**Практичне заняття на тему:**

**Опосередковані (косвенные) однократні вимірювання**

**Опосередкованими** називають вимірювання, які здійснюють непрямим методом, за яким шукане значення фізичної величини визначають за результатами прямих вимірювань інших фізичних величин, які функціонально пов’язані із шуканою величиною.

**Методика розрахунку** стандартна (незалежно від роду ФВ):

1). Записати функціональну залежність (рівняння зв’язку) величини, що оцінюють опосередковано Z, та величин, які вимірюють прямо W, V, Z (методом безпосередньої оцінки, тобто значения величин, які входять до формули зв’язку, отримують за показаннями приладів)

Y = f (W, V, Z)

В загальному випадку одна або кілька величин-аргументів також можуть бути опосередкованими (тобто обрахованими за попередніми вимірюваннями) або бути фізичними сталими.

2). Визначити оцінку дійсного значення опосередкованої величини , підставив в формулу виміряні (обраховані) значення аргументів.

3). Визначити абсолютну похибку опосередкованої величини методом часткового диференціювання, при якому по частинам (по черзі) беруть похідні від функції по кожній прямо виміряній ФВ з урахуванням їх абсолютних похибок

де ∂ - символ часткової похідної.

4). Обрахувати (якщо вони невідомі) за метрологічними характеристиками приладів абсолютні похибки прямо виміряних ФВ

або .

де Хнорм - нормоване значення (діапазон вимірювання) засобу вимірювання для кожної прямо виміряної величини.

5). Визначити відносну похибку значення опосередкованої величини

.

**Приклад 1.**

Визначити максимальні значення абсолютної та відносної похибок вимірювання опору резистора за допомогою вольтметра і амперметра (рис.1), якщо показання вольтметра класу точності 1,0 з верхнею границею вимірювання 15 В дорівнює 10 В, а миллиамперметра класу точності 1,5 з верхнею границею вимірювання 150 мА склало 100 мА. Внутрішні опори приладів не враховувати.



Рис. 1 - Схема вимірювання падіння напруги на резисторі

**Розв’язок**

Функціональна залежність між прямими вимірюваннями напруги та сили струму і опосередкованою величиною - опором - визначається за законом Ома і має вид



Абсолютну похибку визначимо з урахуванням часткових похідних по кожній виміряній величині:



Межі абсолютних похибок кожної прямо виміряної величини з урахуванням метрологічних характеристик вимірювальних приладів будуть:





Тоді межі максимальної абсолютної похибки опору



а межі відносної похибки опору

****

***Якщо потрібно визначити межі похибок (максимальні значення), то значення похибок прямо виміряних величин враховують за модулем (тобто т. ч., щоб отримати найбільше значення з можливих).***

***Якщо потрібно знайти найбільш вірогідне значение похибки, то абсолютні похибки прямо виміряних величин підсумовують алгебраїчно (з урахуванням знаків). Тобто***



**Приклад 2.**

Для визначення електричної потужності, яка виділяється в активному опорі, були виміряні: напруга вольтметром класу 1,5 з межею діапазону вимірювання 150 В, відлік 120 В і значення опору навантаження 20 Ом за допомогою одинарного мосту з відносною похибкою ± 0,2%. Визначити значення потужності на опорі і максимальні значення її абсолютної та відносної похибок.

V: γкл = 1,5 1) Визначимо оцінку дійсного значення опосередкованої Uнорм = 150 В величини

Uвим = 120 В = =

міст: δм = ± 0,2% 2) Обрахуємо абсолютну похибку шуканої величини

Rн = 20 Ом

Р - ? ΔР - ? δР-?  2UΔU + U2 (-ΔR

1. Визначимо абсолютні похибки напруги та опору:

3.1) Абсолютну похибку напруги визначимо за метрологічними характе-ристиками вольтметра

3.2) Абсолютну похибку опору навантаження визначимо за характерис-тикою вимірювального одинарного мосту

Тепер підставимо дані в 2) і знайдемо максимальне значення абсолютної похибки опосередкованої величини

2UΔU + U2 (-ΔR = ±(

1. Обрахуємо максимальне значення відносної похибки потужності

Запишемо результат вимірювання у вигляді P = Pвим ± ΔР, δР

Р = 720,0 Вт ± 28,4 Вт, δР = ±4%.

**Ускладнемо задачу. Припустимо, що вольтметр має внутрішній опір, який дорівнює 30,00 кОм ± 0,05 кОм.**

Внутрішній опір вольтметра (який призведе до виникнення методичної похибки систематичного характеру) має бути врахований як опір, який пара-лельно підключений до опору навантаження. Рекомендовано накреслити схему.

Тоді оцінка дійсного значення потужності буде

Обрахуємоабсолютну похибку опосередкованої величини - потужності

а) максимальну похибку:

б) вірогідну похибку:

ΔР = ±(27,018 - 0,0192 - 37,8) = ±10,8012 Вт ≈ ±10,8 Вт

Відносна похибка: δмакс = ±(64,84 Вт / 720,48 Вт) 100% = ± 8,999% ≈ ±9%,

δвір = ±(10,8 Вт / 720,48 Вт) 100% = ± 1,499% ≈ ±1,5%.

Запишемо результат вимірювання у вигляді P = Pвим ± ΔР, δР

Рмакс = 720,5 Вт ± 64,8 Вт, δР = ±9%,

Рвір = 720,5 Вт ± 10,8 Вт, δР = ±1,5%.

**Приклад 3.**

Визначити результат вимірювання напруги **Uх** на участку кола ***ав*** (рис. 2), який складається з послідовно поєднаних міліамперметра **мА,** резистора **R** та стабілітрона **VD**, а також абсолютну і відносну похибки результату вимірюван-ня. Відомі параметри кола:

а) міліамперметр **мА** класу точності **0,5** з межею вимірювання **15 мА** і внутрішнім опором **RА  = (1,80 ± 0,03) Ом**, **Iвим = 12 мА**;

б) опір резистора **R** **= (150 ± 1) Ом**;

в) стабілітрон **VD** з напругою стабілізації **Uст****= (9,50 ± 0,02) В.**

**RА**  **R VD**

***а*** **мА *в***

**Uх**

Рис. 2.

**Розв’язок**

1). Запишемо функціональну залежність: Uх = I (RА + R) + Uст.

Визначимо оцінку дійсного значення напруги на участку *ав:*

Uх = Iвим (RА + R) + Uст  = 12·10-3 А (1,8 + 150) Ом + 9,5 В = 11,3216 В ≈ 11,3 В

2). Визначимо абсолютну похибку опосередкованої величини

3). Визначимо абсолютні похибки величин-аргументів

а абсолютні похибки інших аргументів відомі:

Тоді межі абсолютної похибки напруги

4). Відносна похибка буде

.

Запишемо результат вимірювання: Uх = (11,32 ± 0,03) В, = ± 0,3 %.