**Лекція 1.**

**Вступ. Основні визначення. Предмет теорії точності вимірювальних систем.**

**План лекції:**

1. Вступ. Організаційні питання вивчення навчальної дисципліни «Основи теорії точності вимірювальних систем».

2. Предмет теорії точності вимірювальних систем.

3. Основні визначення. Характеристики засобів вимірювань.

4. Причини виникнення похибок.

**1. Вступ. Організаційні питання вивчення навчальної дисципліни «Основи теорії точності вимірювальних систем».**

*Вибіркові навчальні дисципліни як складова частина навчального плану за ОПП «Комп’ютеризовані ІВС».*

*Години на семестр.*

*Форма підсумкового контролю – залік.*

*Нарахування балів протягом семестру.*

***Теми лекцій:***

1-2. Вступ. Основні визначення. Предмет теорії точності вимірювальних систем. Вимоги за точністю у комп’ютеризованих ІВС.

3-4. Точність результатів вимірювань. Методи оцінки точності засобів вимірювань. Аналіз та синтез структури засобів вимірювань за точністю. Оптимізація динамічних характеристик засобів вимірювань.

5-6. Теоретичний опис, закони розподілу та класифікація похибок. Підрахунок сумарної похибки та її представлення. Невизначеність результатів вимірювань. Похибки схеми вимірювального пристрою. Коефіцієнт впливу похибок.

7-8. Методи підвищення точності вимірювань. Структурні методи. Комплексування вимірювальних каналів. Програмно-алгоритмічна обробка результатів вимірювань.

9-10. Точність представлення цифрових даних. Арифметичні операції та округлення результатів. Формати даних з фіксованою та плаваючою комою.

11-12. Перетворювачі вимірювальної інформації. Вибір та обґрунтування основних характеристик. Первинні вимірювальні перетворювачі. Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі інформації. Структурні схеми АЦП.

13-14. Обчислювальні похибки арифметичних операцій.

15-16. Обчислювальні похибки алгоритмів та типових блоків комп’ютеризованих ІВС.

**2. Предмет теорії точності вимірювальних систем.**

Вимірювальним пристроєм (ВП) називається засіб вимірювання, що представляє сукупність: первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків), що виробляють під дією величини, що подається на його вхід, сигнал вимірювальної інформації, проміжних вимірювальних перетворювачів, що передають і перетворюють цю інформацію, та вимірювального приладу , Що видає сигнал про кількісне значення величини у формі, доступної для безпосереднього сприйняття, обробки або зберіганн.

Різноманітність напрямів розгляду питань точності вимірювальних пристроїв, значною мірою визначальних похибка вимірювання, можна віднести до трьох стадій, схематично зазначеним на рис. П.1.

1. Забезпечення точності під час проектування ВП, у якому вирішується пряме чи зворотне завдання розрахунку точності:

Пряме завдання точності — синтез ВП, полягає в оптимізації схеми і параметрів ВП, точнісних вимог до окремих складових пристроїв, вузлів, деталей на основі заданої вихідної похибки ВП, що допускається. Реалізація цього завдання представляє великі труднощі, оскільки, виходячи зі службового призначення ВП та його сумарної вихідної похибки, слід вирішити питання про вибір оптимальної схеми ВП, про номінальні значення і допустимі відхилення параметрів великої кількості перетворювачів (наприклад, для механізмів - про розміри і про відхилення розмірів всіх ланок, похибки форми робочих поверхонь, про відступи у відносному розташуванні цих поверхонь і вимоги щодо відносного розташування цих поверхонь і вимоги до шорсткості). Пряме завдання зазвичай математично виражається одним рівнянням точності, що містить велику кількість невідомих, і вирішується або методом послідовних наближень, або шляхом накладання додаткових умов [II.6, 11.78]. З розвитком обчислювальної техніки це завдання вирішують за допомогою ЕВЦМ, коли оптимальні параметри пристрою знаходять, наприклад, методом статистичних випробувань, методом Монте-Карло, математичним моделюванням [II.55].

Зворотне завдання точності - аналіз ВП, полягає в розрахунку результативної (вихідної) точності ІУ на основі конструктивних креслень, що розробляються, і заданих точнісних вимог до окремих ланок пристрою. Це завдання вирішують значно простіше, оскільки воно зводиться до підсумовування впливу окремих складових похибок і до визначення загальної вихідної неточності, що виявляється при використанні ВП, що розраховується. Виходячи з такого розрахунку, можуть бути обґрунтовано сформульовані вимоги до точності ВП в цілому, на основі яких зазвичай виконують контрольно-приймальні випробування. Точнісний розрахунок допомагає доцільно відкоригувати вимоги до окремих складових пристроїв та вузлів приладу, виходячи з обліку впливу окремих похибок на сумарну (вихідну) похибку ВП. Можуть бути також вирішені питання про доцільність застосування методу групової або повної взаємозамінності, необхідність введення компенсаторів та їх число, про вибір ланок, що регулюються. При цьому з'ясовується найбільш раціональний спосіб регулювання пристрою, його чутливість та необхідні межі. Зворотне завдання також можна виконувати на ЕЦОМ.

Вивчення методів вирішення прямої та зворотної задачі розрахунку точності ІУ є предметом теорії точності ВП.

Інші аспекти вивчення точності ВП, що згадуються у схемі, показаній на малюнку (див. рис. 11.1), є об'єктами інших дисциплін.

2. Технологічний аспект вивчення питань точності ВП, що відноситься до сфери виробництва, в основному зводиться до двох напрямків:

1) розроблення технологічного процесу, що забезпечує задану точність ВП при дотриманні необхідної продуктивності та основних економічних показників, тобто до синтезування технології виготовлення ВП, та 2) до аналізу впливу різних технологічних факторів на похибки виготовлення окремих складових ІУ та до управління технологічними операціями обробки та складання, з метою досягнення оптимальної точності вузлів та частин ВП.

Ці питання предмет вивчення технологічних дисциплін.

3. Експлуатаційні питання точності ВП пов'язані із забезпеченням однаковості та вірності засобів вимірювання та об'єднують також два основні напрямки:

1) облік впливу похибок ВП та в цілому похибок вимірювання на результати контролю щодо неточностей сорту-

вання деталей за групами (придатних та бракованих або сортувальних груп), визначення величини переходу за кордон сортування, вибір точності ВП та встановлення звужених кордонів для приймального допуску;

2) аналіз впливу експлуатаційних факторів на похибки ВП та вимірювань або, наприклад, впливу зміни температури, напруги, електроживлення та ін.

Ці питання є основними для метрологічних дисциплін.

До експлуатаційних питань точності відносяться також проблеми підтримки єдності заходів та засобів вимірювання та їх перевірки.

Аналіз результатів перевірки різних ІУ проводиться або з метою оцінки основної та додаткової похибки ІУ, що є завданням атестації даного екземпляра вимірювального засобу або безлічі однотипних ІУ, або з метою виявлення складових похибок ІУ для ефективного зниження їх впливу на загальну вихідну похибку ІУ.

Методи атестації точності ІП та способи аналізу результатів перевірки ІУ (гармонічний, дисперсійний, кореляційний та інші види аналізів) зазвичай входять до розділів практичної метрології.

Слід також виділити деякі питання, які є спільними для розглянутих стадій створення приладу. До них належать питання компенсацій. Компенсація похибок, що можуть проявитися в процесі використання ІУ, ставить своїм завданням розробку методів і засобів зменшення або повного усунення систематичних вихідних похибок безлічі однотипних ІУ або конкретного екземпляра шляхом попереднього введення в пристрій компенсатора на основі аналізу результатів випробування приладу або поточних вихідних похибок ІУ, у процесі контролю шляхом адаптивної оперативної їх компенсації.

Наявність теоретичних основ точностного розрахунку та розкриття закономірностей у галузі забезпечення точності ІУ дають можливість вирішувати проблеми досягнення вихідної точності різних приладів та машин на основі інженерних розрахунків. Останні, у свою чергу, створюють умови найбільш економічного досягнення точності машин або, іншими словами, є одним із важливих засобів подальшого збільшення продуктивності праці. Таким чином, впровадження у практику приладобудування та машинобудування методів дослідження точності ІУ на стадії їх проектування та обробки дозволяє розкрити та мобілізувати величезні додаткові резерви в промисловості для підвищення якості машин, забезпечення стабільності їх експлуатаційних показників, подальшого збільшення продуктивності праці, скорочення трудомісткості та термінів освоєння. випуску нових машин та приладів.

**3. Основні визначення. Характеристики засобів вимірювань.**

1. Характеристика средства измерения, под которой понимается зависимость между значениями величин на выходе и входе сред¬ства измерения, т. е. функция, связывающая сигнал на выходе из¬мерительного устройства с вызывающим его сигналом на входе



2.

Для мініметра з ціною поділу с = 0,001 мм і довжиною поділу а = мм чутливість і лінійне передатне відношення

Для приладів, заснованих на механічному принципі дії замість поняття про чутливість застосовують зазвичай поняття про передатне відношення.

Передатне відношення (кутове) - відношення миттєвих кутових швидкостей або кутових переміщень веденого та провідного ланок механізму.

3. Чутливість вимірювального приладу — відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни зміни вимірюваної величини, що викликає його (ГОСТ 16263—70):

де А/ - Зміна сигналу на виході; Ах - зміна вимірюваної величини.

Для приладів, забезпечених шкалою, чутливість & визначається як відношення довжини поділу а шкали приладу до ціни поділу с. Наприклад, чутливість & манометричного приладу при ціні поділу з = 0,5 ат і довжині поділу а = 5 мм дорівнює 5/0,5 = 10 мм/ат.

Для шкальних приладів, призначених для лінійних вимірювань, поняття про чутливість збігається з поняттям лінійного передатного відношення, яке є безрозмірною величиною.

Для мініметра з ціною розподілу с = 0,001 мм і довжиною розподілу а = мм 

Лінійне передатне відношення - відношення миттєвих лінійних швидкостей або лінійних переміщень веденого і провідного ланок

4. Похибка перетворювача по виходу - різниця між значеннями величин на виході дійсного і відповідного теоретичного перетворювача при однакових значеннях на вході (рис. П.З, а)

Під дійсним перетворювачем розуміється реально виконаний перетворювач (датчик, прилад), який слідом за

5. Похибка зміни перетворювача по виходу - різниця зміни значень величин на виході дійсного та відповідного теоретичного перетворювача при однакових змінах на вході (див. рис. П.З, б).

6. Похибка по виходу - це різниця між значеннями величин на виході дійсного і теоретичного приладу, що виникає внаслідок неточності перетворювача та неточності вхідної величини (рис. II.3, в)

Отже, похибки в ІУ, мають менший коефіцієнт впливу, менш помітно діють похибка ІУ після виходу.

**4. Причини виникнення похибок.**

При проектуванні та виготовленні реально створювані ВП можуть значно відрізнятися від тих ідеальних прототипів, які найкраще вирішують поставлене завдання вимірювання. Ці відхилення можуть викликатися застосуванням спрощеної схеми приладу, похибками виготовлення або монтажу, впливом діючих сил, що викликають деформацію деталей і контактні деформації, опорами через тертя, зношування поверхонь і т. д.

Усі можливі похибки, які викликають неточності роботи ІУ, класифікують з основних причин, внаслідок яких вони виникають. Такий поділ дозволяє для кожної групи похибок застосовувати свої методи виявлення впливу цих неточностей на загальну похибку роботи ІУ, а також створювати прийоми усунення дії цих неточностей або зменшення їх впливу.

Тому доцільно розрізняти наступні п'ять груп похибок приладів, що встановлюються з урахуванням основних причин виникнення похибок:

1. Похибки схеми приладу.

2. Технологічні.

3. Динамічні.

4. Температурні.

5. Похибки, що змінюються у часі.

При розгляді похибки по виходу необхідно додатково враховувати шосту групу - похибка вхідних величин. Перша група похибок схеми об'єднує похибки, викликані застосуванням схеми ІУ, яка лише наближено здійснює задану характеристику, тобто зв'язок між функцією вихідного сигналу і функцією на вході перетворювача.

Технологічні похибки викликані неточністю у виготовленні чи монтажі елементів ІУ. Зазвичай усі технологічні похибки механічних приладів у свою чергу ділять на чотири групи:

2.1.1. Похибки розміру, тобто відхилення дійсних відстаней між елементами кінематичних пар та відхилення розмірів елементів пар від номінальних величин.

2.1.2. Похибки форми - відхилення форм робочих поверхонь кінематичних пар, які можуть розглядатися як комплексні похибки, наприклад нециліндричність, або поділятися на елементарні: овальність, огранювання, похибка профілю; конусоподібність, сідлоподібність, бочкоподібність; непрямолінійність, увігнутість, опуклість, вигнутість; неплощинність.

2.1.3. Похибки розташування - відхилення відносного становища робочих поверхонь ланок, які зазвичай поділяються на: непаралельність та перекіс; неперпендикулярність, неперетин; радіальне биття та неспіввісність; торцеве биття (непер-пендикулярність площини осі).

2.1.4. Шорсткість поверхні та хвилястість.

Технологічні похибки для електричних кіл відносять до наступних груп:

2.2.1. Похибки виготовлення: похибки опорів;

похибки ємностей; похибки індуктивності.

2.2.2. Похибки, пов'язані з монтажем: додаткові

опору або провідності, додаткові ємності, доповнення

ні індуктивності та взаємоіндуктивності.

Динамічні похибки (3-я група), виникнення яких викликано проявом інерційних сил, що у приладі. До них відносяться деформації, пов'язані з нежорсткістю деталей приладу, у тому числі контактні та пружні деформації, прояв сил тертя, вплив динамічних явищ, наприклад, ударно-коливального процесу, вібрацій, неврівноваженості.

Температурні похибки - це похибки, викликані зміною температурних умов роботи приладу, внаслідок яких змінюються реально діючі фізичні параметри і коефіцієнт впливу, через що виникає додаткова похибка.

Похибки, що змінюються в часі (5-я група), пов'язані зі зміною параметрів елементів приладів з плином часу. Сюди відносяться! зниження пружності, знос деталей і викликане цим зміна розмірів елементів кінематичних пар, втрата емісії електронними приладами, зміна опорів або ємностей. Багато з цих причин об'єднуються поняттям старіння, інші — зносом.

Проектоване ІУ повинно мати «запас точності», що забезпечує працездатність приладу після заданого терміну експлуатації. Наприклад, при прийманні ряду приладів на заводі-виготовлювачі передбачається запас точності 40-50% граничної похибки, тобто норми приймання посилюються в 1,6-2,0 рази в порівнянні зі стандартами.

У деяких випадках передбачаються дві норми точності: на приймання нового приладу і на похибку, що допускається, до кінця терміну експлуатації.