

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

Лекція 11

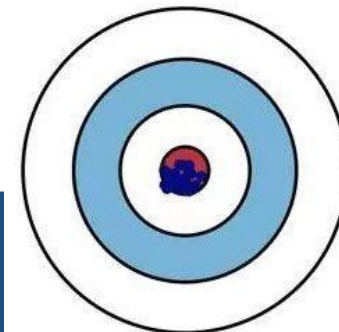
Тема: Систематичні похибки



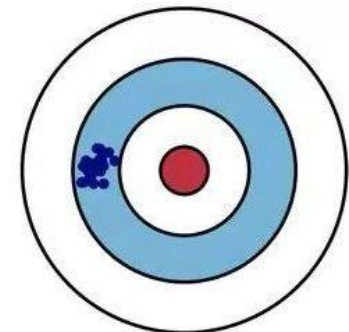
Лекція 11

Тема: Систематичні похибки

1. Загальні відомості про систематичні похибки.
2. Інструментальні похибки.
3. Похибки, що виникають в результаті неправильної установки засобів вимірювань.
4. Похибки, що виникають в результаті зовнішніх впливів.



normal



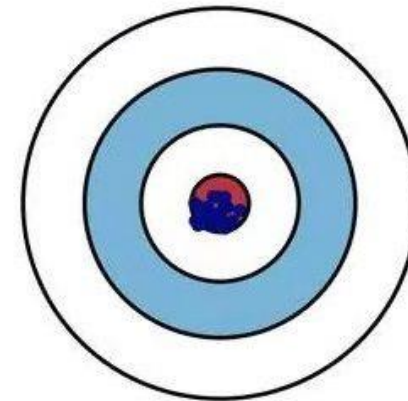
systematic error

1. Загальні відомості про систематичні похибки

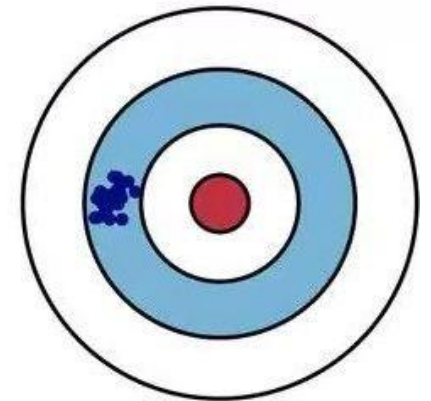
Систематичні похибки при повторних вимірах залишаються постійними або змінюються за певним законом. Вони не залежать від числа вимірів. Спотворення, внесені ними в результаті вимірювань, піддаються виключенню або обліку. Систематичні похибки в більшості випадків можуть бути визначені шляхом експерименту. Іноді їх можна обчислити на основі характеристик вимірювальних приладів, які використовуються для вимірювань. І в тому, і в іншому випадку шляхом внесення поправки отриманий результат покращують, тобто, наближають до істинного значення вимірюваної величини. Поправку можна внести шляхом вирахування з результату вимірювання систематичної похибки, множення на поправочний коефіцієнт.

Істинне значення вимірюваної величини визначають в три етапи:

- 1) проводять вимірювання, результат якого свідомо містить систематичну похибку;
- 2) визначають систематичну похибку;
- 3) вносять в результат вимірювання поправку.



normal



systematic error

В ряді випадків систематична похибка може бути виключена в процесі вимірювання. Такий експериментальний шлях виключення систематичної похибки може прискорити процес знаходження виправленого значення вимірюваної величини і дасть можливість отримати його, навіть якщо визначення значення систематичної похибки важке або неможливе. Не рідко, коли на результат вимірювання впливають кілька явищ, кожне з яких визиває свою систематичну похибку, доводиться виключати кожен похибку окремо. Іноді ж вплив різних за своєю природою систематичних похибок на результат вимірювання співпадає по формі та умовами їх прояви. У цьому випадку операції по виключенню різних похибок можна поєднати.

У кожному новому методі вимірювання можлива поява нових, невідомих до цього систематичних похибок, які вимагають ретельного вивчення і розробки прийомів виключення їх впливу на результат вимірювання. Таке вивчення нового методу вимірювання з метою виявлення систематичних похибок слід вважати обов'язковим навіть тоді, коли передбачається, що ці похибки відсутні або занадто малі. Іншими словами, відсутність тих або інших систематичних похибок або те, що вони занадто малі, необхідно довести і показати. Не слід забувати, що залишилася непоміченою систематична похибка небезпечніше випадкової. Якщо випадкові похибки визначають достовірність результату, то систематичні похибки стійко його спотворюють. Історія метрологічних робіт знає багато випадків, коли для виявлення систематичних похибок проводилися трудомісткі, іноді триваючі місяцями роботи, які, в кінцевому підсумку, виявляли практичну відсутність шуканих систематичних похибок. Такий результат завжди оцінюється позитивно, так як він звільняє від необхідності шукати шляхи виключення даного виду похибок, від необхідності ускладнювати вимірювання операціями по їх вилученню при подальшому застосуванні нового методу.

Так, в процесі виготовлення еталона міжнародного ома (1909-1914 рр.) Було потрібно визначити з великою точністю кривизну каналів шести скляних трубок. В результаті довгої і трудомісткої роботи було визначено, що найбільший поправочний коефіцієнт на кривизну для однієї трубки не перевищує $1,000002$. Для інших трубок він виявився ще менше. Ці значення поправок були набагато менше допустимих і ними можна було знехтувати.

Групи систематичних похибок, які відрізняються одна від одної причинами виникнення:

- інструментальні похибки;
- похибки в результаті неправильної установки вимірювального пристрою;
- похибки, що виникають внаслідок зовнішніх впливів;
- похибки методу вимірювання (теоретичні похибки);
- суб'єктивні похибки.



2. Інструментальні похибки

Інструментальними називають похибки, причина яких полягає у властивостях застосування засобів вимірювань. Ці властивості можуть викликати похибки різного характеру.

Рівноплечі ваги не можуть бути ідеально рівноплечими. У вагах для точного зважування завжди виявляється деяка нерівноплечність, повністю усунути яку шляхом регулювання не вдається.

Вимірювальних трансформаторів притаманні похибки коефіцієнта трансформації і так звані кутові похибки (Похибки кута зсуву фаз між первинними і вторинними струмами або напругами). Причиною цих похибок являють втрати енергії в матеріалі сердечника трансформатора.

Шляхом підбору матеріалу, а також конструктивними прийомами можна знизити ці похибки, проте повністю усунути їх неможливо.



Інструментальні похибки, що властиві даної конструкції

1. Одним з характерних джерел похибок виду, що розглядаються, властиві багатьом засобам вимірювань. Засоби вимірювань, які мають рухомі частини є деяка свобода переміщення цих частин, крім руху, відповідного принципу дії пристрою. *Залежно від конструкції вузла, в якому виникає така свобода переміщення, а також від традицій тій чи іншій галузі приладобудування говорять про наявність «люфта», «зазору», «мертвого», «вільного» або «холостого ходу».*
2. *Ще однією причиною інструментальних похибок є тертя в зчленуваннях рухомих деталей приладів.* Так, в засобах вимірювань, в яких при вимірюванні доводиться обертати або переміщати окремі деталі (наприклад, в мікрометрах), велике тертя ускладнює правильну установку обертається деталі і може привести до виникнення через мірно великого або надмірно малого тиску на вимірюваний об'єкта.

Інструментальні похибки, які є наслідком недосконалості або неправильності технології виготовлення засобів вимірювань

Всім засобам вимірювань, які мають шкалу, в більшій або меншій мірі властиві похибки, що виникли в результаті неточності нанесення відміток шкали, так звані похибки градуювання.

Таким чином, можливість появи інструментальних похибок в результаті градуювання дуже значна. Приймаються заходи до того, щоб похибки градуювання були менше похибок, що допускаються для даного засобу вимірювань, проте в якийсь степені вони все ж залишаються. Їх негативний вплив стає особливо помітно в процесі експлуатації засобів вимірювань, коли зростають інші похибки, наприклад, внаслідок зносу деталей, старіння матеріалу, погіршення регулювання. Тоді сумарна похибка може вийти за допустимі межі раніше терміну природного зносу.

Останнім часом прагнуть виготовляти друковані шкали (типографським, фотографічним і іншими способами) не тільки для засобів вимірювань масового випуску, але і для більш точних. В цьому випадку при конструюванні передбачають способи регулювання засобів виміральної техніки, що дозволяють «підігнати» їх показання до шкали. Зрозуміло, і при цьому способи неминучі градуювані похибки.



Інструментальні похибки, які є наслідком зносу, старіння або несправності засобів вимірювань

Знос і старіння матеріалів можуть бути причиною появи похибок, що мають деякі характерні особливості. так, цілком очевидно, що засоби вимірювання зношуються безперервно і поступово в процесі експлуатації зі швидкістю, залежної від інтенсивності експлуатації. Отже і похибки, що з'являються в результаті зносу, як правило, зростають поступово. Однак це зростання відбувається настільки повільно, що в певний відрізок часу ми можемо приймати похибки, які є наслідком зносу, постійними і навіть користуватися відповідними поправками. Тільки тоді, коли ці похибки досягнуто встановленої межі, подальше застосування даного засобу вимірювань вважається неприпустимим.

Типовим прикладом у цьому відношенні є гирі. Їх знос завжди йде в одному напрямку - поступово зменшується їх маса. Характер зносу гир змушує виготовляти їх з додатковим запасом ваги. . Маса нової гирі завжди більше номінальної в межах, що допускаються для даного класу гир.



Кілька інакше йде справа зі старінням. під старінням розуміють зміна будь-яких властивостей матеріалу з плином часу, а іноді н в залежності від умов застосування або зберігання.

Процес старіння може протікати по-різному. Старіння може привести до втрати будь-яких властивостей, які мають значення для засоби вимірювань, або до поступової їх стабілізації.

Одним із характерних прикладів старіння другого виду є старіння манганіну. Манганін - це сплав міді, марганцю, нікелю і деяких інших компонентів, що додаються іноді в невеликих кількостях.

В особливо відповідальних випадках готовий виріб витримують роками без застосування - до повної **стабілізації його властивостей**, наприклад, котушки опору вищої точності. Під час витримки ведуться періодичні спостереження за зміною їх супротиву. Як бачимо, в даному випадку процес старіння обернений процесу зносу з часом якість і надійність вимірюваного пристрою поліпшуються.

Деформацію або корозію деталей вимірювального механізму, що не припиняють, але змінюють характер взаємодії окремих на його частин. Часто несправність вимірювального пристрою є наслідком його перевантаження.

Перевантаження - механічна, електрична, теплова або будь-яка інша - може викликати стійке «залишкове» зміна в матеріалі або в механізмі засобів вимірювань і стати причиною появи або зміни систематичної похибки.



3. Похибки, що виникають в результаті неправильної установки засобів вимірювання

Правильність показань ряду засобів вимірювань залежить від положення їх рухомих частин по відношенню до нерухомих. До них відносяться всі засоби вимірювань, принцип дії яких в тій чи іншій мірі пов'язаний з механічним рівновагою. Відхилення такого засобу вимірювань від правильного положення може призвести до прямого або непрямого спотворення його показань.

Розглянемо в якості одного з прикладів рівноплечі ваги. Як відомо, коромисло таких ваг в середній своїй частині має призму, одне з ребер якої опирається на опору (подушку), укріплену на станині. При правильному положенні ваг між ребром призми і поверхнею подушки утворюється лінія торкання, точніше ряд точок дотику, розташованих на одній лінії. Ця лінія є віссю гойдання рухомої частини ваг (Коромисла з чашками і іншими деталями). Деякий нахил станини ваг в площині гойдання рухомої частини буде при чиною зміщення нульового (початкового) положення стрілки. Однак зміна напрямку нахилу станини в ту чи іншу сторону від площині гойдання коромисла порушить і точність, і стійкість показань. Для наочності припустимо, що станина нахилена в напрямленні, перпендикулярному до площини гойдання. Неважко уявити собі, що ребро призми буде торкатися з подушкою не по всій лінії, а тільки в одній з крайніх точок ребра. Характер качання коромисла зміниться, воно буде невизначеним і може стати причиною неправильного зважування.

Показання багатьох засобів вимірювань можуть спотворюватися тільки при помітному на око нахилу ($5, 10^\circ$ і більше), тому вони не забезпечуються рівнем. На показання інших засобів вимірювальної техніки зміна положення їх в просторі не робить ніякого впливу. До їх числа відносяться, наприклад, мікрометри, штангенциркулі, більшість заходів і так далі.

4. Похибки, що виникають внаслідок зовнішніх впливів

Ці похибки є наслідком неврахованих зовнішніх впливів, Ці впливи не враховуються з різних причин: вслід недостатнього знання властивостей застосовуваної апаратури, внаслідок того, що джерело впливу величини є невідомий оператору. В інших випадках недооцінюються сили впливу відомих впливаючих величин. *Це можуть бути теплові і повітряні потоки, магнітні і електричні поля, зміни атмосферного тиску, занадто висока вологість повітря, вібрації, часто вже такі, що не відчуються людиною. Переешкоди можуть створюватися рентгенівськими апаратами, іонізуючими випромінюваннями і так далі.*

Вплив навколишньої температури. Навколишня температура може спотворити результати вимірювання і особливо при нерівномірно вимірному впливі на вимірювальні пристрої або на об'єкти виміру.

- Нерідко тепло буває причиною помилкових вимірів, якщо не враховувати, що тіло, перенесене в приміщення з іншого температур, не відразу приймає температуру навколишнього повітря.
- Процес зміни температури в металах, що в повітрі, був детально вивчений на кінцевих заходи довжини, які, як відомий, виготовляють зі сталі. Для заходів різних розмірів і різної точності встановлено чітко визначений час витримки, після якої можна проводити вимірювання. наприклад, міра 2-го розряду довжиною 100 мм повинен витримувати до вимірювання при даній температурі не менше 1,5 год.
- Неуважне ставлення до врахування впливу температури навколишнього повітря буває причиною помилок і у вимірі температури. Так, вплив температури навколишнього повітря на стовпчик ртуті в термометрі, який виступає над рівнем рідини, температуру якої вимірюють, настільки значний, що навіть при не дуже точних вимірах буває необхідно вносити поправку «на виступаючий стовпчик ртуті».

Вплив магнітних і електричних полів. Види магнітних полів дуже різноманітні - від постійного магнітного поля землі (яку порушували магнітними бурями) до змінного магнітного поля, створеного близько розташованими електричними установками і проводами.

- Вплив магнітного нуля на свідчення вимірювального пристрою залежить як від принципу дії і конструкції його, так і від напруженості магнітного поля. Особливо часто залишаються непоміченими магнітні поля, зроблені прихованими проводами, наприклад, розташованими за стіною. Іноді не звертають уваги і на магнітні поля, створювані малопотужними трансформаторами і реостатами циліндричної форми. Створюють магнітні поля і електровимірювальні прилади, які можуть надавати взаємний вплив, а також впливати і на показання інших вимірювальних приладів.
- Невірно було б вважати, що магнітні поля можуть змінювати показання тільки тих засобів вимірювань, дія яких зв'язана з магнітними і електромагнітними явищами. Магнітне поле може впливати на показання будь-якого засобу вимірювань, маючи рухливі частини з магнітного матеріалу (сталь, нікель). Це вплив може виразитися в намагнічуванні цих частин в відхиленні їх від нормального положення під дією стороннього магнітного поля, наприклад магнітного поля землі.
- Особливо помітний вплив електромагнітне поле надається показання засобів вимірювань в області високих частот. Але навіть при частоті 50 Гц при точних вимірах буває нелегко звільнитися від впливу сторонніх полів, а також від шкідливого впливу одних частин вимірювального ланцюга на інші. Перешкоди виникають в результаті впливу не тільки магнітних, по і електричних полів. При близькому розташуванні окремих частин ланцюга, приладів або проводів, що виконують різні функції, між ними виникає електричне поле, або, як частіше говорять, ємнісний зв'язок, яка також може спотворити результати вимірювань.

Вплив атмосферного тиску і вологості повітря. Атмосферний тиск діє на характер протікання багатьох фізичних явищ, які використовуються у вимірах.

- Наприклад, при більш або менш точних вимірах температури використовуються так звані постійні точки температурної шкали. Для відтворення точок використовують явища кипіння і затвердіння (або плавлення) ряду чистих хімічних елементів (Кисню, сірки, срібла, золота) і з'єднань (води). Відомо, що на початку кипіння, плавлення або затвердіння речовина приймає певну температуру, яка зберігається постійної до тих пір, поки речовина не перейде в іншу фазу (Газоподібну, рідку або тверду).
- Ця температура знаходиться у великій залежності від атмосферного тиску якщо точки затвердіння сірки, срібла і інших елементів не так вже й часто використовуються в повсякденній практиці, то точкою плавлення льоду користуються досить часто. Але так як багато при цьому не враховують дійсне атмосферний тиск (а також ряд інших факторів, що впливають), використання явища танення льоду в якості точки 0°C виявляється значно менш точним, ніж це передбачається.
- Вологість навколишнього повітря може виявитися причиною появи додаткових похибок, якщо це значення виходить за межі встановлених меж. Це вплив в ряді випадків пов'язано з гігроскопічністю матеріалів, що змінюють свої геометричні розміри, електричний опір або інші властивості.