

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

**КАФЕДРА ВІЙСЬКОВО - ТЕХНІЧНОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

**2016 р.**

# **ПРЕДМЕТ: Експлуатація і повірка військових засобів вимірювань**

**Тема №1. Повірка засобів вимірювальної  
техніки електричних та магнітних величин**

**Заняття 2 : Калібрування електричних мір.**

# НАВЧАЛЬНА МЕТА

- 1. Набути практичних навичок калібрування омметрів та фарадметрів.**
- 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.**

# 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 8.401-80,ГОСТ 8.497-83,ГОСТ 8.513-84, Инструкция 184-62**

# НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1. Вимоги нормативно-технічної документації з калібрування. Умови калібрування.**
- 2. Калібрування омметрів та мегоомметрів. Операції калібрування**
- 3. Оформлення результатів калібруванняШ.**

# **1.Вимоги нормативно-технічної документації з калібрування умови калібрування.**

**Калібрування довільного ЗВ повинна проводитись згідно нормативного тобто обов'язкового до застосування документу. Ця вимога витікає з того факту, що калібрування ЗВ ( державна або галузева) є одним із основних ланок в ланцюзі заходів, які направлені на забезпечення єдності і достовірності вимірювань, які проводяться в державі.**

**До числа таких документів відносяться державні стандарти на методи і засоби калібрування, інструкції Держстандарту, методичні вказівки і методики метрологічних інститутів.**

# **1.Вимоги нормативно-технічної документації з калібрування умови калібрування.**

**Найбільш важливим, з точки зору організації і проведення повірок, є комплекс державних стандартів на методи і засоби повірок. Такі стандарти розроблюються з урахуванням визначених вимог до їх побудови і складу і узгоджуються з стандартами технічних вимог або технічних умов на окремі види ЗВ.**

**Для забезпечення галузевої калібрування вузькогалузевих або нестандартних ЗВ застосовують методичні вказівки (інструкції) по калібруванню.**



# 1.Вимоги нормативно-технічної документації з

## калібрування умови калібрування.

В НТД зазначається, на які прилади (групи приладів) розповсюджується даний документ; наводиться перелік операцій калібрування, яких досить для рішення питання про придатність ЗВ; перераховуються вимоги до зразкових ЗВ, які використовуються під час калібрування, з вказівкою їх найменування і розряду згідно державної повірочної схеми.

Значне місце у всіх нормативних документах приділяється підготовці повіряємого ЗВ до калібрування, самому процесу її проведення і обробки результатів вимірювання. При цьому, як правило, вказуються межі допускаємих відхилень метрологічних параметрів або робиться посилання на технічні вимоги або технічні умови.

# **1.Вимоги нормативно-технічної документації з калібрування умови калібрування.**

**Треба зазначити, що з метою інформації робітників державної і галузевих метрологічних служб, які виконують повірку ЗВ, щорічно видаються збірники діючих стандартів, інструкцій, методичних вказівок і методик інститутів на методи і засоби калібрування груп або окремих видів ЗВ. Треба зазначити, що з метою інформації робітників державної і галузевих метрологічних служб, які виконують повірку ЗВ, щорічно видаються збірники діючих стандартів, інструкцій, методичних вказівок і методик інститутів на методи і засоби калібрування груп або окремих видів ЗВ.**

## **1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.**

**Калібрування омметрів і фарадометрів має багато спільного, тому розглянемо детально повірку омметрів, а потім відмітимо особливості повірки фарадометрів.**

**Під час періодичній повірці омметрів (ГОСТ 8.409-81) виконують наступні операції:**

**зовнішній огляд;**

**опробування;**

**визначення основної похибки і варіації показів.**

**Крім цього, під час виготовлення омметрів на виробництві або після ремонту додатково перевіряють електричну міцність і опір ізоляції, напругу на затискачах омметра, вплив нахилу час встановлення показів. Специфічним тут є визначення напруги на розімкнутих затискачах приладу и визначення основної похибки і варіації показів.**

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

### ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ НА РОЗІМКНУТИХ ЗАТИСКАЧАХ ПРИБАДУ.

Номінальна напруга на затискачах деяких омметрів має значення 100В і вище. Перевищення діючого значення напруги над номінальним може привести до збільшення похибки і до пробю ізоляції виробу, опір якого буде вимірюватися омметром. Тому під час перевірки омметрів, які мають вмонтовані генератори або випрямлячі, визначають напругу на затискачах, призначених для підключення опору, який вимірюється. Напругу вимірюють вольтметром, який забезпечує інструментальну похибку вимірювання не більше 3%. Особливу увагу треба звернути на вхідний опір вольтметра.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Так як внутрішній опір омметрів великий, а джерело живлення малопотужне, застосування вольтметрів з низьким вхідним опором приведе до значного збільшення методичної похибки вимірювання. Вхідний опір вольтметра повинен бути не менше опору, рівному верхній границі вимірювання повіряємого омметра на даному діапазоні, тому для вимірювання напруги застосовують вольтметри з великим вхідним опором, наприклад, електростатичний або електронної системи. Під час повірки омметрів, у яких джерело живлення є електромеханічний генератор, треба мати на увазі, що напруга на затискачах залежить від швидкості обертання генератора, у зв'язку з чим потрібно підтримувати цю швидкість рівною номінальній ( як правило - 120 об/хв.)

Відхилення напруги від номіналу не повинно перевищувати 10 %.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

### ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНОЇ ПОХИБКИ І ВАРІАЦІЇ ПОКАЗІВ.

Цю операцію проводять методом порівняння показів повіряемого приладу з показами зразкової міри опору, і змінюючи опір магазину, встановлюють стрілку омметра на помітку шкали, яка підлягає повірці. Дійсне значення опору  $R_3$  відраховують по магазину опорів. Абсолютне значення похибки  $\Delta$  обчислюють згідно формули

$$\Delta = R_n - R_3 . \quad [ 1 ]$$

Похибку на кожній відмітці шкали визначають два рази:

Перший раз, підводячи стрілку омметра до повіряємої відмітки шкали зліва ( $\Delta+$ ) , другий – справа ( $\Delta-$ ). Варіацію показів обчислюють згідно формули

$$b = | \Delta_{++} \Delta_{-} | . \quad [ 2 ]$$

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Під час вибору магазину опорів керуються розмірковуваннями точності і поступовості регулювання. Так як межа допустимої відносної похибки омметрів, які випускаються зараз промисловістю, досить великий ( 4 % і більше ), то при виборі зразкового магазину опорів по точності немає труднощів; практично довільний магазин опорів задовольняє вимогам. Складніше задовольнити вимогу плавності регулювання. Потрібно, щоб магазин дозволяв змінювати опір ступенями, які не перевищують 0,1 значення границі основної допустимої похибки повіряемого омметра на повіряємій відмітці шкали. Наприклад, якщо повіряємий омметр на помітці 10 Ом має межу допустимої похибки  $\pm 4 \%$ , тобто 0,4 Ом , то зразковий магазин повинен забезпечити зміну опору ступенями не більше чим 0,04 Ом.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Якщо один магазин опорів не забезпечує одночасно достатньої плавності регулювання і перекриття усього діапазону, то можна застосувати два магазини окремо або з'єднати їх послідовно, тобто створити комбіновану міру.

Під час обробки результату треба враховувати особливості нормування границь допустимої похибки омметрів різних типів. Діючий стандарт технічних умов допускає два способи нормування. В омметрах з рівномірною шкалою границю допустимої похибки нормують в процентах від верхньої границі  $R_v$  діапазону так, як це робиться у вольтметрах і амперметрах. У цьому випадку границя допустимої похибки  $\Delta_{дп}$  в Омх можна обчислити згідно формули

$$\Delta_{дп} = \frac{k \cdot R_v}{100} \quad (3)$$

де  $k$  - клас точності повіряемого омметра.



## **1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.**

**У омметрів з суттєво нерівномірною шкалою ( наприклад, гіперболічною або логарифмічною ) границя допустимої похибки нормується в процентах від довжини шкали. У цьому випадку вона виражається в одиницях довжини.**

**Широко розповсюджені омметри, які були виготовлені згідно вже відміненого стандарту, у яких використаний попередній спосіб нормування - в процентах від довжини робочої частини шкали.**

**Останні два способи нормування похибки утворюють труднощі під час повірки омметрів і під час роботи з ними, так як для обчислення границі допустимої абсолютної похибки в одиницях опору не достатньо тих відомостей, які нанесені на циферблаті приладу або наведені в технічних описах.**

**Нехай повіряємий омметр має позначення класу  $k$**

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Це означає, що границя допустимої похибки такого омметра складає 1,5 % від довжини  $L$  шкали (як правило  $L$  вказана в технічних описах). Знаючи  $L$ , не важко розрахувати границю допустимої похибки  $\Delta_{дп}$  в одиницях довжини. Наприклад при  $L = 80$  мм,

$$\Delta_{дп} = \frac{k \cdot R_v}{100} = \frac{1,5 \cdot 80}{100} = 1,5 \text{ мм} \quad (4)$$

Але під час повірки покази повіряемого і зразкового засобу вимірювання одержують в одиницях опору, і в тих же одиницях обчислюють значення абсолютної похибки. Наприклад, під час повірки показу 100 Ом одержаний відлік по зразковому магазину 104 Ом, тобто абсолютна похибка  $\Delta = - 4$  Ом.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Виникає питання, одержане значення похибки більше або менше допустимої границі ? Щоб відповісти на нього, потрібно виразити одержане і допустиме значення похибки в одних і тих же одиницях, а це в свою чергу , можливо тільки у тому випадку, якщо відома чутливість  $S$  приладу при даному показу.

Як відомо, чутливість  $S$  є відношення переміщення  $\Delta I$  покажчика по шкалі до змінюванню опору  $\Delta R$  , яке визвало це переміщення

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta R} \quad (5)$$

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

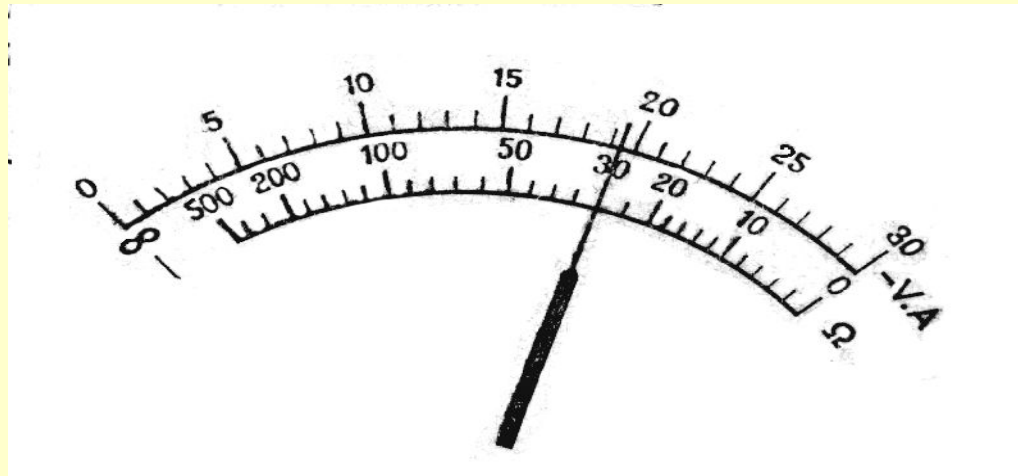
Тобто, межа допустимої похибки, яка виражена в одиницях опору

$$\Delta_{\text{дп}} = \frac{k \bullet L}{100 \bullet S} \quad (6)$$

Чутливість  $S$  можна визначити експериментально або по теоретичним залежностям. Найбільш розповсюджений експериментальний спосіб визначення  $S$ , під час якого визначають відстань  $\Delta l$  в мм між двома відмітками шкали: відміткою, яка відповідає повіряємій точці діапазону, і найближчою від неї. Одержане значення треба розділити на різницю номінальних показів  $\Delta R$ , відповідних цим відміткам.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Приклад. На рис.1 показаний циферблат комбінованого приладу.



Нехай треба визначити  $S$  омметра при показі 30 Ом. Вимірявши відстань між мітками 35 і 30 Ом, одержуємо  $\Delta l = 4$  мм. Різниця показів  $\Delta R = 35 - 30 = 5$  Ом. Звідси чутливість  $S = 0,8$  мм/Ом.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Для більш точного визначення чутливості треба виміряти два рази: перший раз з боку відмітки, яка розміщена зліва від повіряємої; другий - з боку відмітки, розміщеної праворуч т.б. в наведеному вище прикладі між відмітками 35 і 30 і 30 і 25 Ом. Значення  $S$  у цьому випадку визначається як середнє арифметичне із результатів двох спостережень. Недоліком цього способу є труднощі вимірювання  $\Delta I$  з достатньою точністю через захисне скло. Вищу точність визначення чутливості дозволяє одержати другий спосіб.

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Він застосовується для омметрів, які входять в склад комбінованих приладів, у яких поряд з нерівномірною шкалою є рівномірна шкала, призначена для вимірювання постійного струму і напруги. На рис. 1 показаний циферблат прилада з двома шкалами: рівномірною и нерівномірною. Нехай треба визначити чутливість омметра на ділянці шкали з відміткою "30". Скористаємося для цього рівномірною шкалою. Підключимо до омметру магазин опору і , змінюючи опір, встановимо стрілку прилада послідовно на відмітки рівномірної шкали, найближчі до відмітки "30" нерівномірної шкали. В нашому випадку це будуть мітки "19" і "20". Нехай їм відповідають опори магазину  $R_1$  і  $R_2$ . Це значить, що для переміщення стрілки прилада на кут, який відповідає дузі між цими відмітками "19" и "20" рівномірної шкали, потрібно змінювання опору  $\Delta R = R_1 - R_2$ .

## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

Для знаходження довжини ділянки нерівномірної шкали, яка відповідна цьому переміщенню, використаємо наступні обставини. Довжині  $L$  частини нерівномірної шкали, яка виміряна по дузі кола, відповідає  $n$  - ділень рівномірної шкали ( у нашому випадку  $n = 30$ ). Таким чином, одному діленню рівномірної шкали буде відповідати відрізок  $L/n$  нерівномірної шкали. Звідси чутливість омметра в заданій точці

$$S = L / n * \Delta R. \quad (7)$$

Підставляючи [ 7 ] в [ 6 ] ,одержуємо вираз для розрахунку межі допустимої основної заданій точці шкали:

$$\Delta_{dp} = k * n \Delta R / 100 \quad (8)$$



## 1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.

В одержаних виразах відсутні величини  $S$  і  $L$ , для визначення яких потрібно точні вимірювання довжини поділки. Для того щоб кожний раз не визначати чутливість, доцільно скласти таблиці межі допустимої похибки в  $\Omega$  для омметрів різних типів.

Під час перевірки омметрів з вмонтованим електромеханічним генератором з ручним приводом плавно підвезти стрілку омметра до повіряємої відмітки шкали неможливо, так як переміщення стрілки залежить від плавності обертання ручки генератора. У цьому випадку застосовують інший спосіб визначення похибки і варіації, при якому і похибку і варіацію вимірюють і порівнюють з допустимим значенням в мм. Підключивши до омметра зразкову міру  $B$  опором, який відповідає повіряємій відмітці шкали, проводять три виміри.

## **1.2. Калібрування омметрів і фарадометрів методом безпосереднього порівняння. операції калібрування.**

Кожний раз відмічають відхилення стрілки від повіряємої відмітки в мм. За основну похибку приймають найбільше відхилення стрілки.

Варіація показів рівна найбільшій різниці показів (похибок) омметра, які одержані під час трьох вимірів.

Усе зазначене вище про повірку омметра в рівній мірі відноситься до повірки фарадометрів. Також, як і у омметра, похибку фарадометрів визначають, порівнюючи їх покази з показами зразкової міри - магазина ємності. Особливу увагу треба звернути на якість напруги живлення повіряемого фарадометра, так як покази останнього залежать від частоти і форми синусоїдального струму. Їх відхилення від номінальних значень не повинні перевищувати допускаємих значень, які вказані в технічній документації на прилад.

## 1.3. Оформлення результатів калібрування.

В процесі калібрування ведуть ,як правило, протокол встановленої форми, в який вносять:

- відомості про повіряємий прилад,
- найменування застосовуємих зразкових ЗВ і їх заводські но мера,
- кліматичні і інші умови проведення калібрування,
- результати кожного окремого виміру.

В подальшому ці результати аналізують і математично оброблюють, наприклад, обчислюють похибки, середнє значення, поправки, дійсне значення. При масовій калібруванню однотипних робочих ЗВ невисокої точності можна робити записи в журналі обліку.

## 1.3. Оформлення результатів калібрування.

Результати калібрування ЗВ повинні бути оформлені у відповідності з вимогами розділу " Оформлення результатів калібрування" нормативного документу на методи і засоби калібрування. Основні положення цього розділу, дещо відмінні для кожної групи ЗВ, можна записати як:

результати первинної калібрування оформляються записом в паспорті (формулярі) ЗВ, який затверджений у порядку, визначений підприємством-виробником, і нанесенням відбитку тавра підприємства і(або) навішуванням пломби, яка б виключала можливість доступу в середину ЗВ;

позитивні результати періодичної державної калібрування затверджуються відміткою державного повіреного тавра;

на зразкові ЗВ підвищеної точності, які пройшли періодичну державну перевірку, видають свідоцтво згідно форми, встановленої Держстандартом:

## 1.3. Оформлення результатів калібрування.

результати періодичної відомственої калібрування оформляються в порядку, який встановлений відомственої метрологічною службою. На ЗВ, які пройшли відомствену повірку і готові до застосування, можуть бути виданий документ, по своєму змісту близький до свідотства про державну повірку, або зроблена відповідна відмітка в паспорті (формулярі) ЗВ. Допускається також нанесення вітбитку тавра або нанесення умовних знаків, які вказують на те, що данні ЗВ повірені в встановлений строк.

ЗВ, які повірені у відповідності з вимогами НТД і не задовольняючі цим вимогам, до застосування не допускаються. Свідотсво про попередню повірку анулюється, а існуюче на ЗВ тавро гасять спеціальним знаком. По вимозі власника ЗВ може бути видане повідомлення з вказівкою причини непридатності.