**ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

Лабораторна робота №6

Дослідження характеристик та параметрів цифрового тахометра.

З`ясувати принцип дії фотоелектонного датчика; експериментальне дослідження номінальних статичних характеристик та параметрів датчиків фотоелектронного датчика;розрахунок похибок вимірювань фотоелектричного датчика;знайомство з фізичним змістом інших параметрів датчика згідно паспортних даних.

6.1. Засоби вимірювань

Метрологія – наука про виміри, методи та засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності.

1. Вимірювання – знаходження чисельного значення фізичної величини, що вимірюється, досвідченим шляхом за допомогою засобів вимірювань.

За способом отримання результату, що є метою будь-якого виміру, виміри поділяються на прямі, непрямі сукупні та спільні.

Прямі виміри – це виміри, у яких шукане значення вимірюваної величини перебуває безпосередньо з дослідних даних, т. е. порівнянням її з одиницею фізичної величини чи показаннями вимірювальних приладів, градуйованих у цих одиницях. До прямих відноситься переважна більшість вимірювань, що застосовуються на практиці.

Непрямі виміри – це виміри, у яких шукане значення вимірюваної величини перебуває на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірам.

Сукупні виміри – це одночасно виміри кількох однойменних величин, у яких шукане значення вимірюваної величини шляхом розв'язання системи рівнянь, одержуваної при прямих вимірах різних поєднань цих величин.

Сумісні виміри – це одночасні виміри кількох не однойменних величин з метою знаходження залежності між ними.

Вимірювання проводяться різними методами, під якими мається на увазі сукупність прийомів, принципів та засобів вимірювання. У практичній діяльності застосовується безліч різних методів вимірювання з розвитком науки і техніки кількість їх все збільшується. Для прямих вимірів, наприклад, застосовують кілька основних методів:

• метод безпосередньої оцінки, коли значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за показаннями вимірювального приладу, наприклад термометра, манометра та ін;

• різницевий або диференціальний метод, коли вимірювана величина визначається шляхом вимірювання різниці між вимірюваною та відомою величинами, наприклад, при порівнянні вимірюваної міри довжини зі зразковою на компараторі;

• нульовий метод, коли вимірювану величину порівнюють із відомою величиною, підбираючи її так, щоб різниця між ними дорівнювала нулю (прикладом може бути зважування на рівноплечих вагах з використанням набору гирь);

• метод збігу, коли використовується збіг позначок шкал або періодичних сигналів, з цього принципу побудований, наприклад, косинус штангенциркуля для вимірювання розмірів деталей.

2. Засоби вимірів - технічні засоби (або їх комплекс), що використовуються при вимірах та мають нормовані метрологічні характеристики. У тому числі і область вимірювань і межі вимірювань, клас точності або межі похибки, що допускається, градуювання, калібрування, поправки.

За характером участі у процесі вимірювання та конструктивного виконання засобу вимірювання можна розділити на: заходи, вимірювальні перетворювачі, вимірювальні прилади, вимірювальні установки, вимірювальні системи.

Мірами називаються засоби вимірювань, призначені для відтворення та (або) зберігання певної фізичної величини заданого значення розміру. Прикладом їх є гирі для вимірювання маси, плоскопаралельні кінцеві заходи (плитки), мірні кружки та ін. Сюди ж відносяться калібри, шаблони та подібні до них безшкальні вимірювальні інструменти.

Розрізняють заходи: однозначні (гиря 1 кг, калібр, конденсатор постійної ємності; багатозначні (масштабна лінійка, конденсатор змінної ємності, мірна кружка з кількома відмітками тощо); набори мір (набір ваг, набір калібрів). Порівняння з за допомогою спеціальних технічних засобів - компараторів (ваги важеля, вимірювальний міст і т.д.)

Вимірювальні перетворювачі (ВП) - ЗВ, що служать для перетворення вимірюваної величини в іншу величину або сигнал вимірювальної інформації, зручний для обробки, зберігання, подальших перетворень.

Вимірювальними приладами є засоби вимірювання, призначені для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі доступної для безпосереднього сприйняття спостерігачем.

Їх можна розділити на такі основні групи: прилади, що показують, що відраховують показання за шкалою в цифровій системі; реєструючі прилади, що записують показання або друкують їх у цифровій формі; самописні прилади, що записують показання у вигляді діаграм; аналогові прилади, що вимірюють безперервні функції; регулюючі вимірювальні прилади, що застосовуються у пристроях автоматики; прилади порівняння, що дозволяють порівнювати вимірювану величину з певною мірою; інтегруючі прилади, що підсумовують вимірювання (лічильники електричної енергії, водоміри та ін.).

Вимірювальна установка (ВУ) – сукупність функціонально об'єднаних заходів, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів та інших пристроїв, призначених для вимірювання однієї або кількох фізичних величин та розташованих в одному місці. Вимірювальну установку, призначену для випробувань будь-яких виробів, іноді називають випробувальним стендом.

Вимірювальна система (ВС) – сукупність функціонально об'єднаних заходів, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів, ЕОМ та інших технічних засобів, розміщених у різних точках контрольованого простору з метою вимірювання однієї або кількох фізичних величин, властивих цьому простору. Прикладом може бути радіонавігаційна система визначення місцезнаходження судів, що з низки вимірювальних комплексів, рознесених у просторі значну відстань друг від друга. До сучасних ЗС належать автоматизовані вимірювальні системи (АВС), інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), вимірювально-обчислювальні комплекси (ВОК).

Засоби вимірювань можна класифікувати за основними видами вимірювань, до яких відносяться, наприклад, лінійні, кутові, просторові вимірювання маси, об'єму, щільності, сили, швидкості, прискорення, часу, теплотехнічні, електричні, магнітні, радіотехнічні, акустичні, оптичні випромінювань, що іонізують, визначення складу та фізико-механічних властивостей матеріалів.

За роллю та метрологічним призначенням всі ЗВ поділяються на два види: зразкові засоби вимірювань (ЗЗВ), або еталони, та робочі засоби вимірювань (РЗВ).

При цьому зразкові мають підвищену точність і призначені для відтворення та зберігання одиниць вимірювань або для перевірки та градуювання інших вимірювальних засобів, що мають меншу точність, а робітники використовуються для практичних вимірювань.

Робочі ЗВ (РЗВ) призначені щодо технічних вимірів. За умовами застосування вони можуть бути: 1) лабораторними, які використовуються при наукових дослідженнях, проектуванні технічних пристроїв, медичних вимірах; 2) виробничими, які використовуються контролю характеристик технологічних процесів, контролю якості готової продукції , відпустки товарів; 3) польовими, що використовуються безпосередньо при експлуатації таких технічних пристроїв, як літаки, автомобілі, річкові та морські судна та ін.

Зразкові ЗВ (ЗЗВ) розрізняють за ступенем зменшення точності: на зразки, зразкові заходи та вимірювальні прилади обмеженої точності. Вищою ланкою в метрологічної ланцюга передачі розмірів одиниць вимірів є зразки, які є відтворення і зберігання одиниць вимірів відповідно до їх визначенням.

Еталони можна поділити на три основні види: первинні, вторинні та робочі. Первинні зразки мають найвищу точність, досяжну при цьому стані вимірювальної техніки, і є матеріальною основою всієї державної системи забезпечення єдності вимірів.

Під точністю вимірювального засобу розуміється ступінь достовірності результату вимірювань: вона характеризується допустимою похибкою вимірювання у відсотках, яка встановлена для вимірювального засобу.

Вимірювальні прилади розрізняються за класами точності, які вибирають із низки цифр 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0, що означає допустиму похибку вимірювання у відсотках.

Позначення класу точності засобами вимірів. На циферблати, щитки, корпуси засобів вимірювань наносяться умовні позначення класу точності, що включають числа, великі літери латинського алфавіту або римські цифри з додаванням знаків, зазначених у табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Приклади позначення класу точності засобів вимірів.

|  |
| --- |
| Позначення класу точності |
| В документації | На засобі вимірювань |
| Клас точності 1,5 | 1,5 |
| Клас точності 0,5 | 0,5 |
|  |  |
| Клас точності 0,5 | 0,5 |
| Клас точності 0,02/0,01 | 0,02/0,01 |
| Клас точності М | М |
| Клас точності С | С |

Для засобів вимірювань з суттєво нерівномірною шкалою додатково можуть бути зазначені межі основної відносної похибки, що допускається, для частини шкали, що лежить в межах, відзначених спеціальними знаками (наприклад, точками або трикутниками). До значення межі допускається відносної похибки додається знак %, і всі позначення поміщаються в гурток, наприклад, 10%. Цей знак не є позначенням класу точності. На високоточні заходи або засоби вимірювань, а також засоби вимірювань, для яких встановлені особливі зовнішні ознаки, що залежать від класу точності, наприклад на гирі шестигранної або паралелепіпедної форми, клас точності може бути не нанесений.

6.2. Чутливість

У метрології термін "чутливість" відноситься до властивості вимірювального приладу реагувати на зміну величини, яку він вимірює. Чутливість вимірювального приладу визначається як співвідношення зміни вимірюваної величини до зміни відповідної вимірювальної величини, яку відображає показання приладу.

Наприклад, якщо термометр має чутливість 0,1 градуса Цельсія, то зміна температури на 0,1 градуса Цельсія призведе до зміни показання термометра на одиницю. Чим вища чутливість приладу, тим точніші вимірювання він здійснює.

Однак, важливо зазначити, що чутливість приладу не є єдиним показником його точності і не повинна розглядатися самостійно від інших параметрів, таких як довірчі інтервали, роздільна здатність, довготривала стабільність, шум і т.д.

Чутливість – це відношення зміни вихідної величини до вхідної, визначаємо її за формулою 2.1:

 $S\_{i}=\frac{n}{F\_{i}} .$ (6.1)

Середнє значення чутливості вимірювального приладу визначається як середнє арифметичне значення чутливості за всіма можливими значеннями вимірюваної величини в межах діапазону вимірювання приладу.

Наприклад, якщо вимірювальний прилад має діапазон вимірювання від 0 до 100 і має рівномірну чутливість від 0 до 1, то середня чутливість приладу буде:

(1-0)/(100-0) = 0.01

Тобто, середня чутливість цього приладу становить 0,01 одиниці на одиницю вимірювання.

Визначаємо середнє значення чутливості за формулою 6.2:

 $S\_{сер}=\frac{\sum\_{}^{}S\_{i}}{N} .$ (6.2)

Абсолютна похибка - це різниця між вимірюваною значенням і справжньою (або теоретичною) значеннями вимірюваної величини.

Формально, абсолютна похибка обчислюється як:

абсолютна похибка = |вимірювана величина - справжня (теоретична) величина|

Наприклад, якщо справжня температура повітря дорівнює 20 градусів Цельсія, а виміряна температура за допомогою термометра дорівнює 22 градусам Цельсія, то абсолютна похибка буде:

абсолютна похибка = |22 - 20| = 2 градуси Цельсія.

Таким чином, абсолютна похибка дає ідею про те, наскільки далеко вимірювання знаходиться від справжнього значення. Проте, сама абсолютна похибка не дає інформації про те, наскільки "важливою" є ця похибка в контексті конкретного вимірювання. Для цього часто використовують інші показники, наприклад, відносну похибку або інші характеристики точності вимірювального приладу. Для знаходження абсолютної похибки прибору

 $∆U\_{n}=\frac{30\*γ}{100\%}=0,15$, $γ=0,5$,В. (6.3)

∆$F\_{1}=0,15\*S\_{сер}$

$∆F\_{2}=\frac{K\_{F}\*N\_{F}}{100\%}$ , де $N\_{F}=1,5-клас точності$

$$F\_{\sum\_{}^{}}=\sqrt{F\_{1}^{2}+F\_{2}^{2}}$$

6.3 Відносна похибка

Відносна похибка - це показник точності вимірювання, який визначається як відношення абсолютної похибки (тобто різниці між виміряною і справжньою значеннями вимірюваної величини) до справжнього значення вимірюваної величини.

Формально, відносна похибка обчислюється за наступною формулою:

Відносна похибка дає змогу порівняти точність різних вимірювальних приладів при вимірі однієї і тієї ж величини. Вона також вказує на те, наскільки значущою є похибка в конкретному випадку, оскільки вона відноситься до розміру вимірюваної величини.

Зазвичай, чим менша відносна похибка, тим точніше вимірювальний прилад. Однак, потрібно також брати до уваги і інші фактори, які можуть впливати на точність вимірювань, такі як стабільність датчика, нелінійність приладу та деякі інші параметри. Відносна похибка – це відношення похибки вимірювання до значення вимірюваної величини за формулою 6.4:

 $δ\_{\sum\_{}^{}}=\frac{∆F\_{\sum\_{}^{}}}{F\_{вимір}}$ \*100% (6.4)

6.2.5 Знаходимо приведену похибку.

Приведена похибка - це показник точності вимірювання, який використовується для порівняння різних вимірювальних приладів, що мають різну точність вимірювання. Цей показник відображає похибку, яка спостерігається в середньому при вимірюванні однієї й тієї ж величини приладами з різною точністю.

Формально, приведена похибка визначається як відношення абсолютної похибки вимірювання до значення показника точності приладу, який відображає його точність відносно повної шкали.

Зазвичай, прилади мають деякий рівень точності, вказаний на шкалі приладу. Цей рівень точності виражається у відсотках від повної шкали і може бути визначений, наприклад, як 1%, 0,1%, 0,01% тощо. Чим менший рівень точності, тим більша шкала приладу та, відповідно, менша точність вимірювань.

Приведена похибка дає змогу порівнювати точність різних приладів, що мають різний рівень точності вимірювань. Наприклад, якщо прилад має точність 0,1% від повної шкали, то його приведена похибка буде меншою, ніж у прилада з точністю 1% від повної шкали.

Отже, при порівнянні приладів з різними рівнями точності вимірювань, приведена похибка є корисним інструментом для визначення найбільш точного приладу, який може виконувати необхідні вимірювання.

Приведена похибка – це відношення похибки вимірювання до граничного значення величини за формулою 6.5:

 $γ\_{\sum\_{}^{}}=\frac{∆}{N\_{F}}\*F\_{\sum\_{}^{}}100\%$ (6.5)

Хід роботи:

6.2.1 Зібрати установку , що показана на рис.6.1.



Рис.6.1. Структурна схема лабораторної установки

6.1.2 Фіксуючи 9 значень вхідної напруги, занести покази в табл.6.1.

6.1.3 Виписати точнісні параметри прикладів.

6.1.4 Побудувати статичні характеристики цифрового тахометра.

6.1.5 За отриманими даними визначити чутливості датчиків, занести покази в табл.6.2.

6.1.6 Розрахувати сумарні (арифметичні, алгебраїчні та середньоквадратичні) похибки вимірюваннь.

6.1.7 Розрахувати приведені та відносні похибки вимірювань.

6.1.8 Визначити пороги чутливості, роздільні здатності, робочі та динамічні (повні) діапазони вимірювань та варіації показів цифрового тахометра.

6.1.9 Отримані результати вимірювань та розрахунків занести у табл.6.3.

6.1.10 Оцінити похибки вимірювань отриманих результатів.

6.1.11 Зробити висновки по роботі.

Контрольні питання

1.Перелічити основні характеристики та параметри цифрового тахометра.

2.Пояснити принцип дії цифрового тахометра.

|  |
| --- |
| Варіант 1-5 |
| F,Гц | 1900 | 8791 | 9871 | 10305 | 11355 | 10504 | 9681 | 8350 | 1742 |
| n,об/хв | 1517 | 5015 | 5617 | 6930 | 7227 | 6887 | 6496 | 5540 | 1357 |
| Варіант 6-10 |
| F,Гц | 2553 | 11837 | 13272 | 13918 | 15258 | 14111 | 13007 | 11258 | 2340 |
| n,об/хв | 2038 | 6744 | 7543 | 9310 | 9729 | 9258 | 8723 | 7455 | 1827 |
| Варіант 11-15 |
| F,Гц | 4221 | 19541 | 21894 | 22986 | 25143 | 23312 | 21481 | 18566 | 3866 |
| n,об/хв | 3367 | 11135 | 12463 | 15394 | 16048 | 15271 | 14403 | 12307 | 3012 |
| Варіант 16-20 |
| F,Гц | 4485 | 20769 | 23265 | 24364 | 26709 | 24767 | 22803 | 19724 | 4108 |
| n,об/хв | 3575 | 11811 | 13246 | 16331 | 17031 | 16224 | 15285 | 13064 | 3199 |