

**Київський національний університет імені
Тараса Шевченка**

ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Кафедра військово-технічної підготовки

**для проведення занять зі студентами
з спеціальності “Організація метрологічного
забезпечення військ (сил)”**

**КЕРІВНИК ЗАНЯТТЯ
КАНДИДАТ ТЕХНІЧНИХ НАУК, ДОЦЕНТ,
ПІДПОЛКОВНИК
ГЛУХОВ СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ**

ПРЕДМЕТ
“ЕКСПЛУАТАЦІЯ І ПОВІРКА
ВІЙСЬКОВИХ ЗАСОБІВ
ВИМІРЮВАННЯ”

ТЕМА № 2.

**Калібрування аналогових,
імпульсних та цифрових вольтметрів**

ЗАНЯТТЯ № 1.

Калібрування аналогових вольтметрів

НАВЧАЛЬНА МЕТА

- 1. Набути практичних навичок калібрування вольтметрів.**
- 2. Набути практичних навичок обчислення похибки та варіації.**
- 3. Набути практичних навичок в оформленні результатів калібрування.**

ВИХОВНА МЕТА

- 1. Виховувати у студентів дисциплінованість і культуру поведінки.**
- 2. Виховувати впевненість і винахідливість при вивченні матеріалу.**
- 3. Виховувати і розвивати творчий підхід при вивченні матеріалу на занятті і самостійній підготовці.**

НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1. Вимоги нормативно-технічної документації по повірці. Умови повірки.**
- 2. Повірка аналогових вольтметрів за допомогою зразкових установок В1-8, В1-9.**
- 3. Оформлення результатів повірки.**

ПИТАННЯ 1

Вимоги

**нормативно-технічної документації по
повірці. Умови повірки.**

**Повірка електронних вольтметрів
аналогового типу постійного струму
проводиться згідно **ГОСТ 8.402-80.****

**Повірка електронних вольтметрів
аналогового типу змінного струму
проводиться згідно **ГОСТ 8.118-85.****

**Розглянемо МЕТОДИКУ ПОВІРКИ
ВОЛЬТМЕТРІВ АНАЛОГОВОГО
ТИПУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ
ГОСТ 8.402-80**

1. Операції повірки.

- зовнішній огляд;
- опробування;
- визначення основної похибки.

При проведенні повірки повинні бути застосовані установки, наведенні в табл. 1

Таблиця 1

Тип установки	Діапазон вимірювання, В	Межі допустимої основної похибки, %
V1-2	$5 \cdot 10^{(-4)} \div 3 \cdot 10^2$	$\pm(1 + 0,003/U)$
V1-4	$1 \cdot 10^{(-5)} \div 3 \cdot 10^2$	$\pm(0,3 + 0,003/U)$
V1-7	$1 \cdot 10^{(-4)} \div 1 \cdot 10^3$	$\pm[(0,03 \div 0,05) + 0,023/U]$
V1-8	$1 \cdot 10^{(-5)} \div 3 \cdot 10^2$	$\pm(0,2 + 0,0003/U)$
V1-12	$1 \cdot 10^{(-7)} \div 1 \cdot 10^3$	$\pm[(0,002 \div 0,015) + (0,0001 \div 0,0005) \cdot U/U_k]$

де U_k - максимальне значення межі вимірювань, В;
 U - значення відтворюваної напруги, В.

Допускається застосовувати комплект апаратури, яка виконує функції повірочної установки, із засобів повірки наведених в табл. 2

Таблиця 2

Найменування і тип приладу	Клас точності	Межі вимірювань	Коефіцієнт ділення
Вимірювальні прилади			
Потенціометри типу			
P6363/2	0,002		2,111111
P345	0,001		2,121111
P309	0,005		2,111111
P307	0,015		1,911111

Вольтметри типу

Щ31	0,005 (0,001-0,02) 0,002	0,01-0,1-10-100-1000	
Щ1513	0,015 (0,005-0,03) 0,015	0,3 –3 – 30 – 300 - 1000	
Ф30	0,05 (0,02-0,15) 0,005	0,01-0,1-1-10--100-3 50	
В7-16	0,05 (0,05-0,1)	1-10-100-1000	
В7-23	0,02/0,02 0,1	0,1-1-10-100-1000	
В7-28	0,03/0,005	0,1-1-10-100-1000	

Масштабні перетворювачі

Р313	0,001 - 0,005		10;100;1000
Р35	0,005		10;100;1000
Подільники напруги			
ДН-3	0, 02		10;100;200;500
ДН-1	0, 03		10;100;500
ДН-13(А СО-3)	0, 1- 0, 25		3, 162;10;31, 62;

Допускається застосовувати джерела постійної напруги, акумулятори, батареї сухих елементів, які задовольняють вимогам:

- джерело повинно забезпечувати одержання всіх значень напруг необхідних для проведення повірки;

- нестабільність вихідної напруги джерела за час вимірювання на протязі 5 хв. не повинна перевищувати 0,1 найменшої границі допустимої основної похибки повіряємого вольтметра;

- пульсації вихідної напруги джерела, яке живиться від мережі не повинні перевищувати 0,1 найменшої межі допустимої основної похибки повіряємого вольтметра.

При використанні засобів вимірювання, вказаних в табл. 1, повіряємий вольтметр треба безпосередньо підключати до повірочної установки. При використанні ЗВ, вказаних в табл. 2, апаратура повинна бути з'єднана по одній із структурних схем, наведених на рис. 1...3.

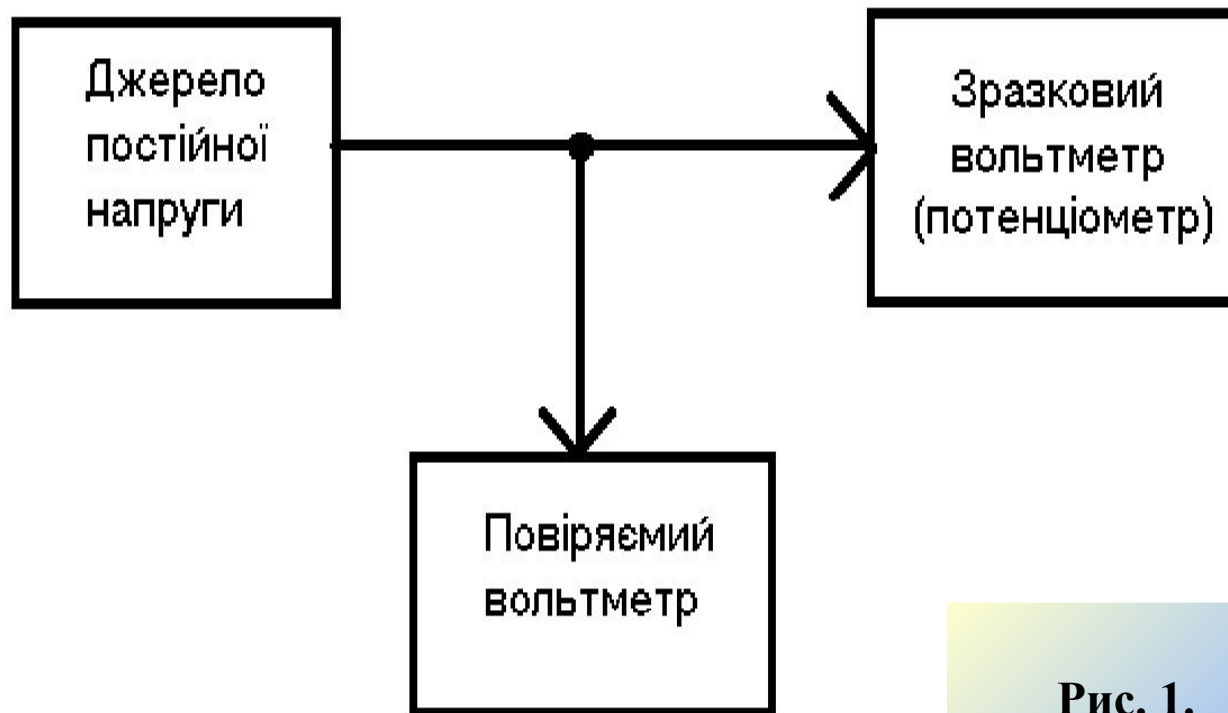


Рис. 1.

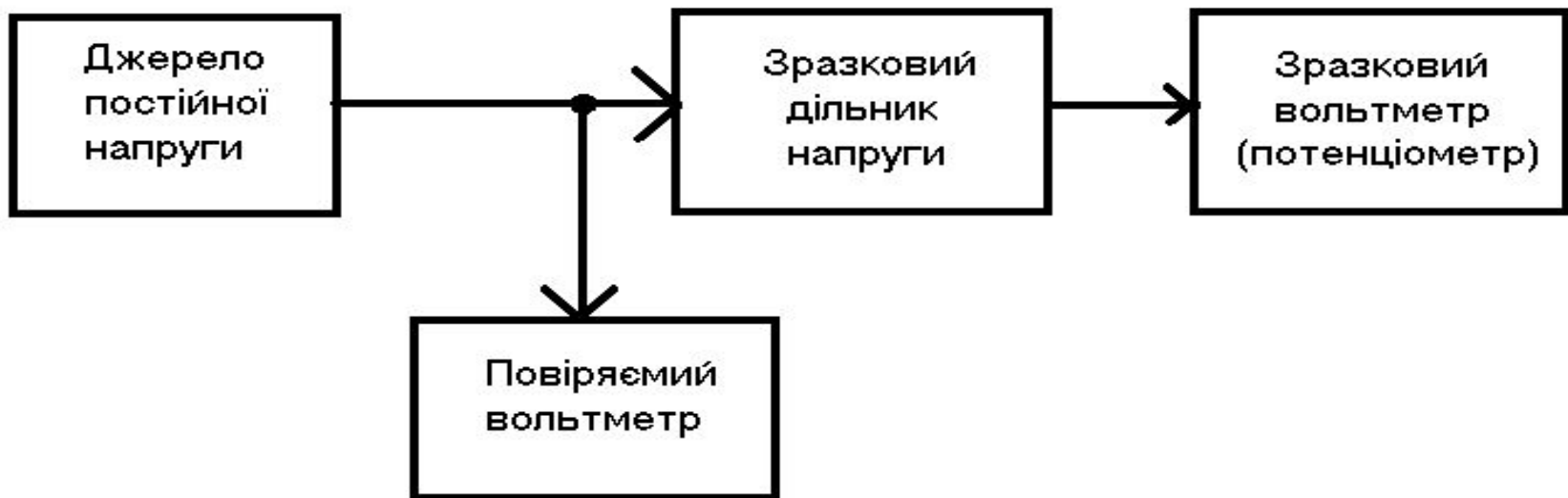


Рис. 2.

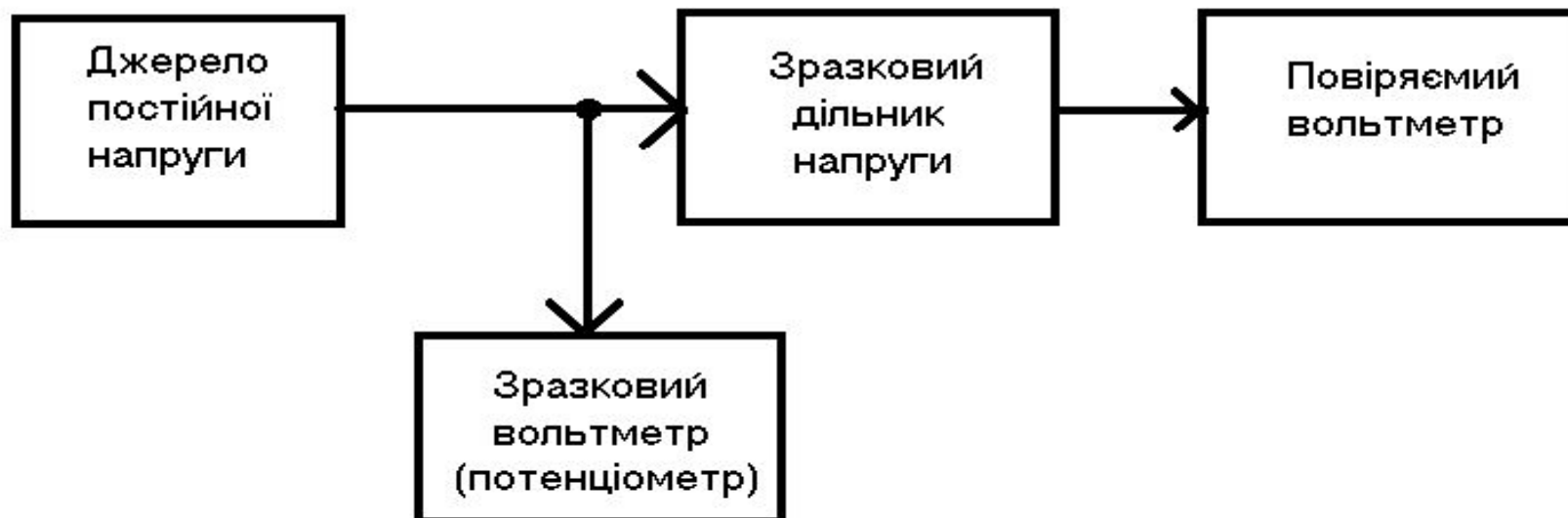


Рис. 3.

ПИТАННЯ 2

2.1. Зовнішній огляд

При зовнішньому огляді перевіряють відсутність механічних поломок на вольтметрі, поломки регулювальних і з'єднувальних елементів, а також відсутність дефектів відлікового пристрою, які утруднюють або виключають нормальну роботу вольтметра.

2.2.Опробування

Встановлюють показчик відлікового пристрою повіряємого вольтметра механічним коректором на нульову або початкову позначку при вимкненій напрузі живлення. Вмикають повіряємий вольтметр в мережу живлення, замикають на коротко його вхідні клеми або навантажують на його вхід визначений опір і перевіряють працездатність електричного встановлення показчика на нульову або умовну позначку, якщо таке калібрування передбачене.

Перевіряють можливість встановлення показчика на позначку тарування шкали (при наявності).

Подають на вхід вольтметра напругу і перевіряють вільний рух показчика в межах всієї шкали для одного із діапазонів вимірювання.

2.3. Визначення основної похибки

При використанні повірочних установок основну похибку повіряемого вольтметра визначають по шкалі установки.

При використанні ЗВ згідно табл. 2 основну похибку вольтметра визначають порівнянням показів повіряемого і зразкового вольтметрів.

Основну похибку визначають на кожній числовій відмітці шкал основних меж вимірювань повіряемого вольтметра при повільному переміщенні покажчика до повіряємої позначки з боку початкової, а потім з боку кінцевої позначки шкали. Якщо немає спеціальної вказівки в НТД на прилад конкретного типу, за основну треба брати межу, яка нанесена на шкалах відлікового пристрою вольтметра, при множнику рівному одиниці.

На інших межах вимірювання основну похибку визначають на кінцевих числових помітках шкал, а також на помітках, на яких раніше були визначені найбільші додатні і від'ємні похибки (або найбільша і найменша похибки, якщо всі похибки одного знаку).

Примітка: Допускається вольтметри з межею вимірювань 1000 або 500 В у випадку відсутності джерела постійної напруги, яке б забезпечувало одержання потрібних рівнів, повіряти на позначці шкали, відповідній рівню напруги 300 В.

Перед проведенням кожного вимірювання треба перевіряти електричну установку нуля покажчика відлікового пристрою повіряемого вольтметра на нульову помітку при відімкненій вимірювальній напрузі.

3.1. Обробка результатів вимірювань

В залежності від способу вираження похибки В залежності від способу вираження похибки повіряємого вольтметра її розраховують одним із наступних способів:

а) Абсолютну похибку Δ в одиницях вимірювальної напруги при вимірюваннях згідно рис. 1

$$\Delta = U_B - U_Z,$$

де U_B - покази повіряємого вольтметра;

U_Z - покази зразкового ЗВ;

Абсолютну похибку Δ в одиницях вимірювальної напруги при вимірюваннях згідно рис.2

$$\Delta = U_B - K \cdot U_Z,$$

де K - коефіцієнт поділу зразкового подільника напруги;

Абсолютну похибку Δ в одиницях вимірювальної напруги при вимірах згідно рис. 3

$$\Delta = U_{\text{в}} - K_{\text{п}} * U_{\text{з}},$$

де $K_{\text{п}}$ - коефіцієнт передачі зразкового дільника напруги, рівному $1/K$;

б) Відносну похибку δ в процентах при вимірюванні згідно рис. 1 визначають по формулі

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

Відносну похибку δ в процентах при вимірюванні згідно рис. 2 визначають по формулі

$$\delta = \frac{\Delta}{K * U_{\text{в}}} \cdot 100$$

Відносну похибку δ в процентах при вимірюванні згідно рис. 3 визначають по формулі

$$\delta = \frac{\Delta}{K_{\Pi} \cdot U_{\text{В}}} \cdot 100$$

Приведену похибку δ в процентах при вимірюванні визначають по формулі

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta}{U_{\text{К}}} \cdot 100$$

де $U_{\text{К}}$ - кінцеве значення шкали границі вимірювання, на якій визначена похибка повіряемого вольтметра, В.

Під час проведення повірки треба вести протокол з відміткою результатів вимірювань.

4. Оформлення результатів повірки

Вольтметри, які визнані придатними при державній або галузевій періодичних повірках, оформляють відміткою у паспорті або видають свідоцтво встановленої форми і наносять відбиток тавра.

Вольтметри, які не задовольняють вимогам дійсного стандарту, в експлуатацію не допускаються, в паспорт вноситься відмітка і на них видають довідку з вказівкою причин непридатності

ПИТАННЯ 2

Повірка аналогових вольтметрів за допомогою зразкових установок **V1-8, V1-9.**

**Розглянемо МЕТОДИКУ ПОВІРКИ
ВОЛЬТМЕТРІВ АНАЛОГОВОГО ТИПУ
ЗМІННОГО СТРУМУ. ГОСТ 8. 118-85.**

Дійсний стандарт розповсюджується на електронні аналогові вольтметри змінного струму, які призначені для вимірювання змінної напруги в діапазоні частот від 10 Гц до 1000 МГц, і встановлює методику їх первинної і періодичної повірки.

1. Операції повірки.

зовнішній огляд;

опробування;

визначення основної похибки.

При проведенні повірки повинні застосовуватись зразкові ЗВ, які дозволяють вимірювати або відтворювати на вході повіряємого вольтметра гармонічну напругу з похибкою, яка не перевищує однієї третьої відповідної межі допустимої похибки вольтметра у всьому його робочому діапазоні напруг і частот.

При проведенні повірки повинні бути застосовані установки (прилади), наведенні в таблиці 1.

Тип установ ки	Діапазон відтворюваних рівнів напруги, В	Діапазон відтворюваних частот, Гц	Межі похибок відтворюваних рівнів напруг, В	Допустимі значення коефіцієнта гармонік, %
В1-8	0,00001-300	45, 400, 1000	(0,3÷0,5)+ 0,0003/Uном	0,2
В1-9	0,0001-1000	20-1·10 ⁵	0,02-0,1	0,06
В1-15	0,003 -3	3·10 ⁷ -10 ⁹	0,5-6(9)	0,15-1,5
В1-16	0,0001-3	10-5·10 ⁷	0,2-3	0,1 -0,5
В1-20	0,00001-300	20-2·10 ⁵	0,04 -0,65	0,05 -0,1
В1-25	0,001-10	10 ³ -10 ⁵	0,07-0,3(0,6)	0,12 -0,3
УПВ-100 0-5	0,001-100	20 -10 ⁹	0,2 -5	0,01 -0,05
Ф-7090	0,00001-100 0	20 -10 ⁵	0,03 -0,2	0,05 -0,2

При відсутності засобів повірки, які вказані в табл. 1 допускається застосування наведених нижче засобів:

Зразкові вольтметри і вимірювальні перетворювачі з цифровими вольтметрами постійного струму

Табл. 2

Тип установки	Діапазон відтворюваних рівнів напруг, В	Діапазон відтворюваних частот, Гц	Межі похибок відтворюваних рівнів напруг, В
В3-24	0,02-100	$20-10^9$	0,2-2,8(12)
В3-49	0,01-100	$20-10^9$	0,2-2,8(8)
В4-11	1-150	$20-10^9$	0,2-2,5(12)
В9-10	0,0001-300	$20-10^5$	0,04-0,182)
В2-34	1-1000	0	0,005-0,007

ЗРАЗКОВІ ПОДІЛЬНИКИ НАПРУГИ

табл. 3

Тип приладу	Коефіцієнт передачі	Діапазон частот, Гц	Межі допустимих похибок, %	Вихідний опір, Ом
Д1-13 (АСО-3М)	$1-3 \cdot 10^{(-5)}$	0-6, $5(35)10^6$	0,12-3,5	37,5
Д1-13А	$1-3 \cdot 10^{(-6)}$	$0-3 \cdot 10^7$	0,05-15	25
ДНВ-5	0,085	$0-1 \cdot 10^9$	0,2 –1	5
ДНВ-6	0,007	$0-1 \cdot 10^9$	0,2 –1	5
Я1В-27	$1-1 \cdot 10^{(-4)}$	$(1-100)10^3$	0,07 -0,3	0,5-1,5

Допоміжні ЗВ повірки:

- вимірювальні генератори змінної напруги гармонічної форми без постійної складової струму, які мають на виході провідність (опір не більше 200 Ом) і дозволяють одержувати (окремо або в комплекті з узгоджувальним пристроєм) потрібні для повірки вольтметра рівні напруг з нестабільністю за час вимірювання, яка не перевищує 0,1 межі допустимої похибки. (ГЗ-109, Г4-76А, Г4-139 і ін.);
- фільтри для подавлення вищих гармонічних складових вимірювальної вольтметрами напруги, наведені в таблиці 4.

табл. 4

Тип фільтра	Значення або діапазон частот, МГц	Коефіцієнт подавлення вищих гармонік
ФРФ -1	$10^{(-3)}$, $10^{(-2)}$, $10^{(-1)}$, $5*10^{(-1)}$, 1,10,50	5
ФНЧ-25-1	0,05 -25	1000
Ф-1	0,1 -10	30
ФР-2	150 -1000	500
ФР-3	60 -150	10

2. Умови повірки і підготовка до неї

При проведенні повірки повинні бути дотриманні умови:

- температура оточуючого повітря $20 \pm 0,5$ градусів
- відносна вологість повітря 30-80 %
- атмосферний тиск 84-106 кПа.

Нормальною областю значення параметрів джерел змінного струму є:

- напруга живлячої мережі $220 \pm 4, 4$ В для мережі з частотою 50 Гц; $220 \pm 4, 4$ В або $115 \pm 2, 5$ В для мережі з частотою 400 Гц;
- частота живлячої мережі $50 \pm 0,5$ Гц; 400 ± 12 Гц.

Межа допустимої похибки повірки вольтметрів внаслідок впливу коефіцієнта гармонік вимірювальної напруги не повинна перевищувати значень вказаних в табл. 7

табл. 7

Границя допустимої похибки вольметрів δ, %	Границя допустимої похибки повірки вольметра внаслідок впливу коефіцієнта гармонік, %
До 0,5	0,25 δ
Від 1 до 1,5	0,15 δ
Від 2,5 до 25	0,1 δ

2. 1 Зовнішній огляд

2. 2 Опробування

2. 3 Визначення похибки на частоті тарування.

Похибку вольтметра визначають методом прямих вимірювань повіряємим вольтметром змінної напруги, відтворюваної зразковою повірочною установкою згідно схеми рис. 4 або методом безпосереднього порівняння показів зразкового і повіряємого вольтметрів, підключених до джерела вимірюваної напруги паралельно або через ділянку напруги.

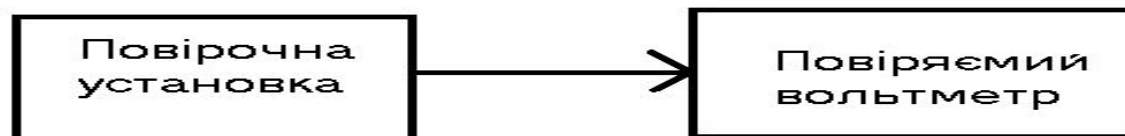


Рис. 4

При проведенні первинної повірки вольтметра на частоті тарування, вказаній в НТД на нього, визначають похибку на кінцевих відмітках усіх діапазонів границь вимірювання, а також на кожній числовій позначці шкал основних діапазонів вимірювань і на позначках усіх інших піддіапазонів вимірювань, які відповідні позначкам шкал основних діапазонів вимірювань, на яких були виявлені найбільші позитивні і негативні похибки (або найбільша і найменша похибки, якщо всі похибки одного знаку).

При періодичній повірці вольтметра на частоті градування визначають:

- похибку на кінцевих відмітках усіх піддіапазонів меж вимірювання;**
- похибку на кожній числовій позначці шкал основних діапазонів вимірювань;**

Визначення похибки в робочому діапазоні частот визначається згідно пункту 2.3

При первинній повірці вольтметра похибку визначають на кінцевих позначках шкал усіх діапазонів вимірювань при значеннях частот, які відповідають початку і кінцю нормальної і розширеної областей робочого діапазону частот, вказаних в ТД на повіряємий вольтметр.

Якщо в НТД на повіряємий вольтметр нормована його випадкова похибка і її значення (3σ) не перевищує 0,2 межі допустимої похибки, то допускається визначати похибку вольтметра на окремих діапазонах вимірювань і частотах робочого діапазону шляхом розрахунку по результатам визначення його похибки на усіх діапазонах вимірювань на одній із частот нормальної області або на частоті градуювання) і похибки на одному із піддіапазонів вимірювань на відповідних частотах робочого діапазону по методиці, яка приводиться в ТД на повіряємий вольтметр.

При періодичній повірці вольтметра похибку визначають на кінцевих числових позначках шкал одного-двох піддіапазонів вимірювань, де може бути забезпечено високопродуктивне і високоточне проведення вимірювань. Вимірювання проводять при значеннях частот, які відповідні початку і кінцю усіх областей робочого діапазону частот, вказаних в ТД на повіряємий вольтметр.

При галузевій періодичній повірці допускається визначати похибку вольтметра тільки в застосовуваних на даному підприємстві обмежених діапазонах рівня напруги і частот з обов'язковою вказівкою на передній або бічних сторонах вольтметра діапазонів його застосування.

3. Обробка результатів вимірювань

Абсолютну похибку Δ в одиницях вимірювальної напруги при вимірах згідно рис. 4

$$\Delta = U_B - U_D,$$

де U_B - покази повіряємого вольтметра;

U_D - дійсне значення напруги, яка відповідає показу U_Z зразкового ЗВ з урахуванням його систематичних похибок),

$$U_D = U_Z(1 - S / 100)$$

S - систематична (у тому числі частотна) похибка зразкового засобу вимірювань з урахуванням її знаку, %

При використанні повірочних установок, які дозволяють по їх шкалам безпосередньо відраховувати похибку, віднесену до показів повіряємого вольтметра, приведену похибку δ у відсотках розраховують згідно формули

розраховують згідно формули

$$\delta_P = \delta_H \frac{U_B}{U_K}$$

ПИТАННЯ 3.

ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОВІРКИ

Вольтметри, які визнані годними при державній або галузевій періодичних повірках, оформляють відміткою у паспорті або видають свідоцтво встановленої форми і наносять відбиток тавра.

Вольтметри, які не задовольняють вимогам дійсного стандарту, в експлуатацію не допускаються, в паспорт вноситься відмітка і на них видають довідку з вказівкою причин непридатності.

ЛІТЕРАТУРА:

- 1. Измерения в электронике, энергоатомиздат, 1987.**
- 2. Федоров А.М., Циган Н.Я., Мичурин В.И., Метрологическое обеспечение электронных средств измерений электрических величин, довідкова книга, Електроатомиздат 1987.**
- 3. Р.Ф. Акнаев. Поверка средств измерений электрических и магнитных величин. Изд. стандартов, 1983.**
- 4. ГОСТ 8. 118-85, ГОСТ 13473-68.**