

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**Лабораторный практикум
по курсу**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ
ИЗМЕРЕНИЯ»**

**для студентов специальности 6.051001
"Метрология и информационно-измерительные технологии"
дневного и заочного обучения**

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 1
от 20.01. 2013 г.

Харьков НТУ «ХПИ» 2013

ББК 34.9я7
З-36
УДК 681.2.08

Рецензенти:

Ю.Ф. Павленко, д-р техн. наук, проф., ННЦ «Інститут метрології»;
Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф., Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Автори:

В.К. Гусельников, , *О.Є. Тверитникова*, *В.В. Лисенко*, *А.В. Гусельников*

З-36 Калібрівка засобів вимірювальної техніки : лаб. практикум /
В.К. Гусельников, , О.Є. Тверитникова, В.В. Лисенко, А.В. Гусельников –
Харків : НТУ «ХПІ», 2013.-97 с.

ISBN 978-996-593-907-8

Практикум містить тринадцять лабораторних робіт, що призначені для глибокого засвоєння теоретичних основ калібрування засобів вимірювальної техніки, а також набуття практичних навичок калібрування приладів для вимірювання електричних величин.

Призначено для студентів технічних вузів денної та заочної форм навчання електротехнічних спеціальностей.

Іл. . Табл. . Бібліогр.: назв.

ББК 34.9я7
УДК 681.2.08

ISBN 978-996-593-907-8

В.К. Гусельников,*О.Є.Тверитникова*,
В.В. Лисенко, *А.В. Гусельников*

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей метрологического обеспечения и калибровки средств измерительной техники (СИТ) является достижение единства и высокой точности измерений, что обеспечивается передачей размеров физических величин от эталонов соответствующим рабочим СИТ. Калибровка средств измерительной техники проводится в соответствии с утвержденными Госпотребстандартом Украины методиками и схемами калибровки.

Настоящие методические указания имеют цель ознакомить студентов с современными эталонными установками, приборами и методиками калибровки наиболее распространенных средств измерений электрических величин таких как: стрелочные электроизмерительные приборы, электронные аналоговые приборы, электронно-лучевые осциллографы и цифровые электронные приборы.

При разработке методических указаний учтены требования Закона Украины “Про метрологію і метрологічну діяльність” № 113/98-вр от 11.02.1998 года (Редакция от 10.06.2012) и действующих методик поверки и калибровки.

Темы лабораторных работ (л/р) представляют интерес для будущей практической деятельности выпускников и соответствуют программе курса “Информационные технологии и технические измерения” для студентов специальности “Метрология и информационно-измерительные технологии”. Отдельные лабораторные работы могут быть использованы в курсе «Метрология и сертификация» для студентов направления подготовки «Компьютерная инженерия».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛЬТМЕТРОВ И АМПЕРМЕТРОВ

Цель работы – изучить методику и средства калибровки электромеханических вольтметров и амперметров на калибровочной установке У–300.

Опыт 1. Изучение калибровочной установки У-300, внешний осмотр и опробование калибруемого прибора

Установка У–300 представляет собой регулируемый источник стабильного постоянного и переменного (50 Гц) тока ($I=$, $I\sim$) и напряжения ($U=$, $U\sim$), предназначенный для питания амперметров и вольтметров класса точности 1,0 и менее точных при их калибровке. Установка питается от сети переменного тока 220 В, 50 Гц и работает при температуре от +10 °С до +35 °С. На верхней и передней панелях установки находятся:

- тумблер «СЕТЬ» и лампа, сигнализирующая о включении установки;
- зажимы для подключения эталонного (ЭП) и калибруемого (КП) приборов;
- регулятор выходных сигналов (плавная регулировка осуществляется ручкой регулятора меньшего диаметра);
- тумблер «1000 В» для включения высоковольтного блока;
- зажимы « \sim 300 А» для подключения сильноточных приборов;
- сигнальная лампа для информации о перегрузке;
- низковольтный переключатель пределов регулирования;
- высоковольтный переключатель пределов регулирования;

Установка У-300 содержит: стабилизатор питания 1, регулятор выходных сигналов 2, выпрямитель 3 и блок переключателей вида выходных сигналов 4. Упрощенная структурная схема У-300 приведена на рис. 1.1.

Установка У-300 обеспечивает: регулируемое постоянное и переменное напряжение от 0,01 до 1000 В при токе до 100 мА; регулируемый постоянный ток до 50 А при напряжении не менее 2 В; регулируемый переменный ток до 50 А при напряжении не менее 5 В и до

300 А при напряжении 0,5 В. Коэффициент переменной составляющей постоянного напряжения и тока не превышает 1 %. Коэффициент нелинейных искажений переменного напряжения и тока не превышает 2 %. Плавность регулирования выходных сигналов не более 0,1% от предела регулирования (регулировка на каждом диапазоне двухступенчатая). Изменение выходного тока и напряжения У-300 при изменении напряжения питающей сети 220 В, 50 Гц на $\pm 10\%$ не превышает $\pm 1\%$.

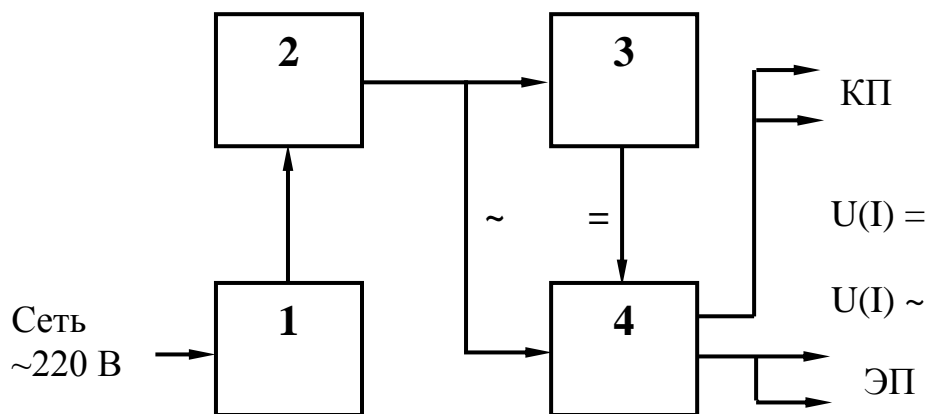


Рисунок 1.1 – Структурная схема установки У-300

При внешнем осмотре калибруемого прибора должно быть установлено:

- отсутствие повреждений прибора и повреждений покрытия шкалы;
- четкость всех надписей на шкале и корпусе прибора;
- надёжность крепления зажимов;
- отсутствие посторонних предметов внутри прибора.
- укомплектованность прибора вспомогательным оборудованием, необходимыми для проведения его калибровки;

**Если данные требования не соблюдаются, то прибор признаётся непригодным и калибровке не подлежит. Оформляется справка о непригодности.*

Перед началом калибровки необходимо установить нормальные условия работы средств измерения определяющими из которых являются:

- температура окружающего воздуха:
 - (20 ± 2)°C – для приборов класса точности 0,05–0,5;
 - (20 ± 5)°C – для приборов класса точности 1,0–4,0;

- относительная влажность воздуха 30–80 %;
- атмосферное давление (100 ± 6) кПа.

После установки нормальных условий необходимо собрать калибровочную схему, приведенную на рис. 1.2, выполнив перечисленные ниже действия:



Рисунок 1.2 – Калибровочная схема

1.1 Тумблер «СЕТЬ» калибровочной установки У-300 перевести в положение «ВЫКЛЮЧЕНО».

1.2 Установить переключатели пределов и ручки грубой и плавной регулировки в крайние левые положения.

1.3 Подключить калибруемый прибор (КП) к соответствующим зажимам установки с соблюдением полярности.

1.4 Выбрать и подключить к установке эталонный прибор (ЭП).

1.5 Подготовить приборы к работе в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации (при необходимости выполнить коррекцию нулевого положения указателя отсчетного устройства).

1.6 Установить калибруемый и эталонный приборы в нормальные рабочие положения.

При опробовании калибруемого прибора необходимо включить установку У-300 тумблером «СЕТЬ», подать измеряемую величину (например, ток при калибровке амперметра) на зажимы КП и убедиться, что его стрелка отклоняется пропорционально значению этой величины. При этом значение измеряемой величины не должно превышать значения установленного предела измерения КП.

**Если калибруемый прибор не реагирует на наличие и плавное изменение измеряемой величины или его стрелка перемещается скачками, он бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение времени установления показаний КП

Для проведения этого опыта следует: включить тумблером «СЕТЬ» установку У-300; установить, регуляторами У-300 стрелку калибруемого прибора на отсчетное деление расположенное примерно на середине его шкалы; отключить питание У-300 с помощью тумблера «СЕТЬ» и снова включить его, измерив секундомером время t_k установления стрелки калибруемого прибора против выбранного отсчётного деления.

Опыт проделать 3 раза и занести полученные результаты в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты определения времени установления показаний КП

№ п.п.	Тип КП	Значение измеряемой величины A_k	Время установления показаний t_k , с	Предельно-допустимое время t_d , с

Ни одно из полученных значений времени установления показаний КП не должно превышать предельно-допустимого значения, указанного в его нормативно-технической документации (для большинства приборов $t_d = 4с$). То есть должно выполняться условие:

$$t_k \leq t_d .$$

**Если это условие не выполняется, КП бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение погрешности от изменения рабочего положения КП

При выполнении этого опыта (данный опыт не проводится для КП, оснащенных встроенным уровнем) используется специальное приспособление, показанное на рис 1.3, представляющее собой плоскость с

углом наклона 5° , которое устанавливают на горизонтальной поверхности калибровочного стенда или стола.

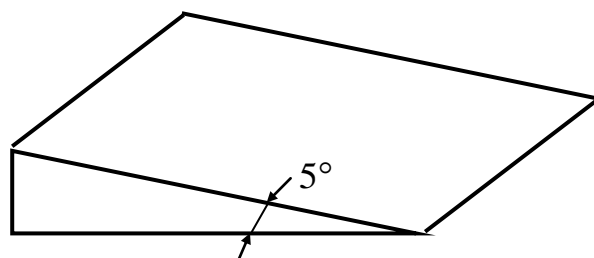


Рисунок 1.3 – Калибровочное приспособление

Далее необходимо выполнить следующие операции:

3.1 Собрать схему приведенную на рис. 1.2.

3.2 Включить установку У-300.

3.3 Изменяя значение измеряемой величины, установить стрелку КП, находящегося в рабочем положении на отсчетное деление $A_{кс}$ расположенное приблизительно в середине шкалы, отметив при этом показания эталонного прибора, т.е. действительное значение измеряемой величины $A_{дс}$.

3.4 Отклонить КП от нормального рабочего положения с помощью калибровочного приспособления (вправо, влево, вверх, вниз) и в этих положениях, устанавливая стрелку КП на тоже отсчетное деление, определить четыре значения $A_{д}$ по показаниям ЭП.

3.5 Определить абсолютную и приведенную погрешности при каждом отклонении КП по следующим формулам и занести полученные результаты в табл.1.2.

$$\Delta_{нак} = |A_{д} - A_{дс}| ;$$

$$\gamma_{нак} = \frac{\Delta_{нак}}{A_{н}} \cdot 100\%$$

где $A_{н}$ – номинальное значение измеряемой величины по шкале КП.

Ни одно из полученных значений $\gamma_{нак}$ не должно превышать значение, наибольшей допускаемой приведенной погрешности $\gamma_{д}$.

определённой по классу k точности КП, то есть должно выполняться условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данное условие не выполняется, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Таблица 1.2 – Погрешности от изменения рабочего положения КП

Положение КП	Значения погрешностей			
	$A_{\text{д}}, A$	$A_{\text{дс}}, A$	$\Delta_{\text{нак}}, A$	$\gamma_{\text{нак}}, \%$
→				
←				
↑				
↓				
Значения: k : ; $\gamma_{\text{д}} = \dots, \%$.				

Опыт 4. Определение основной погрешности КП

Для определения основной погрешности КП необходимо:

4.1 Установить ЭП и КП в нормальные рабочие положения при нормальных условиях эксплуатации.

4.2 Установить указатели ЭП и КП на нулевые отметки.

4.2 Собрать калибровочную схему, приведенную на рис. 1.2 и выбрать диапазоны измерения КП и ЭП.

4.3 Плавно изменяя регуляторами установки У-300 значение измеряемой величины установить стрелку КП на первую (кроме нулевой) оцифрованную отметку $A_{\text{к}}$ шкалы при подходе к ней слева и определить при этом действительное значение $\vec{A}_{\text{д}}$ измеряемой величины, отсчитанное по шкале ЭП.

4.4 Вычислить абсолютную погрешность КП по формуле:

$$\vec{\Delta} = |\vec{A}_{\text{к}} - \vec{A}_{\text{д}}|.$$

4.5 Определить основную приведенную погрешность калибруемого прибора в этой точке по формуле:

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{\Delta}}{A_n} \cdot 100\%,$$

где $\bar{\gamma}$ – основная приведенная погрешность;

A_n – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям калибруемого прибора;

\bar{A}_d – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям образцового прибора;

A_n – номинальное значение (условно принятое значение, которое в зависимости от вида КП может быть равным верхнему пределу измерений, длине шкалы и др.)

4.6 Последовательно проделать три операции 4.3, 4.4, 4.5 при подходе к каждой оцифрованной точке КП слева и справа и занести полученные результаты в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты определения основной погрешности и погрешности от вариации показаний КП

№	Значение измеряемой величины A_k по шкале КП,	Показания эталонного прибора		Значение абсолютной погрешности КП		Значение основной погрешности КП		Погрешность от вариации показаний КП $\gamma_{\text{вар}}, \%$
		\bar{A}_d, A	\bar{A}_d, A	$\bar{\Delta}, A$	$\bar{\Delta}, A$	$\bar{\gamma}, \%$	$\bar{\gamma}, \%$	
Значения:				$k : \dots ;$		$\gamma_k = \dots, \%$		

Опыт 5. Определение погрешности от вариации показаний КП

Погрешность от вариации показаний КП определяют в каждой оцифрованной точке его шкалы по результатам предыдущего опыта 4. Абсолютное значение этой погрешности на калибруемой отметке шкалы определяют как разность действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании КП, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений (слева и справа). Значения приведенной погрешности от вариации в процентах определяют по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\bar{A}_d - \bar{A}_d|}{A_n},$$

где \bar{A}_d и \bar{A}_d – действительные значения измеряемой величины при подходе стрелки КП к калибруемой отметке A_k слева и справа;

A_n – номинальное значение шкалы КП.

Аналогичным образом необходимо определить погрешности $\gamma_{\text{вар}}$ во всех оцифрованных точках шкалы КП и занести результаты в табл. 1.3.

Ни одно из значений погрешностей γ и $\gamma_{\text{вар}}$, полученных при двух измерениях в каждой (кроме нулевой) оцифрованной точке, не должно превышать значения γ_d предельной допускаемой погрешности КП, определённой по его классу точности k , т.е. для каждого значения погрешностей должны выполняться условия:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_d|, \quad \bar{\gamma} \leq |\gamma_d|, \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_d|.$$

**Если данные условия не выполняются хотя бы в одной калибруемой точке, прибор бракуется.*

Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки должны быть оформлены выдачей свидетельства о калибровке по форме, установленной центральным органом исполнительной власти в области метрологии (ЦОВМ), и нанесением оттиска калибровочного клейма в месте, указанном в эксплуатационной документации, исключающем доступ внутрь прибора.

На оборотной стороне свидетельства о калибровке указывают род тока, на котором калиброван прибор, и погрешность вариации его показаний. (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки выдаётся справка о непригодности средства измерения с указанием причин (см. приложение 2), клеймо предыдущей калибровки уничтожают (гасят), приборы запрещают к выпуску в обращение и применению. Свидетельство о предыдущей калибровке аннулируют.

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 1.2, 1.3, 1.4.
2. Таблицы 1.1, 1.2, 1.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого прибора.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и устройство и характеристики калибровочной установки У1-300.
2. Какие основные факторы определяют нормальные условия эксплуатации приборов?
3. Как и зачем проводится внешний осмотр и опробование калибруемого прибора?
4. Как проводится определение времени установления показаний калибруемого прибора?
5. Каким образом и для каких приборов определяется погрешность от отклонения рабочего положения от нормального?
6. Что такое основная погрешность калибруемого прибора и как она определяется при калибровке?
7. Что такое погрешность от вариации показаний и как она определяется при калибровке?

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.
3. Установка У-300. Інструкція з експлуатації. М.: Машприборинторг, 1989.
4. Кондрашов С.І. , Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХПІ», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ АМПЕРМЕТРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы – по результатам, полученным при выполнении лабораторной работы №1, провести калибровку электромеханического амперметра постоянного тока на калибровочной установке У–300.

Опыт 1. Подключение калибровочной установки У-300 и внешний осмотр и опробование калибруемого амперметра постоянного тока

1.1 Подключить (см. опыт 1 л/р №1) к сети и подготовить к работе на постоянном токе калибровочную установку У-300.

1.2 Произвести внешний осмотр калибруемого амперметра постоянного тока (КА-).

**Если требования внешнего осмотра (см. опыт 2 лр №1) не соблюдается, то КА- признаётся непригодным и калибровке не подлежит. Оформляется справка о непригодности.*

1.3 Выбрать (по согласованию с преподавателем) эталонный амперметр постоянного тока (ЭА-)

1.4 Установить нормальные условия работы средств измерения .

1.5 Собрать калибровочную схему.

1.6 Произвести опробование калибруемого амперметра КА-.

**Если КА- не реагирует на наличие и плавное изменение постоянного тока или его стрелка перемещается скачками он бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение время установления показаний калибруемого амперметра постоянного тока

2.1 Установить требуемое значение тока I_k . (см. опыт 2 л/р №1).

2.2 Определить три значения времени установления показаний $t_{к1}$, $t_{к2}$, $t_{к3}$ калибруемого амперметра КА- .

2.3 Занести полученные результаты и предельно-допустимое время измерения t_d калибруемого амперметра в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты определения времени установления показаний КА-.

№ п.п.	Тип КА-	Значение измеряемой величины $I_{к-}$, А	Время установления показаний $t_{к}$, с	Предельно-допустимое время t_d , с

Проверить выполнение условия:

$$t_{ki} \leq t_d$$

**Если это условие не выполняется КА- бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение погрешности от изменения рабочего положения КА-

3.1 Собрать калибровочную схему (см. опыт 1 л/р №1) и включить установку У-300.

3.2 Изменяя значение постоянного тока (см. опыт 3 л/р №1), установить стрелку КА-, находящегося в рабочем положении на отсчетное деление $I_{кс-}$ расположенное приблизительно в середине шкалы, отметив при этом показания эталонного амперметра, т.е. действительное значение измеряемой величины $I_{дс-}$.

3.3 Отклонить КА- от нормального рабочего положения с помощью калибровочного приспособления (вправо, влево, вверх, вниз) и в этих положениях, устанавливая стрелку КА- на тоже отсчетное деление, определить четыре значения $I_{д-}$ по показаниям ЭА.

3.4 Определить абсолютную $\Delta_{нак}$ и приведенную $\gamma_{нак}$ погрешности наклона при каждом отклонении КА- по следующим формулам и занести полученные результаты в табл.2.2.

$$\Delta_{\text{нак}} = |I_{\text{д-}} - I_{\text{дс-}}| ;$$

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{\Delta_{\text{нак}}}{I_{\text{н-}}} \cdot 100\% ,$$

где $I_{\text{н-}}$ – номинальное значение постоянного тока по шкале КП.

Ни одно из полученных значений $\gamma_{\text{нак}}$ не должно превышать значение, наибольшей допускаемой приведенной погрешности $\gamma_{\text{д}}$, определённой по классу к точности КА-, то есть должно выполняться условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данное условие не выполняется, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Таблица 2.2 – Погрешности от изменения рабочего положения КП

Положение КП	Значения погрешностей			
	$I_{\text{д-}}, \text{A}$	$I_{\text{дс-}}, \text{A}$	$\Delta_{\text{нак}}, \text{A}$	$\gamma_{\text{нак}}, \%$
→				
←				
↑				
↓				
Значения:		$k : \dots ;$	$\gamma_{\text{д}} = \dots, \%$.	

Опыт 4. Определение основной погрешности КА-

Для определения основной погрешности КА- (см. опыт4 л/р №1) необходимо:

4.1 Установить ЭА- и КА- в нормальные рабочие положения при нормальных условиях эксплуатации.

4.2 Установить указатели ЭА- и КА- на нулевые отметки.

4.3 Собрать калибровочную схему, приведенную (см. опыт 1 л/р №1) и выбрать диапазоны измерения КА- и ЭА-.

4.4 Плавно изменяя регуляторами установки У-300 значение постоянного тока установить стрелку КА- на первую (кроме нулевой)

оцифрованную отметку $I_{к-}$ шкалы при подходе к ней слева и определить при этом действительное значение $\bar{I}_{д-}$ тока, отсчитанное по шкале ЭП.

4.5 Вычислить абсолютную погрешность КА- по формуле:

$$\bar{\Delta} = |I_{к-} - \bar{I}_{д-}|.$$

4.6 Определить основную приведенную погрешность калибруемого амперметра в этой точке по формуле:

$$\bar{\gamma} = \frac{\bar{\Delta}}{I_{н-}} \cdot 100\%,$$

где $\bar{\gamma}$ – основная приведенная погрешность;

$I_{к-}$ – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям калибруемого прибора;

$I_{д-}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям эталонного амперметра;

$I_{н-}$ – номинальное значение (условно принятое значение, которое для большинства амперметров принимается равным верхнему пределу измерений).

4.7 Последовательно проделать три операции 4.3, 4.4, 4.5 при подходе к каждой оцифрованной точке КА- слева и справа и занести полученные результаты в табл. 1.3.

Таблица 2.3 – Результаты определения основной погрешности и погрешности от вариации показаний КА-

№	Значение измеряемой величины $I_{к-}$ по шкале КА-, А	Показания эталонного прибора		Значение абсолютной погрешности КА-		Значение основной погрешности КА-		Погрешность от вариации показаний КП $\gamma_{вар}, \%$
		$\bar{I}_{д-,A}$	$\bar{I}_{д-,A}$	$\bar{\Delta}, A$	$\bar{\Delta}, A$	$\bar{\gamma}, \%$	$\bar{\gamma}, \%$	
1								
2								
3								
...								
n								
Значения:		k : ;		$\gamma_{д} = \dots, \%$.				

Опыт 5. Определение погрешности от вариации показаний КА-

Погрешность от вариации показаний КА- (см. опыт 5 л/р №1) определяют в каждой оцифрованной точке его шкалы по результатам предыдущего опыта 4. Абсолютное значение этой погрешности на калибруемой отметке шкалы определяют как разность действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании КА-, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений (слева и справа). Значения приведенной погрешности от вариации в процентах определяют по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\bar{I}_{\text{д-}} - \bar{I}_{\text{д+}}|}{I_{\text{н-}}},$$

где $\bar{I}_{\text{д-}}$ и $\bar{I}_{\text{д+}}$ – действительные значения измеряемой величины при подходе стрелки КП к калибруемой отметке $A_{\text{к}}$ слева и справа;

$I_{\text{н-}}$ – номинальное значение шкалы КА.

Аналогичным образом необходимо определить погрешности $\gamma_{\text{вар}}$ во всех оцифрованных точках шкалы КП и занести результаты в табл. 1.3.

Ни одно из значений погрешностей γ и $\gamma_{\text{вар}}$, полученных при двух измерениях в каждой (кроме нулевой) оцифрованной точке, не должно превышать значения $\gamma_{\text{д}}$ предельной допускаемой погрешности КА-, определённой по его классу точности k , т.е. для каждого значения погрешностей должны выполняться условия:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \bar{\gamma}_{\text{вар}} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данные условия не выполняются хотя бы в одной калибруемой точке, прибор бракуется.*

Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки должны быть оформлены выдачей свидетельства о калибровке амперметра

постоянного тока по форме, установленной ЦОВМ, и нанесением оттиска калибровочного клейма в месте, указанном в эксплуатационной документации, исключающем доступ внутрь прибора.

На оборотной стороне свидетельства о калибровке указывают род тока, на котором калиброван прибор, и погрешность вариации его показаний. (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки выдаётся справка о непригодности амперметра с указанием причин (см. приложение 2), клеймо предыдущей калибровки уничтожают (гасят), приборы запрещают к выпуску в обращение и применению. Свидетельство о предыдущей калибровке аннулируют.

Содержание отчета:

1. Схема калибровки амперметра постоянного тока.
2. Таблицы 2.1, 2.2, 2.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого амперметра.

Контрольные вопросы:

1. Что такое основная погрешность калибруемого амперметра и как она определяется при калибровке?
2. Как определить основную погрешность амперметра по его классу точности?
3. Привести и объяснить схему соединения калибруемого и эталонного амперметров постоянного тока.
4. К чему может привести несоблюдение полярности при подключении калибруемого и эталонного амперметров постоянного тока?
6. Что произойдет с калибруемым и эталонным амперметрами постоянного тока при их включении в цепь переменного тока?
7. Что произойдет при калибровке амперметра постоянного тока в условиях отличных от нормальных?.

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.
3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметри, вольтметри, ваттметри, варметри. Методика поверки. . К.: Держстандарт України, 2008.
4. Установка У-300. Інструкція з експлуатації. М.: Машприборинторг, 1989.
5. Кондрашов С.І. , Гусельніков В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ АМПЕРМЕТРОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы – по результатам, полученным при выполнении лабораторной работы №1, провести калибровку электромеханического амперметра переменного тока на калибровочной установке У–300.

Опыт 1. Подключение калибровочной установки У-300 и внешний осмотр и опробование калибруемого амперметра переменного тока

1.1 Подключить (см. опыт 1 л/р №1) к сети и подготовить к работе на переменном токе калибровочную установку У-300.

1.2 Произвести внешний осмотр калибруемого амперметра переменного тока (КА~).

**Если требования внешнего осмотра (см. опыт 2 лр №1) не соблюдается, то КА~ признаётся непригодным и калибровке не подлежит. Оформляется справка о непригодности.*

1.3 Выбрать (по согласованию с преподавателем) эталонный амперметр постоянного тока (ЭА~)

1.4 Установить нормальные условия работы средств измерения .

1.5 Собрать калибровочную схему.

1.6 Произвести опробование калибруемого амперметра КА~.

**Если КА~ не реагирует на наличие и плавное изменение переменного тока или его стрелка перемещается скачками, он бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение время установления показаний калибруемого амперметра переменного тока

Установить требуемое значение тока $I_{к\sim}$ (см. опыт 2 л/р №1).

Определить три значения времени установления показаний $t_{к1}$, $t_{к2}$, $t_{к3}$ калибруемого амперметра КА~ .

Занести полученные результаты и предельно-допустимое время измерения t_d калибруемого амперметра в таблицу 2.1.

Таблица 3.1 – Результаты определения времени установления показаний КА~.

№ п.п.	Тип КА~	Значение измеряемой величины $I_{к\sim}$, А	Время установления показаний $t_{к}$, с	Предельно-допустимое время t_d , с

Проверить выполнение условия:

$$t_{ki} \leq t_d$$

**Если это условие не выполняется КА~ бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение погрешности от изменения рабочего положения КА~

Собрать калибровочную схему (см. опыт 1 л/р №1) и включить установку У-300.

3.3 Изменяя значение переменного тока (см. опыт 3 л/р №1), установить стрелку КА~, находящегося в рабочем положении на отсчетное деление $I_{к\sim}$ расположенное приблизительно в середине шкалы, отметив при этом показания эталонного амперметра, т.е. действительное значение измеряемой величины $I_{д\sim}$.

3.4 Отклонить КА~ от нормального рабочего положения с помощью калибровочного приспособления (вправо, влево, вверх, вниз) и в этих положениях, устанавливая стрелку КА~ на тоже отсчетное деление, определить четыре значения $I_{д\sim}$ по показаниям ЭА.

3.5 Определить абсолютную $\Delta_{\text{нак}}$ и приведенную $\gamma_{\text{нак}}$ погрешности наклона при каждом отклонении КА~ по следующим формулам и занести полученные результаты в табл.3.2.

$$\Delta_{\text{нак}} = |I_{\text{д}\sim} - I_{\text{дс}\sim}| ;$$

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{\Delta_{\text{нак}}}{I_{\text{н}\sim}} \cdot 100\% ,$$

где $I_{\text{н}\sim}$ – номинальное значение переменного тока по шкале КП.

Ни одно из полученных значений $\gamma_{\text{нак}}$ не должно превышать значение, наибольшей допускаемой приведенной погрешности $\gamma_{\text{д}}$, определённой по классу k точности КА~, то есть должно выполняться условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данное условие не выполняется, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Таблица 3.2 – Погрешности от изменения рабочего положения КП

Положение КП	Значения погрешностей			
	$I_{\text{д}\sim}, \text{A}$	$I_{\text{дс}\sim}, \text{A}$	$\Delta_{\text{нак}}, \text{A}$	$\gamma_{\text{нак}}, \%$
→				
←				
↑				
↓				
Значения:	k : ;		$\gamma_{\text{д}} = \dots, \%$.	

Опыт 4. Определение основной погрешности КА~

Для определения основной погрешности КА~ (см. опыт4 л/р №1) необходимо:

4.1 Установить ЭА~ и КА~ в нормальные рабочие положения при нормальных условиях эксплуатации.

4.2 Установить указатели ЭА~ и КА~ на нулевые отметки.

4.3Собрать калибровочную схему, приведенную (см. опыт 1 л/р №1) и выбрать диапазоны измерения КА~ и ЭА~.

4.4 Плавно изменяя регуляторами установки У-300 значение переменного тока установить стрелку КА~ на первую (кроме нулевой)

оцифрованную отметку $I_{к\sim}$ шкалы при подходе к ней слева и определить при этом действительное значение $\bar{I}_{д\sim}$ тока, отсчитанное по шкале ЭП.

4.5 Вычислить абсолютную погрешность $КА\sim$ по формуле:

$$\bar{\Delta} = |I_{к\sim} - \bar{I}_{д\sim}|.$$

4.6 Определить основную приведенную погрешность калибруемого амперметра в этой точке по формуле:

$$\vec{\gamma} = \frac{\bar{\Delta}}{I_{н\sim}} \cdot 100\%,$$

где $\vec{\gamma}$ – основная приведенная погрешность;

$I_{к\sim}$ – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям калибруемого прибора;

$I_{д\sim}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям эталонного амперметра;

$I_{н\sim}$ – номинальное значение (условно принятое значение, которое для большинства амперметров принимается равным верхнему пределу измерений).

4.7 Последовательно проделать три операции 4.3, 4.4, 4.5 при подходе к каждой оцифрованной точке $КА\sim$ слева и справа и занести полученные результаты в табл. 1.3.

Таблица 3.3 – Результаты определения основной погрешности и погрешности от вариации показаний $КА\sim$

№	Значение измеряемой величины $I_{к\sim}$ по шкале $КА\sim$, А	Показания эталонного прибора		Значение абсолютной погрешности $КА\sim$		Значение основной погрешности $КА\sim$		Погрешность от вариации показаний КП
		$\bar{I}_{д\sim}, А$	$\bar{I}_{д\sim}, А$	$\bar{\Delta}, А$	$\bar{\Delta}, А$	$\vec{\gamma}, \%$	$\vec{\gamma}, \%$	$\gamma_{вар}, \%$
1								
2								
...								
n								
Значения:		k : ;		$\gamma_{д} = \dots, \%$.				

Опыт 5. Определение погрешности от вариации показаний КП

Погрешность от вариации показаний $КА\sim$ (см. опыт 5 л/р №1) определяют в каждой оцифрованной точке его шкалы по результатам

предыдущего опыта 4. Абсолютное значение этой погрешности на калибруемой отметке шкалы определяют как разность действительных значений измеряемого тока при одном и том же показании КА~, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений (слева и справа). Значения приведенной погрешности от вариации в процентах определяют по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\bar{I}_{\text{д}\sim} - \bar{I}_{\text{д}\sim}|}{I_{\text{н}\sim}},$$

где $\bar{I}_{\text{д}\sim}$ и $\bar{A}_{\text{д}\sim}$ – действительные значения измеряемой величины при подходе стрелки КА к калибруемой отметке $A_{\text{к}}$ слева и справа;

$I_{\text{н}}$ – номинальное значение шкалы КП.

Аналогичным образом необходимо определить погрешности $\gamma_{\text{вар}}$ во всех оцифрованных точках шкалы КА и занести результаты в табл. 1.3.

Ни одно из значений погрешностей γ и $\gamma_{\text{вар}}$, полученных при двух измерениях в каждой (кроме нулевой) оцифрованной точке, не должно превышать значения $\gamma_{\text{д}}$ предельной допускаемой погрешности КА~, определённой по его классу точности k , т.е. для каждого значения погрешностей должны выполняться условия:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данные условия не выполняются, хотя бы в одной калибруемой точке, прибор бракуется.*

Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки должны быть оформлены выдачей свидетельства о калибровке амперметра переменного тока по форме, установленной ЦОВМ, и нанесением оттиска калибровочного клейма в месте, указанном в эксплуатационной документации, исключающем доступ внутрь прибора.

На оборотной стороне свидетельства о калибровке указывают род тока, на котором калиброван прибор, и погрешность вариации его показаний. (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки выдаётся справка о непригодности амперметра с указанием причин (см. приложение 2), клеймо предыдущей калибровки уничтожают (гасят), приборы запрещают к выпуску в обращение и применению. Свидетельство о предыдущей калибровке аннулируют.

Содержание отчета:

1. Схема калибровки амперметра постоянного тока.
2. Таблицы 3.1, 3.2, 3.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого амперметра.

Контрольные вопросы:

1. Привести и объяснить схему соединения калибруемого и эталонного амперметров переменного тока.
2. К чему может привести несоблюдение полярности при подключении калибруемого и эталонного амперметров переменного тока?.
3. Что произойдет с калибруемым и эталонным амперметрами переменного тока при их включении в цепь постоянного тока?.
4. Что произойдет при калибровке амперметра переменного тока в условиях отличных от нормальных?.
5. Какие системы механизмов используются в амперметрах переменного тока?.
6. Какие амперметры предназначены для измерения как переменного так и постоянного тока?.
7. В каких частотных диапазонах работают амперметры переменного тока?

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.

2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.

3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки. . К.: Держстандарт України, 2008.

4. Установка У-300. Інструкція з експлуатації. М.: Машприборинторг, 1989.

5. Кондрашов С.І. , Гусельніков В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛЬТМЕТРОВ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы – по результатам, полученным при выполнении лабораторной работы №1, провести калибровку электромеханического вольтметра постоянного напряжения на калибровочной установке У–300.

Опыт 1. Подключение калибровочной установки У-300 и внешний осмотр и опробование калибруемого вольтметра постоянного напряжения

1.1 Подключить (см. опыт 1 л/р №1) к сети и подготовить к работе с вольтметрами постоянного напряжения калибровочную установку У-300.

1.2 Произвести внешний осмотр калибруемого вольтметра постоянного напряжения (КВ-).

**Если требования внешнего осмотра (см. опыт 2 л/р №1) не соблюдается, то КВ- признаётся непригодным и калибровке не подлежит. Оформляется справка о непригодности.*

1.3 Выбрать (по согласованию с преподавателем) эталонный вольтметр постоянного напряжения (ЭВ-)

1.4 Установить нормальные условия работы средств измерения .

1.5 Собрать схему для калибровки вольтметра.

1.6 Произвести опробование калибруемого вольтметра КВ-.

**Если КВ- не реагирует на наличие и плавное изменение постоянного напряжения или его стрелка перемещается скачками он бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение времени установления показаний калибруемого вольтметра постоянного напряжения

2.1 Установить требуемое значение тока $U_{к-}$ (см. опыт 2 л/р №1).

2.2 Определить три значения времени установления показаний $t_{к1}$, $t_{к2}$, $t_{к3}$ калибруемого вольтметра КВ- .

2.3 Занести полученные результаты и предельно-допустимое время измерения t_d калибруемого вольтметра в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты определения времени установления показаний КВ-.

№ п.п.	Тип КВ-	Значение измеряемой величины $U_{к-}$, В	Время установления показаний $t_{к}$, с	Предельно-допустимое время t_d , с
1				
2				
3				

2.4 Проверить выполнение условия:

$$t_{ki} \leq t_d$$

*Если это условие не выполняется, КВ- бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.

Опыт 3. Определение погрешности от изменения рабочего положения КВ-

3.1 Собрать калибровочную схему (см. опыт 1 л/р №1) и включить установку У-300.

3.2 Изменяя значение постоянного напряжения (см. опыт 3 л/р №1), установить стрелку КВ-, находящегося в рабочем положении на отсчетное деление $U_{кс-}$ расположенное приблизительно в середине шкалы, отметив при этом показания эталонного вольтметра, т.е. действительное значение измеряемой величины $I_{дс-}$.

3.3 Отклонить КВ- от нормального рабочего положения с помощью калибровочного приспособления (вправо, влево, вверх, вниз) и в этих положениях, устанавливая стрелку КВ- на тоже отсчетное деление, определить четыре значения $U_{д-}$ по показаниям ЭВ-.

3.4 Определить абсолютную $\Delta_{\text{нак}}$ и приведенную $\gamma_{\text{нак}}$ погрешности наклона при каждом отклонении КВ- по следующим формулам и занести полученные результаты в табл.2.2.

$$\Delta_{\text{нак}} = |U_{\text{д-}} - U_{\text{дс-}}| ;$$

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{\Delta_{\text{нак}}}{U_{\text{н-}}} \cdot 100\% ,$$

где $U_{\text{н-}}$ – номинальное значение постоянного напряжения по шкале КВ-.

Ни одно из полученных значений $\gamma_{\text{нак}}$ не должно превышать значение, наибольшей допускаемой приведенной погрешности $\gamma_{\text{д}}$, определённой по классу к точности КВ-, то есть должно выполняться условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данное условие не выполняется, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Таблица 2.2 – Погрешности от изменения рабочего положения КВ-

Положение КП	Значения погрешностей			
	$U_{\text{д-}}$	$U_{\text{дс-}}$	$\Delta_{\text{нак}}$	$\gamma_{\text{нак}}, \%$
→				
←				
↑				
↓				
Значения:	k : ;		$\gamma_{\text{д}} = \dots, \%$.	

Опыт 4. Определение основной погрешности КВ-

Для определения основной погрешности КВ- (см. опыт4 л/р №1) необходимо:

4.1 Установить ЭВ- и КВ- в нормальные рабочие положения при нормальных условиях эксплуатации.

4.2 Установить указатели ЭВ- и КВ- на нулевые отметки.

4.3 Собрать калибровочную схему, приведенную (см. опыт 1 л/р №1) и выбрать диапазоны измерения КВ- и ЭВ-.

4.4 Плавно изменяя регуляторами установки У-300 значение постоянного тока установить стрелку КВ- на первую (кроме нулевой) оцифрованную отметку $U_{к-}$ шкалы при подходе к ней слева и определить при этом действительное значение напряжения $\bar{U}_{д-}$, отсчитанное по шкале ЭВ.

4.5 Вычислить абсолютную погрешность КВ- по формуле:

$$\bar{\Delta} = |U_{к-} - \bar{U}_{д-}|.$$

4.6 Определить основную приведенную погрешность калибруемого вольтметра в этой точке по формуле:

$$\vec{\gamma} = \frac{\bar{\Delta}}{U_{н-}} \cdot 100\% ,$$

где $\vec{\gamma}$ – основная приведенная погрешность;

$U_{к-}$ – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям калибруемого прибора;

$U_{д-}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям эталонного вольтметра;

$U_{н-}$ – номинальное значение (условно принятое значение, которое для большинства стрелочных вольтметров принимается равным верхнему пределу измерений).

4.6 Последовательно проделать три операции 4.3, 4.4, 4.5 при подходе к каждой оцифрованной точке КВ- слева и справа и занести полученные результаты в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты определения основной погрешности и погрешности от вариации показаний КВ-

№	Значение измеряемой величины $U_{к-}$ по шкале КВ-	Показания эталонного прибора		Значение абсолютной погрешности КВ-		Значение основной погрешности КВ-		Погрешность от вариации показаний КВ $\gamma_{вар}, \%$
		$\bar{U}_{д-}, В$	$\bar{U}_{д-}, В$	$\bar{\Delta}, В$	$\bar{\Delta}, В$	$\vec{\gamma}, \%$	$\vec{\gamma}, \%$	
1								
2								
3								
...								
n								
Значения:		k : ;		$\gamma_{д} = \dots, \%$.				

Опыт 5. Определение погрешности от вариации показаний КВ

Погрешность от вариации показаний КВ- (см. опыт 5 л/р №1) определяют в каждой оцифрованной точке его шкалы по результатам предыдущего опыта 4. Абсолютное значение этой погрешности на калибруемой отметке шкалы определяют как разность действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании КВ-, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений (слева и справа). Значения приведенной погрешности от вариации в процентах определяют по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\bar{U}_{\text{д-}} - \bar{U}_{\text{д+}}|}{U_{\text{н}}},$$

где $\bar{U}_{\text{д-}}$ и $\bar{U}_{\text{д+}}$ – действительные значения измеряемой величины при подходе стрелки КВ- к калибруемой отметке $A_{\text{к}}$ слева и справа;

$U_{\text{н}}$ – номинальное значение шкалы КВ-.

Аналогичным образом необходимо определить погрешности $\gamma_{\text{вар}}$ во всех оцифрованных точках шкалы КВ и занести результаты в табл. 1.3.

Ни одно из значений погрешностей γ и $\gamma_{\text{вар}}$, полученных при двух измерениях в каждой (кроме нулевой) оцифрованной точке, не должно превышать значения $\gamma_{\text{д}}$ предельной допускаемой погрешности КВ-, определённой по его классу точности k , т.е. для каждого значения погрешностей должны выполняться условия:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данные условия не выполняются хотя бы в одной калибруемой точке, прибор бракуется.*

Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки должны быть оформлены выдачей свидетельства о калибровке вольтметра постоянного напряжения по форме, установленной ЦОВМ, и нанесением оттиска калибровочного клейма в месте, указанном в

эксплуатационной документации, исключающем доступ внутрь прибора.

На оборотной стороне свидетельства о калибровке указывают род тока, на котором калиброван прибор, и погрешность вариации его показаний. (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки выдаётся справка о непригодности вольтметра с указанием причин (см. приложение 2), клеймо предыдущей калибровки уничтожают (гасят), приборы запрещают к выпуску в обращение и применению. Свидетельство о предыдущей калибровке аннулируют.

Содержание отчета:

1. Схема калибровки вольтметра постоянного напряжения.
2. Таблицы 2.1, 2.2, 2.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого вольтметра.

Контрольные вопросы:

1. Что такое основная погрешность калибруемого вольтметра и как она определяется при калибровке ?
2. Как определить основную погрешность вольтметра по его классу точности ?
3. Привести и объяснить схему соединения калибруемого и эталонного вольтметров постоянного напряжения.
4. К чему может привести несоблюдение полярности при подключении калибруемого и эталонного вольтметров постоянного напряжения ?
6. Что произойдет с калибруемым и эталонным вольтметрами постоянного напряжения при их включении в цепь переменного напряжения ?
7. Что произойдет при калибровке вольтметра постоянного напряжения в условиях отличных от нормальных ?

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.
3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметри, вольтметри, ваттметри, варметри. Методика поверки. . К.: Держстандарт України, 2008.
4. Установка У-300. Інструкція з експлуатації. М.: Машприборинторг, 1989.
5. Кондрашов С.І. , Гусельніков В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛЬТМЕТРОВ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы – по результатам, полученным при выполнении лабораторной работы №1, провести калибровку электромеханического вольтметра переменного напряжения на калибровочной установке У–300.

Опыт 1. Подключение калибровочной установки У-300 и внешний осмотр и опробование калибруемого вольтметра переменного напряжения

1.1 Подключить (см. опыт 1 л/р №1) к сети и подготовить к работе с вольтметрами переменного напряжения калибровочную установку У-300.

1.2 Произвести внешний осмотр калибруемого вольтметра переменного напряжения (КВ~).

**Если требования внешнего осмотра (см. опыт 2 л/р №1) не соблюдается, то КВ~ признаётся непригодным и калибровке не подлежит. Оформляется справка о непригодности.*

1.3 Выбрать (по согласованию с преподавателем) эталонный вольтметр постоянного напряжения (ЭВ~)

1.4 Установить нормальные условия работы средств измерения .

1.5 Собрать схему для калибровки вольтметра.

1.6 Произвести опробование калибруемого вольтметра КВ~.

**Если КВ~ не реагирует на наличие и плавное изменение переменного напряжения или его стрелка перемещается скачками он бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение время установления показаний калибруемого вольтметра переменного напряжения

2.1 Установить требуемое значение тока $U_{к\sim}$ (см. опыт 2 л/р №1).

2.2 Определить три значения времени установления показаний $t_{к1}$, $t_{к2}$, $t_{к3}$ калибруемого вольтметра КВ~ .

2.3 Занести полученные результаты и предельно-допустимое время измерения t_d калибруемого вольтметра в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 Результаты определения времени установления показаний КВ~.

№ п.п.	Тип КВ~	Значение измеряемой величины $U_{к~}$, В	Время установления показаний $t_{к}$, с	Предельно-допустимое время t_d , с
1				
2				
3				

2.4 Проверить выполнение условия:

$$t_{ki} \leq t_d$$

**Если это условие не выполняется КВ~ бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение погрешности от изменения рабочего положения КВ~

3.1 Собрать калибровочную схему (см. опыт 1 л/р №1) и включить установку У-300.

3.2 Изменяя значение переменного напряжения (см. опыт 3 л/р №1), установить стрелку КВ~, находящегося в рабочем положении на отсчетное деление $U_{кс~}$ расположенное приблизительно в середине шкалы, отметив при этом показания эталонного вольтметра, т.е. действительное значение измеряемой величины $U_{дс~}$.

3.3 Отклонить КВ~ от нормального рабочего положения с помощью калибровочного приспособления (вправо, влево, вверх, вниз) и в этих положениях, устанавливая стрелку КВ~ на тоже отсчетное деление, определить четыре значения $U_{д~}$ по показаниям ЭВ.

3.5 Определить абсолютную $\Delta_{\text{нак}}$ и приведенную $\gamma_{\text{нак}}$ погрешности наклона при каждом отклонении КВ~ по следующим формулам и занести полученные результаты в табл.5.2.

$$\Delta_{\text{нак}} = |U_{\text{д}\sim} - U_{\text{дс}\sim}| ;$$

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{\Delta_{\text{нак}}}{U_{\text{н}\approx}} \cdot 100\% ,$$

где $U_{\text{н}\approx}$ – номинальное значение переменного напряжения по шкале КВ~.

Ни одно из полученных значений $\gamma_{\text{нак}}$ не должно превышать значение, наибольшей допускаемой приведенной погрешности $\gamma_{\text{д}}$, определённой по классу k точности КВ~, то есть должно выполняться условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данное условие не выполняется, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Таблица 5.2 – Погрешности от изменения рабочего положения КВ~

Положение КП	Значения погрешностей			
	$U_{\text{д}\sim}, \text{В}$	$U_{\text{дс}\sim}, \text{В}$	$\Delta_{\text{нак}}, \text{В}$	$\gamma_{\text{нак}}, \%$
→				
←				
↑				
↓				
Значения:	k : ;		$\gamma_{\text{д}} = \dots, \%$.	

Опыт 4. Определение основной погрешности КВ~

Для определения основной погрешности КВ~ (см. опыт4 л/р №1) необходимо:

4.1 Установить ЭВ~ и КВ~ в нормальные рабочие положения при нормальных условиях эксплуатации.

4.2 Установить указатели ЭВ~ и КВ~ на нулевые отметки.

4.3 Собрать схему для калибровки вольтметра переменного напряжения (см. опыт 1 л/р №1) и выбрать диапазоны измерения КВ~ и ЭВ~.

4.4 Плавно изменяя регуляторами установки У-300 значение постоянного тока установить стрелку КВ~ на первую (кроме нулевой) оцифрованную отметку $U_{к\sim}$ шкалы при подходе к ней слева и определить при этом действительное значение напряжения $\bar{U}_{д\approx}$, отсчитанное по шкале ЭВ~.

4.5 Вычислить абсолютную погрешность КВ~ по формуле:

$$\bar{\Delta} = |U_{к\sim} - \bar{U}_{д\approx}|.$$

4.6 Определить основную приведенную погрешность калибруемого вольтметра в этой точке по формуле:

$$\vec{\gamma} = \frac{\bar{\Delta}}{U_{н\sim}} \cdot 100\%,$$

где $\vec{\gamma}$ – основная приведенная погрешность;

$U_{к\sim}$ – значение измеряемой величины, определяемое по показаниям калибруемого прибора;

$U_{д\approx}$ – действительное значение измеряемой величины, определяемое по показаниям эталонного вольтметра;

$U_{н\sim}$ – номинальное значение (условно принятое значение, которое для большинства стрелочных вольтметров принимается равным верхнему пределу измерений).

4.7 Последовательно проделать три операции 4.3, 4.4, 4.5 при подходе к каждой оцифрованной точке КВ~ слева и справа и занести полученные результаты в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты определения основной погрешности и погрешности от вариации показаний КВ~

№	Значение измеряемого напряжения $U_{к\sim}$ по шкале КВ~, В	Показания эталонного прибора		Значение абсолютной погрешности КВ-		Значение основной погрешности КВ-		Погрешность от вариации показаний КВ $\gamma_{вар}, \%$
		$\bar{U}_{д\approx}, В$	$\bar{U}_{д\approx}, В$	$\bar{\Delta}, В$	$\bar{\Delta}, В$	$\vec{\gamma}, \%$	$\vec{\gamma}, \%$	
1								
2								
3								
...								
n								
Значения:		k : ;				$\gamma_{д} = \dots, \%$		

Опыт 5. Определение погрешности от вариации показаний КВ

Погрешность от вариации показаний КВ~ (см. опыт 5 л/р №1) определяют в каждой оцифрованной точке его шкалы по результатам предыдущего опыта 4. Абсолютное значение этой погрешности на калибруемой отметке шкалы определяют как разность действительных значений измеряемой величины при одном и том же показании КВ~, полученном при плавном подводе указателя сначала со стороны меньших, а затем со стороны больших значений (слева и справа). Значения приведенной погрешности от вариации в процентах определяют по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\bar{U}_{\text{д}\sim} - \bar{U}_{\text{д}\sim}|}{U_{\text{н}\approx}},$$

где $\bar{U}_{\text{д}\sim}$ и $\bar{U}_{\text{д}\sim}$ – действительные значения измеряемой величины при подходе стрелки КВ к калибруемой отметке $A_{\text{к}}$ слева и справа;

$U_{\text{н}}$ – номинальное значение шкалы КВ~.

Аналогичным образом необходимо определить погрешности $\gamma_{\text{вар}}$ во всех оцифрованных точках шкалы КВ~ и занести результаты в табл. 5.3.

Ни одно из значений погрешностей γ и $\gamma_{\text{вар}}$, полученных при двух измерениях в каждой (кроме нулевой) оцифрованной точке, не должно превышать значения $\gamma_{\text{д}}$ предельной допускаемой погрешности КВ-, определённой по его классу точности k , т.е. для каждого значения погрешностей должны выполняться условия:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \bar{\gamma} \leq |\gamma_{\text{д}}|, \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_{\text{д}}|.$$

**Если данные условия не выполняются хотя бы в одной калибруемой точке, прибор бракуется.*

Оформление результатов калибровки

Положительные результаты калибровки должны быть оформлены выдачей свидетельства о калибровке вольтметра постоянного напряжения по форме, установленной ЦОВМ, и нанесением оттиска калибровочного клейма в месте, указанном в

эксплуатационной документации, исключающем доступ внутрь прибора.

На оборотной стороне свидетельства о калибровке указывают род тока, на котором калиброван прибор, и погрешность вариации его показаний. (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки выдаётся справка о непригодности вольтметра с указанием причин (см. приложение 2), клеймо предыдущей калибровки уничтожают (гасят), приборы запрещают к выпуску в обращение и применению. Свидетельство о предыдущей калибровке аннулируют.

Содержание отчета:

1. Схема калибровки вольтметра переменного напряжения.
2. Таблицы 5.1, 5.2, 5.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого вольтметра.

Контрольные вопросы:

1. Привести и объяснить схему соединения калибруемого и эталонного вольтметра переменного напряжения.
2. К чему может привести несоблюдение полярности при подключении калибруемого и эталонного вольтметров переменного напряжения?
3. Что произойдет с калибруемым и эталонным вольтметрами переменного напряжения при их включении в цепь постоянного тока?
4. Что произойдет при калибровке вольтметра переменного напряжения в условиях отличных от нормальных?
5. Какие системы механизмов используются в вольтметрах переменного напряжения?
6. Какие вольтметры предназначены для измерения как переменного так и постоянного тока?
7. В каких частотных диапазонах работают вольтметры переменного напряжения?

Список літератури

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.
3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметри, вольтметри, ваттметри, варметри. Методика поверки. К.: Держстандарт України, 2008.
4. Установка У-300. Інструкція з експлуатації. М.: Машприборинторг, 1989.
5. Кондрашов С.І. , Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ОММЕТРОВ

Цель работы – изучить методику и технические средства калибровки электромеханических омметров.

Опыт 1. Изучение устройства и метрологических характеристик эталонных и калибруемых приборов

Омметрами называют приборы прямого действия, служащие для непосредственного измерения электрического сопротивления.

Калибровка омметров производится по методу непосредственного сличения их показаний с многозначной мерой, в качестве которой используются эталонные магазины сопротивлений классов точности $k = (0,05-0,2)$. Класс точности эталонного магазина должен быть в 4-5 раз выше класса точности калибруемого омметра. Эталонный магазин сопротивления должен обеспечивать также достаточную плавность регулирования сопротивления и перекрытие всего рабочего диапазона омметра. Для этого допускается последовательное соединение нескольких эталонных магазинов сопротивления. В качестве эталонного при калибровке омметров наиболее часто используется магазин сопротивлений типа Р-33 обеспечивающий в диапазоне температур от 10 °С до 35 °С при относительной влажности до 80 % , следующие характеристики:

- класс точности 0,2;
- диапазон изменения сопротивления (0,1...99999,9) Ом;
- номинальное сопротивление ступени младшей декады 0,1 Ом;
- номинальное сопротивление ступени старшей декады 10000 Ом;
- вариация начального сопротивления магазина не более 0,004 Ом;
- номинальная мощность одной ступени не превышает 0,25 Вт.

Магазин сопротивлений Р-33 содержит шесть декад (R1-R6), его упрощенная схема приведена на рис. 6.1.

При калибровке омметров выполняют следующие операции:

- внешний осмотр;
- опробование;

- измерение времени установления показаний;
- определение влияния наклона прибора;
- определение основной погрешности прибора;
- определение погрешности от вариации.

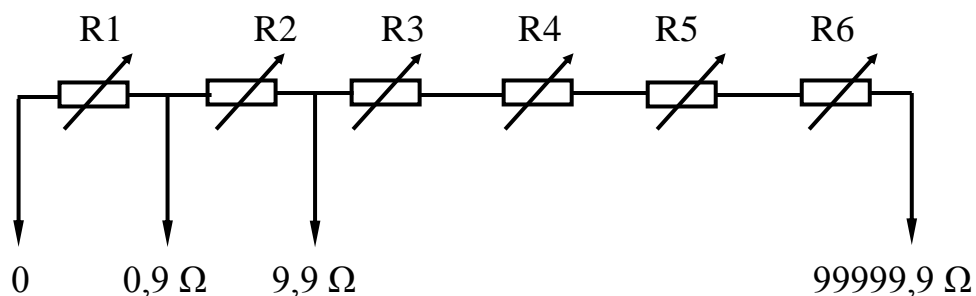


Рисунок 6.1-Схема магазина сопротивлений Р-33

Схема соединения меры (эталонного магазина сопротивлений) и калибруемого омметра приведена на рис.6.2.

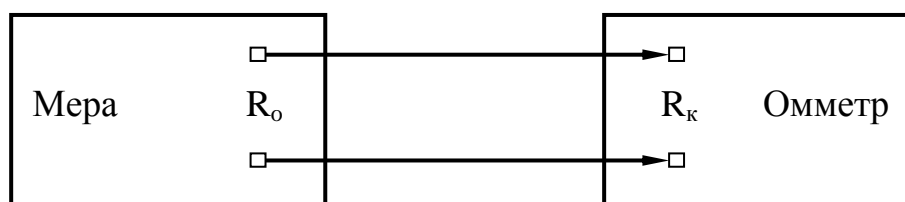


Рисунок 6.2 – Калибровочная схема

При проведении калибровки должны быть соблюдены нормальные условия эксплуатации средств измерения:

- температура окружающей среды $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $(45-80)\%$.

При калибровке, изменяя значение сопротивления магазина, устанавливают стрелку омметра на оцифрованную отметку шкалы R_n и отсчитывают действительное значение сопротивления R_0 по положению переключателей магазина. Абсолютное значение погрешности прибора рассчитывают по формуле:

$$\Delta = R_n - R_0 \quad (6.1)$$

Погрешность на каждой отметке шкалы определяют дважды: подводя стрелку омметра к калибруемой отметке сначала слева \vec{R}_0 затем справа \vec{R}_0 . Погрешность вариации показаний вычисляют по формуле:

$$\Delta_{\text{вар}} = |\vec{R}_0 - \vec{R}_0| \quad (6.2)$$

При калибровке следует учитывать особенности нормирования пределов допускаемой погрешности омметров различных типов. Так в омметрах с равномерной или степенной шкалой, класс точности которых обозначается десятичной дробью (например, 2,5), погрешность нормируется в процентах от верхнего значения R_B диапазона изменений и рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta}{R_B} \cdot 100\% \quad (6.3)$$

В омметрах предел допускаемой погрешности, которых нормируется в процентах от значения измеряемого сопротивления R_i , класс точности обозначается числом помещенном в кружок (например, $\textcircled{2,5}$) и погрешность в процентах рассчитывается по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{R_i} \cdot 100\% \quad (6.4)$$

В омметрах с существенно нелинейной шкалой предел допускаемой погрешности нормируется в процентах от длины шкалы или ее рабочей части L в мм. Класс точности таких приборов обозначается числом помещенным между двумя линиями, расположенными под углом (например, $\surd 2,5$) и погрешность рассчитывается по формуле:

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot S}{L} \cdot 100\% \quad (6.5)$$

где S – чувствительность омметра в точке измерения:

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta R} \quad (6.6)$$

где ΔL – расстояние между калибруемой отметкой шкалы и ближайшей к ней, мм;

ΔR – разность показаний омметра, соответствующая этим отметкам, Ом.

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 6.1, 6.2.
2. Формулы 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и устройство эталонных магазинов сопротивления.
2. Основные метрологические характеристики магазина сопротивлений Р-33.
3. Как определяется допускаемая погрешность омметров, класс точности которых обозначается десятичной дробью (например, 1.5)
4. Как определяется допускаемая погрешность омметров, класс точности которых обозначается числом, помещенным в кружок (например, (2,5)) ?
5. Как определяется допускаемая погрешность омметров, класс точности которых обозначается числом, помещенным между двумя линиями расположенными под углом (например, $\sphericalangle 2,5$) ?

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3834 - 98. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань електрорушійної сили та сталої напруги. К.: Держстандарт України, 1999.
3. ДСТУ ГОСТ 8.409:2009. ГСИ. Омметры. Методы и средства поверки. К.: Держстандарт України, 2009.
4. Кондрашов С.І. , Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ОММЕТРОВ

Цель работы – с учетом результатов л.р. № 6, провести калибровку электромеханического омметра

Опыт 1. Внешний осмотр и опробование калибруемого омметра

При проведении внешнего осмотра прибора должно быть установлено отсутствие следующих дефектов:

- неудовлетворительное крепление контактных зажимов;
- непрочное крепление, трещины, царапины стекла;
- загрязненность антипараллаксного устройства и шкалы;
- грубые механические повреждения наружных частей омметра;
- коробленое, потускневшее или разбитое устройство;
- наличие посторонних предметов внутри омметра.

**При наличии хотя бы одного из перечисленных дефектов омметр бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

При опробовании омметра необходимо:

1.1 Установить калибруемый и эталонный приборы в нормальные рабочие положения с соблюдением нормальных условий их эксплуатации.

1.2 Включить калибруемый омметр и подготовить его к работе (выполнить калибровку) на выбранном диапазоне измерения.

1.3 Подключить омметр к эталонному магазину согласно схеме приведенной на рис. 6.2.

1.4 Изменяя значение сопротивления магазина убедиться в возможности установки указателя омметра в данном диапазоне на любую отметку шкалы, и в отсутствии затирания подвижной части измерительного механизма прибора.

1.5 Аналогично проверить работоспособность омметра на остальных диапазонах измерения.

**При наличии хотя бы одной из перечисленных неисправностей омметр бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение времени установления показаний омметра

Для определения времени (t_k) установления показаний омметра необходимо выполнить следующие операции:

2.1 Собрать калибровочную схему, приведенную на рис. 6.2.

2.2 Установить омметр в нормальное рабочее положение, включив его на произвольно выбранном диапазоне измерений.

2.3 Изменяя сопротивление магазина, выставить стрелку омметра на отметку R_i расположенную приблизительно на середине его шкалы.

2.4 Разорвать электрическую цепь между омметром и магазином сопротивлений.

2.5 Восстановить электрическую цепь и определить, с помощью секундомера, время (t_k) в течение которого стрелка омметра установится против выбранной отметки на середине шкалы.

2.6 Две последние операции 2.4 и 2.5 проделать три раза и занести полученные результаты в табл. 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты определение времени установления показаний омметра

№ п.п.	Марка и тип омметра	Значение R_i , Ом	Время установления t_k , с	Предельное значение t_d , с
1				
2				
3				

Ни одно из полученных значений t_k не должно превышать предельного допускаемого значения t_d для калибруемого омметра (для большинства омметров $t_d = 4$ с).

То есть должно соблюдаться условие:

$$t_k \leq t_d .$$

**Если это условие не соблюдается, калибруемый омметр бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение влияния наклона омметра

Для определения влияния наклона омметра на его показания необходимо:

3.1 Собрать калибровочную схему приведенную на рис. 6.2.

3.2 Установить омметр в нормальное рабочее положение, включив его на произвольно выбранном диапазоне измерений с предельным верхним значением R_B .

3.3 Выставить с помощью магазина стрелку омметра на оцифрованную отметку R_i расположенную приблизительно на середине его шкалы, определив при этом значение сопротивления R_0 магазина.

3.4 Отклонить омметр, с помощью специального шаблона, на угол 5 градусов от указанного на его шкале нормального рабочего положения в направлении \uparrow и снова установить стрелку на отметку R_i при новом значении сопротивления R'_0 магазина.

3.5 Определить погрешность от влияния наклона прибора, в зависимости от вида ее нормирования, с учетом выражений (6.3, 6.4, 6.5) по одной из формул:

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{|R'_0 - R_0|}{R_B} \cdot 100\%$$

$$\delta_{\text{нак}} = \frac{|R'_0 - R_0|}{R_i} \cdot 100\%$$

$$\gamma_{\text{нак}} = \frac{S \cdot |R'_0 - R_0|}{L_B} \cdot 100\%$$

3.6 Сопоставить это значение с предельно допустимой погрешностью γ_d (δ_d), определенной по классу точности k омметра.

3.7 Повторить три последние операции 3.4, 3.5, 3.6 последовательно отклоняя омметр в положения \downarrow , \rightarrow , \leftarrow и занести полученные результаты в табл.7.2.

Таблица 7.2 – Определение погрешности от влияния наклона омметра

Положение омметра	Значения R_0 , Ом	Значения R_0 , Ом	Значения $\gamma_{\text{нак}}(\delta_{\text{нак}})$, %	Значения $\gamma_{\text{д}}(\delta_{\text{д}})$, %
↑				
↓				
→				
←				
Значения:				
k : ; $R_{\text{в}} = \dots$ Ом; $R_{\text{г}} = \dots$ Ом; $L_{\text{в}} = \dots$ мм; $S = \dots$ мм/Ом				

Омметр считается годным к применению, если при всех положениях его отклонения соблюдается условие:

$$\gamma_{\text{нак}} \leq \gamma_{\text{д}} \quad (\delta_{\text{нак}} \leq |\delta_{\text{д}}|).$$

**Если это условие нарушается хотя бы в одном случае, прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 4. Определение основной погрешности и погрешности от вариации

Для определения основной погрешности омметра необходимо:

- 4.1. Собрать калибровочную схему приведенную на рис. 6.2.
- 4.2. Установить и поддерживать нормальные условия эксплуатации эталонного и калибруемого средства измерения.
- 4.3. Включить омметр на калибруемый диапазон измерения и произвести градуировку прибора согласно инструкции или по указанию преподавателя.
- 4.4. Выбрать калибруемую оцифрованную отметку на шкале омметра и изменяя сопротивление эталонного магазина, установить стрелку прибора на эту отметку при подходе к ней сначала с одной стороны (например, слева), потом с другой (например, справа). При этом стрелка не должна переходить через калибруемую отметку.
- 4.5. Определить два значения абсолютной погрешности $\vec{\Delta}$, и $\bar{\Delta}$ по формулам:

$$\vec{\Delta} = |R_{\text{к}} - \vec{R}_0| \quad \text{и} \quad \bar{\Delta} = |R_{\text{к}} - \bar{R}_0|$$

где R_k – номинальное значение сопротивления, соответствующее калибруемой отметке шкалы;

\vec{R}_0 и \vec{R}_0 – значения сопротивлений эталонного магазина при плавном подводе указателя к точке R_n слева и справа.

4.6 Определить основную приведенную (или относительную) погрешность омметра в калибруемой точке при подходе к ней слева, с учетом выражений (6.3, 6.4, 6.5) по одной из формул:

$$\vec{\gamma} = \frac{\vec{\Delta}}{R_B} \cdot 100\%$$

$$\vec{\delta} = \frac{\vec{\Delta}}{R_i} \cdot 100\%$$

$$\vec{\gamma} = \frac{S \cdot \vec{\Delta}}{L_B} \cdot 100\%$$

4.7 Аналогично, с учетом выражений (6.3, 6.4, 6.5), определить основную приведенную (относительную) погрешность омметра в калибруемой точке при подходе к ней справа;

4.8 Последовательно повторяя три последние операции 4.5, 4.6, 4.7, определить значения основных приведенных и относительных погрешностей для всех оцифрованных точек шкалы калибруемого прибора и занести полученные результаты в табл. 7.3.

4.9 По полученным при определении основной погрешности значениям \vec{R}_0 и \vec{R}_0 определить и занести в табл.7.3, погрешности от вариации показаний омметра, в каждой оцифрованной точке его шкалы, по одной из формул:

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{|\vec{R}_0 - \vec{R}_0|}{R_B} \cdot 100\%$$

$$\delta_{\text{вар}} = \frac{|\vec{R}_0 - \vec{R}_0|}{R_i} \cdot 100\%$$

$$\gamma_{\text{вар}} = \frac{S \cdot |\vec{R}_0 - \vec{R}_0|}{L_B} \cdot 100\%$$

Таблица 7.3 – Результаты определения основной погрешности и вариации

R_0 , Ом	\bar{R}_0 , Ом	\tilde{R}_0 , Ом	$\bar{\gamma}(\bar{\delta})$, %	$\tilde{\gamma}(\tilde{\delta})$, %	$\gamma_{\text{вар}}$, %
Значения: $k : \dots$; $\gamma_d = \dots$, % ; $\delta_d = \dots$, %					

Омметр считается прошедшим калибровку и годным к применению если ни одно из значений погрешностей $\bar{\gamma}$, $\tilde{\gamma}$, $\gamma_{\text{вар}}$ не превышает значения его предельно допустимой погрешности $|\gamma_d|$, определенной по классу точности k , то есть:

$$\bar{\gamma} \leq |\gamma_d|; \quad \tilde{\gamma} \leq |\gamma_d|; \quad \gamma_{\text{вар}} \leq |\gamma_d|$$

или

$$\bar{\delta} \leq |\delta_d|; \quad \tilde{\delta} \leq |\delta_d|; \quad \delta_{\text{вар}} \leq |\delta_d|$$

**Если хотя бы одно из полученных значений погрешностей не удовлетворяет этим условиям омметр бракуется, запрещается к применению.*

Оформление результатов калибровки

На омметр прошедший поверку ставится клеймо и оформляется свидетельство о калибровке действующее на период межкалибровочного интервала.

Забракованный прибор оформляется справка о непригодности (см. приложения 1 и 2).

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 7.2, 7.3, 7.4.
2. Таблицы 7.1, 7.2, 7.3.

3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого прибора.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите и дайте характеристики различных видов омметров
2. Как определяется основная погрешность омметра?
3. Как определяется погрешность от вариации показаний?
4. Какие критерии используются при калибровке омметров?
5. Зачем и каким образом проводят внешний осмотр и опробование омметра?
6. Приведите и объясните формулы для определения основной погрешности различных видов омметров.

Список литературы

1. ДСТУ 3989 - 2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ ГОСТ 8.409:2009. ГСИ. Омметры. Методы и средства поверки. К.: Держстандарт України, 2009.
3. Кондрашов С.І. , Гусельніков В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВОЛЬТМЕТРОВ

Цель работы – изучить методику и технические средства для калибровки электронных вольтметров.

Опыт 1. Изучение и подготовка к работе установки В1-4 для калибровки электронных вольтметров

Установка В1-4 предназначена для калибровки электронных вольтметров переменного и постоянного тока и имеет следующие технические характеристики:

- диапазон выходного напряжения $U_0 = (10 \text{ мкВ} - 300) \text{ В}$;
- частота переменного напряжения (55, 400, 1000) Гц $\pm 5 \%$;
- пульсации выходного напряжения постоянного тока $\pm 0.05 \%$;
- коэффициент гармоник не более 0,3% от значения напряжения U_0 ;
- погрешность выходного постоянного напряжения $\pm (0.003U_0 + 3 \text{ мкВ})$;
- погрешность выходного переменного напряжения $\pm (0,005U_0 + 3 \text{ мкВ})$;
- питание от сети переменного тока напряжением $220 \pm 0,5 \text{ В}$ с частотой $50 \pm 0,5 \text{ Гц}$.

Условия эксплуатации В1-4:

- температура окружающей среды от $+10$ до $+35^\circ\text{C}$,
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре $+20^\circ\text{C}$.

Структурная схема В1-4 приведена на рис. 8.1.

Установка В1-4 состоит:

- сетевого блока питания 1,
- стабилизатора 2 постоянного напряжения U_0 ,
- генератора 3 переменного гармонического напряжения с фиксированными значениями частоты $f_{u\sim} = (50, 400, 1000) \text{ Гц}$,
- стабилизатора 4 переменного напряжения U_{\sim} ,
- делителя 5 выходного сигнала, с помощью которого устанавливается требуемое напряжение U_0 , подаваемое на калибруемый вольтметр

• эталонного процентного вольтметра 6 с пределами измерения $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ для определения относительной погрешности δ_k калибруемого прибора.

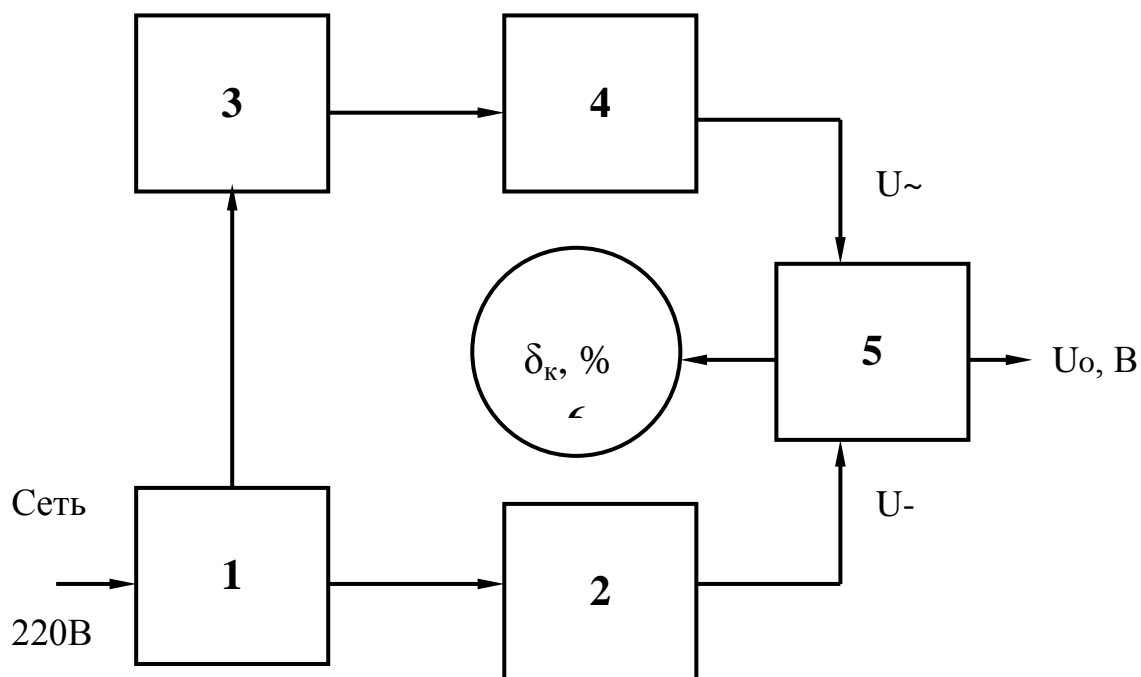


Рисунок 8.1- Структурная схема установки В1-4

Перед включением У1-4 необходимо установить ее переключатели и регуляторы в следующие положения:

- тумблер «СЕТЬ» в нижнее положение (выключено);
- регулятор «РЕГ. НАПРЯЖЕНИЯ» в среднее положение;
- переключатель «ЧАСТОТА Hz» в положение «1000 Hz»;
- тумблер «ВНЕШНИЙ ПРИБОР» в левое положение;
- переключатель «ПОВЕРЯЕМЫЕ ТОЧКИ ШКАЛЫ» в положение «0,1»;
- переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ 0 КАЛИБРОВКА» в положение «0»;
- переключатель «5% 10%» в положение «10%» ;
- переключатель « U_m 0 U 0 U_{cp} » в положение «0» ;
- регулятор «УСТ. НУЛЯ $U\sim$ » в среднее положение;
- тумблер «ВХОД ДЕЛИТЕЛЕЙ» в верхнее положение;
- переключатель «МНОЖИТЕЛЬ» в положение «0 mV» ;
- переключатель « \sim + -» в положение « \sim » ;

После выполнения перечисленных действий необходимо:

- включить установку переводя тумблер «СЕТЬ» в верхнее положение;
- установить стрелку процентного вольтметра установки на нулевую отметку регулятором «УСТ. НУЛЯ U_{\sim} » при установке переключателя «5% 10%» в положения сначала «10%», а затем «5%» ;
- перевести переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ 0 КАЛИБРОВКА» в положение «КАЛИБРОВКА»;
- перевести переключатель «5% 10%» в положение «10%» и регулятором « $U_{\sim}10\%$ » установить стрелку образцового вольтметра У1-4 на отметку «-10%»;
- перевести переключатель «5% 10%» в положение «5%» и регулятором « $U_{\sim}5\%$ » установить стрелку образцового вольтметра на отметку «-5%»;
- выполнить два последних действия при установке переключателя «~ + -» в положение «+» и «-» ;
- установить переключатель «~+-» в положение «~»;
- установить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ 0 КАЛИБРОВКА» в положение «0».

После выполнения этих операций установка В1-4 считается подготовленной к проведению калибровки электронных вольтметров (ЭВ) по схеме приведенной на рис. 8.2.

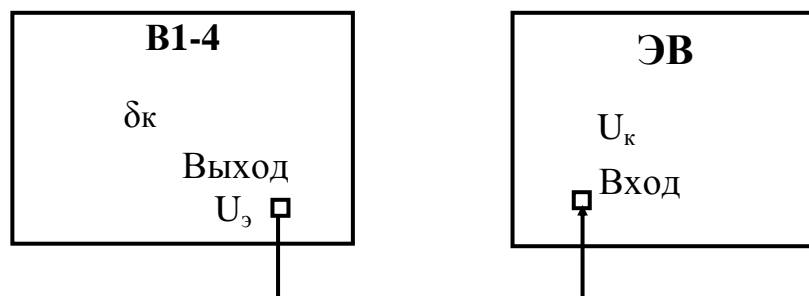


Рисунок 8.2 – Калибровочная схема

Опыт 2. Подготовка к калибровке электронного вольтметра

В качестве калибруемого выбран милливольтметр ВЗ-38А, предназначенный для измерения среднеквадратического значения напряжения переменного тока синусоидальной формы от 0,1 мВ до 300 В в диапазоне частот от 20 Гц до 5 МГц. Диапазон измеряемых напряжений: 100 мкВ - 300 В, перекрывается поддиапазонами с верхними пределами 1; 3; 10; 30; 100; 300 мВ; 1; 3; 10; 30; 100; 300 В.

Основная погрешность прибора, выраженная в процентах от верхнего предела установленного поддиапазона измерения, не более $\pm 2,5$ %.

При проведении калибровки ВЗ-38А должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха (30–80) %;
- атмосферное давление (84-106) кПа;
- напряжение сети питания 220 ± 22 В;
- частота сети питания $50 \pm 0,5$ Гц.

После установки нормальных условий следует установить механическим корректором стрелку вольтметра на нулевую отметку шкалы и произвести самопрогрев вольтметра в течении 15 минут.

Содержание отчета

1. Схемы рисунков 8.1, 8.2.
2. Основные метрологические характеристики калибровочной установки В1-4.
3. Основные метрологические характеристики калибруемого вольтметра.

Контрольные вопросы

1. Объясните назначение и перечислите основные характеристики установки В1-4.
2. Объясните принцип работы, назначение и перечислите основные характеристики вольтметра ВЗ-38А.
3. Изобразите схему калибровки электронного вольтметра ВЗ-38А.

4. Приведите структурную схему установки для калибровки электронных вольтметров.

Список литературы

1. ДСТУ 3989-2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.

2. ДСТУ 3865-99 Вольтметри змінного струму електронні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. - К.: Держстандарт України, 1999.

3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки. К.: Держстандарт України, 2008.

4. Кондрашов С.І. , Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

5. Установка В1-4 для перевірки електронних вольтметрів. Технічний опис і інструкція з експлуатації. - Новосибірськ: Полиграфиздат, 1995.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ВОЛЬТМЕТРА

Цель работы – провести калибровку электронного стрелочного вольтметра с учетом результатов л.р. № 8

Опыт 1. Внешний осмотр и опробование калибруемого вольтметра

При проведении внешнего осмотра вольтметра должно быть установлено что у прибора отсутствуют следующие дефекты:

- грубые механические повреждения;
- нечеткость надписей на шкале и панелях;
- неисправность отсчетного устройства;
- неисправности переключателей и световых индикаторов;
- непрочность крепления входных разъемов и зажимов.

**При наличии хотя бы одного из перечисленных дефектов вольтметр бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Для опробования калибруемого вольтметра необходимо выполнить следующие операции:

- установить прибор в нормальное рабочее положение;
- установить все кнопки ВЗ-38А в отжатое положение;
- соединить вход вольтметра с выходным разъемом установки В1-4 согласно калибровочной схеме приведенной на рис. 8.2
- включить вольтметр на предел (0...300) V;
- включить установку В1-4 установив переключатели
- «МНОЖИТЕЛЬ» в положение «100 V»,
- «ИЗМЕРЕНИЕ 00 КАЛИБРОВКА» в положение «ИЗМЕРЕНИЕ»;
- изменяя положение переключателя «ПОВЕРЯЕМЫЕ ТОЧКИ ШКАЛЫ» от «0,1» до «3» переместить стрелку калибруемого вольтметра от нулевого деления до конечного;

- переключая последовательно кнопками диапазоны измерения ВЗ-38А и изменяя соответственно переключателями «МНОЖИТЕЛЬ» и «ПОВЕРЯЕМЫЕ ТОЧКИ ШКАЛЫ» выходное напряжение В1-4, проверить реакцию вольтметра на измеряемую величину.

**В случае отсутствия реакции (отклонения стрелки) вольтметра на измеряемую величину хотя бы на одном рабочем диапазоне прибор бракуется.*

Опыт 2. Определение времени установления показаний ВЗ-38А

Для определения времени установления показаний ($t_{п}$) калибруемого вольтметра необходимо выполнить следующие операции:

- становить прибор в нормальное рабочее положение;
- установить все кнопки вольтметра в отжатые положения и подключить прибор к сети;
- нажать последовательно кнопку «СЕТЬ» (при этом стрелка ВЗ-38А должна установиться на нулевую отметку шкалы);
- нажать кнопку «К» и определить с помощью секундомера время $t_{к1}$ с момента нажатия кнопки до установления стрелки калибруемого прибора на конечную отметку шкалы, после чего отжать эту кнопку;
- аналогично, повторяя последнюю операцию, получить значения $t_{к2}$, $t_{к3}$ и занести результаты в табл. 9.1

Таблица 9.1 – Результаты определение времени установления показаний ВЗ-38А

Время установления показаний вольтметра			Допустимое значение времени установления показаний $t_{д}$, с
$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с	$t_{к3}$, с	

Любое $t_{кi}$ из трех полученных значений не должно превышать предельно-допускаемого времени $t_{д}$ установления показаний для вольтметра ВЗ-38А, то есть должно выполняться условие:

$$t_{кi} \leq t_{д}.$$

**Если это условие не выполняется вольтметр бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 3. Определение основной погрешности вольтметра

Основная погрешность калибруемого вольтметра определяют методом прямых измерений переменного напряжения, воспроизводимого установкой В1-4 по калибровочной схеме приведенной на рис 3.2. При этом значение основной относительной погрешности δ_k калибруемого вольтметра отсчитывается в процентах по шкалам отсчетного устройства установки. Погрешность δ_k определяется во всех оцифрованных точках рабочей части шкал основных диапазонов измерения вольтметра: (0...30) mV, (0...300) mV и (0 ...30) V. На остальных диапазонах погрешности δ_n определяются в трех точках: начальной средней и конечной каждого диапазона. Измерения в каждой точке производя дважды, при подходе к ней слева и справа. По полученным значениям основной относительной погрешности определяется приведенная погрешность γ_k значения которой в любой точке не должны превышать предельно допускаемого значения γ_d установленного для калибруемого прибора.

Для определения основной погрешности ВЗ-38А в диапазоне (0...300) mV необходимо выполнить следующие операции:

- установить нормальные условия калибровки (смотри опыт 2);
- проверить установку механического нуля отсчетного устройства вольтметра;
- соединить вход вольтметра с выходным разъемом установки В1-4 согласно калибровочной схеме приведенной на рис. 8.2;
- установить диапазон измерения (0...300) mV вольтметра и включить прибор, для чего нажать кнопку «СЕТЬ»;
- установить частоту выходного напряжения калибровочной установки 1000 Гц, для чего переключатель «ЧАСТОТА Hz» перевести в положение «1000 Hz»;
- установить рабочий диапазон (0...300) mV установки В1-4, для чего перевести переключатель «МНОЖИТЕЛЬ» в положение «100 mV»;
- подбирая положение переключателя «ПОВЕРЯЕМЫЕ ТОЧКИ ШКАЛЫ», ручкой «РЕГ. НАПРЯЖЕНИЯ» установить стрелку калибруемого вольтметра на первое оцифрованное деление рабочей части шкалы при подходе к нему слева;

- определить значение относительной погрешности $\vec{\delta}_k, \%$ по одной из шкал отсчетного устройства В1-4 с учетом положения переключателя «5% 10%» и занести результат в табл. 9.2;

- рассчитать и занести в табл. 9.2 значение приведенной погрешности в этой точке по формуле:

$$\vec{\gamma}_k = \vec{\delta}_k \cdot \frac{U_i}{U_k}$$

где U_i – значение напряжения в калибруемой точке, mV,

U_k – конечное значение напряжения диапазона, mV;

- аналогично, определить и занести в табл. 9.2 значения погрешностей при подходе ко всем оцифрованным точкам шкалы (0 – 300) mV слева $\vec{\delta}_k, \%$, $\vec{\gamma}_k, \%$ и справа $\bar{\delta}_k, \%$, $\bar{\gamma}_k, \%$.

Таблица 9.2 – Погрешности вольтметра в основном диапазоне 0 – 30 mV

Напряжение в точке	Значения погрешностей			
	$\vec{\delta}_k, \%$	$\bar{\delta}_k, \%$	$\vec{\gamma}_k, \%$	$\bar{\gamma}_k, \%$
$U_i, \text{ мВ}$				

Выполняя операции аналогичные указанным выше определить и занести в табл. 9.3, 9.4 и 9.5, значения погрешностей вольтметра в основных (0...100) mV, (0...30) V и в остальных (указанных преподавателем) рабочих диапазонах прибора.

Таблица 9.3 – Погрешности вольтметра в основном диапазоне 0 – 100 mV

Напряжение в точке	Значения погрешностей			
	$\vec{\delta}_k, \%$	$\bar{\delta}_k, \%$	$\vec{\gamma}_k, \%$	$\bar{\gamma}_k, \%$
$U_i, \text{ мВ}$				

Таблица 9.4 – Погрешности вольтметра в основном диапазоне 0 – 3V

Напряжение в точке	Значения погрешностей			
$U_i, В$	$\vec{\delta}_k, \%$	$\overleftarrow{\delta}_k, \%$	$\vec{\gamma}_k, \%$	$\overleftarrow{\gamma}_k, \%$

Таблица 9.5 – Погрешности вольтметра в диапазоне _____

Напряжение в точке	Значения погрешностей			
$U_i, В$	$\vec{\delta}_k, \%$	$\overleftarrow{\delta}_k, \%$	$\vec{\gamma}_k, \%$	$\overleftarrow{\gamma}_k, \%$

Вольтметр ВЗ-38А считается прошедшим калибровку и годным к применению, если ни одно из значений погрешностей γ_n, γ_n не превышает значения его предельно допускаемой погрешности $|\gamma_d|$, то есть:

$$|\vec{\gamma}_k| \leq |\gamma_d| \text{ и } |\overleftarrow{\gamma}_k| \leq |\gamma_d|.$$

**Если хотя бы одно из полученных значений погрешностей не удовлетворяет этим условиям вольтметр бракуется и запрещается к применению.*

Оформление результатов калибровки

На вольтметр прошедший калибровку оформляется свидетельство о калибровке действующее на период межкалибровочного интервала (см. приложение 1).

На прибор не прошедший калибровку оформляется справка о непригодности (см. приложение 2).

Содержание отчета

1. Схемы рисунка 8.2.
2. Таблицы 9.1, 9.2, 9.3, 9.4, 9.5.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности вольтметра (см. приложения 1 и 2).

Контрольные вопросы

1. Перечислите этапы калибровки вольтметра ВЗ-38А.
2. Как и для чего производится внешний осмотр и опробование калибруемого вольтметра?
3. Как и для чего настраивается вольтметр перед калибровкой?
4. Как определяется время установления показаний вольтметра?
5. Как определяется основная погрешность калибруемого вольтметра?
6. По каким критериям определяются результаты калибровки электронного вольтметра?

Список литературы

1. ДСТУ 3989-2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ 3865-99 Вольтметри змінного струму електронні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. - К.: Держстандарт України, 1999.
3. ДСТУ ГОСТ 8.497:2008. ГСИ. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки. К.: Держстандарт України, 2008.
4. Кондрашов С.І., Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Цель работы – изучить методику и технические средства калибровки электронных осциллографов.

Опыт 1. Изучение калибратора осциллографов И1–9

Калибратор осциллографов И1–9 является эталонным средством измерения и предназначен для калибровки электронных осциллографов с полосой пропускания до 100 МГц.

Условия эксплуатации калибратора:

- температура окружающей среды от 5 до 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 95 % при температуре 30 °С;
- напряжение питающей сети 220 ± 22 В, частотой $50 \pm 0,9$ Гц;
- атмосферное давление 100 ± 4 кПа (750 ± 30 мм. рт. ст.).

Калибратор выдает сигналы в виде электрического напряжения (U_k) для калибровки коэффициента отклонения канала вертикального отклонения осциллографов следующих видов: прямоугольные импульсы положительной полярности, частотой повторения 1кГц ± 10 ; положительное и отрицательное напряжение постоянного тока. Напряжения сигналов устанавливаются в диапазоне амплитуд от 30мкВ до 100В с абсолютной погрешностью, не превышающей $\pm (2,5 \cdot 10^{-3} U_k + 3 \text{ мкВ})$.

Калибратор обеспечивает установку девиации (изменения) D_n напряжения U_k в диапазонах ± 3 % и ± 10 % с абсолютной погрешностью установки, не превышающей $\pm (2,5 \cdot 10^{-2} D_n)$.

Калибратор выдает периодический сигнал (U_T) для калибровки длительности разверток осциллографов (с возможностью девиации периода следования T_k), параметры которого отвечают следующим требованиям: полярность положительная; размах не менее 1В; диапазон установки периода следования от 100 нс до 10 с с погрешностью не превышающей $\pm 10^{-4} T_k$.

Калибратор обеспечивает установку девиации D_T периода следования сигнала T_K в диапазонах $\pm 3\%$ и $\pm 10\%$ с абсолютной погрешностью установки, не превышающей $\pm (2,5 \cdot 10^{-2} D_T)$.

Калибратор выдает сигнал (U_X) для градуировки переходной характеристики канала вертикального отклонения осциллографов, параметры которого отвечают следующим требованиям: форма прямоугольная; амплитуда плавно регулируется от 0,36 В до 0,44 В; время нарастания не более 1нс; выброс на вершине импульса и неравномерность вершины не более 5 % в течение первых 5нс и не более 2 % от 5 до 10 нс; неравномерность вершины импульса спустя первые 10нс, не более 1 % вершина импульса не имеет спада; диапазон установки периода следования от 1 мкс до 1 с.

Калибратор выдает периодический сигнал (U_C) синхронизации осциллографов, параметры которого отвечают следующим требованиям: полярность положительная; размах не менее 1В; частота повторения 100кГц.

Калибратор выдает периодический сигнал (U_{CC}) с частотой сети для проверки запуска схем синхронизации осциллографов от сети, амплитуда которого плавно регулируется от 0,05В до 1В.

Структурная схема и обозначения выходных сигналов и разъемов калибратора И1 –9 приведены на рис. 10.1.

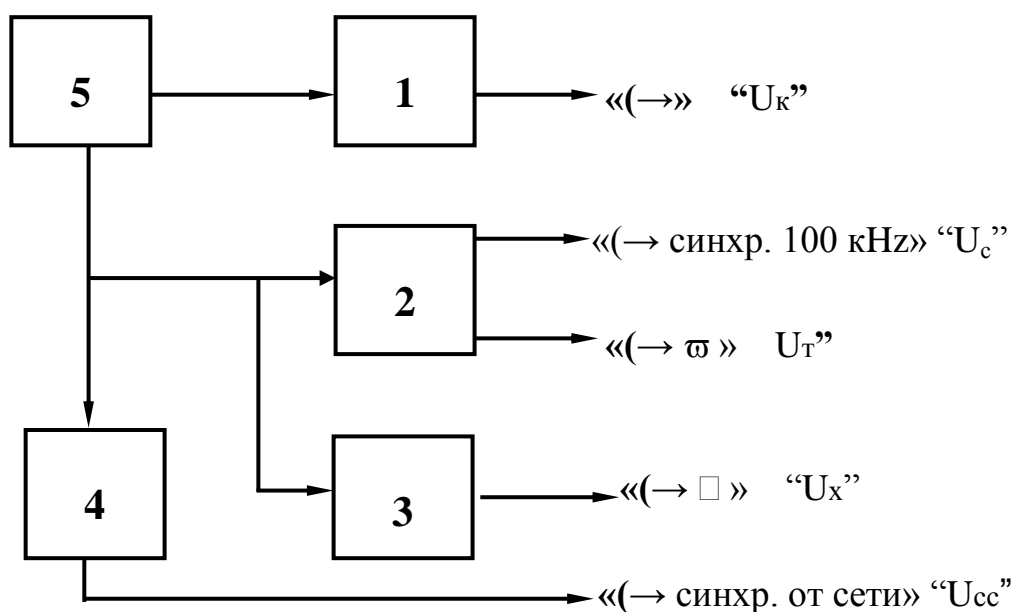


Рисунок 10.1 – Структурная схема калибратора И1 –9

В калибратор входят 5 блоков:

- блок 1 калибровки коэффициента усиления канала вертикального отклонения осциллографов (калибратор напряжения);
- блок 2 калибровки длительности разверток осциллографов;
- блок 3 калибровки переходной характеристики канала вертикального отклонения осциллографов;
- блок 4 проверки синхронизации осциллографов от сети;
- блок 5 питания калибратора.

Опыт 2. Изучение универсального осциллографа

В качестве калибруемого прибора выбран универсальный осциллограф С1 –67.

Условия эксплуатации осциллографа:

- рабочая температура окружающего воздуха от минус 30 до +50°С;
- предельная температура от минус 50 до +65°С;
- относительная влажность воздуха до 98% при температуре до +35°С.

Основные технические характеристики С1-67

Осциллограф обеспечивает:

- наблюдение на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) периодических сигналов в диапазоне частот от 5 Гц до 10 МГц;
- наблюдение формы импульсов обеих полярностей с длительностью от 0,1 мкс до 0,2 с и размахом от 5 мВ до 200 В;
- измерение амплитуд исследуемых сигналов от 28 мВ до 140 В;
- измерение временных интервалов от 0,4 мкс до 0,2 с.

Рабочая часть экрана составляет 7 делений (42 мм) по вертикали и 10 делений (60 мм) по горизонтали. Толщина линии луча не превышает 0,6 мм.

Тракт вертикального отклонения луча имеет следующие параметры:

- полоса пропускания от 0 до 10 МГц при неравномерности частотной характеристики в полосе не более 3 дБ;
- нелинейность амплитудной характеристики не более 5%;
- входное сопротивление усилителя при открытом входе – 1 МОм с параллельной емкостью 40 пФ.

Коэффициенты усилителя вертикального отклонения устанавливаются:

- плавно с перекрытием не менее 1:2,5;
- скачкообразно – от 10 мВ/дел до 20 В/дел.

Погрешность калиброванных коэффициентов отклонения не превышает $\pm 4\%$.

Основная погрешность измерения амплитуд импульсных и синусоидальных сигналов не превышает соответственно $\pm 5\%$ и $\pm 10\%$.

Внутренний источник калибровочного напряжения генерирует П – образные импульсы частотой 2 кГц, амплитудой 0,06 В и 0,6 В с погрешностью установки амплитуды и частоты не более $\pm 2\%$.

Развертка может работать как в ждущем, так и в периодическом режимах и имеет следующие параметры:

- диапазон калиброванных длительностей развертки (калиброванных коэффициентов развертки) от 50 мс/дел до 0,1 мкс/дел;
- погрешность калиброванных коэффициентов разверток не превышает $\pm 4\%$, а при использовании множителя $\times 0,2$ развертки $\pm 8\%$.

Основная погрешность измерения временных интервалов не превышает $\pm 5\%$ в диапазоне от 0,4 мкс до 0,2 с и $\pm 10\%$ при использовании множителя развертки $\times 0,2$.

Тракт горизонтального отклонения луча имеет следующие параметры:

- неравномерность частотной характеристики не превышает от 4 до 3дБ в диапазоне от 0 до 1 МГц;
- чувствительность не менее 6 мм/В.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В $\pm 10\%$ частотой 50 Гц $\pm 1\%$ и содержанием гармоник до 5%. Время самопрогрева прибора для нормальной его работы не менее 15 минут.

Перед калибровкой необходимо установить и поддерживать нормальные условия работы осциллографа указанные в инструкции по его эксплуатации:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность (65 ± 15) %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм. рт. ст.;
- напряжение питающей сети ($220 \pm 4,4$) В;

частота сети ($50 \pm 0,1$) Гц.

Опыт 3. Внешний осмотр и опробование осциллографа

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие калибруемого прибора следующим требованиям:

- калибруемый осциллограф не должен иметь механических повреждений кожуха, крышек, лицевой панели, регулировочных и соединительных элементов и устройств, нарушающих его работу;
- должна быть обеспечена четкая фиксация всех переключателей во всех позициях при совпадении указателя позиции с соответствующими надписями на панели прибора.

Перед включением прибора органы управления необходимо установить в следующие положения:

- тумблер «СЕТЬ» – выключено;
- «ЯРКОСТЬ» – в крайнее левое;
- «ФОКУС» – в среднее;
- «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» – в положение « \blacktriangledown 6 ДЕЛ.»;
- «УСИЛЕНИЕ» – в крайнее правое;
- регуляторы « \updownarrow » и « \leftrightarrow » – в средние;
- переключатель « \sim, \perp, \approx » – в положение « \approx »;
- «СТАБИЛЬНОСТЬ» – в крайнее правое;
- «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» – «0,5 mS»;
- «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» – в крайнее правое;
- тумблер «X1, X0,2» – в положение «X1»;
- переключатель вида синхронизации « \square, \square, X » – в положение « \square »;
- переключатель полярности « $\approx, \sim, +, -$ » – в положение « $\approx, +$ »;
- тумблер « Γ » – в положение « Γ »;

После выполнения вышеперечисленных операций прибор соединяется с источником питания и включается тумблером «СЕТЬ». При этом должна загореться сигнальная лампа.

Опробование осциллографа заключается в проверке его работоспособности, для чего следует убедиться в наличии сигналов и возможности проведения операций и регулировок его параметров, перечисленных в табл. 10.1 и заполнить эту таблицу.

Таблица 10.1 – Контролируемые сигналы и операции

№ п.п	Сигналы и операции	Есть	Нет
1	Наличие изображения (точка, линия) на экране		
2	Возможность изменения яркости изображения		
3	Возможность фокусировки изображения		
4	Возможность смещения изображения по вертикальной оси		
5	Возможность смещения изображения по горизонтальной оси		
6	Наличие развертки изображения на всех диапазонах		
7	Наличие сигнала калибровки		
8	Возможность регулировки амплитуды изображения		
9	Возможность синхронизации изображения		

** При отсутствии любого из перечисленных сигналов или невозможности его регулировки осциллограф бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 4. Градуировка осциллографа

Отрегулируйте яркость и фокусировку линии развертки с помощью ручек «ЯРКОСТЬ» и «ФОКУС». Переместите луч в пределы рабочей части экрана ручками «↑» и «↔». Сбалансируйте тракт вертикального отклонения луча после 15-ти минутного прогрева осциллографа. Выполните для этого следующие операции:

- переведите ручку «ВОЛЬТ/ДЕЛ» в положение «0,05»;
- переместите линию развертки в среднее положение рабочей части экрана ЭЛТ ручкой «↑»;
- переключите ручку «ВОЛЬТ/ДЕЛ» в положение «0,01»;
- возвратите линию развертки в прежнее положение при помощи регулятора «БАЛАНС».

Повторяйте эти операции до тех пор, пока линия развертки не перестанет перемещаться при переключении ручки «ВОЛЬТ/ДЕЛ».

Установите ручку «ВОЛЬТ/ДЕЛ» в положение «▼6 ДЕЛ», а ручку «УСИЛЕНИЕ» вправо до упора. Откалибруйте тракт вертикального отклонения при помощи регулятора «КАЛИБРОВКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ», расположенного с левой стороны прибора.

Амплитуда изображения калиброванного напряжения должна быть равна шести делениям вертикальной шкалы ЭЛТ осциллографа. После этого прибор готов для проведения измерений амплитуд.

Для калибровки скорости развертки выполните следующие операции:

- установите ручку «ВРЕМЯ/ДЕЛ» в положение «0,5 mS»;
- проверните ручку «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» в крайнее правое положение (по часовой стрелке до упора);
- уложите 10 периодов калиброванного напряжения в 10-ти делениях шкалы ЭЛТ при помощи регулятора «КАЛИБРОВКА ДЛИТЕЛЬНОСТИХ X1», расположенного на правой боковой стенке прибора;
- переведите тумблер множителя в положение «X0,2»;
- уложите 2 периода калиброванного напряжения в 10-ти делениях шкалы ЭЛТ при помощи регулятора «КАЛИБРОВКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ X0,2».

После выполнения этих операций прибор готов к работе. При проведении измерений следует помнить, что шкала осциллографа разделена на 7 делений (42 мм) по вертикали и 10 делений (60 мм) по горизонтали и одно деление шкалы составляет 6 мм. На осевых линиях шкалы каждое деление разделено на 5 равных частей по 1,5 мм.

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 10.1, 10.2, 10.3.
2. Таблица 10.1.

Контрольные вопросы:

1. Назначение и устройство калибратора осциллографов И1 –9.
2. Перечислите метрологические характеристики электронного осциллографа, подлежащие контролю при калибровке.
3. Какие условия эксплуатации осциллографа считаются нормальными?
4. Как и для чего осуществляется градуировка осциллографа?

Список литературы:

1. ДСТУ 3989-2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.
2. ДСТУ ГОСТ 8.311:2009. ГСИ. Осциллографы электронно-лучевые универсальные. Методы и средства поверки. - К.: Держстандарт України, 2009.
3. 085.024 ТЕ. Калибратор осциллографов импульсный И1-9. - М.: Машприборинторг, 1995.
4. И 22.044.044 ТО. Осциллограф универсальный С1-67. – М.: Машприборинторг, 1990

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

КАЛИБРОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы – Провести, с учетом результатов лабораторной работы №10, калибровку электронно–лучевого осциллографа С1-67.

Опыт 1. Определение ширины линии луча в вертикальном направлении

Ширину линии луча в вертикальном направлении определяют методом косвенного измерения по схеме приведенной на рис. 11.1.



Рисунок 11.1 – Схема калибровки канала вертикального отклонения осциллографа

где 1 – выход «(→)» калибратора напряжения И1 –9;

2 – вход усилителя вертикального отклонения осциллографа «(→)».

Калибруемый осциллограф переводят в автоколебательный режим развертки и устанавливают:

- переключатель « \sim , \perp , \approx » в положение « \approx »;
- переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» в положение «0,5 mS»;
- тумблер «X1, X0,2» в положение «X1»;
- переключатель «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» в положение «10».

Органы управления калибратора устанавливают в следующие положения:

- кнопку «КАЛИБРАТОР НАПР.» в положение «ВКЛ».
- кнопку «МОД.» в положение «П»;
- кнопки «V/ДЕЛ.» в положение «10»;
- кнопки «ЧИСЛО ДЕЛ.» в положение «5» .

На экране ЭЛТ наблюдают две горизонтальные линии. Органами смещения осциллографа перемещают изображение к верхней границе рабочего участка экрана. Устанавливают удобную для измерений яркость и фокусировку изображения.

Последовательным переключением кнопок «V/ДЕЛ.» изменяют амплитуду выходного сигнала калибратора до значения L'_k , при котором светящиеся линии на экране осциллографа соприкасаются. Ширину D линии луча по вертикали в делениях вычисляют по формуле:

$$D = \frac{L'_k \cdot N}{L_0}$$

где L'_k – положение кнопок «V/ДЕЛ.» калибратора;

L_0 – положение переключателя «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» осциллографа;

N – положение кнопок «ЧИСЛО ДЕЛЕНИЙ» калибратора.

С учетом того, что одно деление шкалы содержит 6мм, определяют ширину D' линии луча в миллиметрах по формуле: $D' = 6 D$

Ширину линии луча определяют в середине и на границах рабочего участка шкалы осциллографа.

Ширина D' линии луча не должна превышать 0,6 мм, т.е. должно соблюдаться условие:

$$D' \leq 0,6\text{мм}$$

**Если это условие не соблюдается осциллограф бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Опыт 2. Определение погрешности коэффициентов отклонения канала вертикального отклонения

Эту погрешность (δ_k) определяют методом прямого измерения по калибровочной схеме, приведенной на рис. 11.1., начиная с диапазона 20 В/дел.

Калибруемый осциллограф переводят в автоколебательный режим развертки, и устанавливают:

- переключатель « \sim, \perp, \approx » в положение « \approx »;

- переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ» – «0,5 mS»;
- тумблер «X1, X0,2» – в положение «X1»;
- переключатель «ВОЛЬТ/ДЕЛ» в положение «20».

Перед калибровкой осциллограф должен быть откалиброван.

В калибраторе выполняют следующие установки:

- нажимают кнопку "ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР НАПРЯЖЕНИЯ";

- кнопка "ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ" должна быть отжата.

- выбирают диапазон измерения погрешности $\pm 10\%$ или $\pm 3\%$, нажав соответствующую кнопку;

- кнопки «V/ДЕЛ.» устанавливают в положение «10»;

- кнопки «ЧИСЛО ДЕЛ.» в положение «5дел. X2»;

- переключатель «МОД.» в положение П.

На экране осциллографа, при этом, должны быть видны две горизонтальные линии, расстояние между которыми примерно равно 5 делений.

Оценка погрешности коэффициента отклонения на пределе 20 В/дел. производится следующим образом:

- вращая ручку «ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР НАПРЯЖЕНИЯ», добиваются точного совпадения двух горизонтальных линий соответственно с нижним (нулевым) и верхним (пятым) делениями шкалы осциллографа и отсчитывают при этом погрешность δ_k в процентах непосредственно по шкале измерительного прибора калибратора;

- аналогично, изменяя положение переключателей калибратора, определяют погрешность на всех остальных пределах, устанавливаемых переключателем осциллографа «ВОЛЬТ/ДЕЛ.». Полученные результаты вносят в табл. 11.1.

Таблица 11.1 – Погрешности коэффициентов отклонения канала вертикального отклонения осциллографа

№ п.п.	Положение переключателя осциллографа «ВОЛЬТ/ДЕЛ.»	Переключатели И1 –9		Погрешность δ_k , %
		«V /ДЕЛ.»	«ЧИСЛО ДЕЛ.»	
1				
n				

Результат калибровки считается удовлетворительным, если каждое из полученных значений погрешности δ не превышает значение предела допускаемой погрешности $\delta_{\text{кд}} = \pm 5\%$, т.е. соблюдается условие:

$$|\delta_{\text{к}}| \leq |\delta_{\text{кд}}|$$

**Если это условие не соблюдается, калибруемый осциллограф бракуется с запрещением его дальнейшей эксплуатации.*

Опыт 3. Определение погрешности коэффициентов развертки осциллографа

Погрешность ($\delta_{\text{т}}$) коэффициентов развертки определяется методом прямых измерений согласно калибровочной схеме приведенной на рис. 11.2.



Рисунок 11.2 – Определение погрешности коэффициентов развертки

где 1' – выход «(→ ⊞)» калибратора напряжения И1 –9;
2 – вход усилителя вертикального отклонения осциллографа «(→)».

Калибруемый осциллограф переводят в режим внутреннего запуска, и устанавливают:

- переключатель «~, ⊥, ≈» в положение «≈»;
- переключатель «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» – «50 mS»;
- тумблер «X1, X0,2» – в положение «X1»;
- переключатель «ВОЛЬТ/ДЕЛ.» в положение «0,5»;
- «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» – в крайнее правое;

- переключатель полярности « \approx , \sim , +, -» – в положение « \approx , +»;
- переключатель вида синхронизации « \square , \square , X» – в положение « \square »;

Органы управления калибратора устанавливают в следующие положения:

- кнопку «ВКЛ.» калибратора напряжения – в отжатое состояние;
- переключатель « μ s/ДЕЛ., ms/ДЕЛ., s/ДЕЛ.» – в положение «10 mS/ДЕЛ.» и нажимают одновременно две кнопки «X5» и «X10» и кнопку «ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ»;
- кнопка «ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР НАПРЯЖЕНИЯ» должна быть отжата;
- выбирают диапазон измерения погрешности $\pm 10\%$ или $\pm 3\%$, нажав соответствующую кнопку.

Измерения производятся следующим образом: вращая ручку «ДЕВИАЦИЯ, КАЛИБРАТОР ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ», регулируют изображение на экране проверяемого осциллографа так, чтобы точно совместить его с 10 калибровочными метками (делениями) горизонтальной шкалы; отсчитывают погрешность δ_T в процентах непосредственно по шкале измерительного прибора калибратора. Аналогично определяют погрешности во всех положениях переключателя «ВРЕМЯ/ДЕЛ.» при установке тумблера «X1, X0,2» в положении «X1» и в трех, четырех произвольно выбранных точках этого переключателя в положении тумблера «X0,2».

Полученные результаты заносят в табл. 11.2.

Таблица 11.2 – Погрешности коэффициентов развертки осциллографа

№ п.п.	Переключатели осциллографа		Переключатели калибратора		Погрешность δ_T , %
	«ВРЕМЯ/ДЕЛ.»	«X1,X0,2»	s/ДЕЛ,ms/ДЕЛ, μ s/ДЕЛ	«X2,X5»	
1					
2					
3					
...					
n					

Наибольшее из полученных значений погрешностей коэффициентов развертки не должно превышать $\delta_{тд} = \pm 5\%$ при установке переключателя «X1,X0,2» в положение X1 и $\delta_{тд} = \pm 10\%$ при установке этого переключателя в положение X0,2, то есть для всех значений δ_t должно соблюдаться условие:

$$|\delta_t| \leq |\delta_{тд}|.$$

** Если это условие не соблюдаются, осциллограф бракуется и его эксплуатация запрещается.*

Оформление результатов калибровки

При положительных результатах калибровки на калибруемый осциллограф выдается свидетельство о калибровке с указанием результатов калибровки подписанных представителем ЦОСМ (см. приложение 1).

При отрицательных результатах калибровки прибор признаётся непригодным и на него выдают справку (см. приложение 2) с указанием причины непригодности.

Межкалибровочный интервал осциллографа С1-67 – один год.

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 11.1, 11.2.
2. Таблицы 11.1, 11.2, 11.3.
3. Свидетельство о калибровке или справка о непригодности калибруемого осциллографа.

Контрольные вопросы:

1. Как и для чего осуществляется калибровка осциллографа?
2. Как производится определение ширины линии луча осциллографа?
3. Как определяется погрешность коэффициентов отклонения канала вертикального отклонения?
4. Как определяется погрешность коэффициента развертки?

5. По каким критериям калибруемый осциллограф может быть забракован.

Список литературы:

1. ДСТУ 3989-2000. Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. - К.: Держстандарт України, 2000.

2. ДСТУ ГОСТ 8.311:2009. ГСИ. Осциллографы электронно-лучевые универсальные. Методы и средства поверки. - К.: Держстандарт України, 2009.

3. Осциллограф универсальный С1-67. – М.: Машприборинторг, 1990.

4. Кондрашов С.І. , Гусельников В.К. та ін. Метрологічне забезпечення і повірка засобів вимірювання електричних величин. Х.: НТУ «ХП», 2007.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА КАЛИБРОВКИ ЦИФРОВЫХ ЧАСТОТОМЕРОВ

Цель работы – изучение методики и технических средств калибровки цифровых частотомеров.

Опыт 1. Изучение и подготовка к работе эталонного генератора сигналов ГЗ-110

Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ-110 представляет собой источник синусоидальных электрических колебаний с высокой точностью установки и стабильности частоты. Генератор предназначен для калибровки и настройки устройств для измерения частоты и обеспечивает следующие технические характеристики:

- частота выходного сигнала устанавливается в диапазоне от 0,01 до 1999999,99 Гц с дискретностью установки частоты 0,01 Гц с помощью 9-и декадного переключателя;

- основная относительная погрешность дискретной установки частоты не превышает $\pm 5 \times 10^{-7}$;

- относительная нестабильность частоты в дискретных точках не превышает $\pm 5 \times 10^{-9}$ за любые 15 мин и $\pm 3 \times 10^{-8}$ за 16 ч работы прибора при окружающей температуре, поддерживаемой с точностью ± 1 °С;

- дополнительная погрешность дискретной установки частоты, обусловленная изменением температуры окружающего воздуха на каждые 10 °С в диапазоне рабочих температур, не превышает $\pm 3 \times 10^{-8}$;

- в приборе обеспечиваются плавная перестройка частоты при включении одной из кнопок задающего генератора «ЧАСТОТА ПЛАВНО»;

- в приборе имеется аттенюатор и встроенный измеритель выходного напряжения ($U_{\text{вых}}$) на разъемах «ВЫХОД I» и «ВЫХОД II».

- основная погрешность установки выходного напряжения по измерителю, приведенная к конечному значению диапазона измерения, не превышает ± 6 %;

- максимальное значение тока в нагрузке, подключенной к гнезду Выход I – 20 мА.

Структурная схема прибора представлена на рисунке 12.1.

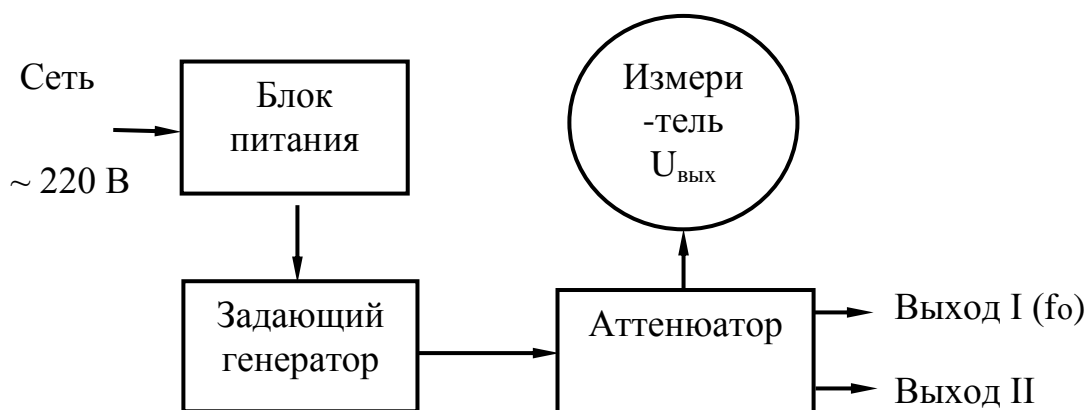


Рисунок 12.1 – Структурная схема генератора ГЗ-110

Генератор может эксплуатироваться в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от 5 до 40 °С;
- относительная влажность до 95 % при температуре окружающего воздуха 303 К (30 °С);
- атмосферное давление от 60 до 106 кПа (от 460 до 800 мм рт. ст.);
- напряжение питающей сети (220 ± 22) В, частотой (50 ± 0,5) Гц.

Опыт 2. Изучение калибруемого частотомера

В качестве калибруемого прибора выбран, разработанный на кафедре «Информационно-измерительные технологии и системы» НТУ «ХПИ», измеритель частоты промышленной сети ИЧПС-1, предназначенный для непрерывного измерения и индикации частоты электрической сети в диапазоне от 45 до 55 Гц .

Принцип действия прибора основан на измерении длительности нескольких периодов частоты путем подсчета за это время числа колебаний кварцевого генератора опорных импульсов. Частотомер имеет следующие технические характеристики:

- рабочий диапазон, 45 – 55 Гц;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности, ±0,005 Гц;

- количество разрядов цифрового индикатора (И) – 5;
- цена единицы наименьшего разряда индикатора, – 0,001 Гц;
- время установления рабочего режима, – 30 с;
- время цикла измерения одного параметра, – $1^{\pm 0,2}$ с;
- параметры измерительного канала «~2 В» – $2^{-0,2+1}$ В;
- питание от сети переменного тока – (220^{-33+22}) В, (50 ± 5) Гц.

Структурная схема прибора показана на рис. 12.2.

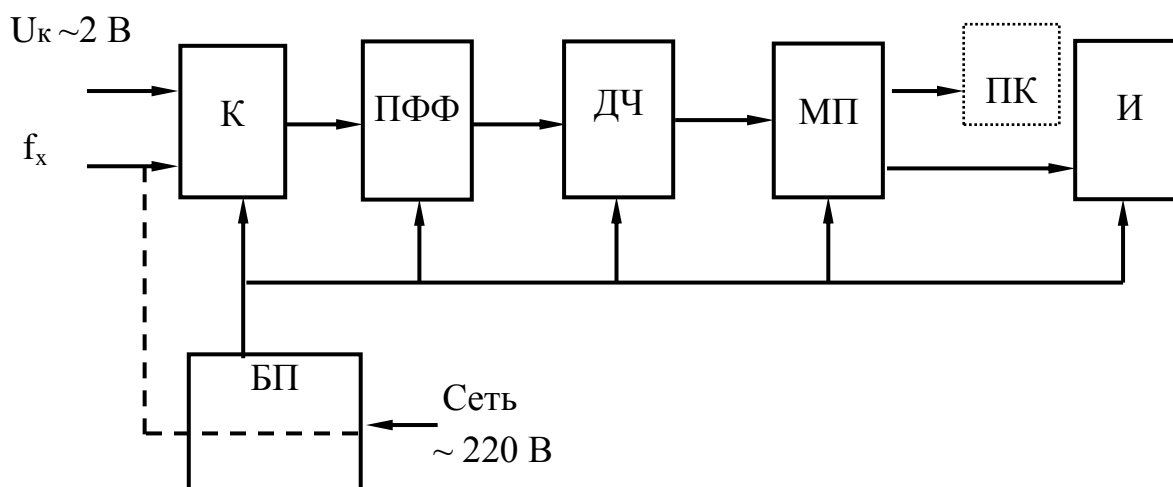


Рисунок 12.2 – Структурная схема ИЧПС -1

Входной сигнал f_x (частота электрической сети 220 В или калибровочный сигнал 2 В) через коммутатор К поступает на полосовой фильтр-формирователь ПФФ, предназначенный для повышения точности измерения путем подавления высших гармоник измеряемого сигнала и формирования прямоугольных импульсов с периодом повторения пропорциональным периоду измеряемого сигнала.

Делитель частоты (ДЧ) увеличивает длительность периода измеряемого сигнала, что дает возможность проведения более точных измерений и снижает воздействие импульсных помех.

Микропроцессор (МП) производит вычисление частоты по измеренному значению временного интервала, вычисление среднего значения частоты, подготовку данных для индикатора, выполнение вспомогательных тестирующих функций.

Индикатор (И), обеспечивает отображение измеренных значений частоты.

Блок питания (БП), вырабатывает напряжения, необходимые для работы элементов прибора.

Результаты измерения могут быть переданы на персональный компьютер.

Содержание отчета:

1. Схемы рисунков 12.1, 12.2.
2. Метрологические характеристики эталонного генератора сигналов ГЗ-110.
3. Метрологические характеристики калибруемого частотомера.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики генератора ГЗ-110.
2. Назначение и основные характеристики измерителя ИЧПС-1.
3. Какие условия эксплуатации являются нормальными для калибровки ИЧПС-1

Список литературы:

1. Кондрашов С.И. , Гусельников В.К. и др. Метрологическое обеспечение и поверка средств измерений электрических величин. Х.: НТУ «ХПИ», 2007.
2. Метрологія та вимірювальна техніка. За ред. Поліщука Є. Львів. Вид. "Бескід Біт", 2003. -543 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

КАЛИБРОВКА ЦИФРОВОГО ЧАСТОТОМЕРА

Цель работы – Провести калибровку цифрового частотомера с учетом результатов лабораторной работы №12.

Опыт 1. Внешний осмотр прибора и подготовка к калибровке

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено отсутствие грубых механических повреждений наружных частей прибора: прочность крепления разъемов и переключателей; четкость надписей и обозначений на рабочих панелях.

**Если любое из перечисленных требований не соблюдается прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Для проведения калибровки ИЧПС-1 необходимо создать нормальные условия эксплуатации:

- напряжение питания 220^{-33+22} В
- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха 30–80 %;
- атмосферное давление 100 ± 6 кПа.

Выполнить подключение приборов в соответствии со схемой приведенной на рис. 13.1:

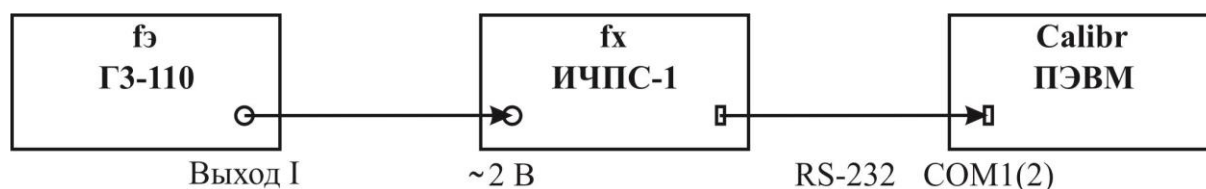


Рисунок 13.1 – Схема включения приборов

Опыт 2. Опробование калибруемого прибора

2.1 Для опробования ИЧПС-1 и определения его основных метрологических характеристик используется вышеприведенная схема (см. рис. 13.1.).

При опробовании прибора необходимо выполнить следующие операции:

- подключить сигнальный кабель к ИЧПС-1 к разъему «2 В»;
- подключить сигнальный кабель к разъему «ВЫХОД I» генератора ГЗ-110;
- подключить прибор нуль-модемным кабелем к разъему COM1 (COM2) ПК;
- включить генератор ГЗ-110;
- установить по шкале генератора частоту 51 Гц и амплитуду выходного сигнала ($2\pm 0,2$) В;
- включить ИЧПС-1;
- пронаблюдать тест индикации (на ЦОУ отображаются символы 00000, затем «бегущие» числа от 1 до 9) и выбор измерительного сигнала (U-2 для поверочного сигнала напряжением 2 В);
- плавно изменяя частоту генератора в диапазоне от 45 до 55 Гц, убедиться, что в каждом из разрядов индикатора может быть включен любой из предусмотренных в нем символов. Убедиться, что при частоте сигнала меньше ($45\pm 0,1$) Гц на индикатор прибора выводится сообщение «---45», а при частоте большей, чем ($55\pm 0,1$) Гц – сообщение «55---»;
- установить частоту сигнала (50 ± 1) Гц и снижая выходное напряжение генератора образцовой частоты проверить срабатывание прибора (индикацию «F---0») при напряжении сигнала ($1,8\pm 0,3$) В.

**Если при опробовании не выполняется какая-либо из вышеперечисленных операций, то прибор бракуется и дальнейшему калиброванию не подлежит.*

Прогреть приборы в течении 30 минут.

Опыт 3. Определение метрологических характеристик прибора

Для автоматизации процесса обработки данных и расчета метрологических характеристик КП используется специализированная программа Calibr (рис 13.2).

После запуска программы следует выбрать порт подключения частотомера (COM1 или COM2), указать скорость получения информации – 2400 Бод и выполнить действие «Открыть порт». Далее следует указать количество измеряемых значений (например 50), номинальное значение частоты сигнала установленное на ГС (из табл. 13.1), значение единиц младшего разряда КП и максимальное значение погрешности ГС (сообщает преподаватель по результатам поверки ГС). После завершения ввода исходных данных дать команду «Считать данные». Программа обеспечивает прием и отображение числовых данных с выбранного COM-порта. При этом дополнительно показывается число принятых данных из заданного числа и «процентная» линия загрузки данных.

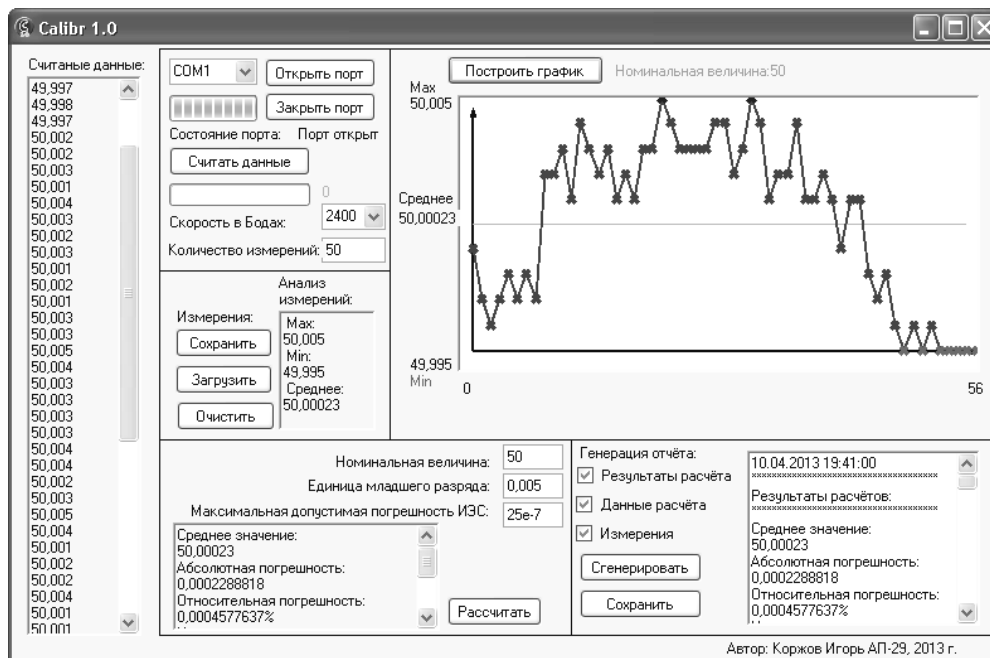


Рисунок 13.2 – Внешний вид программы Calibr

После завершения процесса приема данных в окне «Анализ измерений» показываются минимальное f_{min} , среднее f_{cp} и максимальное f_{max} значения (единицы измерения – Гц).

$$f_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n f_i \quad (13.1)$$

При нажатии кнопки «Рассчитать» производится вычисление значения абсолютной погрешности Δf :

$$\Delta f = f_{cp} - f_{э} \quad (13.2)$$

Оценка неопределенности калибровки КП состоит в вычислении значения расширенной неопределенности u_p при коэффициенте охвата $k = 2$ и доверительной вероятности $p = 0,95$ по формуле:

$$u_p = k \cdot \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (13.3)$$

Значение стандартной неопределенности по типу А среднего арифметического значения f_{cp} многократных (n) измерений определяется по формуле:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_{cp})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (13.4)$$

Стандартная неопределенность по типу А является аналогом точечной оценки среднеквадратичного отклонения случайной погрешности среднего арифметического значения результатов многократных измерений частоты.

Оценка стандартной неопределенности калибрования по типу В рассчитывается по формуле:

$$u_B = \sqrt{u_{КП}^2 + u_{ГС}^2} \quad (13.5)$$

где $u_{КП}$ – неопределенность формирования шкалы КП, связанная с дискретностью (единицей младшего разряда емр) и рассчитанная исходя из

равномерного закона распределения абсолютного значения ошибки по формуле:

$$u_{КП} = \frac{емр}{\sqrt{3}} \quad (13.6)$$

Так, как значение $емр$ связано не только с цифровым индикатором КП, а и с методами математической обработки информации в КП (округлением) расчетное значение для конкретного прибора указывает преподаватель.

$u_{ГС}$ – неопределенность значения эталонного сигнала частоты ГС вычисленная по данным калибровки (поверки) ГС:

$$u_{ГС} = \delta \cdot fэ \quad (13.7)$$

где δ – значение максимальной относительной погрешности генератора, $fэ$ – значение частоты ГС.

Среднее значение измеренной частоты, значение абсолютной погрешности КП и значение неопределенности калибрования КП заносятся в таблицу 13.1. Для это можно воспользоваться данными из файлов-отчетов которые создает «генератор отчетов» в текстовом формате.. При записи результаты округлить. Это означает, что значения погрешности и неопределенности, имеющие в старшем разряде цифры 1 или 2, должны записаться двумя цифрами, например: 0,0156 → 0,016, погрешности имеющие в старшем значащем разряде цифры от 3 до 9, должны записываться с округлением до одной цифры, например: 0,0083 → 0,008.

Для наглядности принятые данные можно отобразить в виде графика по команде «Построить график».

Таблица 13.1 – Результаты калибровки цифрового частотомера

f_{Σ} Гц	$f_{\text{ср}}$ Гц	Δf Гц	u_A Гц	u_B Гц	u_p Гц
45					
49					
49,5					
50					
50,5					
51					
55					

По данным таблицы 13.1. построить график зависимости абсолютной погрешности КП от измеряемой частоты.

В выводах о проведенной работе: указать максимальное значение абсолютной погрешности и соответствующие ему значения оценки неопределенности калибровки, дать заключение о соответствии КП заявленной точности.

Содержание отчета:

1. Цель работы. Схемы рисунков 13.1, 13.2, 13.3. Таблица 13.1., график зависимости абсолютной погрешности КП от измеряемой частоты, выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики генератора ГЗ-110.
2. Назначение и основные характеристики измерителя ИЧПС-1.
3. Какие условия эксплуатации являются нормальными для калибровки ИЧПС-1
4. Как и зачем производится внешний осмотр и опробование калибруемого прибора?
5. Как определяется основная погрешность ИЧПС-1?
6. Как проводится оценка неопределенности калибровки ИЧПС-1?
7. Какую величину имеет значение относительной неисключенной систематической погрешности?

Список литературы:

1. ДСТУ 3989-2000 Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. – К. Держстандарт України, 2000.
2. Невизначеність вимірювання : навч. посібник / С.І.Кондрашов, В.М.Чинков, О.Л.Харченко. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 80 с.
3. Жуйков В.Я., Бойко В.І., Зорі А.А., Співак В.М., Багрій В.В. Схемотехніка електронних систем. Т. 2. Цифрова схемотехніка. Київ. Аверс. 2002. – 405 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

КАЛИБРОВКА ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРА

Цель работы – Провести калибровку цифрового вольтметра ВЧС-4нт с учетом результатов лабораторных работ №8,12.

Вольтметр-частотомер сетевой ВЧС-4НТ настольный предназначен для непрерывного измерения и индикации напряжения и частоты электрической сети переменного тока, а также контроля температуры окружающей среды.

В режиме вольтметра прибор обеспечивает измерение действующего значения напряжения промышленной сети в диапазоне от 150 до 250 В с абсолютной погрешностью, не более 1 В.

Опыт 1. Внешний осмотр прибора и подготовка к калибровке

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено отсутствие грубых механических повреждений наружных частей прибора: прочность крепления разъемов и переключателей; четкость надписей и обозначений на рабочих панелях.

**Если любое из перечисленных требований не соблюдается прибор бракуется и дальнейшей калибровке не подлежит.*

Для проведения калибровки ВЧС-4нт необходимо создать нормальные условия эксплуатации:

- напряжение питания 220^{+33+22} В
- температура окружающего воздуха 20 ± 5 °С;
- относительная влажность воздуха 30–80 %;
- атмосферное давление 100 ± 6 кПа.

Выполнить подключение приборов в соответствии со схемой приведенной на рис. 14.1:

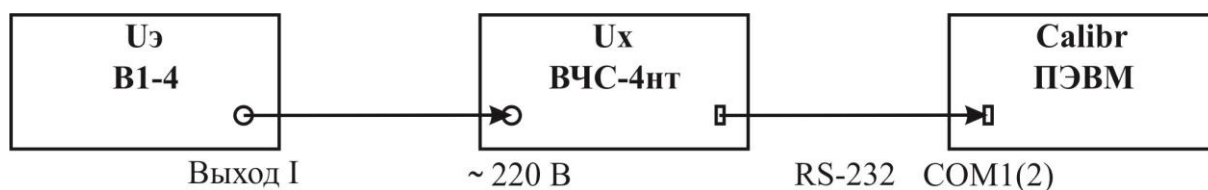


Рисунок 14.1 – Схема включения приборов

Опыт 2. Опробование калибруемого прибора

2.1 Для опробования ВЧС-4нт и определения его основных метрологических характеристик используется вышеприведенная схема (см. рис. 14.1.).

При опробовании прибора необходимо выполнить следующие операции:

- переключателями (джамперами) на нижней крышке прибора установить режим измерения U_x и число разрядов $U_x - 4$;
- подключить сигнальный кабель к разъему «220 В»;
- подключить сигнальный кабель к разъему «ВЫХОД I» установки для поверки вольтметров В1-4;
- подключить прибор нуль-модемным кабелем к разъему COM1 (COM2) ПК;
- включить установку В1-4;
- установить значение частоты 45 Гц и действующее напряжение выходного сигнала 200 В;
- включить ВЧС-4нт;
- пронаблюдать тест индикации (на ЦОУ отображаются символы 00000, затем «бегущие» числа от 1 до 9);
- плавно изменяя напряжение в диапазоне от 180 до 220 В, убедиться, что в каждом из разрядов индикатора может быть включен любой из предусмотренных в нем символов;

**Если при опробовании не выполняется какая-либо из вышеперечисленных операций, то прибор бракуется и дальнейшему калиброванию не подлежит.*

Прогреть приборы в течении 30 минут.

Опыт 3. Определение метрологических характеристик прибора

Для автоматизации процесса обработки данных и расчета метрологических характеристик КП используется специализированная программа Calibr (рис 13.2).

После запуска программы следует выбрать порт подключения частотомера (COM1 или COM2), указать скорость получения информации – 2400 Бод и выполнить действие «Открыть порт». Далее следует указать количество измеряемых значений (50), номинальное значение эталонного сигнала напряжения установленное на В1-4, значение единиц младшего разряда КП и максимальное значение погрешности В1-4 (сообщает преподаватель). После завершения ввода исходных данных дать команду «Считать данные». Программа обеспечивает прием и отображение числовых данных с выбранного СОМ-порта. При этом дополнительно показывается число принятых данных из заданного числа и «процентная» линия загрузки данных.

После завершения процесса приема данных в окне «Анализ измерений» показываются минимальное V_{min} , среднее V_{cp} и максимальное V_{max} значения (единицы измерения – В).

$$V_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n V_i \quad (14.1)$$

При нажатии кнопки «Рассчитать» производится вычисление значения абсолютной погрешности ΔV :

$$\Delta V = V_{cp} - V_э \quad (14.2)$$

Оценка неопределенности калибровки КП состоит в вычислении значения расширенной неопределенности u_p при коэффициенте охвата $k = 2$ и доверительной вероятности $p = 0,95$ по формуле:

$$u_p = k \cdot \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (14.3)$$

Значение стандартной неопределенности по типу А среднего арифметического значения V_{cp} многократных (n) измерений определяется по формуле:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_{cp})^2}{n \cdot (n - 1)}} \quad (14.4)$$

Стандартная неопределенность по типу А является аналогом точечной оценки среднеквадратичного отклонения случайной погрешности среднего арифметического значения результатов многократных измерений частоты.

Оценка стандартной неопределенности калибрования по типу В рассчитывается по формуле:

$$u_B = \sqrt{u_{KP}^2 + u_{ГС}^2} \quad (14.5)$$

где u_{KP} – неопределенность формирования шкалы КП, связанная с дискретностью (единицей младшего разряда емр) и рассчитанная исходя из равномерного закона распределения абсолютного значения ошибки по формуле:

$$u_{KP} = \frac{емр}{\sqrt{3}} \quad (14.6)$$

Так, как значение емр связано не только с цифровым индикатором КП, а и с методами математической обработки информации в КП (округлением) расчетное значение для конкретного прибора указывает преподаватель.

$u_{ГС}$ – неопределенность значения эталонного сигнала (напряжения) вычисленная по данным калибровки (поверки) В1-4:

$$u_{ГС} = \frac{\gamma \cdot Vn}{100} \quad (14.7)$$

где γ – класс точности (максимальное допустимое значение приведенной погрешности) установки для поверки вольтметров, V_n – номинальное значение диапазона выходного напряжения В1-4.

Среднее значение измеренного напряжения, значение абсолютной погрешности КП и значение неопределенности калибрования КП заносятся в таблицу 14.1. Для это можно воспользоваться данными из файлов-отчетов которые создает «генератор отчетов» в текстовом формате.. При записи результаты округлить. Это означает, что значения погрешности и неопределенности, имеющие в старшем разряде цифры 1 или 2, должны записаться двумя цифрами, например: $0,156 \rightarrow 0,16$, погрешности имеющие в старшем значащем разряде цифры от 3 до 9, должны записываться с округлением до одной цифры, например: $0,83 \rightarrow 0,8$.

Для наглядности принятые данные можно отобразить в виде графика по команде «Построить график».

Таблица 14.1 – Результаты калибровки цифрового вольтметра

$V_{\text{э}}$ В	$V_{\text{ср}}$ В	ΔV В	u_A В	u_B В	u_p В
150					
180					
200					
210					
220					
230					
250					

По данным таблицы 14.1. построить график зависимости абсолютной погрешности КП от измеряемого напряжения.

В выводах о проведенной работе: указать максимальное значение абсолютной погрешности и соответствующие ему значения оценки неопределенности калибровки, дать заключение о соответствии КП заявленной точности.

Содержание отчета:

1. Цель работы. Схема (рисунок 14.1). Таблица 14.1., график зависимости абсолютной погрешности КП от измеряемого напряжения, выводы.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные характеристики установки для поверки вольтметров В1-4.

2. Назначение и основные характеристики измерителя ВЧС-4нт.

3. Какие условия эксплуатации являются нормальными для калибровки ВЧС-4нт?

4. Как и зачем производится внешний осмотр и опробование калибруемого прибора?

5. Как определяется основная погрешность ВЧС-4нт?

6. Как проводится оценка неопределенности калибровки ВЧС-4нт?

7. Какую величину имеет значение относительной неисключенной погрешности?

Список литературы:

1. ДСТУ 3989-2000 Метрологія. Калібрування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення та оформлення результатів. – К. Держстандарт України, 2000.

2. Невизначеність вимірювання : навч. посібник / С.І.Кондрашов, В.М.Чинков, О.Л.Харченко. – Харків : НТУ «ХП», 2010. – 80 с.

3. Жуйков В.Я., Бойко В.І., Зорі А.А., Співак В.М., Багрій В.В. Схемотехніка електронних систем. Т. 2. Цифрова схемотехніка. Київ. Аверс. 2002. – 405 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

А.2 Форма свідоцтва про калібрування ЗВТ, що видається метрологічним центром або територіальним органом

ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ

_____ (назва метрологічного центру або територіального органу)

СВІДОЦТВО про калібрування засобу вимірювальної техніки

№ _____

Чинне до _____

_____ (назва засобу вимірювальної техніки)

Умовне позначення _____

Зав. № _____

Виготовлено _____

_____ (назва підприємства-виробника)

Належить _____

_____ (назва підприємства)

Під час визначення метрологічних характеристик отримано такі значення¹:

Метрологічні характеристики визначено за таких умов¹:

Під час контролю метрологічних характеристик²

_____ (назва метрологічних характеристик)

визнано їх відповідність вимогам _____

_____ (назва документа, що містить

_____ вимоги до метрологічних характеристик)

Вчений зберігач еталона
або державний повірник

_____ (підпис)

_____ (ініціал імені, прізвище)

М. П. або відбиток
калібрувального тавра

Дата калібрування « __ » _____ р.

¹ Заповнюють у разі визначення метрологічних характеристик ЗВТ за певних умов.

² Заповнюють у разі контролю метрологічних характеристик ЗВТ на відповідність встановленим вимогам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Б.2 Форма довідки про непридатність ЗВТ, що видається метрологічним центром або територіальним органом

ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ

_____ (назва метрологічного центру або територіального органу)

ДОВІДКА про непридатність засобу вимірювальної техніки

№ _____

« ____ » _____ р.

_____ (назва засобу вимірювальної техніки)

Умовне позначення _____

Зав. № _____

Виготовлено _____

_____ (назва підприємства-виробника)

Належить _____

_____ (назва підприємства)

На підставі результатів калібрування засіб вимірювальної техніки визнано непридатним до застосування.
Підстави для визнання засобу вимірювальної техніки непридатним до застосування

Вчений зберігач еталона
або державний повірник

_____ (підпис)

_____ (ініціал імені, прізвище)

М. П. або відбиток
калібрувального тавра

Навчальне видання

ГУСЕЛЬНИКОВ Віктор Кузьміч
ТВЕРИТНИКОВА Олена Євгенівна
ЛИСЕНКО Володимир Валерійович
ГУСЕЛЬНИКОВ Олексій Вікторович

КАЛИБРОВКА СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Лабораторний практикум
з курсу
«ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ»

для студентів спеціальності 6.051001
"Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології"
денної та заочної форми навчання

Російською мовою

Відповідальний за випуск С.І.Кондрашов
Роботу до видання рекомендував О.І. Рогачов

В авторській редакції

План 2013 р., п /__

Підп. до друку .03.05. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 2,8. Обл. - вид. арк. 3. Тираж 200 прим. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ "ХПІ", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №196 від 10.07.2000р.

Друкарня НТУ "ХПІ", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.