# Практика №1-2

# Тема: ОДНОКРАТНІ ПРЯМІ ВИМІРЮВАННЯ

**Прямими** називають вимірювання, які виконані методом безпосередньої оцінки, тобто без перетворення роду і використання відомих залежностей значення шуканої фізичної величини (ФВ).

Результат однократного (одноразового) вимірювання надають у формі:

Х = Хвиміряне ± Δ, δ,

де Х - позначення шуканої фізичної величини в загальному виді,

Хвиміряне - виміряне значення фізичної величини,

Δ - абсолютна похибка, яка має розмірність ФВ Х,

δ - відносна похибка, яку виражають у %.

**Похибки** прямих вимірювань визначають за метрологічними характеристиками засобів вимірювань (ЗВ), які використовують для здійснення процесу вимірювання, а результат вимірювання отримують, як відлік, по його шкалі (якщо засіб вимірювання є аналоговим) або зчитують з індикатора чи табло (якщо засіб є цифровим).

**Метрологічними характеристиками** засобів вимірювань (спрощено - вимірювальних приладів) називають такі технічні характеристики, які впливають на результат вимірювання або його похибку.

**Основними** метрологічними характеристиками ЗВ є:

- діапазон вимірювань (або показань) - нормуюче значення - Хнорм;

- основна похибка ЗВ; виражається у вигляді абсолютної (Δ), відносної (δ) або наведеної (γ) похибки;

- клас точності; виражається у вигляді ±Δ (меж абсолютної похибки), ±δ (меж відносної похибки) або γкл (гама класу), %.

- ціна поділки шкали (для аналогових ЗВ) або дискретність відліку (для цифрових);

- варіація показань (різниця показань в одній і тій самій точці діапазону вимірювань, якщо плавно наближатися до неї з початку і з кінця діапазону вимірювань);

- поріг чутливості (найменше значення ФВ, що подається на вхід ЗВ, яке призводить до помітної зміни вихідного сигналу ЗВ);

- номінальне значення міри (значення величини, передписане мірі або партії мір при виготовленні);

- дійсне значення міри (значення величини, яке відтворює і зберігає міра, отримане шляхом її звірення з більш точним засобом вимірювання).

**Міра** - засіб вимірювання, який призначений для відтворення та (або) зберігання фізичної величини одного чи декількох заданих розмірів, значення яких виражені в узаконених одиницях і відомі з необхідною точністю

Формули **абсолютних похибок**:

**Δ = Хвим – Хдійс** ; **Δ = Хвим – Хном** (для однозначних мір),

де **Хвим** - виміряне значення,

 **Хдійс** - дійсне значення,

 **Хном** - номінальне значення.

Формули **відносних похибок**:

**δ = ±**$\frac{∆}{Хвим}$ **· 100%; δ = ± (с + d (**$ \frac{Х\_{норм}}{Х\_{вим}}$ **- 1))**, **с** та **d** вказані у %,

де $Х\_{норм}$ - нормуюче значення ЗВ (діапазон вимірювання).

Формула **наведеної похибки**:

**γ = ±** $\frac{∆}{Х\_{норм}}$ **· 100%**.

**Приклад 1.** Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювання напруги акумулятора за допомогою вольтметру, якщо виміряне значення складає 14,3 В, а номінальне значення - 15 В.

Uвим = 14,3 В Δ = Uвим - Uном = 14,3 В - 15 В = - 0,7 В

Uном = 15 В (абсолютна похибка має знак “+” чи “-” і розмірність ФВ)

Δ - ? δ = ± $\frac{∆}{Хвим}$ · 100% =$\pm \frac{\left|−0,7 В\right|}{14,3 В}$ 100% = ± 4,8951048951 %

δ - ? Виміряне значення відомо з точністю до десятої долі, тому

відносну похибку треба округлити до 1 чи 2 значимих

цифр, тобто δ ≈ ± 4,9 %.

Результат вимірювання: U = 14,3 В ± 0,7 В, δ = 4,9 %.

**Приклад 2.** При повірці амперметру в діапазоні вимірювань від -10 мА до +10 мА в таких точках шкали: -10 мА, -5 мА, 0 мА, +5 мА, +10 мА отримали такі результати вимірювань за допомогою калібратора сили струму і взірцево-го амерметру: -9,94 мА, -5,06 мА, +0,01 мА, +4,98 мА, +9,99 мА відповідно. Визначити абсолютні, відносні та наведені похибки в точках шкали повіреного амперметру. Встановити клас точності повіреного амперметру.

*Дійсними значеннями будуть значення шкали повіряємого амперметру, а віміряними значеннями будуть значення взірцевого амперметру. Однак слід мати на увазі, що розрахунок відносних похибок здійснюється відносно значень шкали повіряємого амперметру, так як оцінюються саме його характеристики.*

**Розв’язок**

Визначимо попарно значення абсолютних і відносних похибок:

**Δi = Iвим i – Iдійс i** **δi = ±** $\frac{∆\_{i}}{I\_{дійс\_{i}}}$ **· 100%** (формула відображає,

 що розраховується похибка повіряємого

приладу, а не взірцевого)

Δ1 = -9,94 - (-10) = +0,06 мА; δ1 = ± $\frac{0,06 мА}{10 мА}$ 100% = ± 0,6 %;

Δ2 = -5,06 - (-5) = -0,06 мА; δ2 = ± $\frac{\left|−0,06 мА\right|}{5 мА}$ 100% = ± 1,2 %;

Δ3 = 0,01 - 0 = 0,01 мА; δ3 = ± $\frac{0,01 мА}{0}$ 100% = ∞;

Δ4 = 4,98 - 5 = -0,02 мА; δ4 = ± $\frac{\left|−0,02 мА\right|}{5 мА}$ 100% = ± 0,4 %;

Δ5 = 9,99 - 10 = -0,01 мА δ5 = ± $\frac{\left|−0,01 мА\right|}{10 мА}$ 100% = ± 0,1 %;

Визначимо значення наведених похибок: γ = ± $\frac{∆}{I\_{норм}}$ · 100%

Визначимо нормоване значення повіряємого амперметру; це - діапазон ви-мірювання, який обмежений верхньою та нижньою границями приладу, тобто Iнорм = Iмакс - Iминим =10 мА - (-10 мА) = 10 мА + 10 мА = 20 мА. Тоді

 γ1 = ± $\frac{0,06 мА}{20 мА}$ 100% = ± 0,3%; γ2 = ± $\frac{0,06 мА}{20 мА}$ 100% = ± 0,3%;

 γ3 = ± $\frac{0,01 мА}{20 мА}$ 100% = ± 0,05%; γ4 = ± $\frac{0,02 мА}{20 мА}$ 100% = ± 0,1%;

 γ5 = ± $\frac{0,01 мА}{20 мА}$ 100% = ± 0,05%.

**Для аналогових приладів клас точності нормують (встановлюють) по максимальній наведеній похибці, значення якої округлюють до найближчого бІльшого значення із стандартного ряду:**

**(1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) · 10р ,** де р = 1, 0, -1, -2…

**Для цифрових приладів класи точності нормують відносною похибкою у вигляді c/d; числа c та d також нормують стандартними із вищенаведеного ряду.**

**Приклади округлення наведених похибок і нормування класів точнос-ті: γ = 0,016% → γкл = 0,02%, γ = 0,31% → γкл = 0,4%, γ = 1,1% → γкл = 1,5%**

Вочевидь, клас точності для повіреного міліамперметру буде нормуватись по γ3 іγ5 і становитиме **γкл** (гама класу) **= 0,05 %**  або **γкл = 5· 10-2 %.**

*Зазвичай, знак % при позначенні класів точності приладів не пишуть.*

**Приклад 3.** Визначити, який прилад забезпечить меньше значення макси-мальної основної відносної похибки при вимірюванні сили струму 14 мА.

1. Міліамперметр класу точності 1,0 з нижньою границею вимірювання -20 мА і верхньою + 20 мА та 2. Міліамперметр класу точності 1,5 з верхньою границею діапазону вимірювання 15 мА.

Iвим = 14 мА

1. Iнорм = 20 мА - (-20) мА = 40 мА

γкл = 1,0 %

1. Iнорм = 15 мА (якщо вказана тільки верхня границя, то нижня дорівнює 0)

γкл = 1,5 %

**Розв’язок**

Визначимо межі допустимих основних абсолютних похибок для двох приладів:





Обчислимо максимальні значення відносних похибок вимірювання:

$$δ\_{1}= \pm \frac{∆\_{1}}{І\_{вим}}100\% =\pm \frac{0,4мА}{14мА}100\% =\pm 2,85742..\% ≈\pm 2,86\%;$$



При вимірюванні сили струму 14 мА меньше значення похибки забезпе-чить міліамперметр класу 1,5.

Іноді виникає потреба визначити наведену похибку γ результату вимірю-вання при застосуванні засобу вимірювання, для якого нормована відносна похибка c/d. Для цього визначають абсолютні похибки на початку діапазону вимірювання і по всій шкалі діапазона:

1. $∆\_{"0"}= \frac{d}{100\%} X\_{норм}$ - абсолютна похибка на початку діапазону вимірю-вання (умовний “0”);
2. $∆\_{Х }\_{норм }= ∆\_{"0"} + \frac{с − d}{100\%} X\_{норм}$ - абсолютна похибка у всьому діапа-зоні вимірювання;
3. $γ = \frac{∆\_{Х }\_{норм }}{X\_{норм}}$100% .

**Задачі**

1. За результатами повірки амперметру з використанням потенціометра постійного струму **П** (рис. 1) визначити абсолютні, відносні та наведені похибки. Повіряємим точкам амперметра Iдійсi = 0; 0,2 А; 0,4 А; 0,6 А; 0,8 А; 1А відповідають значення струму, виміряні потенціометром, які дорівнюють:

Iвим i = 0,008 А; 0,192 А; 0,397 А; 0,589 А; 0,801 А; 0,999 А. Встановити можли-вий клас точності амперметра.

 **Rрег**

 **А**

 **Uживл I Rвз П**

Рис. 1. Схема повірки амперметру з потенціометром

1. Визначити абсолютну похибку результату вимірювання напруги вольт-метром з відносною похибкою 0,25/0,15, якщо отримали показання 12,55 В в діапазоні вимірювання від 0 до 20 В. Записати результат вимірювання.
2. Визначити відносну, абсолютну і наведену похибки результату вимірю-вання опору резистора за допомогою омметру і записати результат, якщо отри-мали показання 55,845 Ом в діапазоні від 0 до 100 Ом, а відносна похибка при-ладу вказана 0,2/0,25.
3. Визначити можливі показання двох вольтметрів: 1-й з діапазоном вимі-рювання від 0 до 250 В і класу точності 2,5, а 2-й з діапазоном вимірювання від -250 В до +250 В і класом точності 2,0/1,5 при вимірюванні напруги в мережі з номінальним значенням 220 В.