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%.

Приклади

Приклад 1. Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювання напруги акумулятора за допомогою вольтметру, якщо виміряне значення складає 14,3 В, а номінальне значення є 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, обто 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 за допомогою калібратора сили струму і взірце-вого амперметру отримали такі результати вимірювань: -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 виміряними 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 та 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%

Спочатку визначимо нормоване значення повіряємого амперметру; це - діапазон вимірювання, який обмежений верхньою та нижньою границями приладу: 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 точності:

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 максимальної основної відносної похибки при вимірюванні сили струму 14 мА. №1 - міліамперметр класу точності 1,0 з нижньою границею -20 мА і верхньою + 20 мА або №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:

 та 

Обчислимо максимальні значення відносних похибок вимірювання:

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



Як бачимо, при вимірюванні сили струму 14 мА меньше значення похибки забезпечить міліамперметр класу 1,5.

Іноді виникає потреба визначити наведену похибку γ результату вимірювання 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 вимірювання (умовний “0”);
2. $∆\_{Х }\_{норм }= ∆\_{"0"} + \frac{с - d}{100\%} X\_{норм}$ - абсолютна похибка у всьому діапазоні вимірювання;
3. $γ = \frac{∆\_{Х }\_{норм }}{X\_{норм}}$100% .

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №1

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Определить значение абсолютной и относительной погрешностей результата измерения напряжения, а также относительную погрешность квантования, если показание цифрового вольтметра 7,784 В, его класс точности 0,01/0,05 и предел измерения 10 В.

Задача 2. При поверке меры сопротивления – катушки сопротивления, номинальное сопротивление которой 10000 Ом, с помощью моста постоянного тока получено значение Rx = 9998,85 Ом. Погрешность моста оценивается по формуле: δх = ± (0,02 + 0,05/Rх), %. Определить значение абсолютной погрешность результата измерения сопротивления, относительную погрешность меры и класс её точности.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №2

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Имеются два цифровых вольтметра с одинаковым диапазоном измерения 0 … 10 В: вольтметр V1 класса 0,2/0,1; вольтметр V2 класса 0,25. Определить, какой из приборов обеспечит более высокую точность измеряемого напряжения порядка 5,5 В.

Задача 2. Сопротивление резистора измеряли с помощью моста постоянного тока. Измеренное значение оказалось 2486,5 Ом. Основная относительная погрешность измерения не превышает значений, определяемых по формуле: δ = ± (0,05 + 0,3/Rх), %, где Rх - измеренное сопротивление, Ом. Определить наибольшую абсолютную погрешность измерения сопротивления.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №3

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. При поверке рабочего вольтметра получены значения Vх  - поверяемого и V0 - эталонного вольтметров. Оценить максимальные значения абсолютной, относительной погрешностей и класс точности вольтметра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Vх , В | 0 |  | 10 |  | 20 |  | 30 |  | 40 |  | 50 |
| V0, В | -0,05 |  | 9,95 |  | 20,01 |  | 30,03 |  | 40,05 |  | 50,12 |
| Δ, В |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ, % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Задача 2. Мостом переменного тока в нормальных условиях измерена ёмкость конденсатора: Сх = 32 пФ. Основная относительная погрешность измерения мостом определяется по формуле: δ = ± (0,5 + 1,0/Сх), %, где Сх - измеренное значение ёмкости в пФ. Определить абсолютную погрешность измерения ёмкости.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №4

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Измерено напряжение вольтметром класса точности 0,2/0,15 с пределом 0… 250 В, показание вольтметра составило 228,55 В. Определить абсолютную и относительную погрешности измеренного значения напряжения.

Задача 2. Напряжение на источнике ЭДС измерено потенциометром ППТВ-1 с максимальным значением 1,2 В. Основная относительная погрешность потенциометра определяется по формуле: δ = ± (300 + 4·Uном/Uх)·10-4, %, где Uх – измеренное значение, В, а показание составило 1,08215 В. Определить абсолютную погрешность измеренного значения.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №5

Прізвище, ініціали Дата написання

 Задача 1. При измерении значения однозначной меры индуктивности с номинальным значением 100 мГн на индикаторе измерителя отметили значение 102,1 мГн. Определить значения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей результата измерения, а также поправку меры, если пределы шкалы 0,1…300 мГн и основная относительная погрешность определяется по формуле: δ = ± (0,1 + 5/Lх), %, где Lх – измеренное значение индуктивности в мкГн.

Задача 2. Определить основные (абсолютную и относительную) погрешности измерения напряжения, если измеренное значение составило 195,4 В на пределе 0…500 В, а класс точности вольтметра 2,0.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №6

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Напряжение источника питания измеряется одновременно двумя приборами: цифровым вольтметром (показание – 1,315 В) и потенциометром (показание – 1,324277 В). Определить погрешности измерения напряжения источника питания для каждого случая, если приборы имеют следующие характеристики: вольтметр класса 0,1/0,1 с пределом измерения 1,6 В, а потенциометр класса 0,005 с пределом основной допускаемой погрешности, определяемой по формуле: Δ = ± (50·Ux + 0,04)·10-6 В. Сделать вывод о качестве измерений (какой прибор точнее).

Задача 2. С помощью моста переменного тока измерено значение тангенса угла потерь бумажного конденсатора: tgδхизм = 0,00083. Основная максимальная абсо-лютная погрешность измерения тангенса угла потерь определяется по формуле: Δtgδх = ± (0,051·tgδХ + 0,2·10-4). Определить значения максимальных абсолютной и относительной погрешностей измерения tgδх.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №7

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Определить абсолютную и относительную погрешности результата измерения напряжения вольтметром с диапазоном измерения 0…5 В и классом точности 0,15/0,05. Измеренное значение равно 0,5255 В.

Задача 2. Оценить значение абсолютной и относительной погрешностей измерения частоты цифровым частотомером, если показание 9290,16 Гц, предел измерения 10 кГц, время измерения Т0 = 10 с, а погрешность меры А = 2·10-6. Максимальная относительная погрешность частотомера определяется формулой: δ = ± (А + (1/Т0)fизм).

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №8

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Определить предельные значения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей результата измерения напряжения цифровым вольтметром класса 0,5/0,25, если отсчет показаний 1,428 В на пределе измерения 0,05 … 1,60 В.

Задача 2. С помощью моста переменного тока получено значение индуктивности катушки Lх = 25,3 мГн. Предел основной относительной погрешности моста не превышает: δ = ± (0,5 + 3/Lх), %, где Lх - измеренное значение, мкГн. Определить значение наибольшей основной абсолютной погрешности индуктивности.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №9

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. При измерении силы тока с помощью многопредельного вольтметра с диапазоном от -100 до +100 делений показание составило -65 делений. Определить измеренные значения напряжения и выбрать диапазон прибора, в котором необходимо провести измерение, чтобы измеренное значение было определено с наименьшей погрешностью: 1-й диапазон с пределами -10…+10 В и γкл = 1,0; 2-й диапазон с пределами - 20…0…+20 В и γкл = 1,5.

Задача 2. Измерение сопротивления номинального значения 1,2 кОм выполнили с помощью одинарного моста постоянного тока класса 1,0 при нормальных условиях. Результат измерения составил 1182 Ом. Определить основные абсолютную и относительную погрешности результата измерения, если относительная погрешность моста определяется по формуле:

δ = ± (1 + 2/Rх), %, где Rх – результат измерения в Ом.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №10

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. Оценить погрешность результата измерения силы тока цифровым амперметром класса 0,05/0,15 на пределе 10 мА, если показание 7,8906 мА.

Задача 2. Классы точности двух вольтметров одинаковы и равны 1,5, а верхние пределы измерения различны: первого – 50 В, а второго – 30 В. Определить соотношение, при котором будут находиться наибольшие значения абсолютных погрешностей результатов измерений, полученных с помощью этих вольтметров.

Контрольна робота №1 з дисципліни

«Основи метрології та стандартизації»

Студента(-ки) \_\_\_ гр. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_. Варіант №11

Прізвище, ініціали Дата написання

Задача 1. При поверке рабочего амперметра получены значения поверяемого (Iх) иэталонного (I0) амперметров. Оценить максимальные значения абсолютной, относительной погрешностей и класс точности амперметра.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Iх , A | 0 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |
| I0, A | +0,05 | 0,98 | 1,45 | 1,93 | 2,45 | 3,02 | 3,53 | 4,05 | 4,56 | 5,08 |
| Δ, A |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| δ, % |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Задача 2. Измерено напряжение цифровым вольтметром класса точности 0,25/0,15 с пределом 0… 300 В, показание вольтметра составило 75,12 В. Определить абсолютную и относительную погрешности результата измерения.