$$S_I = \frac{\alpha_H}{I_H} = \frac{150}{30} = 5 \frac{\text{ген}}{\text{A}};$$

$$C_I = \frac{I_H}{\alpha_H} = \frac{30}{150} = 0,2 \frac{\text{A}}{\text{ген}};$$

$$I_1 = (5,00 \pm 0,15) \text{ A}; \quad f_1 = \pm \frac{\Delta I}{I_1} \cdot 100 = \pm \frac{0,15}{5,00} \cdot 100 = \pm 3\%;$$

$$I_2 = (30,00 \pm 0,15) \text{ A}; \quad f_2 = \pm \frac{\Delta I}{I_2} \cdot 100 = \pm \frac{0,15}{30,00} \cdot 100 = \pm 0,5\%;$$

2 строка: $\Delta I = \pm \frac{k_T \cdot I_H}{100} = \frac{0,5 \cdot 1500}{100} = \pm 7,5 \approx \pm 8 \mu\text{A};$

$$S_I = \frac{\alpha_H}{I_H} = \frac{150}{1500} = 0,1 \frac{\text{ген}}{\mu\text{A}};$$

$$C_I = \frac{I_H}{\alpha_H} = \frac{1500}{150} = 10 \frac{\mu\text{A}}{\text{ген}};$$

$$I_1 = (200 \pm 8) \mu\text{A}; \quad f_1 = \pm \frac{\Delta I}{I_1} \cdot 100 = \pm \frac{7,5}{200} \cdot 100 = \pm 3,75\% \approx \pm 3,8\%;$$

$$I_2 = (1500 \pm 8) \mu\text{A}; \quad f_2 = \pm \frac{\Delta I}{I_2} \cdot 100 = \pm \frac{7,5}{1500} \cdot 100 = \pm 0,5\%;$$

3 строка:

$$\Delta U = \pm \frac{k_T \cdot U_H}{100} = \pm \frac{0,5 \cdot 15}{100} = \pm 0,075 \approx \pm 0,08 \mu\text{B};$$

$$S_U = \frac{\alpha_H}{U_H} = \frac{150}{15} = 10 \frac{\text{ген}}{\mu\text{B}};$$

$$C_U = \frac{U_H}{\alpha_H} = \frac{15}{150} = 0,1 \frac{\mu\text{B}}{\text{ген}};$$

$$U_1 = (5,00 \pm 0,08) \mu\text{B}; \quad f_1 = \pm \frac{\Delta U}{U_1} \cdot 100 = \pm \frac{0,075}{5} \cdot 100 = \pm 1,5\%;$$

$$U_2 = (15,00 \pm 0,08) \mu\text{B}; \quad f_2 = \pm \frac{\Delta U}{U_2} \cdot 100 = \pm \frac{0,075}{15} \cdot 100 = \pm 0,5\%;$$

4 строка:

$$\Delta U = \pm \frac{k_T \cdot U_H}{100} = \pm \frac{0,5 \cdot 30}{100} = \pm 0,015 \text{ B};$$

$$S_U = \frac{\alpha_H}{U_H} = \frac{150}{30} = 5 \frac{\text{ген}}{\text{B}};$$

$$C_U = \frac{U_H}{\alpha_H} = \frac{30}{150} = 0,2 \frac{\text{B}}{\text{ген}};$$

$$U_1 = (4,00 \pm 0,15) \text{ B}; \quad f_1 = \pm \frac{0,15}{4} \cdot 100 = \pm 3,75\%;$$

$$U_2 = (30,00 \pm 0,15) \text{ B}; \quad f_2 = \pm \frac{0,15}{30} \cdot 100 = \pm 0,5\%.$$

5. Вывод:

5.1. На практике показано, что относительная приведенная погрешность меньше в конце шкалы прибора, следовательно измерение точнее во второй половине шкалы. Этот вывод сделан на основании формулы $f = \pm \left| \frac{\Delta x}{x_H} \right| \cdot 100$, в которой с повышением номинального значения шкалы уменьшается предельное значение абсолютной погрешности прибора.

5.2. Чувствительность к измеряемой величине и цена деления измеряемой величины - взаимнообратные величины. На основании цены деления определяется соответствие между шкалой прибора и измеряемой величиной.

Лабораторная работа №2 Проверка технических приборов

1. Цель работы:

Определение соответствия указанному классу точности $K_T = 4$ технического миллиамперметра магнитоэлектрической системы с номинальным током $I_n = 30 \text{ мА}$, градуированным значением 5, 10, 15, 20, 25, 30, сравнивая его с образцовым прибором, у которого следует выбрать номинальное значение I_n и его класс точности K_{T_0} .

В цепи поверяемого миллиамперметра следует также определить метрологические характеристики регулируемого резистора (R_p, I_p), который должен обеспечить регулировку в схеме проверки от минимального до максимального значений. Напряжение питания схемы $U = 5 \text{ В}$.

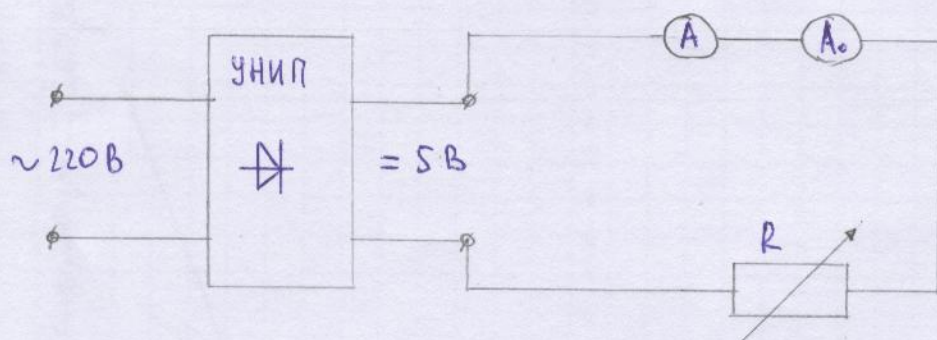
2. Краткие теоретические сведения

При ведомственной приборостроительской проверке технических приборов определяется:

- относительная приведенная погрешность $f_{пр} = K_T = \pm \left| \frac{\Delta I}{I_n} \right| \cdot 100\%$, где I_n - номинальное значение поверяемого прибора,
 $\Delta I = I - I_0$ - абсолютная погрешность (I - показание поверяемого прибора; I_0 - показание образцового прибора)
- вариация "В", характеризующая устойчивость показаний к разному замеру $B = \pm \left| \frac{I_0' - I_0''}{I_n} \right| \cdot 100\%$, где I_0' - показание стрелки при движении вверх; I_0'' - показание стрелки в обратном направлении.
- поправка $\delta I = -\Delta I$, равная абсолютной погрешности, взятая с обратным знаком

3. Экспериментальная часть

Схема проверки технического мультиметра:



- Выбор образцового мультиметра A_0 :

$$I_{н0} = I_n = 30\text{ мА}; \quad K_{T0} = \frac{K_T}{n} = 0,5$$

- Выбор резистивного делителя:

требуется:

$$R_p = \frac{U}{I_{\min}} = \frac{5}{5 \cdot 10^{-3}} = 1000\text{ Ом}$$

$$I_p = I_n = 30\text{ мА}$$

- Расчёт предельно допустимых значений абсолютной погрешности приборов:

$$\Delta I_{\text{през}} = \pm \frac{K_T \cdot I_n}{100} = \pm 12\text{ мА} \quad (\text{поверенный мультиметр});$$

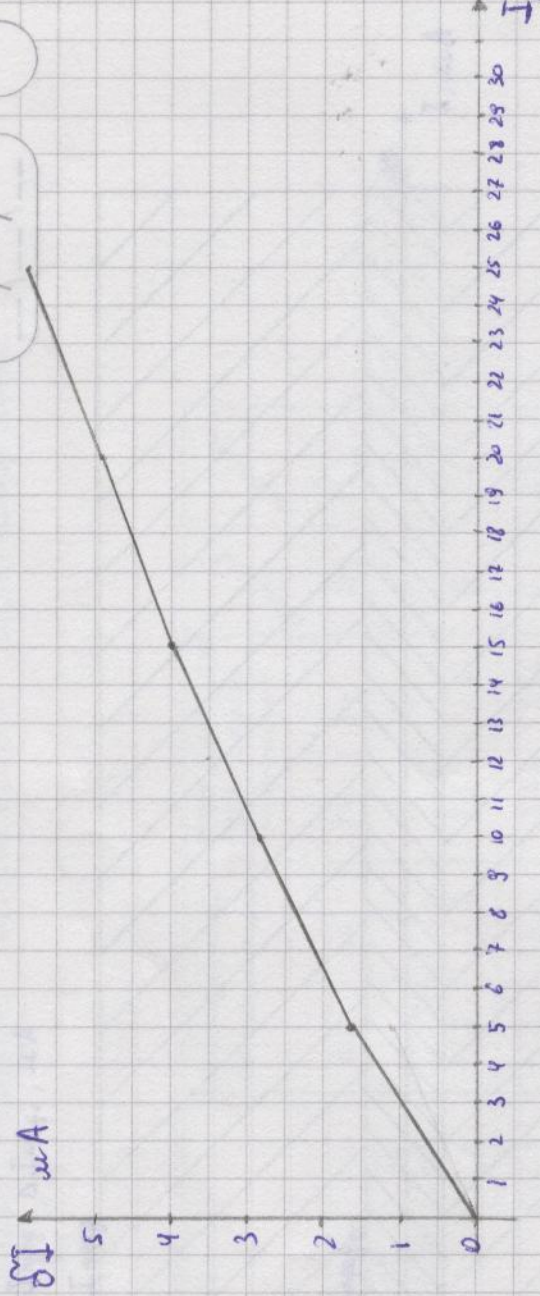
$$\Delta I_{\text{през}_0} = \pm \frac{K_T \cdot I_n}{100} = \pm 0,15\text{ мА} \quad (\text{образцовый мультиметр}).$$

Опытное и рас
 $I_H =$

показания поверхностного прибора		показания прибора			
$I = d \cdot C_I$		$I'_0 = d \cdot C'_I$			
d, гер	$C_I, \mu A / \text{гер}$	$I, \mu A$	d, гер	$C'_I, \mu A / \text{гер}$	$I'_0, \mu A$
5	1	5	33	0,2	6,1
10		10	64		12,1
15		15	95		18
20		20	124		24,1
25		25	154		30,1
30		30	3000		—

График 1

Кривая поправки нелинейного минимизатора $I_H = 30 \mu A, K_T =$



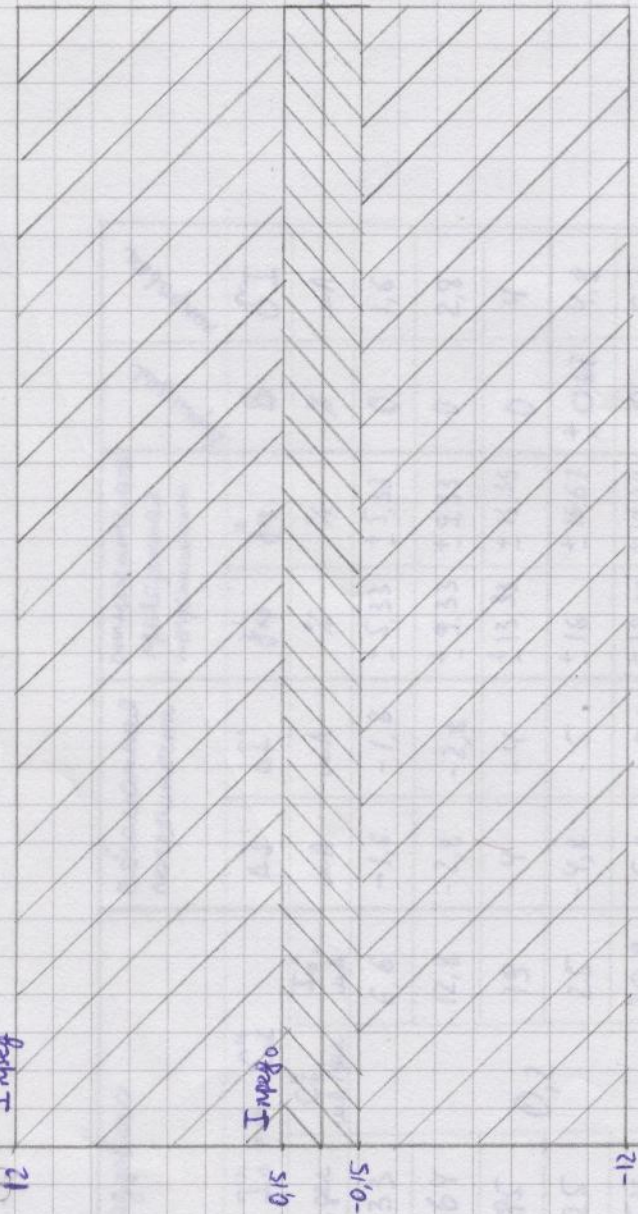
График

График абсолютных погрешностей приборов

$\Delta I_{\text{приг}}, \Delta I_{\text{приг}0}, \mu A$

$I_{\text{приг}}$

$I, \mu A$



Отношение и по $I_H =$

показание поверхностного прибора		показание прибора			
$I = d \cdot C_I$		$I_0 = d \cdot C_{I_0}$			
d, ген	$C_I, \mu A / \text{ген}$	$I, \mu A$	d, ген	$C_{I_0}, \mu A / \text{ген}$	$I_0, \mu A$
5	1	5	33	0,2	6,1
10		10	64		12,8
15		15	95		18
20		20	124		24,8
25		25	154		30,9
30		30	3000		—

Омические и расчётные данные поверки потенциометра
 $I_H = 30 \text{ мА}$ $K_T = 4$

показания поверяемого прибора		показания образцового прибора				абсолютная погрешность		относительная погрешность		допускается	выходной
$I = d \cdot C_I$		$I'_0 = d \cdot C'_I$		$I''_0 = d \cdot C''_I$		$\Delta I'$	$\Delta I''$	$f_{I'}$	$f_{I''}$	B	δI
$d, \text{гек}$	$C_I, \text{мА/гек}$	$d, \text{гек}$	$C'_I, \text{мА/гек}$	$d, \text{гек}$	$C''_I, \text{мА/гек}$	$I'_0, \text{мА}$	$I''_0, \text{мА}$	%	%	%	мА
5	1	33	0,2	33	0,2	6,6	6,6	$\pm 5,33$	$\pm 5,33$	0	1,6
10		64		64		12,8	12,8	$\pm 9,33$	$\pm 9,33$	0	2,8
15		95		95		18	18	$\pm 13,33$	$\pm 13,33$	0	4
20		124		125		24,8	25	± 16	$\pm 16,67$	$\pm 0,67$	4,9
25		154		154		30,8	30,8	$\pm 19,33$	$\pm 19,33$	0	5,8
30		30000		30000		—	—	—	—	—	—

4. Вывод:

- рассматриваемый прибор не соответствует указанному классу точности $K_T = 4$, так как его относительные приведенные погрешности $j_{пр}$ (при движении стрелки прибора влево) и $j_{пр}^*$ (при движении стрелки прибора вправо) меняются от $\pm 5,33\%$ до $\pm 19,33\%$, то есть $j_{пр} > K_T$ и $j_{пр}^* > K_T$.
- Кривая поправок характеризует систематическую погрешность. Она выходит за пределы графика аддитивной погрешности.
- С помощью графика аддитивной погрешности прибора делаем вывод, что погрешность образцового прибора во много раз меньше погрешности поверяемого прибора (в 80 раз).

Лабораторная работа №3

Обработка результатов измерений по классам точности приборов

1. Цель работы.

Оценить случайную погрешность с заданной вероятностью $P_{доб} = 0,95$, собранной статистической совокупности резисторов: $n = 11$, $R_n = 180 \text{ Ом}$, $\gamma = \pm 5\%$.

Собрать статистику с помощью ЧИП типа В7-ВА, у которого следует определить относительную погрешность $\delta_{\text{ЧИП}}$ с относительным коэффициентом и установить пригодность ЧИП для сбора статистики резисторов.

По результатам обработки установить соответствие $\Delta R_{\text{доб}}$ по классу точности резисторов. $\Delta R = \frac{\gamma \cdot R_n}{100} = 9 \text{ Ом}$.

2. Краткие теоретические сведения

Для статистики резисторов определяют:

- среднее арифметическое $R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$
- среднее квадратическое отклонение $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_{\text{ср}})^2}{n-1}}$
- доверительную границу $\Delta R_{\text{доб}} = \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, где t - коэффициент Стьюдента для $P_{доб} = 0,95$

Записи результатов многократных измерений представляют в форме доверительных границ с $P_{доб} = 0,95$, $R = R_{\text{ср}} \pm \Delta R_{\text{доб}}$ или в форме доверительного интервала с $P_{доб} = 0,95$, $R_{\text{ср}} - \Delta R_{\text{доб}} < R < R_{\text{ср}} + \Delta R_{\text{доб}}$

3. Экспериментальная часть

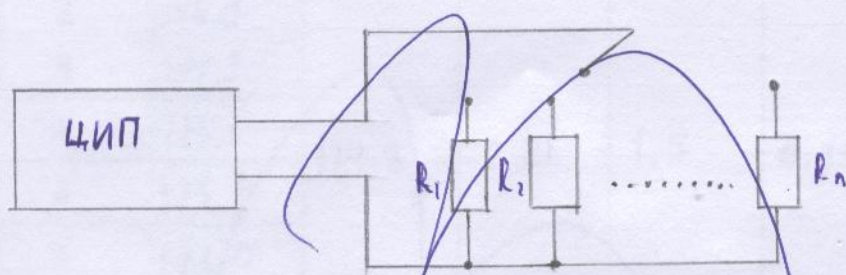
3.1. Выбор метрологических характеристик цифрового амперметра для сбора статистических данных

Относительная погрешность цифрового амперметра типа В7 равна $\delta_{\text{ЧИП}} = \pm (c + d(\frac{R_k}{R} - 1)) = \pm (0,2 + 0,05 \cdot 4,56) = \pm 0,428$, где $\approx \pm 0,4\%$

- c и d - коэффициенты, указанные в паспорте прибора;
- R_k - конечное значение предела измерения ЧИП;
- R - измеряемое сопротивление ($R = R_n$)

Зная значение относительной погрешности прибора $\delta_{\text{ЧИП}}$, определяют абсолютную погрешность: $\Delta R_{\text{ЧИП}} = \pm \frac{\delta_{\text{ЧИП}} \cdot R_{\text{ср}}}{100} = 0,72 \text{ Ом}$, значение которой должно быть в 3-5 раз меньше полученного значения абсолютной погрешности резисторов ΔR .

Схема прямых измерений резисторов с помощью ЧИП



Записывают полученные данные партии резисторов с учётом доверительных границ

$$R = R_{\text{ср}} \pm \Delta R_{\text{доб}} = 174,8 \pm 1,5 \text{ Ом с } P_{\text{доб}} = 0,95$$

с учётом доверительного интервала

$$R_{\text{ср}} - \Delta R_{\text{доб}} < R < R_{\text{ср}} + \Delta R_{\text{доб}}$$

$$174,8 - 1,5 < R < 174,8 + 1,5$$

Статистическая обработка результатов измерения
сопротивления резисторов с номинальным значением
 $R_n = 180 \text{ Ом}$, $\gamma = \pm 5\%$, $\Delta R = 9 \text{ Ом}$ цифровой
амперметр типа В7-16А

№ резисторов	R_i Ом	R_{cp} Ом	σ Ом	$\Delta R_{зоб}$ Ом	$P_{зоб}$
1	174,6	174,8	2,21	1,5	0,95
2	174,4				
3	176,3				
4	172,9				
5	175,6				
6	173,1				
7	173,0				
8	172,6				
9	173,0				
10	177,5				
11	173,9				

$$t = 2,23$$

$$\sqrt{n} = 3,3$$

4. Вывод

- по данным предварительного расчёта относительной погрешности прибора $\sigma_{\text{изм}} < \delta$ и $\Delta R_{\text{изм}} < \Delta R$ (обед, тем в 5 раз), поэтому, это (данный ЦАП пригоден для измерения сопротивлений резисторов.)
- по статистическим данным поэтому, это с вероятностью $P_{\text{зоб}} = 0,95$ (равной 25, что видно по результатам расчёта), поэтому среднее значение измеренного сопротивления с вычисленным заданной вероятностью соответствует истинному значению сопротивления резистора, что вероятностный интервал ($\Delta R_{\text{зоб}} = 1,5 \text{ Ом} < \Delta R = 9 \text{ Ом}$) не превышает технического разброса. Таким образом, выбор сводится к тому, что данные резисторы можно использовать в технологии по их исходным номинальным значениям.

Лабораторная работа №4

"Расширение предел измерения приборов магнито- Электрической системы"

1. Цель работы

- 1.1. Подсоединить шунт $R_{ш} = 0,25 \text{ Ом}$ и определить, во сколько раз расширится предел измерения по току заданного измерительного механизма с $U_n = 75 \text{ мВ}$, $I_n = 0,5 \text{ мА}$, $K_T = 1,5$, $\alpha_n = 500 \text{ дел}$.
- 1.2. Подсоединить последовательно к измерителю $R_z = 3000 \text{ Ом}$ и определить во сколько раз расширится предел измерения по напряжению ЭДС $U = 5 \text{ В}$

2. Краткие теоретические сведения

- 2.1. Включив параллельно к заданному измерителю шунт можно записать на основании первого закона Кирхгофа $I = I_n + I_{ш}$. Разделив правую и левую часть равенства на I_n получим:
$$\frac{I}{I_n} = 1 + \frac{I_{ш}}{I_n}$$
 Обозначим отношение общего тока к току измерителя коэффициентом $K_{ш} = \frac{I}{I_n}$, а отношение тока шунта к току измерителя, как обратное отношение сопротивлений:
$$\frac{I_{ш}}{I_n} = \frac{Z_n}{Z_{ш}}$$
 заменим: $K_{ш} = 1 + \frac{Z_n}{Z_{ш}}$, откуда, зная $K_{ш}$, можно определить сопротивление шунта:

$$Z_{ш} = \frac{Z_n}{K_{ш} - 1}$$

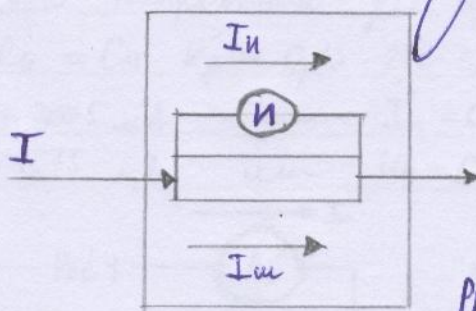


Рис. 1

- 2.2. Включив последовательно к заданному измерителю добавочное сопротивление Z_d можно записать на основании второго закона Кирхгофа $U = U_n + U_d$. Разделив правую и левую часть равенства на U_n получим $\frac{U}{U_n} = 1 + \frac{U_d}{U_n}$. Обозначим отношение общего напряжения к напряжению измерителя

коэффициентом: $K_f = \frac{U}{U_n}$, а отношение напряжения на добавочном сопротивлении к напряжению измерителя, как отношение сопротивлений $\frac{U_d}{U_n} = \frac{Z_d}{Z_n}$, запишем: $K_f = 1 + \frac{Z_d}{Z_n}$, откуда, зная K_f , можно определить добавочное сопротивление: $Z_d = Z_n(K_f - 1)$, то есть, зная коэффициент расширения прибора по напряжению, можно определить добавочное сопротивление и наоборот.

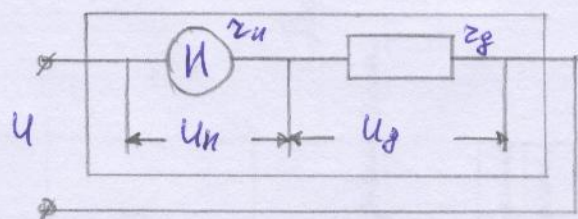


Рис 2

3. Экспериментальная часть

Определение метрологических характеристик галванного измерителя.

По паспортным данным измерителя рассчитать:

- внутреннее сопротивление измерителя: $Z_n = \frac{U_n}{I_n} = \frac{75 \text{ мВ}}{0,5 \text{ мА}} = 150 \text{ Ом}$
- цену деления по току: $C_I = \frac{I_n}{\alpha_n} = \frac{0,5}{500} = 0,001 \frac{\text{мА}}{\text{дел}};$
- цену деления по напряжению: $C_U = \frac{U_n}{\alpha_n} = 0,15 \frac{\text{мВ}}{\text{дел}};$
- сопротивление шунта: $Z_{ш} = \frac{Z_n}{K_{ш} - 1} \Rightarrow K_{ш} = 1 + \frac{Z_n}{Z_{ш}} = 1 + \frac{150}{0,25} = 601;$
- добавочное сопротивление: $Z_d = Z_n(K_f - 1) \Rightarrow K_f = 1 + \frac{Z_d}{Z_n} = \frac{3000}{150} = 21$
- цену деления по току для измерителя с расширенным пределом измерения: $C_I' = C_I \cdot K_{ш} = 0,601 \frac{\text{мА}}{\text{дел}};$
- цену деления по напряжению для измерителя с расширенным пределом измерения: $C_U' = C_U \cdot K_f = 0,15 \cdot 21 = 3,15 \frac{\text{мВ}}{\text{дел}}$

$$I_n' = I_n \cdot K_{ш} = 300,5 \text{ мА} \quad \text{или} \quad I_n' = C_I' \cdot \alpha_n = 300,5 \text{ мА}$$

$$U_n' = U_n \cdot K_f = 1575 \text{ мВ} \quad \text{или} \quad U_n' = C_U' \cdot \alpha_n = 1575 \text{ мВ}$$

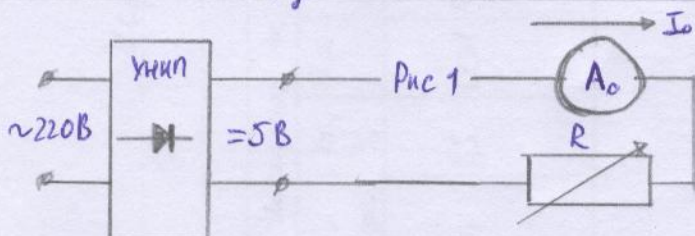


Рис. 3

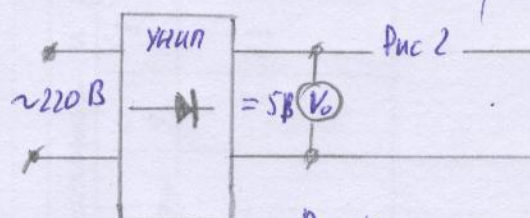


Рис. 4

Таблица 1

Усреднённые, отклонения и расчётные данные при расширении
предела измерения по току

Усреднённые и расчётные данные							Отклонения и расчётные данные					
I_H , мА	C_I , мА/дел	K_T , %	K_B	R_B , Ом	C_I , мА/дел	I_H , мА	d , дел	I' , мА	I_0 , мА	ΔI , мА	δn , %	приведённое K_T
0,5	0,001	1,5	601	0,25	0,601	300,5	100	60,1	59	-1,1	$\pm 0,18$	0,5
							200	120,5	121	0,7	$\pm 0,12$	
							300	180,3	182	1,7	$\pm 0,28$	
							400	240,4	243	2,6	$\pm 0,43$	
							500	300,5	300	-0,5	$\pm 0,08$	

Таблица 2

Усреднённые, отклонения и расчётные данные при расширении
предела измерения по напряжению

Усреднённые и расчётные данные						Отклонения и расчётные данные						
U_H , мВ	C_U , мВ/дел	K_T , %	K_B	R_B , Ом	C_U , мВ/дел	U_H , мВ	d , дел	U , мВ	U_0 , мВ	ΔU , мВ	δn , %	приведённое K_T
75	0,15	1,5	21	3000	3,15	1575		100	315	—	—	не может приведено погрешность полностью или считается
							200	630	495	-135	$\pm 4,2$	
							300	945	810	-135	$\pm 4,2$	
							400	1260	1115	-145	$\pm 4,6$	
							500	1575	1425	-150	$\pm 4,7$	

4. Вывод.

Для данного измерительного прибора Π с номинальными значениями $I_n = 0,5 \text{ мА}$, $U_n = 75 \text{ мВ}$ и $\alpha_n = 500$ было проведено расширение пределов измерения по току в 600 раз ^(при номинальном значении $I_n = 0,15 \text{ мА}$) и по напряжению в 21 раз ^(при номинальном значении $U_n = 3000 \text{ мВ}$).

При этом расчётные данные подтверждаются экспериментально, но при этом класс точности уменьшается, а именно:

- до расширения по току $K_T = 1,5$;
- после расширения по току $K_T = 0,5$;
- до расширения по напряжению $K_T = 1,5$;
- после расширения по напряжению также повысить класс точности, так как $f_{\text{пр}} > K_T$, а значит прибор подлежит ремонту или списанию.