

**Київський національний університет
імені Тараса Шевченка**
Факультет військової підготовки
Кафедра військово-технічної підготовки

Дисципліна **ВІЙСЬКОВА ПІДГОТОВКА**

Модуль ВП4.3 **ОСНОВИ БУДОВИ ВІЙСЬКОВИХ ЗАСОБІВ**

ВИМІРЮВАНЬ

Тема № 1. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ.

**Заняття 1. Загальні відомості про засоби
вимірювань.**

**для проведення занять з студентами
з спеціальності “Організація метрологічного забезпечення
військ (сил)”**

НАВЧАЛЬНА МЕТА:

- 1. Ознайомити студентів з загальними відомостями про засоби вимірювань.**
- 2. Розглянути структурну схему аналогового і цифрового вимірювальних приладів.**

- 1. Загальні відомості і класифікація засобів вимірювань за метрологічним призначенням.**
- 2. Структурна схема аналогового вимірювального приладу.**
- 3. Загальні відомості про цифрові вимірювальні прилади.**
- 4. Загальні відомості про міри.**

Питання повторення

Що відноситься до засобів
вимірювань?

До засобів вимірювань відносять, міри вимірювальні прилади і вимірювальні перетворювачі.

Комплекси певним чином об'єднаних засобів вимірювань і допоміжних пристроїв можуть створювати вимірювальні установки і системи, які самі по собі задовольняють ознакам засобів вимірювань і відносяться до засобів вимірювань.

Питання 1

Загальні відомості і класифікація засобів вимірювань за метрологічним призначенням.

МІРОЮ називається ЗВТ, призначений для зберігання і (або) відтворення фізичної величини заданого розміру.

Наприклад мірами є гирі (міри ваги), кінцеві міри довжини, нормальні елементи(міри ЕРС), вимірювальні магазини ємностей і опорів, вимірювальні генератори і стандарти частоти і т.п.

Розрізняють однозначні і багатозначні міри, а також набори мір. Міра яка відтворює ряд однойменних величин різного розміру, називається багатозначною. Прикладами багатозначних мір є генератори ВЧ сигналів.

Набір мір це - спеціально підібраний комплект мір, які застосовуються не тільки в окремому вигляді, але і в різних сполученнях, які дозволяють відтворити ряд однойменних величин різного розміру. Наприклад, набір гир, магазин опорів.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД - це ЗВТ, який призначений для створення під дією вимірювальної величини сигналу вимірювальної інформації у формі, доступній для безпосереднього відчуття спостерігачем.

Наприклад, шляхом відображення цього сигналу на відліковому (індикаторному) пристрої або його реєстрації.

В залежності від форми надання показів розрізняють аналогові і цифрові засоби вимірювальної техніки.

В аналогових ЗВТ покази є неперервною функцією зміни вимірювальної величини.

Цифровий вимірювальний прилад (ЦВП) автоматично виробляє дискретні сигнали вимірювальної інформації і його покази надаються у цифровій формі.

Вимірювальні прилади можуть показувачими т.б.т., які допускають тільки відлік показів, а також реєструючими, самопишучими, друкуючими.

ПРЯМОЇ
дії

ПОРІВНЯННЯ

За принципом дії ЗВТ розрізняють

ІНТЕГРУЮЧІ

ПІДСУМОВУЮЧІ

У засобі вимірювальної техніки **прямої дії** здійснюється одне або декілька перетворень сигналу вимірювальної інформації в одному напрямку, тобто без застосування зворотного зв'язку.

В ЗВТ порівняння здійснюється безпосереднє порівняння вимірюваної величини з величиною, значення якої відоме. Деякі ЗВТ порівняння називають компараторами.

Інтегруючий ЗВТ - в якому підведена до нього величина підлягає інтегруванню за часом, або за іншою незалежною змінною.

До підсумовуючих ЗВТ відносять ЗВ, покази яких зв'язані з сумою двох або декількох величин, які підведенні до нього по різним каналам.

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ - це ЗВТ, призначений для створення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і (або) зберігання.

Але цей сигнал не піддається безпосередньому відчуттю спостерігачем. Вимірювальне перетворення це перетворення вимірювального параметра сигналу в функціонально зв'язаний з ним вихідний сигнал.

До вимірювальних перетворювачів відносяться також датчики. Це засоби вимірювань, які виконують функції первинних вимірювальних перетворювачів. В датчику вимірювальна величина перетворюється в сигнал, зручний для вимірювань, передачі, перетворення, зберігання або реєстрації.

Вимірювальний перетворювач конструктивно виконується у вигляді окремого самостійного пристрою.

Він має нормовані метрологічні характеристики. Прикладами вимірювальних перетворювачів можуть бути аналогово-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі, вимірювальні трансформатори, вимірювальні підсилювачі, перетворювачі напруги, перетворювачі частоти, зовнішні шунти і додаткові опори, датчики температури і вологості і т. п.

Вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі утворюють групу засобів вимірювальної техніки, яку називають “вимірювальні пристрої”.

Поняття “вимірювальний перетворювач” не слід плутати з поняттям “перетворювальний елемент” засобу вимірювальної техніки.

До складу вимірювальних приладів і вимірювальних перетворювачів входять один або декілька перетворювальних елементів, тобто таких елементів, за допомогою яких здійснюється одне або декілька послідовних перетворень величини.

На відміну від вимірювальних перетворювачів для перетворювальних елементів не нормуються метрологічні характеристики, оскільки ці елементи є невід’ємною складовою частиною (структурним елементом) засобу вимірювань.

Слід відмітити, що сучасні засоби вимірювальної техніки дозволяють одержати вихідний сигнал не тільки у формі зручній для відчуття спостерігачем, але і в формі, зручній для подальшого перетворення, обробки і зберігання (наприклад, у цифровій формі) аналогічно вимірювальним перетворювачам.

Це дозволяє використовувати такі засоби вимірювань у складі автоматизованих вимірювальних систем.

ВИМІРЮВАЛЬНА УСТАНОВКА - сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювальної техніки (мір, вимірювальних приладів, вимірювальних перетворювачів) і допоміжних пристроїв, які призначені для створення сигналів вимірювальної інформації в формі, зручній для безпосереднього відчуття спостерігачем.

Вимірювальна установка розташована в одному місці. Якщо вона укомплектована еталонними засобами вимірювань і допоміжними пристроями і призначена для перевірки (калібрування) інших засобів вимірювальної техніки, то така установка називається повірочною (калібрувальною).

ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА - на відміну від вимірювальної установки це сукупність засобів вимірювальної техніки, які утворюють вимірювальні канали, обчислювальних і допоміжних пристроїв.

Вона функціонує як єдине ціле і призначена для автоматичного (автоматизованого) одержання інформації про стан об'єкту.

Класифікація засобів вимірювальної техніки за метрологічним призначенням

Засоби вимірювальної техніки в залежності від їх використання за призначенням, їх точності і місця в повірочній схемі передачі розміру одиниць фізичних величин поділяються на **робочі засоби вимірювальної техніки і еталони.**

До робочих ЗВ відносять міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, які застосовуються для вимірювань, не пов'язаних з передачею розміру одиниць фізичних величин.

Вони використовуються в повсякденній практиці для вимірювання і контролю параметрів технічних пристроїв, обліку і витрачання матеріальних засобів, охорони здоров'я особового складу і т.п.

Робочі засоби вимірювань підлягають періодичній повірці (калібруванню).

При експлуатації технічних пристроїв широкого застосування знайшли **індикаторні** засоби вимірювальної техніки, т.б.т. робочі засоби вимірювальної техніки, які застосовуються для спостережень за зміною параметрів технічних пристроїв без оцінювання їх значень з нормованою точністю.

Такі засоби вимірювань не підлягають повірці (калібруванню). Про те, що ЗВТ відносяться до індикаторних, робиться помітка в технічній документації пристрою. На лицеву сторону корпусу такого приладу наноситься літера «І». Право віднесення ЗВТ до індикаторних належить головним інженерам і керівникам метрологічних служб з узгодженням з відомчою метрологічною службою.

Разом з індикаторними не підлягають повірці навчальні засоби вимірювань.

До них відносять засоби вимірювань, які встановлені на стендах з навчальною апаратурою, за допомогою яких оцінюється якісна сторона якого-небудь явища, або процесу, ЗВТ, які підлягають розборі при вивченні їх конструкції або правил експлуатації, ЗВТ, які застосовуються при проведенні лабораторних і практичних робіт з навчальною метою.

До **еталонів** відносять ЗВТ або комплекси ЗВ вищої точності, які призначені для відтворення і (або) зберігання одиниць фізичних величин з метою передачі їх розмірів нижчим по точності (нижче стоячим в повірочній схемі) засобам вимірювальної техніки.

Еталони офіційно затверджуються встановленим порядком. Висхідним засобом вимірювання для держави є державний еталон. Такий еталон може бути первинним, який відтворює одиницю фізичної величини з найвищою в державі точністю, або спеціальним, який заміняє первинний еталон для відтворення одиниці в особливих умовах.

Для забезпечення потреб галузевих метрологічних служб застосовуються вторинні еталони, розмір одиниці яким передається від первинного (спеціального) еталону.

Висновок

Велика різноманітність вимірювальних величин призводить до різноманітності засобів вимірювальної техніки.

Широкого розповсюдження при виготовленні і експлуатації технічних пристроїв знайшли засоби вимірювань електричних і магнітних величин, тиску і розрідження, лінійних та кутових величин, іонізуючих випромінювань, оптичні і оптико-механічні ЗВТ, ЗВТ складу, стану і властивостей речовини та інші.

Питання 2

СТРУКТУРНІ СХЕМИ І ПРИНЦИП ДІЇ ЕЛЕКТРОННИХ

**СТРУКТУРНА СХЕМА АНАЛОГОВОГО
ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИЛАДУ**

Кожний засіб вимірювань має певну структуру, яка визначається його принципом дії. Принципом дії засобу вимірювань називається фізичний принцип, покладений в основу його побудови.

Часто принцип дії ЗВ відображається в його назві, наприклад, деформаційний манометр, магнітоелектричний вольтметр, вимірювальний міст і т. п. Принцип дії ЗВ засновується на деяких перетвореннях інформаційного параметру вхідного сигналу в інформаційний параметр вихідного сигналу.

Кожне перетворення здійснюється відповідним перетворювальним елементом. Сукупність перетворювальних елементів засобу вимірювань, яка забезпечує здійснення всіх перетворень сигналу вимірювальної інформації, називається вимірювальним ланцюгом ЗВ.

З'єднання структурних елементів схеми вимірювального ланцюга можуть бути різноманітними.

В залежності від способу з'єднань структурних елементів розрізняють методи, які покладені в основу побудови засобів вимірювань :

метод безпосередньої оцінки;

метод порівняння з мірою.

МЕТОД БЕЗПОСЕРЕДНЬОЇ ОЦІНКИ

полягає в оцінюванні всього значення величини, яке вимірюється по відліковому пристрою вимірювального приладу прямої дії (прямого перетворення).

В основі застосування методу безпосередньої оцінки полягає використання того чи іншого фізичного явища, на якому заснований принцип дії засобу вимірювань.

Даний метод внаслідок його простоти знаходить широке застосування на практиці. Прикладом застосування методу безпосередньої оцінки є вимірювання сили постійного струму амперметром. При цьому використовується механічна взаємодія магнітного поля і струму, який вимірюється.

В приладах прямого перетворення здійснюється також перетворення вимірювальної фізичної величини в іншу величину, зручну для вимірювань.

Наприклад, в цифровому вольтметрі часо-імпульсного перетворювання вимірювальна напруга перетворюється в інтервал часу, який потім вимірюється шляхом підрахунку кількості імпульсів, які попали в цей інтервал.

Не дивлячись на різницю в призначенні і принципах дії засобів вимірювань прямого перетворення, в них можна виділити деякі загальні структурні елементи, які притаманні більшості їм. Це дозволяє представити узагальнену схему такого ЗВ у вигляді, зображеному на рис.1.

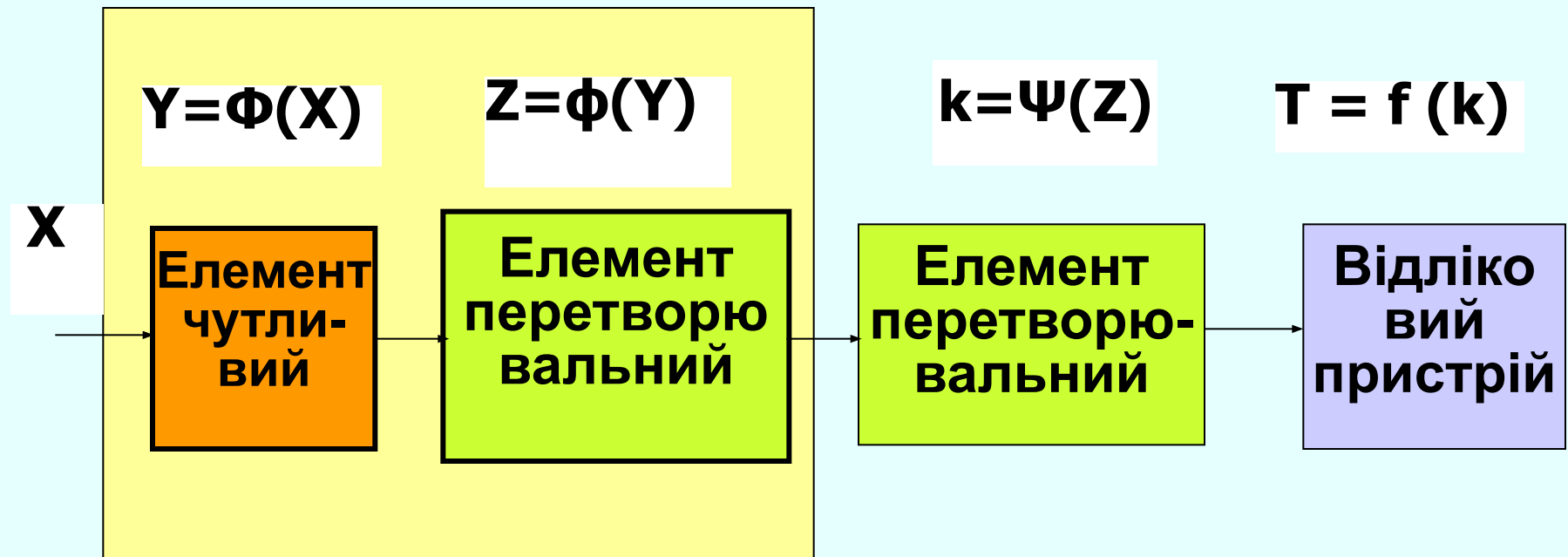


Рис.1.

Засіб вимірювань включає чутливий і перетворювальний елементи і пристрій відображення інформації (відліковий пристрій). Чутливий елемент засобу вимірювань - частина першого в вимірювальному ланцюгу перетворювального елемента, яка знаходиться під безпосередньою дією вимірювальної величини. Чутливий елемент призначений для відчуття вимірюваної фізичної величини X .

Перетворювальний елемент засобів вимірювань - елемент в якому здійснюється одне із ряду послідовних перетворень величини. Він призначений для перетворення деякої (наприклад вимірювальної) фізичної величини в сигнал вимірювальної інформації.

На практиці чутливий і перший перетворювальний елементи звичайно це єдине ціле. Під дією вимірювальної величини змінюється стан чутливого елемента.

Наприклад, для ЗВ механічного типу при вимірюванні деяка точка чутливого елемента одержує те, або інше переміщення, яке є функцією величини, яка вимірюється.

Для електронних ЗВ під дією вимірювальної величини змінюється електричний стан чутливого елемента, який перетворюється далі в сигнал вимірювальної інформації.

Пристрій відображення інформації (відліковий, або індикаторний пристрій) - частина конструкції (схеми) вимірювального приладу, яка призначена для відліку значень вимірювальної величини.

Щоб сигнал, який несе інформацію про значення вимірювальної величини, був сприйнятий людиною, він повинен бути перетворений в таку величину, яка може бути відображена в людських відчуттях.

Для відображення інформації сучасна техніка володіє широким асортиментом відлікових та індикаторних пристроїв шкальних, цифрових, знакових і ін.

Загальна схема роботи більшості вимірювальних приладів зводиться до наступного. Безпосередньо вимірювальна ЗВ величина Y (сигнал - носій інформації про значення вимірювальної величини X) в загальному випадку є деякою функцією $\Phi(X)$ вимірювальної фізичної величини X . В окремому випадку функціональна залежність може бути лінійною, т.б.т. $Y=aX$, де $a = \text{const}$.

Зміна стану Z чутливого елемента (його положення, робочої точки) є деякою функцією $Z=\phi(Y)$ величини Y .

МЕТОД ПОРІВНЯННЯ

заснований на порівнянні вимірювальної величини з відомим значенням міри. Даний метод має значну кількість різновидностей, основними з яких є наступні :

МЕТОД ПРОТИСТАВЛЕННЯ (нульовий метод, метод зрівноваження) заснований на порівнянні водночас діючих на ЗВ порівняння вимірювальної величини і величини, яка відтворюється мірою.

Частіше всього вимірювання здійснюється так, щоб різниця цих значень була нульовою, або їх відношення дорівнювало б одиниці.

Тому різновидність методу називають нульовим методом.

Прикладом застосування метода протиставлення є вимірювання частоти методом нульових биттів, вимірювання опору, індуктивності або ємності за допомогою врівноважувальних мостових схем.

В технічній літературі цей метод ще називають компенсаційним методом.

При використуванні одноканальної регульованої міри (рис.2) регулювання міри X_0 може здійснюватись різними методами як вручну оператором, так і автоматично в залежності від значення і знака різниці ΔX на виході пристрою порівняння.

В автоматичних приладах зрівноваження звичайно досягається в результаті ступінчатого зміщення значення міри і характеризується наявністю багатьох алгоритмів обробки (зрівноваження).

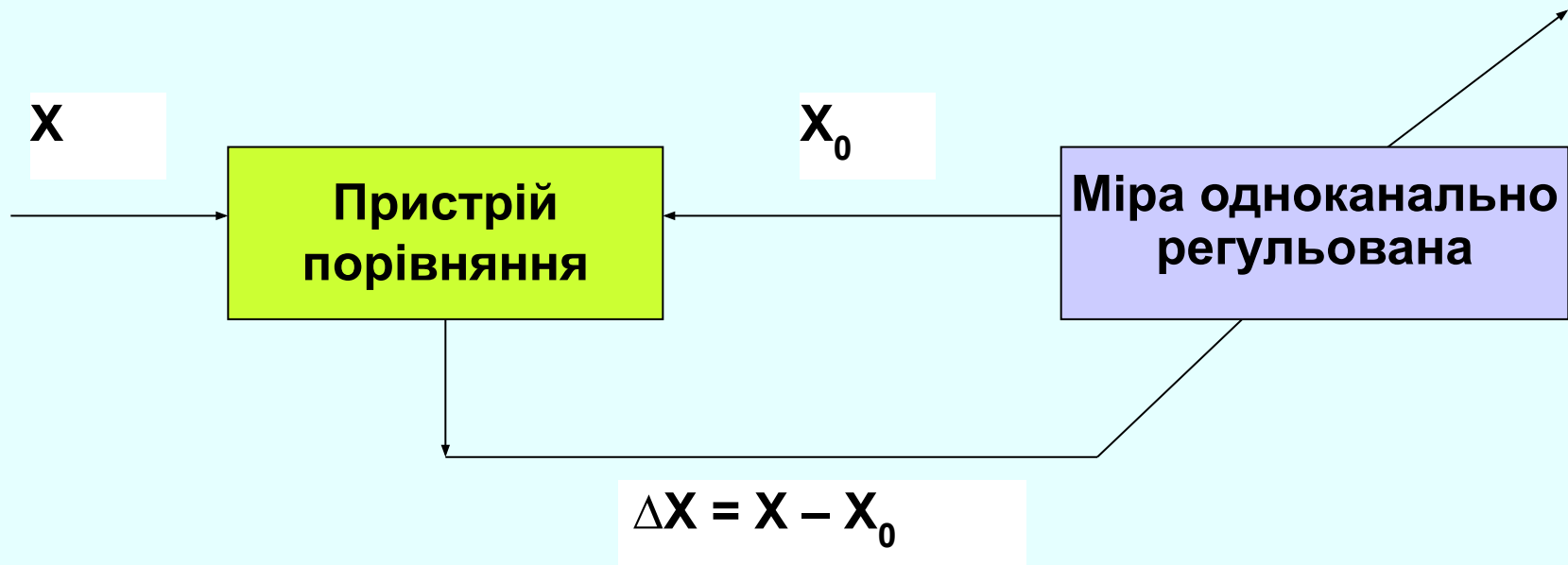


Рис.2.

Цей метод відрізняється простотою технічного рішення, оскільки потребує наявності лише одного пристрою порівняння і однієї регульованої міри.

Однак регулювання міри потребує затрат часу. Тому простота досягається ціною зниження швидкодії. Крім того, висока точність вимірювань при цьому може бути досягнута лише у випадку, коли значення міри в кожний момент часу відомо з високою точністю.

Якщо існують труднощі будови регульованої точної міри, то переходять до використання одноканальної нерегульованої міри і регульованого масштабного перетворювача (рис. 3).

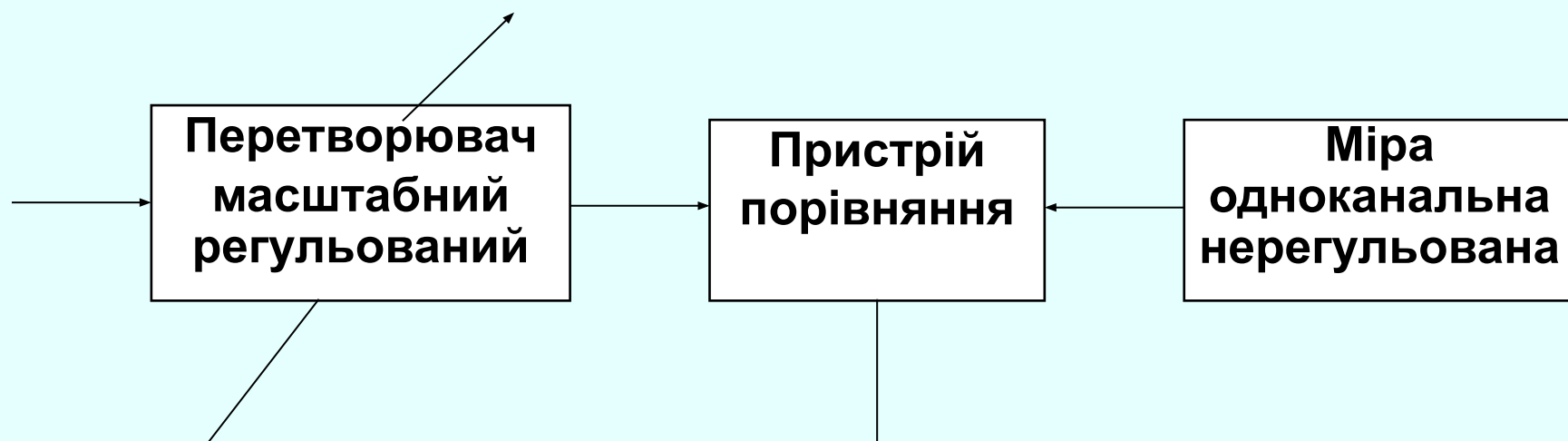


Рис.3

Максимальна швидкодія засобу вимірювань може бути досягнута при використуванні багатозначних нерегульованих мір, або масштабних перетворювачів. Результат вимірювання при цьому одержуємо шляхом одноразового порівняння за час відпрацювання пристрою порівняння.

ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ (РІЗНИЦЕВИЙ) МЕТОД

вимірювання полягає в тому, що

вимірювальним приладом оцінюється різниця ΔX між вимірювальною величиною X і величиною X_M , яка відтворюється мірою

$$\Delta X = X - X_M \quad (1).$$

Прикладом реалізації диференційного методу є вимірювання частоти гетеродинним методом, коли вимірювальна частота порівнюється із зразковою відомою частотою, а одержана різницева частота відраховується по шкалі частотоміра.

Диференційний метод вимірювання (рис.4) застосовується в тих випадках, коли значення вимірювальної величини X близьке по значенню до величини X_M , яку відтворює міра.

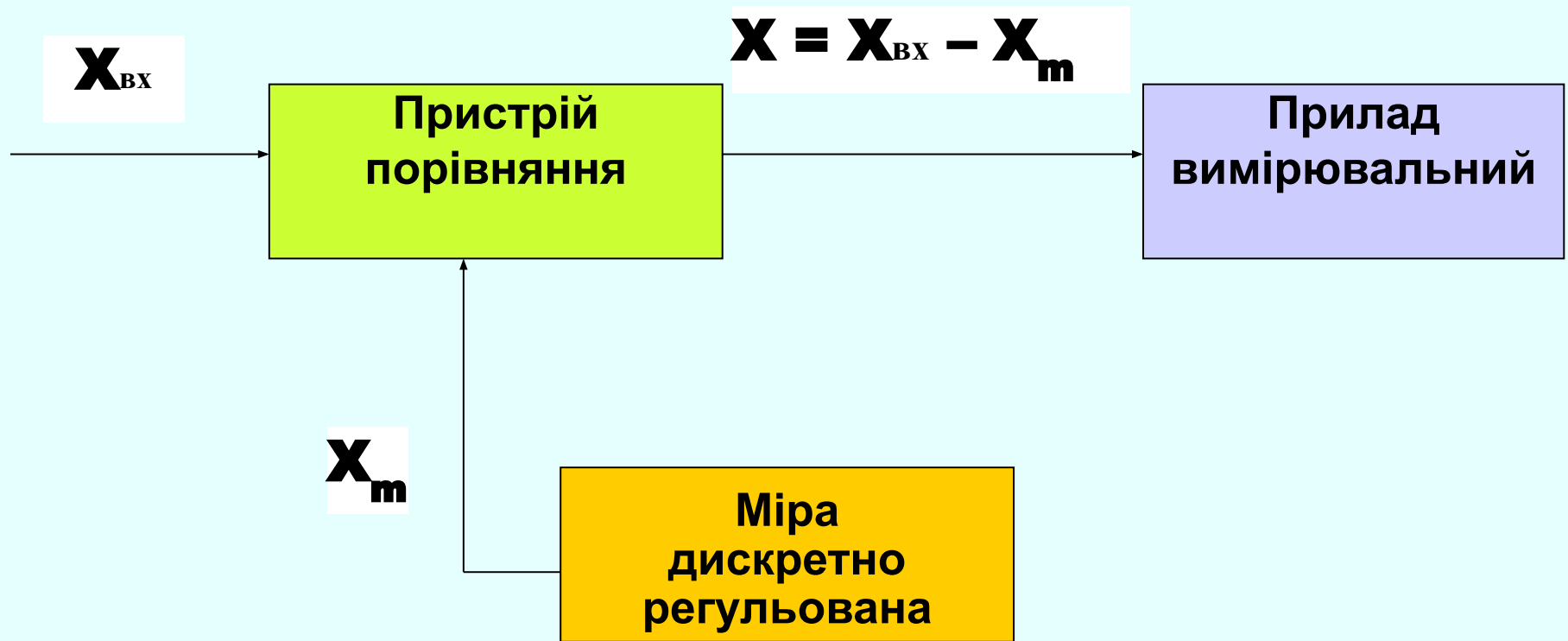


Рис. 4.

Величина X_m , близька до X , при неавтоматичному вимірюванні відтворюється оператором вручну.

В автоматичних цифрових приладах ця величина відтворюється за допомогою перетворювачів код-аналог, які виконують функцію регульованої міри.

МЕТОД ЗАМІЩЕННЯ - полягає в тому, що вимірювальна величина заміщається регульованою (плавно або дискретно) зразковою мірою таким чином, щоб стан схеми до і після заміщення був однаковим. Виміряне значення визначають по значенню міри.

При використуванні методу заміщення надійно виключаються систематичні похибки.

МЕТОД СПІВПАДАНЬ полягає в тому, що різницю між вимірювальною величиною і величиною, відтвореною мірою, вимірюють, використовуючи співпадання поміток шкал або періодичних сигналів. При цьому використовуються дві багатозначні регульовані міри з різними, але близькими розмірами ступенів.

При вимірюванні середніх значень для усереднення вимірювального параметра на деякому інтервалі використовуються усереднювачі або інтегратори.

Питання 3

**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЦИФРОВІ
ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ**

Аналогові методи вимірювань не задовольняють наступним вимогам:

- точність вимірювань;**
- швидкодія;**
- можливість автоматизації процесу вимірювання;**
- обробка результатів.**

Цим вимогам відповідають цифрові засоби вимірювальної техніки.

В основі побудови цифрових ЗВ покладено наступні принципи:

1. Принцип інформативності. Інформативність характеризується точністю, швидкодією, чутливістю засобів вимірювань. Реалізація заданої інформативності ЗВ здійснюється шляхом розробки нових методів вимірювань, методів вимірювальних перетворень, методів індикації.

2. Принцип інваріантності - непідверженість результату вимірювального перетворення впливу змін впливаючих чинників зовнішніх впливаючих величин, внутрішніх параметрів засобу вимірювань та неінформативних параметрів вхідного сигналу.

3. Принцип багатофункціональності. Економічно доцільна універсальність ЗВ. Реалізація цього принципу полягає в тому, що створюються методи використання засобів вимірювань з різними функціональними перетворювачами, в тому числі з використанням мікропроцесорів, які забезпечують універсальність ЗВ.

4. Принцип агрегативності - взаємопідключення ЗВ між собою та іншими технічними засобами. Цей принцип забезпечує можливість суміжного системного використання ЗВ та інших пристроїв в автоматизованих вимірювальних системах, в агрегатованих комплексах.

5. Принцип надійності - відповідність ймовірності нормального функціонування ЗВ протягом заданого строку і в заданих умовах. Основні перераховані принципи в повній мірі можуть бути реалізовані лише за використанням цифрових ЗВ.

Переваги цифрових ЗВ над аналоговими

1. Висока ступінь автоматизації вимірювань (операції по регулюванню, настроюванні, вибору діапазону і масштабу, визначення полярності, реєстрація результату здійснюється без участі оператора).

2. Висока точність і об'єктивність вимірювань. Застосування методів порівняння, виключає суб'єктивні похибки відліку показів. Точність ЦВП на декілька порядків вища ніж в аналогових. Відносна похибка вимірювання частоти у резонансних частотомірів $10^{-1} \dots 10^{-2}$, а в цифрових – 10^{-7} і менше.

Похибка встановлення частоти генераторів сигналів з плавним настроюванням $10^{-1} \dots 10^{-3}$, а генераторів сигналів побудованих на принципах цифрових синтезаторів частот – $10^{-6} \dots 10^{-8}$.

3. Висока швидкодія (десятки, сотні тисяч вимірювань за секунду).

4. Великий діапазон вимірювання величин. Наприклад, цифрові частотоміри здійснюють вимірювання частоти в діапазоні від одиниць герц (Гц) до гігагерц (ГГц), а цифрові вольтметри вимірюють напругу від долів мілівольт до кіловольт.

5. Можливість підключення до цифродрукуючих механізмів і ПЕОМ, повна автоматизація обробки результатів і можливість зменшення довірчих похибок.

6. Простота та зручність обслуговування. Висока ступінь автоматизації вимірювань дозволяє використовувати для обслуговування персонал низької кваліфікації.

7. Можливість побудови багатофункціональних ЗВТ (мультиметрів).

8. Можливість використання ЦЗВ в складі вимірювальних систем.

Для ілюстрації великих можливостей ЦЗВ показовий приклад в якому зіставляється довжина шкал цифрових та аналогових ЗВ. Якщо прийняти роздільну здатність зору (без застосування спеціальних оптичних приладів) в 0,1 мм , то для одержання похибки відрахування, яка не перевищує 0,01% необхідно мати довжину рівномірної шкали стрілочного ЗВ 1000 мм. Якщо похибка буде становити 0,001%, то відповідно необхідна шкала довжиною 10 м.

При цих же умовах шкала ЦЗВ повинна мати 5 розрядів десяткового числа, і ширина цифрового табло буде відповідно дорівнювати 125мм.

Таким чином у ЦЗВ усунене обмеження , щодо кінцевих розмірів шкал стрілочних ЗВ.

Класифікація ЦЗВ безпосередньо зв'язана з класифікацією методів прямих вимірювань. В залежності від прийнятого методу вимірювань розрізняють **цифрові ЗВ прямого перетворення і **цифрові ЗВ порівняння (компенсаційні)**.**

Цифрові ЗВ прямого перетворення забезпечують високу швидкодію при високій точності вимірювань.

Однак цей метод зв'язаний з великими апаратними витратами. До цієї групи відносяться, цифрові вимірювачі кутових та лінійних переміщень, цифрові частотоміри, хронометри, фазометри та інші.

Цифрові ЗВ порівняння використовують принцип зрівноваження і будуються по замкнутій схемі.

В процесі вимірювання здійснюється порівняння відомої компенсуючої величини A_k і невідомої вимірюваної величини X або величини, яка зв'язана з нею деякою залежністю. При цьому в процесі зрівноваження одна з вказаних величин змінюється за часом до тих пір, доки не наступить рівність значень A_k і X .

До основних типів ЦЗВ відносяться

1. ЦЗВ послідовного кодування, в яких вимірюваний параметр **X** перетворюється в кількість імпульсів **N** , яка підраховується лічильником. Представниками цього виду ЦЗВ є цифрові лічильники, вимірювачі кутів повороту та переміщення.

2. ЦЗВ частотно-імпульсного кодування, в яких вимірюваний параметр **X** перетворюється в ряд імпульсів, частота **f_x** яких пропорційна значенню **X** . Кількість імпульсів підраховується за певний інтервал часу цифровим лічильником і надається у вигляді цифрового коду. Найбільш часто цей принцип використовується для побудови частотомірів, тахометрів, перешкодозахищених вольтметрів.

3. ЦЗВ часо-імпульсного кодування, в яких вимірюваний параметр X перетворюється в пропорційний йому інтервал часу t_x , який заповнюється імпульсами опорної частоти.

Кількість цих імпульсів підраховується цифровим лічильником. Цей принцип використовується для створення вольтметрів, вимірювачів інтервалів часу, переміщень і параметрів електричних ланцюгів (R , L , C і т.п.).

4. ЦЗВ зважуючого кодування, в яких вимірюваний параметр X перетворюється частіше всього в електричну напругу U , яка потім порівнюється з набором опорних електричних напруг (зважується). Стан цих напруг (увімкнено-вимкнено) створюють цифровий код вимірюваного параметра. Основне застосування такі ЦЗВТ одержали для вимірювання напруги.

5. ЦЗВ просторового кодування, в яких вимірюваний параметр X перетворюється в лінійне переміщення L , кут повороту α або який-небудь інший параметр деякого показчика, положення якого визначається за допомогою кодової маски (кодові диски і лінійки, електронно-променеві трубки і т.п.). Подібні ЦЗВТ гідні для вимірювання будь-яких параметрів, які перетворюються в просторове переміщення.

Не дивлячись на різницю в принципах дії, всю різноманітність ЦЗВТ прямого перетворення можна звести до загальної структурної схеми, яка надана на рис.5.

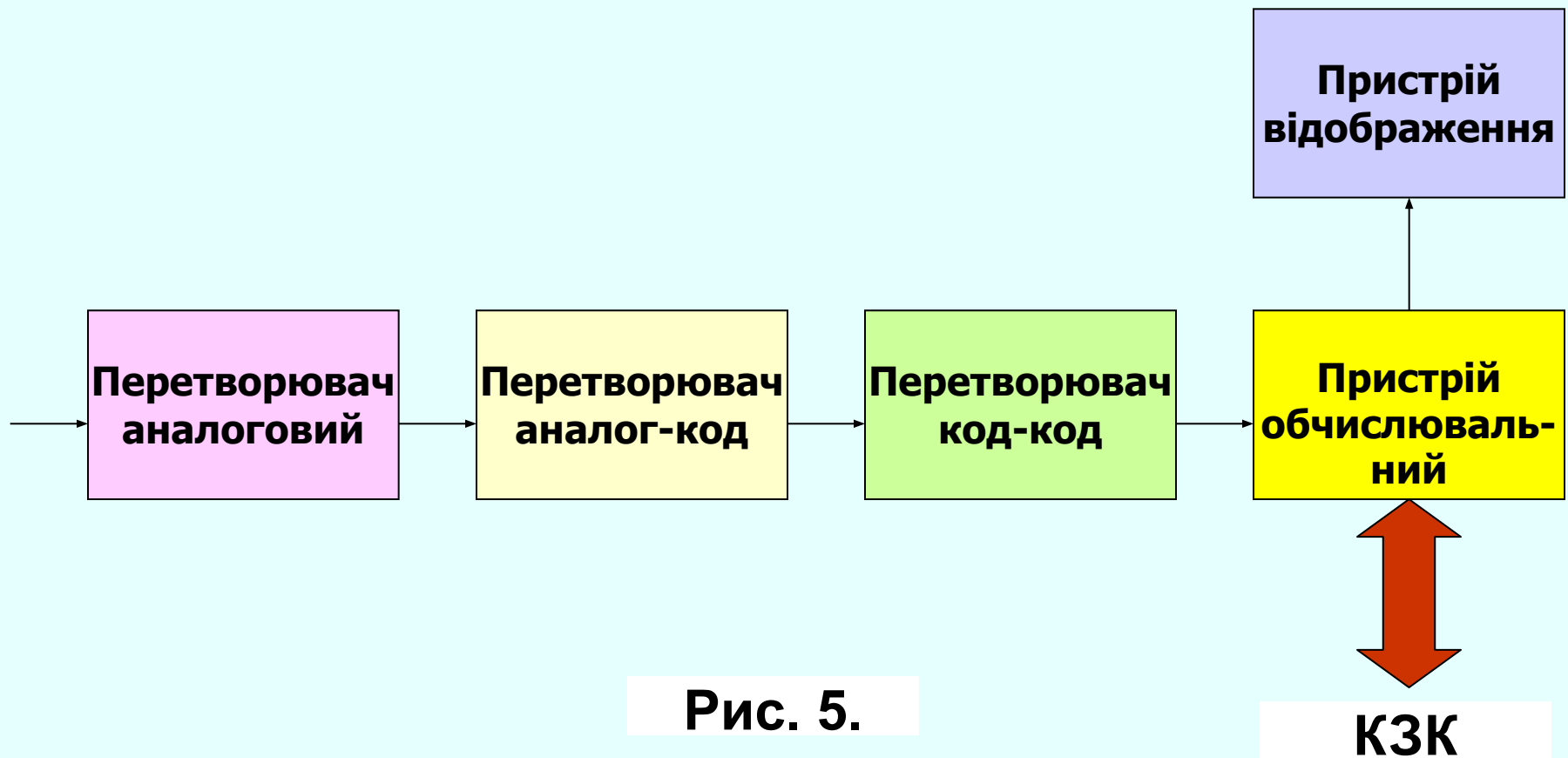


Рис. 5.

У вхідному аналоговому перетворювачі здійснюється масштабування вхідного сигналу, перетворення вимірювальної величини у величину, яку відчуває перетворювач аналог-код, попередня часова дискретизація і т.п.

За допомогою перетворювача аналог-код виконується перетворення аналогової вимірювальної величини в код, тобто здійснюється квантування сигналу і виробляється код, який відповідає числовому значенню вимірювальної величини.

Якщо одержаний код не зручний для подальшого використання, то застосовується додатковий перетворювач коду, з виходу якого інформація поступає на обчислювальний пристрій (мікропроцесор), або безпосередньо на пристрій відображення.

Інформація з виходів ЦЗВ може також поступати на канал загального використання КЗК, а з КЗК можуть прийматись сигнали керування та інша інформація для організації роботи ЦЗВ.

Четверте питання

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МІРИ

Загальні відомості

До мір відносять робочі еталони, вихідні еталони і робочі міри.

Еталони, які займають особливе місце серед мір, призначені для відтворення і (або) збереження одиниць фізичних величин з метою передачі їх розміру іншим засобам вимірювальної техніки.

Міри як еталони та робочі ЗВТ

Згідно з призначенням міри, як еталони, розділяються на вихідні та робочі. Міри, які затверджені в якості еталонів, призначенні для повірки і калібрування робочих засобів вимірювальної техніки.

Робочі міри служать для вимірювань. По точності відтворення фізичної величини еталони бувають 1, 2 і 3-го розрядів.

Найменша похибка відтворення фізичної величини у міри 1-го розряду.

Згідно з допустимою похибкою відтворення значення фізичної величини робочі міри відносять до різних класів точності.

Згідно з кількістю відтворюваних розмірів величини міри розділяються на однозначні і багатозначні, а також набори мір.

До однозначних мір відносять вимірювальні котушки опору, котушки індуктивності і взаємної індуктивності, вимірювальні конденсатори постійної ємності, нормальні елементи і стабілізовані джерела живлення.

Вимірювальні котушки опору

Котушки опору роблять на номінальне значення опору $10(\pm n)$ Ом, де n - ціле число.

Вони мають чотири затискачі два з яких називають струмовими, а два потенційними.

Між потенційними затискачами опір котушки відповідає номінальному значенню.

Обмотку котушки опору виконують з манганіну, який має великий питомий електричний опір. і високу стабільність своїх властивостей.

Котушки опору можуть мати клас точності від 0,0005 до 0,1 при номінальному опорі від 10^{-5} до 10^{10} Ом.

При роботі в ланцюгах змінного струму повний опір вимірювальної котушки змінюється при зміні частоти струму із-за власної ємності C і індуктивності L .

Еквівалентна електрична схема котушки опору наведена на рис.6.

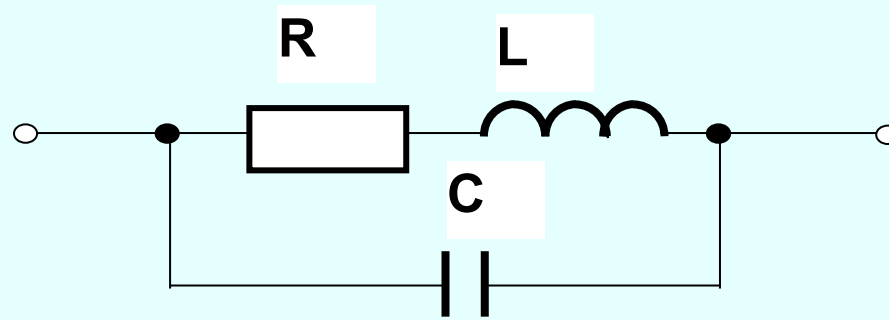


Рис.6.

Ступінь реактивності котушки характеризують постійною часу $\tau = (L/R) - RC$, де R - це опір котушки на постійному струмі. Постійна часу може бути від $0,5 \cdot 10^{-8}$ до $2,5 \cdot 10^{-6}$ с.

Вимірювальні котушки індуктивності і взаємної індуктивності

Котушки індуктивності виконують з дроту, який намотаний на каркас. Вони випускаються з номіналами від 10^{-6} до 1 Гн класів точності від 0,05 до 0,5 з верхньою межею частоти 100 кГц. Еквівалентна схема котушки індуктивності співпадає з еквівалентною схемою котушки опору (рис.5), але з іншим співвідношенням параметрів.

Котушки взаємної індуктивності мають дві обмотки, які намотані на загальному каркасі. Котушки випускаються з номіналами від 10^{-4} до 10^{-2} Гн з допустимою основною похибкою $\pm 0,1\%$ і з верхньою межею по частоті 50 Кгц.

Вимірювальні конденсатори

В якості однозначних мір електричної ємності застосовують повітряні і газонаповнені конденсатори, а також конденсатори із слюдяною ізоляцією.

Ємність повітряних конденсаторів не перевищує 10000 пФ. Для роботи в ланцюгах з високою напругою застосовують газонаповнені конденсатори.

Вимірювальні конденсатори мають клас точності від 0,005 до 1.

Нормальні елементи

Однозначною мірою ЕРС і напруги є нормальний елемент, - спеціальне хімічне джерело електричної енергії. ЕРС нормального елемента відома з великою точністю і при незмінній зовнішній температурі визначається великою постійністю за часом.

В залежності від температури оточуючого середовища - t , ЕРС нормального елемента з насиченим розчином електроліту визначається виразом $E_t = E_{20} - 40,6 \cdot 10^{-6}(t-20) -$

$$0,95 \cdot 10^{-6}(t-20)(t-20)^2 + 0,01 \cdot 10^{-6}(t-20)^3, \quad (2)$$

де E_{20} - ЕРС нормального елемента при температурі 20°C ($E_{20} = 1,0185 \dots 1,0187 \text{ В}$).

Нормальні елементи можуть мати класи точності від 0,0002 до 0,02.

Стабілізовані джерела напруги

В якості мір електричної напруги часто застосовують стабілізовані джерела напруги. Наприклад, стабілізоване джерело напруги постійного струму ПЗ6-1 при відхиленні напруги живлення на $\pm 10\%$ має вихідну напругу при номінальному струмі навантаження 1 мА постійну в межах $(1,5000 \pm 0,0001)$ В.

До багатозначних мір відносять вимірювальні генератори, калібратори напруги, струму і фазового зсуву, вимірювальні конденсатори змінної ємності, варіометри - міри змінної індуктивності, магазини опорів, ємності, індуктивності і взаємоіндуктивності.

Вимірювальні генератори

Вимірювальні генератори - це джерела змінного струму і напруги, форма яких заздалегідь відома, а частота, амплітуда і деякі інші параметри можуть регулюватись в певних границях і відраховуватись з гарантованою точністю.

Згідно з призначенням і спектру частот генератори розділяються на генератори синусоїдальних сигналів (від сотих долей герца до 10^{10} Гц), шумових сигналів, імпульсних сигналів і сигналів спеціальної форми.

Калібратори

Калібратори напруги і струму - це стабілізовані джерела напруги або струму, які дають можливість одержати на виході ряд каліброваних, тобто точно відомих значень сигналів.

Наприклад, програмований калібратор типа ПЗ20 видає калібровану напругу від 10 мкВ до 1000 В і струм від 1 до 100мА.

Межа допустимої основної похибки калібратора залежить від діапазону і, наприклад, при напрузі на виході калібратора 100 В становить всього $\pm 0,005\%$. Калібратор напруги змінного струму В1-9 має діапазон вхідної напруги 100мкВ - 100 В з шістьма діапазонами.

Магазини

В якості багатозначних мір одержали розповсюдження магазини опору, ємності і індуктивності.

В них за допомогою відповідних перемикачів можна встановлювати необхідне значення величини, яке відтворюється мірою.

Магазини опорів випускають з діапазоном відтворення значення величини від 10^{-2} до 10^{10} Ом і класами точності від 0,01 до 0,2.

Магазини ємності мають діапазон відтворення 10^{-3} до 10^9 пФ і класи точності від 0,005 до 1.

Магазини індуктивності (взаємної індуктивності) випускають з номінальними значеннями індуктивності (взаємної індуктивності) старшої декади від 0,001 до 10000 мГн з числом декад від 1 до 5 і класом точності від 0,02 до 1.

Знаходять застосування також набори мір, наприклад, набір вимірювальних конденсаторів. Міри, які входять в набір, можуть мати різні класи точності та різний допустимий частотний діапазон. Границя допустимої основної похибки однозначної міри, яка виражена в процентах від номінального значення, визначають згідно з формулою

$$\delta_0 = \pm k,$$

де k - числове значення класу точності.

Границя допустимої похибки одиночної змінної міри (конденсатор змінної ємності, варіометр і т.п.), яка виражена в процентах від відтворюваного значення величини

$$\delta_n = \pm k N_{\max} / N, \quad (3)$$

**де $N_{\max}$ - найбільше значення змінної міри;
 N - відтворюване значення.**

Границя допустимої основної похибки магазину, яка виражена в процентах

від номінального значення дорівнює

$$\delta_m = \pm k (1 + m N_{\min} / N), \quad 4)$$

де m - число декад магазину;

$N_{\min}$ - номінальне значення однієї ступені найменшої декади;

N - відтворюване значення величини.

Знаходять застосування також набори мір, наприклад, набір вимірювальних конденсаторів. Міри, які входять в набір, можуть мати різні класи точності та різний допустимий частотний діапазон. Границя допустимої основної похибки однозначної міри, яка виражена в процентах від номінального значення, визначають згідно з формулою □

$$\delta_0 = \pm k,$$

де k - числове значення класу точності.

Границя допустимої похибки одиночної змінної міри (конденсатор змінної ємності, варіометр і т.п.), яка виражена в процентах від відтворюваного значення величини

$$\delta_n = \pm k \cdot N_{\max} / N, \quad (3)$$

**де $N_{\max}$ - найбільше значення змінної міри;
 N - відтворюване значення.**

Границя допустимої основної похибки магазину, яка виражена в процентах від номінального значення дорівнює

$$\delta_m = \pm k (1 + mN_{\min}/N), \quad 4)$$

де m - число декад магазину;

$N_{\min}$ - номінальне значення однієї ступені найменшої декади;

N - відтворюване значення величини.

Для багатьох магазинів і інших багатозначних мір клас точності вказується у вигляді двох чисел c/d . Тоді границя допустимої основної похибки відтворюваної величини визначається згідно з формулою

$$\delta = \pm c + d((|X_k|/|X|) - 1). \quad (5)$$