

Лекція № 1

Тема лекції: Вступ

План

1. Мета і задачі викладання дисципліни
2. Загальні відомості про метрологію, її розділи та функції
3. Метрологічне забезпечення вимірювань
 - 3.1 Мета та основні задачі метрологічного забезпечення
 - 3.2 Міжнародні організації зі стандартизації

Література

1. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / За ред. проф. Поліщука Є.С. – Львів: Видавництво «Бескит Біт», 2003. – 544 с.
2. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 205 с.

Зміст лекції

1.1. Мета і задачі викладання дисципліни

Основна мета вивчення дисципліни „Основи метрології та електричних вимірювань” – формування у студентів знань і вмінь проведення вимірювання електричних величин, принципів побудови та застосування приладів, метрологічних норм і правил.

Основні задачі дисципліни полягають у вивченні метрології як наукової основи сучасної вимірювальної техніки, похибок вимірювань та опрацювання результатів вимірювань, планування та організації вимірювального експерименту в електроенергетичних системах і комплексах, методів і засобів призначених для проведення вимірювання електричних величин у технологічних процесах авіаційного та трубопровідного транспорту, а також методики їх застосування.

1.2. Загальні відомості про метрологію, її розділи та функції

Метрологією (від грецьких *метрон* – міра і *логос* – учення) називають науку про вимірювання, методи й засоби забезпечення їх єдності та способи досягнення необхідної точності. Метрологія відрізняється від інших природничих наук тим, що її фундаментальні положення приймаються за угодами, а не диктуються об’єктивними закономірностями. Це підкреслює наявність так званої законодавчої метрології – частини метрології, що містить положення, правила, вимоги та норми, які регламентуються і контролюються державою для забезпечення єдності вимірювань.

1.3. Метрологічне забезпечення вимірювань

Метрологічне забезпечення – встановлення та застосування метрологічних норм і правил а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і необхідної точності вимірювань. Метрологічне забезпечення складається з наукової, законодавчої, технічної та організаційної основ.

Науковою основою метрологічного забезпечення є метрологія.

Законодавчою основою метрологічного забезпечення є Закони України, Декрети і постанови Кабінету Міністрів України, які спрямовані на забезпечення єдності вимірювань.

Лекція № 2

Тема лекції: **Фізичні величини та вимірювання**

План

- 2.1. Фізична величина
- 2.2. Види вимірювань
- 2.3. Методи вимірювань

Література

1. Основы метрологии и электрические измерения: Учеб. для вузов / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480с.

Зміст лекції

2.1. Фізична величина

Вихідним поняттям метрології є поняття про фізичну величину (ФВ). ФВ – властивість явища чи тіла, яка може бути розрізнена якісно і визначена кількісно. Формалізованим відображенням якісних відмінностей вимірюваних величин є їх *розмірність*, а кількісною характеристикою – їх *розмір*. Отримання достовірної кількісної експериментальної інформації про розмір ФВ – це основний зміст вимірювання.

2.2. Види вимірювань

Для класифікації вимірювань необхідно встановити їх найбільш суттєві ознаки. До найбільш суттєвих ознак різних вимірювань відносять (рис. 2.1):

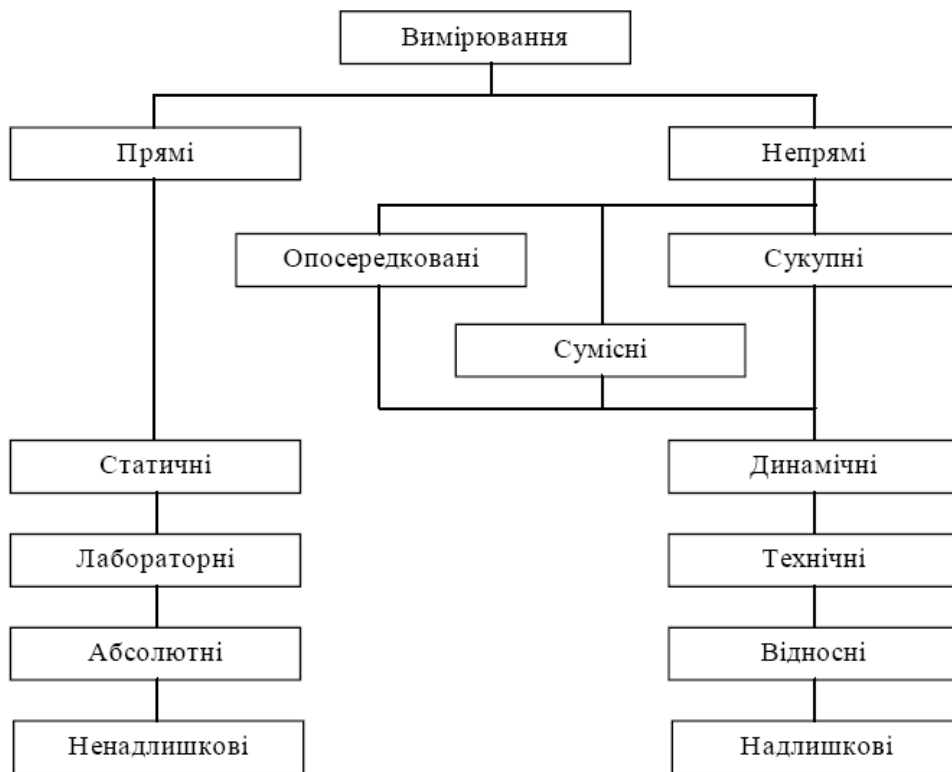


Рис. 2.1. Класифікація вимірювань

2.3. Методи вимірювань

Під методом вимірювань розуміють сукупність способів використання ЗВТ та принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Методи вимірювань поділяються на методи *одночасного* та *різночасного порівняння*. Методи різночасного порівняння часто називають методами безпосереднього оцінювання на цій підставі, що вони ґрунтуються на використанні вимірювальних приладів із заздалегідь проградуєваними в одиницях вимірюваної величини шкалами. Методи, засновані на одночасному порівнянні, об'єднані загальною назвою методів порівняння. До них належать згідно з ДСТУ2681-94: метод зіставлення, метод збігу, метод зрівноваження з регульованою мірою та диференційний метод.

Метод збігу (метод ноніуса) – це метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням вихідних величин двох багатозначних нерегульованих мір, з різними за значенням ступенями, нульові позначки яких зсунуті між собою на вимірювану величину. Прикладом такого методу вимірювань може бути вимірювання лінійного розміру (діаметра) за допомогою штангенциркуля з ноніусом (рис. 2.2). Основна шкала проградуєвана в міліметрах, а шкала ноніуса має 10 поділок по 1,8 мм. Тому порядковий номер поділки ноніуса, що збігається з будь-якою поділкою основної шкали, дає число десятих часток міліметра.

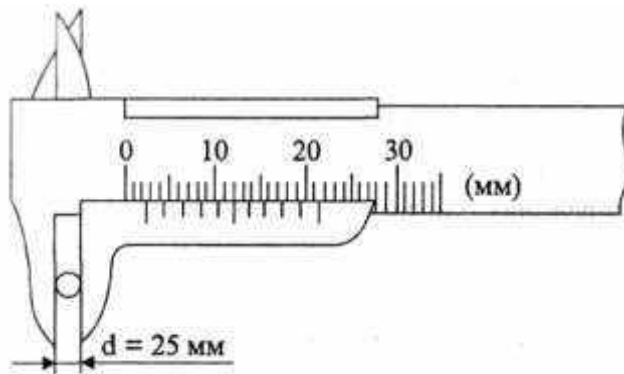


Рис. 2.2. Вимірювання за методом збігу {ноніуса}

Метод подвійного збігу (метод коінциденції, coincidence – збіг) – це метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням двох квантованих фізичних величин: вимірюваної та відтворюваної багатозначною нерегульованою мірою, наприклад, вимірювання інтервалу часу T_x з використанням послідовності періодичних імпульсів з відомим значенням їх періоду T_0 (рис. 2.3).

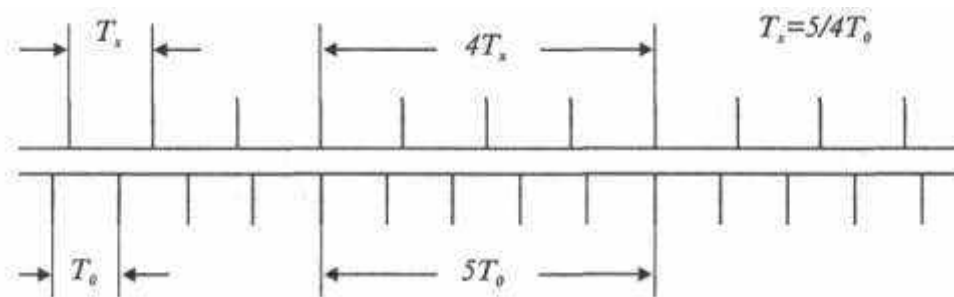


Рис. 2.3. Вимірювання за методом подвійного збігу

Метод зрівноваження з регульованою мірою (нульовий метод, null method of measurement) – це метод прямого вимірювання з багаторазовим порівнянням вимірюваної величини та величини, що відтворюється регульованою мірою до їх повного зрівноваження, як, наприклад, вимірювання електричної напруги компенсатором.

Лекція № 3

Тема лекції: **Засоби вимірювань**

План

- 3.1. Види засобів вимірювань
- 3.2. Вимірювальні сигнали
- 3.3. Метрологічні показники засобів вимірювань
- 3.4. Метрологічні характеристики засобів вимірювання
- 3.5. Класи точності засобів вимірювань
- 3.6. Метрологічна надійність засобів вимірювань

3.7. Метрологічна атестація засобів вимірювань

Література

1. Основы метрологии и электрические измерения: Учеб. для вузов / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480с.

Зміст лекції

3.1. Види засобів вимірювань

Засіб вимірювання – це технічний пристрій, який використовуються при вимірюваннях та має нормовані метрологічні властивості. За метрологічним призначенням засоби вимірювань поділяються на зразкові та робочі.

Зразкові призначені для перевірки по ним інших засобів вимірювань як робочих, так і зразкових менш високої точності.

Робочі засоби вимірювань призначені для вимірювання розмірів величин, необхідних в повсякденній діяльності людини. Суть поділу засобів вимірювань на зразкові та робочі полягає не в конструкції і не точності, а в їх призначенні. До засобів вимірювань відносять.

3.2. Вимірювальні сигнали

В межах єдиної вимірювальної системи інформація про значення фізичних величин передається від одного засобу вимірювання до іншого за допомогою сигналів. Найчастіше в якості сигналів використовуються:

- сигнали постійного рівня (постійні електричні струми та напруги, тиск стисненого повітря, світловий потік);
- синусоїдні сигнали (змінний електричний струм або напруга);
- послідовність прямокутних імпульсів (електричних або світлових).

3.3. Метрологічні показники засобів вимірювань

При виборі засобів вимірювань необхідно враховувати їх метрологічні характеристики:

1. Довжина поділки шкали – це відстань між серединами двох сусідніх відміток (штрихів, точок тощо) шкали.

2. Ціна поділки – це різниця значень величин, що відповідають двом сусіднім відміткам шкали.

3. Градувальна характеристика – залежність між значеннями величин на виході та вході засобу вимірювання.

4. Діапазон показів – область значень шкали, яка обмежена кінцевим та початковим значеннями шкали, тобто найбільшим та найменшим значеннями вимірюваної величини.

5. Діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, в межах якої нормовані допустимі межі похибки засобу вимірювання.

6. Чутливість приладу – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу до зміни вимірюваної величини.

7. Варіація (нестабільність) показів приладу – алгебраїчна різниця між найбільшим та найменшим результатами вимірювань при багатократному вимірюванні однієї і тої ж величини в незмінних умовах.

8. Стабільність засобу вимірювання – властивість, яка виражає незмінність в часі його метрологічних характеристик (показів).

3.4. Метрологічні характеристики засобів вимірювання

Усі засоби вимірювань незалежно від їх виконання мають ряд загальних властивостей, які необхідні для виконання ними функціонального призначення. Технічні характеристики, що описують ці властивості та вказують вплив на результати та похибки вимірювань, називаються метрологічними характеристиками засобів вимірювань.

Згідно ГОСТ 8.009-84 передбачена наступна номенклатура метрологічних характеристик:

3.5. Класи точності засобів вимірювань

Врахування всіх нормованих метрологічних характеристик засобів вимірювань є складною та трудомісткою процедурою. Тому на практиці, засоби вимірювань поділяють на класи точності, які дають їх узагальнену метрологічну характеристику. Вимоги до метрологічних характеристик встановлюються в стандартах на засоби вимірювань конкретного типу.

Класи точності присвоюються засобам вимірювань з врахуванням результатів державних приймальних випробовувань.

3.6. Метрологічна надійність засобів вимірювань

В процесі експлуатації будь-якого засобу вимірювання може виникнути несправність або поломка, яка називається відмовою.

Метрологічна надійність – це властивість засобів вимірювань зберігати встановлені значення метрологічних характеристик протягом визначеного часу в нормальних режимах та робочих умовах експлуатації. Вона характеризується інтенсивністю відмов, ймовірністю безвідмовної роботи та напрацюванням на відмову.

Інтенсивність відмов визначається виразом

$$\lambda = \frac{L}{N\Delta t},$$

де L – число відмов; N – число однотипних елементів; Δt – проміжок часу.

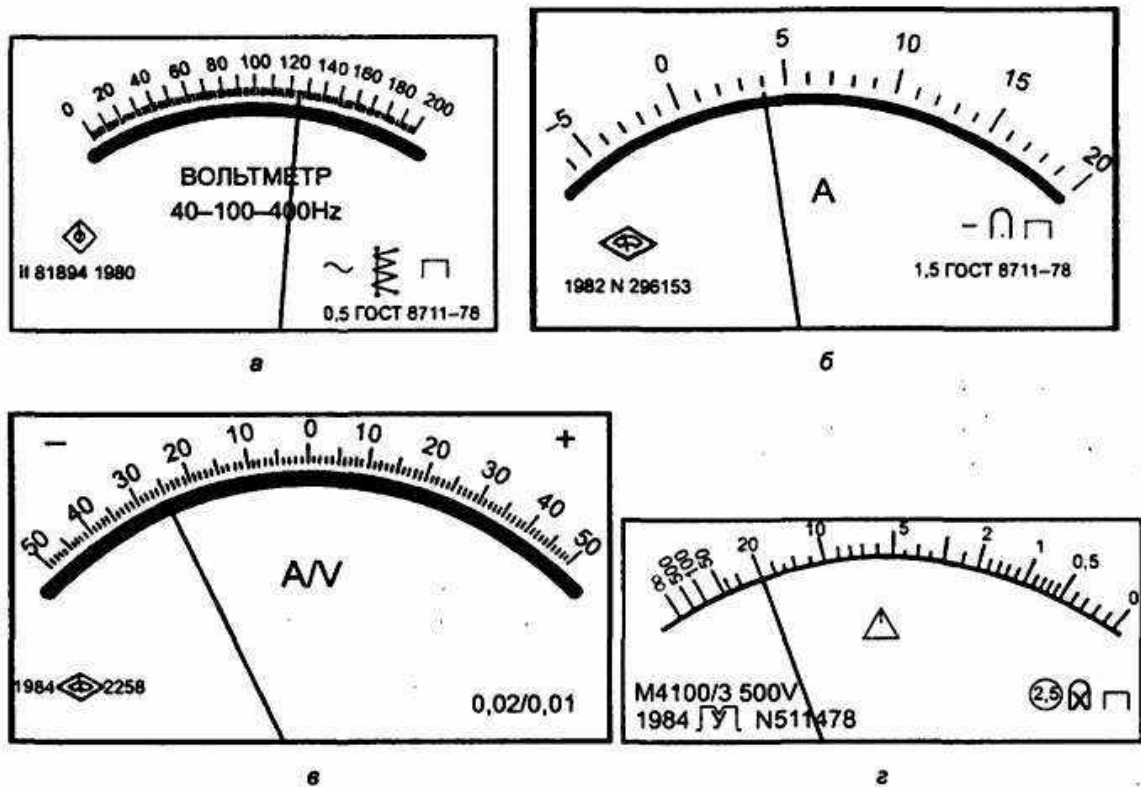


Рис. 3.2. Лицеві панелі приладів: а – вольтметра класу точності 0,5;
б – амперметра класу точності 1,5; в – амперметра класу точності 0,02/0,01;

г – мегомметра класу точності $\textcircled{2.5}$ з нерівномірною шкалою

3.7. Метрологічна атестація засобів вимірювань

Під метрологічною атестацією розуміють дослідження засобу вимірювання, яке виконується метрологічним органом з метою визначення його метрологічних властивостей та видачі відповідного документу з наведенням отриманих даних. За результатами метрологічної атестації засобу вимірювання приписуються визначені метрологічні характеристики, визначається можливість застосування його в якості зразкового або робочого засобу вимірювання. На сьогодні під метрологічною атестацією розуміють всестороннє дослідження зразкових або не стандартизованих засобів вимірювань, а також стандартних зразків складу та властивостей речовин і матеріалів.

Лекція № 4

Тема лекції: **Похибки вимірювань**

План

- 4.1. Характеристики якості вимірювань
- 4.2. Складові похибок вимірювань
- 4.3. Систематичні та випадкові похибки
- 4.4. Динамічні похибки

Література

1. Зюзько А.К., Сущенко О.А. Технологічні вимірювання і прилади: Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2007. – 176 с.
2. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / За ред. проф. Поліщука Є.С. – Львів: Видавництво «Бескіт Біт», 2003. – 544 с.

Зміст лекції

4.1. Характеристики якості вимірювань

Точність вимірювання. Кінцевою метою всякого вимірювання є знаходження результату вимірювання як оцінки істинного значення вимірюваної величини. Позитивною якісною ознакою вимірювання є точність вимірювання, що характеризує близькість результату до істинного значення. Чим ближче результат до істинного значення, тим точніше вимірювання і навпаки. Спеціального кількісного визначення точності не має.

Похибка результату вимірювання. Для кількісного оцінювання якості вимірювання застосовують негативну характеристику – похибку результату вимірювання як відхилення результату вимірювання x від істинного (справжнього) значення X вимірюваної величини.

$$\Delta = x - X .$$

Похибки вимірювань виникають внаслідок різноманітних причин (див. нижче класифікацію). На практиці визначають не точне значення похибки вимірювання, а оцінюють певні її характеристики, зокрема деякий інтервал, в якому вона може знаходитися. При цьому цей інтервал може бути з твердими (безумовними) границями, тобто ні за яких умов похибка вимірювання не вийде з цього інтервалу, або з м'якими (умовними, імовірнісними, довірчими чи вірогідними) границями – похибка вимірювання знаходиться в цьому інтервалі лише з певною ймовірністю. Кінцевою метою аналізу похибок вимірювань якраз є оцінювання границь, в яких знаходиться фактичне значення похибки.

4.2. Складові похибок вимірювань

Абсолютна і відносна похибки. Наведене вище означення похибки, як відхилення результату вимірювання x від істинного (справжнього) значення X вимірюваної величини, є означенням абсолютної похибки. Коли говорять "похибка вимірювання", то мають на увазі абсолютну похибку. Одиницею абсолютної похибки є одиниця вимірюваної величини.

При вимірюванні певної величини чи сукупності різних величин основними елементами вимірювального процесу виступають (рис. 4.1): об'єкт дослідження, зі своїми

властивостями – вимірюваними величинами, ЗВ, при взаємодії яких з об'єктом отримують вимірювальну інформацію.



Рис. 4.1. Елементи вимірювального процесу

4.3. Систематичні та випадкові похибки

Залежно від характеру поведінки в часі розрізняють похибки сталі (рис. 4.6, а) та змінні (рис. 4.6, б і в). У свою чергу змінні в часі похибки поділяють на регулярні та випадкові. *Систематичні похибки*. Сталі та регулярні змінні належать до систематичних похибок. Регулярність полягає в тому, що дослідженнями можна вивчити закономірності часової зміни похибки, і ця закономірність протягом майбутнього часу загалом зберігається і може бути використана при зменшенні впливу похибок. Серед регулярних виділяють прогресуючі (рис. 4.6, б) – які практично лінійно змінюються в часі (зростають чи спадають), періодичні, наприклад, що змінюються за гармонічним законом (рис. 4.6, в).

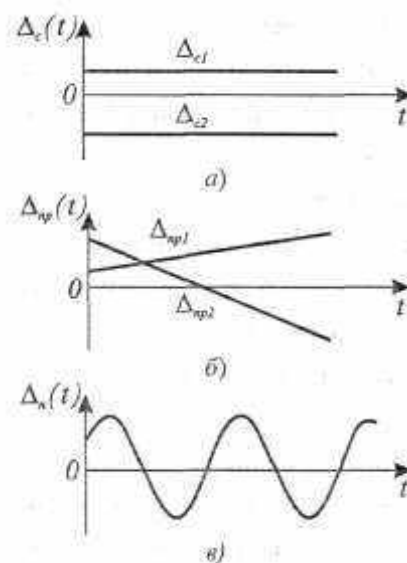


Рис. 4.6 Систематичні (а), прогресуючі (б) та періодичні (регулярні) (в) похибки

Найбільш небезпечними є сталі систематичні похибки, оскільки при вимірюваннях вони безпосередньо не проявляються, зокрема при повторних вимірюваннях показ приладу залишається незмінним. Такі похибки часто дуже важко виявити, а їх неврахування може суттєво спотворити результат вимірювання. Змінні похибки проявляються у зміні показів, тому їх значно легше виявити і врахувати.

Випадкові похибки. Це похибки, що змінюються в часі нерегулярно, непередбачувано (рис. 4.7), а їх майбутні значення можна прогнозувати лише з певною часткою ймовірності.

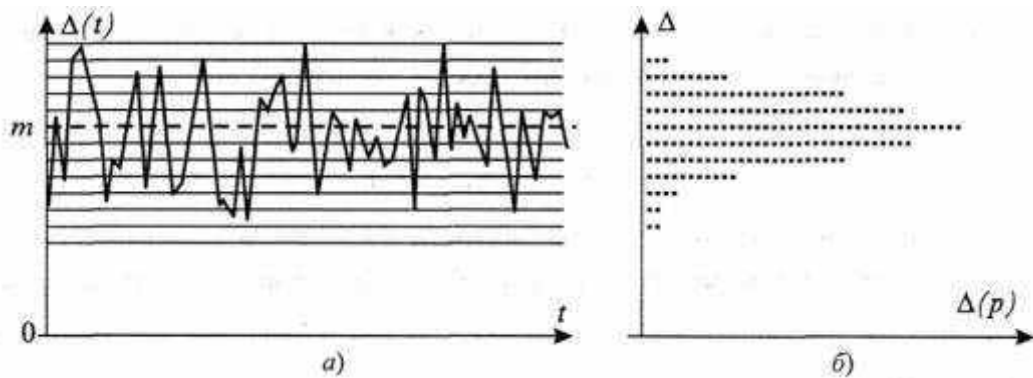


Рис. 4.7. Часова залежність випадкової похибки і аналог густини розподілу її значень

Основні характеристики випадкової похибки.

Лекція № 5

Тема лекції: **Опрацювання результатів вимірювання**

План

- 5.1. Основні етапи опрацювання результатів вимірювань
 - 5.1.1. Нехтування похибками та заокруглення похибок.
 - 5.1.2. Коригування систематичних похибок.
 - 5.1.3. Підсумовування систематичних похибок.
- 5.2. Опрацювання результатів прямих вимірювань
 - 5.2.1. Опрацювання результатів прямих одноразових вимірювань.
 - 5.2.2. Опрацювання результатів прямих багаторазових вимірювань. Зменшення впливу випадкових похибок.
- 5.3. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань

Література

1.Зюзько А.К., Сущенко О.А. Технологічні вимірювання і прилади: Навчальний посібник. – К.:НАУ, 2007. – 176 с.

Зміст лекції

5.1. Основні етапи опрацювання результатів вимірювань

Після проведених вимірювальних експериментів здійснюють опрацювання результатів первинних вимірювань (спостережень) для знаходження остаточного результату вимірювання. Під час опрацювання результатів розв'язують дві задачі:

1. Знаходять найкращу для вибраних методики і вимірювальних засобів, умов вимірювань та отриманих експериментальних даних оцінку значення вимірюваної величини.
2. Оцінюють характеристики точності вимірювання.

5.2. Опрацювання результатів прямих вимірювань

5.2.1. Опрацювання результатів прямих одноразових вимірювань.

З погляду опрацювання результатів спостережень, пряме вимірювання – це вимірювання однієї величини, в якому її значення отримують безпосередньо за показом відповідного приладу, без необхідних для знаходження значення вимірюваної величини додаткових обчислень. Приклади прямих вимірювань: вимірювання сили струму – амперметром, довжини – лінійкою, інтервалу часу – годинником, температури – термометром тощо.

5.3. Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань

Опрацювання результатів опосередкованих вимірювань з разовим вимірюванням аргументів. При опосередкованих вимірюваннях значення величини Y знаходять за результатами безпосередніх вимірювань величин X_1, X_2, \dots, X_n , які пов'язані з нею функційною залежністю

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n).$$

Прикладом опосередкованого вимірювання є визначення опору R_x споживача в режимі його роботи за результатами прямих вимірювань напруги U_V вольтметром,

струму I_A амперметром за законом Ома $R_x = \frac{U_V}{I_A}$.

Для записування результату вимірювання необхідно оцінити похибку його визначення.

Лекція № 6

Тема лекції: **Електромеханічні вимірювальні механізми та прилади**

План

- 6.1. Вимірювальні трансформатори
 - 6.1.1. Вимірювальні трансформатори струму.
 - 6.1.2. Вимірювальні трансформатори напруги.
 - 6.1.3. Вимірювальні трансформатори (трансформаторні перетворювачі) постійного струму.
- 6.2. Індуктивні дільники напруги та струму

6.3. Вимірювальні підсилювачі

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.
2. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

6.1. Вимірювальні трансформатори

Вимірювальними називаються трансформатори, призначені для масштабного перетворення із заданою точністю електричного струму чи напруги.

Конструктивно вимірювальний трансформатор струму (рис. 6.1), як і вимірювальний трансформатор напруги, складається з феромагнітного тороїдного осердя 1, первинної 5 та вторинної 6 обмоток. Осердя для частот приблизно до 100 кГц виконуються звичайно із стрічкового пермалою чи аморфного магнітного матеріалу завтовшки 0,01...0,35 мм. Для зняття механічних напружень, що виникають під час навівання тороїду (механічні напруження сильно впливають на властивості пермалою), готове осердя піддають термічній обробці – відпалу у вакуумній печі.

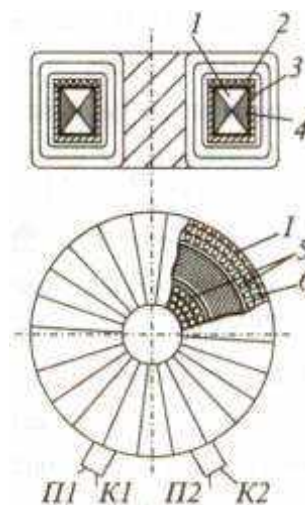


Рис. 6.1. Будова вимірювального трансформатора

Для захисту від можливих механічних навантажень при намотуванні обмоток осердя поміщають у захисний кожух 4 з неферомагнітного матеріалу (сплав алюмінію, пресматеріал), заповнюють простір між осердям та кожухом хімічно-нейтральним мастилом 3 та закривають неметалевою накривкою 2. Для частот понад 100 кГц використовують здебільшого феритові осердя.

6.1.2. Вимірювальні трансформатори напруги.

Конструктивно вимірювальні трансформатори напруги (ВТН) аналогічні до ВТС, однак мають свої особливості, що впливають з умов роботи. Вони працюють в режимі, близькому до неробочого ходу, оскільки до їх вторинних обмоток під'єднуються засоби вимірювальної техніки з порівняно великим електричним опором (вольтметри, кола напруги ватметрів, лічильників електричної енергії, фазометрів).

6.1.3. Вимірювальні трансформатори (трансформаторні перетворювачі) постійного струму.

Принципова схема перетворювача наведена на рис. 6.3. На два ідентичні осердя із феромагнітного матеріалу, який має значну магнітну проникливість і порівняно малу індукцію насичення (наприклад, з пермалою), намотані первинні та вторинні обмотки, кількість витків яких дорівнює, відповідно, w_1 та w_2 . Через первинні обмотки, намотані на обох осердях в однакових напрямках і з'єднаних послідовно, протікає вимірювальний постійний струм. Вторинні обмотки також з'єднані послідовно, але намотані в протилежних напрямках, живляться від джерела змінної напруги.

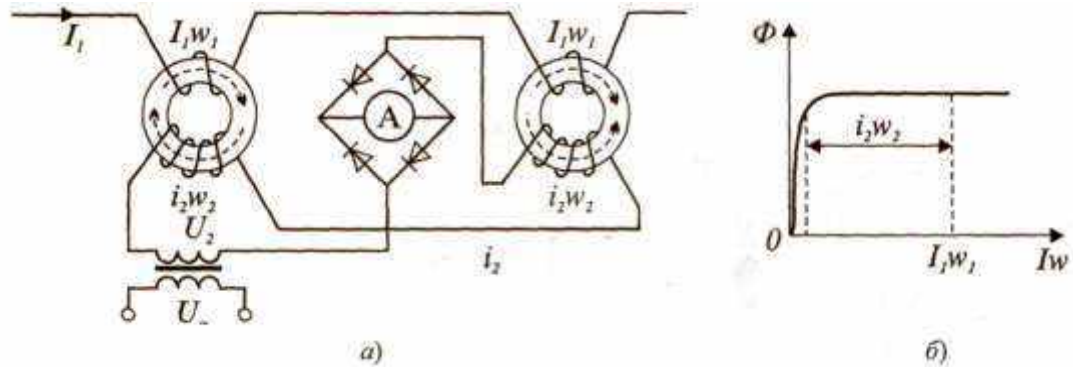


Рис. 6.3. До принципу дії трансформаторного перетворювача постійного струму

6.2. Індуктивні дільники напруги та струму

Індуктивний дільник напруги є масштабним електромагнітним перетворювачем, який служить для поділу із заданою точністю вхідної (вимірюваної) напруги. Індуктивний дільник струму можна вважати оберненим індуктивним дільником напруги. Принципові схеми індуктивних дільників напруги та струму наведені на рис. 6.4

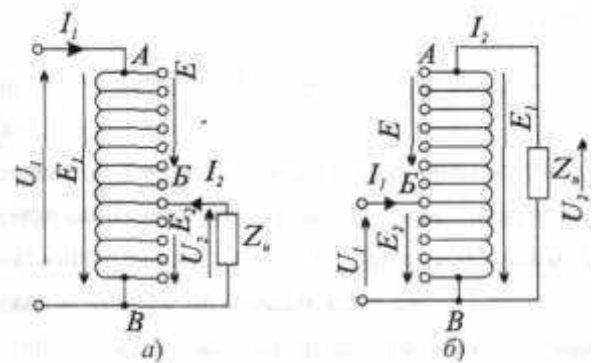


Рис. 6.4. Принципова схема індуктивних дільників напруги та струму

Лекція № 8

Тема лекції: Цифрові засоби вимірювальної техніки

План

- 8.1. Аналого-цифрові перетворення
- 8.2. Елементи цифрових вимірювальних приладів та цифро-аналогові перетворювачі
- 8.3. Цифрові вимірювальні пристрої

Література

1. Основы метрологии и электрические измерения: Учеб. для вузов / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480с.

Зміст лекції

8.1. Аналого-цифрові перетворення

Цифровий вимірювальний прилад – це прилад, у якому вхідний сигнал перетворюється в дискретний вихідний сигнал і подається в цифровій формі. Цифрові засоби вимірювальної техніки (рис. 8.1) в загальному випадку складаються із вхідного аналогового перетворювача АП вимірюваної величини X в електричну вихідну величину Y , аналого-цифрового перетворювача АЦП, обчислювального та керуючого пристрою ОКП, пристроїв відображення інформації ПВІ і стандартного інтерфейсу ІТФ, що і визначило їх основну роль у вимірювально-обчислювальних комплексах.

В аналого-цифровому перетворювачі здійснюються три базові операції над вхідною величиною: її часова дискретизація, квантування за рівнем і кодування отриманих квантових значень.

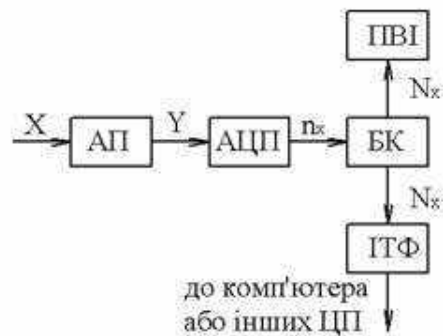


Рис. 8.1. Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу

Характеристики цифрових вимірювальних пристроїв залежать від покладеного в основу їх побудови методу аналого-цифрового перетворення. Аналого-цифрові перетворення класифікуються за схемою, яка подана на рис. 8.3.



Рис. 8.3. Класифікація аналого-цифрових перетворень

8.2 Елементи цифрових вимірювальних приладів та цифро-аналогові перетворювачі

Цифрові вимірювальні пристрої будують на основі специфічних для цифрової вимірювальної техніки елементів, функції яких у різних пристроях подібні. Це – ключі і логічні схеми, генератори, формувачі і лічильники імпульсів, модулятори, інтегратори, джерела опорної напруги, дискретні подільники, пристрої порівняння, дешифратори, індикаторні пристрої. В сучасних цифрових вимірювальних засобах всі функціональні елементи будуються на використанні інтегральних мікросхем.

Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) призначені для перетворення коду керування в напругу або струм. Використовуються ЦАП як вузли зворотного зв'язку АЦП та для формування вихідних сигналів цифрових вимірювальних і обчислювальних пристроїв.

8.3/ Цифрові вимірювальні пристрої

Структурна схема цифрового мультиметра, який призначений для вимірювання напруги постійного струму U_{\pm} , постійного струму I_{\pm} , напруги змінного струму U_{\sim} , змінного струму I_{\sim} , опору R , та інших фізичних величин X , перетворених у напругу постійного струму подана на рис.1.29. Вимірювані величини під'єднуються до окремих входів мультиметра U_{\pm} , I_{\pm} , U_{\sim} , I_{\sim} , R , ..., X , а вибір роду вимірюваної величини, а також її піддіапазону вимірювання здійснюється за допомогою перемикача ПРВ.

Лекція № 9

Тема лекції: **Вимірювання електричних та магнітних величин**

План

9.1. Загальні відомості

9.2. Магнітоелектричні вимірювальні механізми

9.3. Електромагнітні вимірювальні механізми

9.4. Електростатичні прилади

9.5. Індукційні вимірювальні механізми

9.9. Аналогові електронні прилади

9.7. Біметалеві амперметри

Література

1. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики. – М.: Высшая школа, 1983. – 408 с.

2. Асс Б.А., Антипов Е.Ф., Жукова Н.М. Детали авиационных приборов. – М.: Машиностроение, 1979. – 232 с.

Зміст лекції

9.1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Аналоговим називають прилад, в якому візуальний сигнал вимірювальної інформації подається за допомогою вказівника та шкали. Покази аналогового приладу є функцією вимірюваної величини.

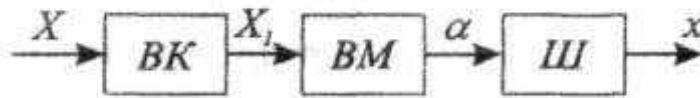


Рис. 9.1. Структурна схема приладу електромеханічної групи

Вимірювальне коло служить для перетворення вимірюваної електричної величини X (напруги, струму, потужності тощо) в деяку проміжну електричну величину X_1 (струм чи напруга), функціонально зв'язану з вимірюваною величиною і безпосередньо діючу на ВМ. Вимірювальний механізм, що складається з рухомої і нерухомої частин, призначений для перетворення електромагнітної енергії величини X_1 в механічну енергію, необхідну для переміщення рухомої частини.

9.2. МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ МЕХАНІЗМИ

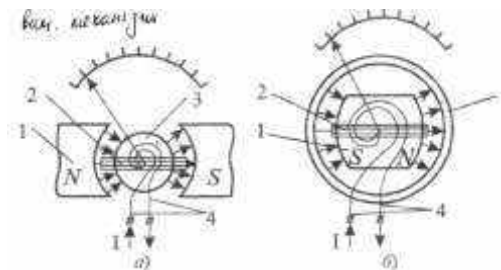


Рис.9.3. Магнітоелектричні вимірювальні механізми

Межі вимірювань випрямних приладів становлять від одиниць міліампер до одиниць ампер та від часток вольта до 1000 В в частотному діапазоні від 50 Гц до десятків кілогерц. Клас точності таких приладів не вищий від 0,5.

Рис. 9.7 пояснює принцип дії магнітоелектричного логометра.

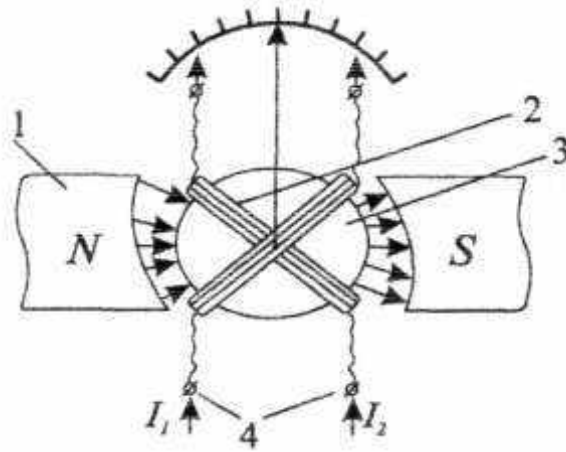


Рис. 9.7. Будова магнітоелектричного логометра

В неоднорідному магнітному полі (нерівномірний магнітний проміжок між постійним магнітом 1 та осердям 3) знаходяться дві закріплені під деяким кутом на спільній осі рамки, до яких через так звані безмоментні струмопідводи (струмопідводи з нехтовно малим протидійним моментом) підводяться струми I_1 та I_2 .

9.3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ МЕХАНІЗМИ

В основу принципу дії *електромагнітних вимірювальних механізмів* закладено правило, за яким на феромагнітне тіло в магнітному полі діє сила, пропорційна квадрату магнітної індукції. Магнітна індукція, в свою чергу, створюється струмом $i(t)$, що протікає через котушку вимірювального механізму, а отже, обертальний момент, що виникає, пропорційний $i^2(t)$.

Лекція № 10

Тема лекції: **Вимірювання електричного опору**

План

- 10.1. Вимірювання опору методами прямого перетворення
- 10.2. Мостовий метод вимірювання опору
- 10.3. Вимірювання опору за допомогою цифрового моста

Література

1. Основы метрологии и электрические измерения: Учеб. для вузов / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480с.
2. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.

Зміст лекції

Вимірювання електричного опору можна провадити де-кількома методами. Для технічних вимірювань використовують електровимірювальні прилади прямого

перетворення. Точні (метрологічні) виміри здійснюються за допомогою компенсаторів або мостів постійного струму.

10.1. Вимірювання опору методами прямого перетворення

У сучасній практиці доводиться вимірювати електричний опір в дуже широкому діапазоні – від наноом, наприклад, під час дослідження явищ надпровідності, до значень близько 10^{14} Ом і більше, наприклад, під час визначення характеристик ізоляційних матеріалів.

10.2. Мостовий метод вимірювання опору

Мостовий метод вимірювань застосовується для точних вимірювань опору в діапазоні від 10^{-8} до 10^{16} Ом. Одинарні мости з двозатискачевим під'єднанням вимірюваного опору (рис. 10.2) мають обмежені межі вимірювань.

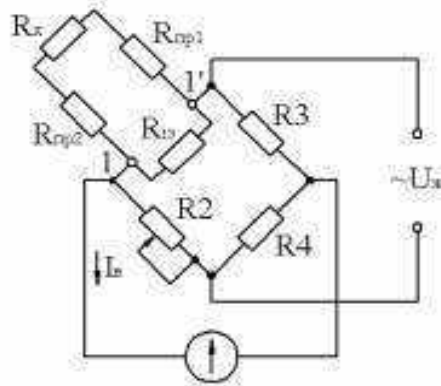


Рис. 10.2. Схема одинарного моста

10.3. Вимірювання опору за допомогою цифрового моста

У сучасних цифрових мостах забезпечується автоматичний вибір піддіапазонів вимірювання шляхом перемикання опорів R_{An} та R_{Bm} пліч відношення (рис.10.4).

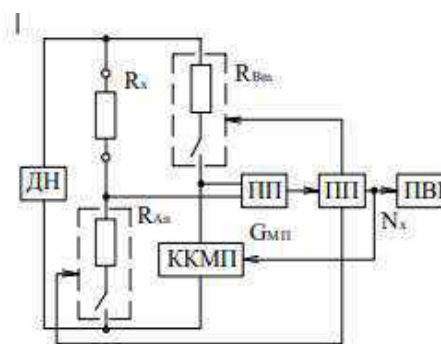


Рис. 10.4. Структурна схема цифрового моста

Для зменшення впливу залишкових параметрів комутаційних елементів і спрощення їх комутації, в цифрових мостах використовуються тільки кодо-керовані магазини провідності ККМП, які вмикаються в плече протилежне до вимірюваного опору.

Лекція № 11

Тема лекції: **Дистанційні системи передачі інформації**

План

- 11.1. Електричні аналогові перетворювачі
- 11.2. Пневматичні перетворювачі
- 11.3. Вимірювальні інформаційні системи
- 11.4. Телевимірювальні системи

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.
2. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

11.1. Електричні аналогові перетворювачі

З електричних аналогових перетворювачів, виконуваних за схемою компенсації переміщень для перетворення неелектричних величин в електричний вихідний сигнал і для передачі показань на відстань, найбільше застосування знайшли диференціально-трансформаторні, феродинамічні, сельсинні перетворювачі.

У диференціально-трансформаторних перетворювачах переміщення сердечника первинного приладу врівноважується відомим переміщенням сердечника вторинного приладу. Такі перетворювачі використовуються для вимірювання витрати, тиску, рівня й інших параметрів, значення яких можуть бути перетворені в переміщення сердечника котушки первинного приладу.

11.2. Пневматичні перетворювачі

У пневматичних перетворювачах основним елементом є перетворювач типу "сопло-заслінка" (рис. 11.3).

У трубку 1 невеликого діаметра безупинно надходить повітря під тиском P_0 і, пройшовши через дросель постійного перетину 2, виходить в атмосферу через дросель (сопло) 3. Перед дроселем 3 знаходиться заслінка 4. Якщо змінити зазор ΔX між соплом і заслінкою, то тиск повітря P_1 у міждросельному просторі буде також змінюватись, а саме: збільшуватись з наближенням заслінки до сопла і зменшуватись при віддаленні заслінки від сопла. Зміна тиску P_1 контролюється манометром 5

Практика показує, що невеликі переміщення заслінки 4 (до 0,8 мм) викликають значні (від 0,1 до 1,1 кгс/см²) зміни тиску повітря P_1 .

11.3. Вимірювальні інформаційні системи

Зростання випуску продукції і зв'язані з цим необхідність автоматизації технологічних процесів і контролю їхньої якості - привело до необхідності вимірювати або контролювати десятки фізичних величин, що характеризують той чи інший процес. Такі масові вимірювання можливі тільки при їхній автоматизації. Ці задачі вирішують вимірювальні інформаційні системи (ВІС). У ряді випадків потрібно знання не тільки окремих фізичних величин, але і функціонально зв'язаних з ними величини. Такі задачі вирішуються за допомогою ЕОМ, що обробляють вимірювальну інформацію, видавану ВІС.

11.4. Телевимірювальні системи

У деяких технологічних процесах виникає необхідність здійснювати вимірювання в місцях, що знаходяться на значній відстані від засобів надання інформації. Така необхідність виникає при вимірюваннях параметрів у розосереджених місцях, а також при вимірі параметрів об'єктів, безпосереднє перебування людини біля яких є неможливим. Усі ці, а також багато інших задач вирішують телевимірювальні системи (ТВС).

Лекція № 12

Тема лекції: **Реєструючі прилади та системи відображення інформації**

План

- 10.1. Типова конструкція приладу реєстрації
- 10.2. Класифікація способів реєстрації вимірювальної інформації
- 10.3. Самописні прилади прямої дії
- 10.4. Світловипромінювальний осцилограф
- 10.5. Осцилографічний гальванометр
- 10.6. Магнітний спосіб реєстрації
- 10.7. Електронно-променеві осцилографи

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.
2. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

10.1. Типова конструкція приладу реєстрації

Розглянемо прилади, призначені для одно- і багатоканальної (багатоточкової) реєстрації різноманітних параметрів, що характеризують технологічні процеси. До таких

параметрів відносяться температура, тиск, витрата рідини, рівень, вологості, концентрація і склад газів і рідин, електричний струм та ін.

У загальному випадку прилад реєстрації, складається з таких основних блоків і вузлів (рис. 10.1): електромеханічної слідкуючої системи (ЕСС); пристрою, що показує і пише (ППП); механізму переміщення діаграми (МПД).

10.2. Класифікація способів реєстрації вимірювальної інформації

Реєстрація поданої вимірювальної інформації здійснюється у формі зображень, розміщених на деяких носіях (напір, фотоплівка, магнітна стрічка та ін.). Види реєстрації дуже різноманітні. Найбільш широке застосування на практиці одержали такі види.

10.3. Самописні прилади прямої дії

До приладів цієї групи відносяться ВМ, оснащені пристроями реєстрації на паперовій стрічці. Принцип роботи таких приладів показаний на рис. 10.2. Прилад містить: рамку 2, розташовану в поле постійного магніту 1, покажчик 3; пристрій реєстрації, що включає в себе орган, що реєструє (перо) 4, папір (носій) 5.

10.4. Світловипромінювальний осцилограф

Найбільш широке застосування одержали осцилографи, у яких реєстрація чи спостереження процесів здійснюється за допомогою осцилографічних гальванометрів спеціальної конструкції і пристроїв розгорнення зображення в часі.

Незважаючи на розходження конструктивних виконань осцилографів, кожний з них містить такі основні компоненти: осцилографічний гальванометр; світлооптичний відліковий пристрій і пристрій розгортки; пристрій для спостереження; пристрій для реєстрації; відмітник масштабу часу.

10.5. Осцилографічний гальванометр

Пристрій і принцип дії осцилографічного гальванометра показаний на рис. 10.5. Багатовиткова обмотка - рамка 3 закріплена між смугами магніту 4 на двох металевих розтяжках 1, що натягаються пружиною 5. Розтяжки служать також для підведення струму до рамки і створення протидіючого моменту До рамки приклеєне дзеркальце 2, на яке направляється світловий промінь

10.6. Магнітний спосіб реєстрації

Цей спосіб можна пояснити за допомогою рис. 10.7. Носій інформації 1 у вигляді магнітної стрічки за допомогою електродвигуна перемотується з котушки 2 на котушку 3, при цьому стрічка проходить біля магнітних головок: що стирає б, що записує 5 і що відтворює 4.

Лекція № 13

Тема лекції: **Особливості вимірювання неелектричних величин**

План

13 .1.Особливості вимірювання неелектричних величин.

13.2. Узагальнена структурна схема

13.3 Параметричні вимірювальні перетворювачі

1. 4. Генераторні вимірювальні перетворювачі

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.

Зміст лекції

Швидкий розвиток автоматизованих систем контролю різних технологічних процесів, машин і механізмів, впровадження гнучких автоматизованих виробництв поставили невідкладне завдання - забезпечити такі системи, сенсорами неелектричних величин.

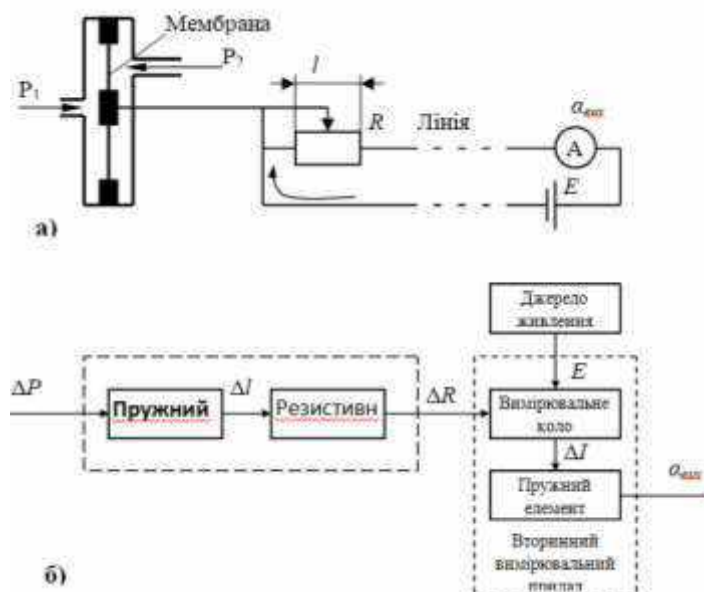
13.1. Особливості вимірювання неелектричних величин.

До сенсорів, що діють у найнесприятливіших умовах контрольованого середовища і об'єкта, висуваються різні, часто суперечливі вимоги: довгочасна стабільність, висока надійність, мала похибка вимірювання, стійкість проти впливу різних дестабілізуючих факторів, високі статична і динамічна чутливості, незначне енергоспоживання, інформаційна, конструктивна і технологічна сумісності із мікропроцесорними системами, невисока вартість в умовах серійного виробництва.

13.2. Узагальнена структурна схема

У загальному випадку прилади для вимірювання неелектричних величин конструктивно найчастіше складаються з двох самостійних вузлів: сенсора і вторинного вимірювального приладу, які можуть розміщуватися на значній відстані один від одного і з'єднуватись лініями зв'язку.

Розглянемо узагальнену структурну схему засобу вимірювання неелектричних величин на прикладі засобу вимірювання тиску (рис.13.1, а).



13.3.1 Резистивні перетворювачі

Параметричні перетворювачі, в яких вихідною величиною є приріст електричного опору, називаються резистивними.

До цієї групи належать реостатні перетворювачі, перетворювачі контактного опору, контактні резистивні перетворювачі, фоторезистивні, кондуктометричні (резистивні електролітичні) перетворювачі, термо- і тензорезистори. Якщо вхідною величиною є переміщення (лінійне чи кутове), використовують реостатні перетворювачі. Конструкцію перетворювача зображено на (рис. 13.2).

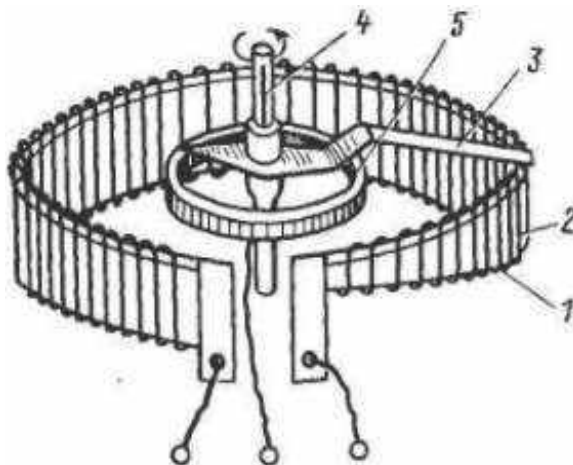


Рис. 13.2. Конструкція реостатного перетворювач

1. 4. Генераторні вимірювальні перетворювачі

У генераторних перетворювачах вхідна величина перетворюється у вихідний сигнал, який має енергетичні властивості.

13. 4. 1 Індукційні перетворювачі

Принцип роботи таких перетворювачів ґрунтується на використанні явища електромагнітної індукції.

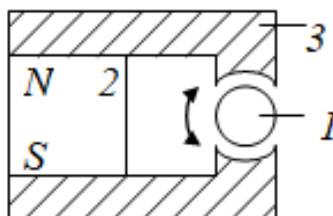


Рис.13.9. Конструкція індукційного перетворювача

1 – якір, 2– магніт, 3– котушка

При лінійних або кутових переміщеннях вимірювальної котушки у відомому магнітному полі наведена в ній е. р. с.

Лекція № 14

Тема лекції: **Прилади вимірювання температури**

План

14.1. Термометрія за допомогою терморезистивних перетворювачів

14.2. Термозумовий та термочастотний методи вимірювань температури

14.3. Цифрові вимірювачі температури

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астрада Пол, 2005. – 208 с.

2. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

14.1 Термометрія за допомогою терморезистивних перетворювачів
Вимірювальні кола з терморезистивними перетворювачами температури. Найбільш розповсюджені для промислового вимірювання температури в діапазоні -260 до 1100 °С платинові терморезистивні перетворювачі температури (так звані термометри опору ТО).

14.2. Термошумовий та термочастотний методи вимірювань температури
Термошумовий метод вимірювань температури базується на рівнянні Найквіста, яке встановлює зв'язок між напругою теплових шумів, що виникають в резисторі, і його термодинамічною температурою:

$$U_{C.KB} = 4k \cdot T \cdot R \cdot \Delta f ,$$

де $U_{C.KB}$ - середнє квадратичне значення шумової напруги; k - стала Больцмана, що дорівнює $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; R - опір резистора; Δf - смуга частот, в котрій виконуються вимірювання.

Якщо забезпечити незалежність опору R від температури (температурний коефіцієнт опору матеріалу резистора близький до 0), а також незмінність смуги частот Δf , то

$$T = T_0 \frac{U_{C.KB}}{U_{C.KB0}}$$

де $T_0 = 273,16$ К - термодинамічна температура потрійної точки води; $U_{C.KB0}$ - середнє квадратичне значення шумової напруги при T_0 .

14.3. Цифрові вимірювачі температури

Загальні особливості побудови цифрових вимірювачів температури (ЦВТ) зв'язані з низьким рівнем сигналів первинних вимірювальних перетворювачів, високим рівнем завад нормального та спільного виду (як правило, співвимірним з корисним сигналом), необхідністю лінеаризації загальної функції перетворення, забезпеченням високої часової стабільності та малих змін їх показів у широкому діапазоні зміни температури довкілля. Спеціальні вимоги випливають з особливостей використання первинних вимірювальних перетворювачів: необхідність компенсації впливу зміни температури вільних кінців термоелектричних перетворювачів, суттєве зменшення похибок від перегріву терморезистивних перетворювачів вимірювальним струмом, забезпечення інваріантності результату вимірювання до значення вимірювального струму, а також опорів з'єднувальних ліній.

Лекція № 15

Тема лекції: **Прилади вимірювання тиску**

План

15.1 Вимірювання тиску

15.2 Види тиску

15.3 Класифікація приладів для вимірювання тиску

15.4 Рідинні засоби вимірювання тиску

15.5 Деформаційні прилади для вимірювання тиску

15.6 Деформаційні вимірювальні перетворювачі тиску прямого перетворення

Література

1. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

15.1. Вимірювання тиску

Вимірювання тиску полягає у встановленні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва.

15.2. Види тиску

Розрізняють наступні основні види тиску: атмосферний, абсолютний, надлишковий і вакуум (розрідження).

- **Атмосферний** (барометричний) тиск (P_B) — тиск, створюваний масою повітряного стовпа земної атмосфери. Він має змінне значення, що залежить від висоти місцевості над рівнем моря, географічної широти і метеорологічних умов (погоди).
- **Надлишковий тиск** (P) — різниця між абсолютним і барометричним тисками.
- **Абсолютний тиск** (P_a) — тиск, відлічений від абсолютного нуля. За початок відліку абсолютного тиску приймають тиск усередині посудини, з якої повністю видалене повітря.
- **Вакуум** (розрідження) (P_v) — різниця між барометричним і абсолютним тисками.
 - 15.4. Рідинні засоби вимірювання тиску
 - Двотрубні манометри

Найбільше часто застосовується двотрубний манометр (рис.15.1), що складається зі скляних вимірювальних трубок 1 і 2, з'єднаних унизу і закріплених на вертикальній підставі 3. Між трубками поміщена міліметрова шкала 4 з нульовою оцінкою посередині. Вимірювальні трубки заповнюються рідиною, що врівноважує, до нульової відмітки шкали. Трубка 1 з'єднана гумовою трубкою 5 з вимірювальним середовищем, яке перебуває під абсолютним тиском P_a , а трубка 2 — з атмосферою, яка має тиск P_B . Як правило, трубка 1, зв'язана із середовищем більшого тиску, позначається знаком “+” (плюсова трубка), а трубка 2, зв'язана із середовищем меншого тиску, позначається знаком “—” (мінусова трубка).

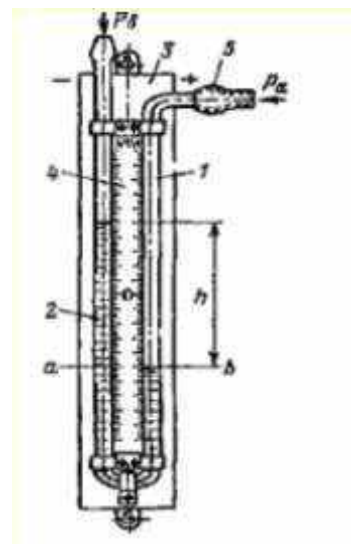


Рис.15.1 Двотрубний манометр

15.5. Диференціальні прилади для вимірювання тиску

Висока точність, простота конструкції, надійність і низька вартість є основними факторами, що обумовлюють широке розповсюдження деформаційних приладів для вимірювання тиску в промисловості і наукових дослідженнях. Досить розповсюдженим

видом деформаційних приладів, які використовуються для визначення надлишкового тиску, є трубчасто-пружинні манометри, що відіграють винятково важливу роль у технічних вимірюваннях. Ці манометри виготовляються з одновитковою трубчастою пружиною, що представляє собою вигнуту по окружності металеву пружну трубку овального перетину. Під дією вимірювального тиску усередині трубки вона частково розкручується внаслідок деформації її перетину, що прагне прийняти форму кола.

Індуктивні вимірювальні перетворювачі тиску

На рис. (15.6, а) показана схема вимірювального перетворювача тиску, оснащеного перетворювальним елементом індуктивного типу. Мембрана 1, що сприймає тиск, є рухливим якорем електромагніта 2 з обмоткою 3. Під дією вимірювального тиску мембрана 1 переміщується, що викликає зміну електричного опору індуктивного перетворювального елемента.

Диференційно-трансформаторні вимірювальні перетворювачі тиску

Вимірювальний перетворювач тиску диференційно-трансформаторного (ДТ) типу (рис. 15.6, б) містить деформаційний чутливий елемент 1 і ДТ-елемент 2. Перетворювальний елемент являє собою каркас із діелектрика, на якому розміщені катушка з первинною обмоткою 7, що складається із двох секцій, згідно намотаних, і двох секцій 4, вторинні обмотки 5, включених зустрічно.

Лекція № 16

Тема лекції: **14 Прилади вимірювання витрати газів і рідин**

План

- 16.1. Загальні відомості
- 16.2. Вимірювання витрат за перепадом тиску
- 16.3. Витратоміри сталого перепаду тиску
- 16.4. Об'ємні методи вимірювання витрат
- 16.5. Турбінні витратоміри

Література

1. НКудрін А.П. Взаємозамінність та технічні вимірювання: Підручник. – К.: Астра Пол, 2005. – 208 с.
2. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

16.1. Загальні відомості

Вимірювання параметрів рідких та газоподібних речовин широко застосовують у різних галузях народного господарства, зокрема, в нафтодобувній промисловості, в нафтопереробних та нафтогазотранспортних системах, харчовій промисловості.

Головними параметрами руху потоків рідин та газоподібних речовин є такі витрати, як кількість речовини, що протікає через переріз трубопроводу за одиницю часу, та загальна кількість перенесеної речовини (повні витрати).

Розрізняють такі види витрат: об'ємні витрати $Q_v = V/t$ (тут V — об'єм, t — час) та масові витрати $Q = M/t$, де M - маса речовини. Співвідношення між масовими та об'ємними витратами визначається залежністю $QM = \rho Q_v$, де ρ - густина речовини.

Одиницями об'ємних витрат можуть бути $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{год}$, л/с, а масовими - $\text{кг}/\text{с}$, $\text{кг}/\text{год}$ тощо. Вимірювання витрат становлять понад 15 % від усіх промислових вимірювань. Похибки вимірювань витрат в промислових умовах становлять 1... 2 %, хоча в окремих галузях спостерігається тенденція її зменшення до рівня 0,2... 0,5 %.

16.2. Вимірювання витрат за перепадом тиску

Метод вимірювання витрат за перепадом тиску оснований на використанні звужувального пристрою (діафрагма, сопло, труба Вентурі тощо), що створює перепад тиску на ділянці трубопроводу, де встановлений дросельний пристрій для звуження струменя рідини. Як вторинний прилад у цьому випадку використовується диференціальний манометр, що вимірює перепад тиску.

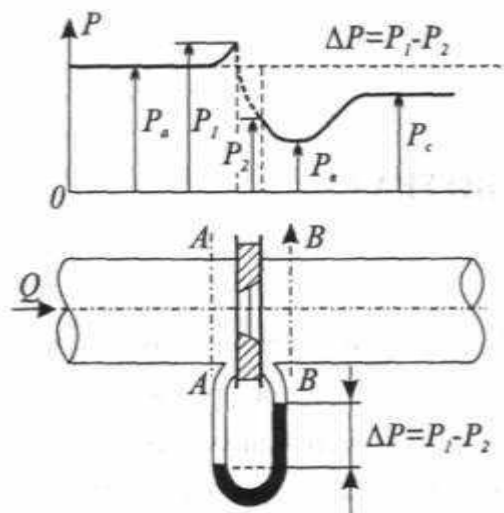


Рис.16.1. Витратомір з звужуючою діафрагмою

16.3. Витратоміри сталого перепаду тиску

Серед витратомірів сталого перепаду тиску для вимірювань малих витрат рідини ($0,01... 16 \text{ м}^3/\text{год}$) та газів ($0,01... 40 \text{ м}^3/\text{год}$) у вертикальних трубопроводах найпоширенішими є так звані ротаметри.

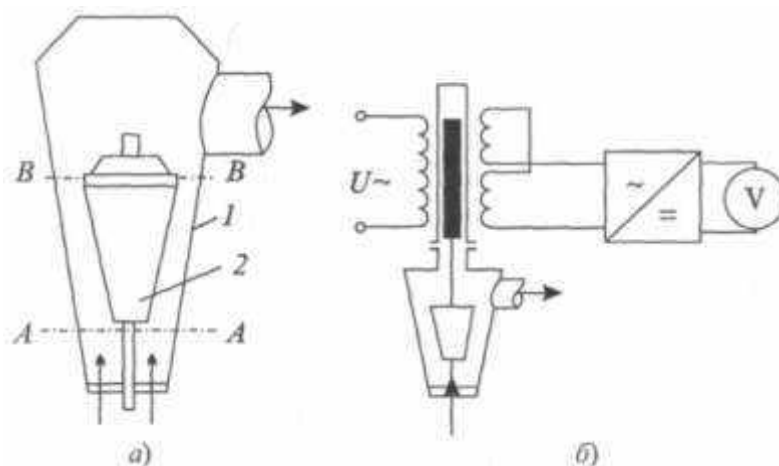


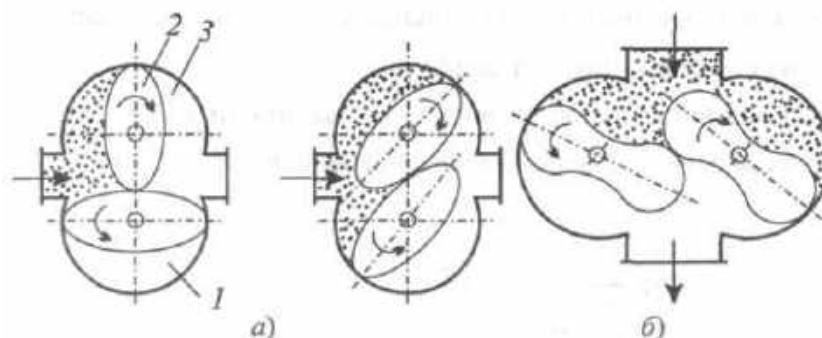
Рис.16.4. До принципу дії ротаметрів

16.4. Об'ємні методи вимірювання витрат

Об'ємні методи оснований на принципі послідовного додавання порцій досліджуваного потоку рідини чи газу, що проходить через вимірювальні камери, або на обертанні чутливого елемента (пробірки) під дією

струменядосліджуваного середовища. Останній різновид об'ємного методу ще називається тахометричним.

За першим принципом будують об'ємні лічильники першої дії, зокрема лічильники з овальними шестернями та ротаційні лічильники, за другим - турбінні (без вимірювальних камер).



16.5. Турбінні витратоміри

Турбінні витратоміри (лічильники) бувають двох типів: з аксіальною турбінкою, вісь якої збігається з напрямком досліджуваного потоку і з'єднана передачею з лічильником обертів, і з вертикальною турбінкою - вісь якої безпосередньо зв'язана з лічильником обертів (рис.16.6).

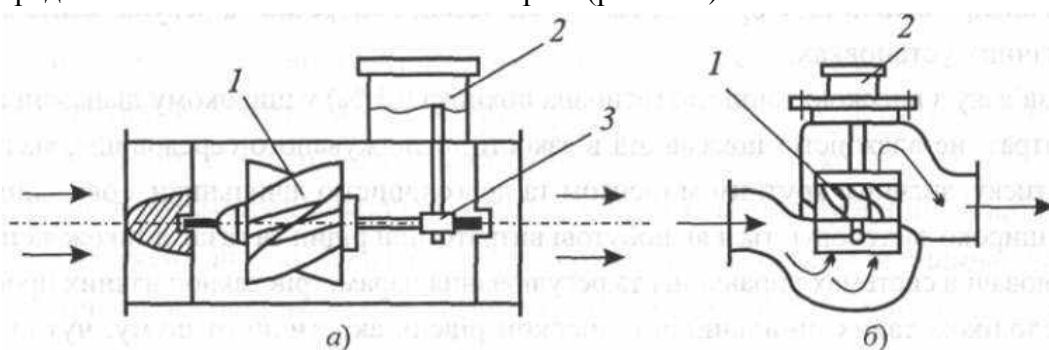


Рис.16.6. Турбінні лічильники

Лекція № 17

Тема лекції: **Прилади вимірювання параметрів вібрації**

План

- 17.1. Загальні відомості
- 17.2. Тензорезистивний акселерометр
- 17.3. Пізоелектричний перетворювач акселерометра та його еквівалентна електрична схема
- 17.4. Об'ємні методи вимірювання витрат
- 17.5. Турбінні витратоміри

Література

1. Авиационные приборы и измерительные системы / Под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

Зміст лекції

17.1. Загальні відомості

Під вібрацією розуміють механічні коливання об'єкта у певних границях. Параметрами вібрацій є амплітуда, швидкість та прискорення центру маси досліджуваного об'єкта. Коливання можуть мати характер:

- детермінованих процесів, тобто процесів, які підпорядковуються певному математичному закону і повторюються в часі;
- стохастичних процесів, тобто безладних процесів, які не описуються математично і визначаються випадковою послідовністю різних причин.

17.2. Тензорезистивний акселерометр

Розглянутий віброакселерометр призначений для роботи в частотному діапазоні 20.. 500 Гц, похибка не перевищує 1 %. Найпростішим конструктивно є пружинний віброметр (акселерометр) з первинним перетворювачем у вигляді інерційної маси 1, закріпленої на кінці плоскої пружини 2 (рис. 17.3), по обидва боки від якої наклеєні тензорезистивні перетворювальні елементи, які сприймають деформацію пружини при її коливанні. Для віброметра забезпечують $\omega \gg \omega_0$, тоді інерційна маса буде коливатись з амплітудою, що дорівнює амплітуді коливань досліджуваного об'єкта. Два робочі тензорезистори, один з яких сприймає деформацію розтягу, а інший - деформацію стискування, увімкнені в схему подільником напруги (рис.17.3,б). Вимірювальне коло живиться від джерела постійної постійної напруги.

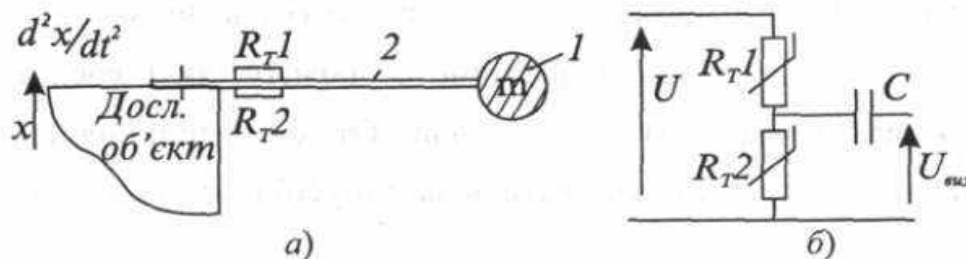


Рис.17.3. Тензорезистивний акселерометр

Лекція № 18

Тема лекції: **Вимірювання магнітних величин**

План

18.1. Магнітні параметри та характеристики матеріалів

18.2. Магнітні кола та досліджувані зразки

18.3. Вимірювання параметрів магнітних матеріалів

Література

1. Зюзько А.К., Сущенко О.А. Технологічні вимірювання і прилади: Навчальний посібник. – К.:НАУ, 2007. – 176 с.

Зміст лекції

18.1. Магнітні параметри та характеристики матеріалів

Магнітне поле у вакуумі характеризується магнітною індукцією B та напруженістю магнітного поля H , пов'язаних через магнітну сталу $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

$$B = \mu_0 H$$

Якщо в магнітному полі знаходиться фізичне тіло, то в ньому виникає намагніченість J , пропорційна напруженості магнітного поля:

$$J = \kappa H,$$

де κ - безрозмірний коефіцієнт пропорційності, що називається магнітною сприйнятністю. Отже, повна магнітна індукція в матеріалі дорівнює: $B = \mu_0 H + \mu_0 J$, де перший та другий члени в правій частині є, відповідно, складовими зовнішнього і внутрішнього поля.

Враховуючи, що $J = \kappa H$, повна індукція в матеріалі визначається як

$$B = \mu_0 H + \mu_0 J = \mu_0 H(1 + \kappa) = \mu \cdot \mu_0 H = \mu_a H$$

де μ - відносна магнітна проникність матеріалу; μ_a - абсолютна магнітна проникність.

Числове значення, знак магнітної сприйнятності та її залежність від магнітного поля, температури та інших факторів визначають магнітні властивості цього чи іншого магнетика. Сьогодні виділяють п'ять основних видів магнітного упорядкування в матеріалах: діамagnetизм, парамагнетизм, феромагнетизм, антиферомагнетизм та феримагнетизм.

18.2. Магнітні кола та досліджувані зразки

Суть вимірювань магнітних параметрів матеріалів зводиться до визначення їх магнітного стану при дії магнітного поля. При таких дослідженнях магнітний матеріал стає елементом магнітного кола - сукупності тіл та ділянок довкілля, через які проходить магнітний потік. Магнітне коло складається з джерела магнітного поля - це постійні магніти або обмотки з намагнічувальним струмом та ділянки кола, через які замикається магнітний потік. Магнітні кола бувають замкненими або розімкненими, поляризованими або нейтральними.

У замкнених магнітних колах магнітний потік проходить практично повністю через магнітні матеріали. Розімкнені магнітні кола мають на шляху магнітного потоку і немагнітні середовища, наприклад, повітряні проміжки. В поляризованих магнітних колах джерелом магніторушійної сили є постійний магніт, у неполяризованих - обмотка зі струмом.

Основну частину магнітного кола складають зразки досліджуваного матеріалу. Найбільша однорідність намагнічування при найменших потоках розсіювання досягається в кільцевих зразках (тороїдах). Зразки можуть бути суцільними, набиратись із штампованих кілець чи намотуватись зі стрічки. При дослідженнях на змінному струмі кільця чи сусідні витки стрічки повинні бути електрично ізольовані.

Намагнічувальна та вимірювальна обмотки навиваються по периметру кільця, при чому вимірювальна обмотка може бути розподіленою або зосередженою на певній ділянці кільця, а намагнічувальна обмотка обов'язково повинна бути рівномірно розподілена по всьому периметру. Напруженість намагнічувального поля в цьому випадку розраховується за формулою

лою

$$H = \frac{wI}{2\pi R_{cp}},$$

де w - кількість витків намагнічувальної обмотки; I - намагнічувальний струм; R_{cp} - середній радіус кільця.

Для забезпечення практичної рівномірності намагнічування по всьому перерізу кільця приймають відношення зовнішнього радіуса кільця до внутрішнього не більшим ніж 1,2.

18.3. Вимірювання параметрів магнітних матеріалів

Перш ніж перейти до розгляду методів та засобів вимірювань параметрів та характеристик магнітних матеріалів, необхідно відзначити виняткову роль сім'ї магнітних петель, оскільки ця характеристика містить вичерпну інформацію про більшість параметрів. Отже, визначення цього чи іншого параметра можна здійснити двома способами: або вимірюванням спеціалізованим засобом вимірювань, або відповідним опрацюванням інформації, що знаходиться в попередньо визначеній сім'ї гістерезисних петель. Розглянемо деякі методи безпосереднього вимірювання параметрів та характеристик магнітних матеріалів.

Вимірювання координат магнітних петель (з побудовою петель гістерезиса) полягає у вимірюванні миттєвих значень магнітної індукції і напруженості магнітного поля в зразку. Оскільки індукція всередині матеріалу може бути визначена лише інтегруванням індукованої у вимірювальній обмотці ЕРС, то важливо правильно вибрати інтегрувальні перетворювачі