

Лекція №1

МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ ОСНОВНИХ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

1. Розміри та значення фізичних величин. Методи вимірювання
2. Електричні величини. Розміри та значення електричних величин. Методи вимірювання
3. Теплові величини. Розміри та значення теплових величин. Методи вимірювання
4. Акустичні величини. Розміри та значення. Методи вимірювання
5. Світлові величини. Розміри та значення. Методи вимірювання

1. Розміри та значення фізичних величин. Методи вимірювання

1.1 Фізична величина — властивість, загальна в якісному відношенні багатьом фізичним об'єктам, але в кількісному відношенні індивідуальне для кожного об'єкту. Наприклад, довжина, маса, електропровідність і теплоємність тіл, тиск газу в судині і т.д.

Одиниця фізичної величини — фізична величина, якій за визначенням привласнено числове значення, рівне 1. Наприклад, маса 1 кг, сила 1 Н, тиск 1 Па, довжина 1 м, кут 10.

Значення фізичної величини — оцінка фізичної величини у вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць. Наприклад, діаметр отвору 0,01 м, маса тіла 93 кг.

Вимірювання — знаходження значення фізичної величини досвідченим шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Наприклад, вимірювання діаметра валу мікрометром, тиск середовища — манометром або вакуумметром. Значення фізичної величини $x_{\text{изм}}$, отримане при вимірюванні, знаходять по формулі

$$x_{\text{изм}} = Ai,$$

де A — числове значення, а i — одиниця фізичної величини.

В метрології розрізняють істинне і дійсне значення фізичних величин.

Істинне значення — значення фізичної величини, яке ідеальним чином відображає в якісних і кількісних відносинах відповідну властивість об'єкту. Істинне значення повинне бути вільний від помилок вимірювання, але оскільки всі фізичні величини знаходять досвідченим шляхом і їх значення містять помилки вимірювань, те істинне значення фізичних величин залишається невідомим.

Дійсне значення — значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і що настільки наближається до істинного значення, що для певної мети може бути використаний замість нього. При технічних вимірюваннях значення фізичної величини, знайдене з

допустимою по технічних вимогах погрішністю, приймається за дійсне значення.

Погрішність (помилка) вимірювання — відхилення результату вимірювань від істинного значення величини, що вимірюється. *Абсолютна погрішність* — погрішність вимірювання, виражена в одиницях величини, що вимірюється. Абсолютну погрішність вимірювання Δx визначають по формулі

$$\Delta x = x_{\text{изм}} - x,$$

де x — істинне значення величини, що вимірюється.

Відносна погрішність вимірювання — відношення абсолютної погрішності вимірювання до істинного значення фізичної величини $\Delta x/x$. Вона може виражатися також у відсотках. Оскільки істинне значення величини, що вимірюється, залишається невідомим, на практиці можна знайти лише наближену оцінку погрішності вимірювання. При цьому замість істинного значення приймають значення фізичної величини, отримане при вимірюваннях тієї ж величини з точністю, у декілька разів більш високої. Наприклад, погрішність вимірювання діаметра валу штангенциркулем, яка складає $\pm 0,1$ мм, можна оцінити, вимірювши той же діаметр валу мікрометром з погрішністю $\pm 0,004$ мм

На виробництві також широко використовується більш продуктивна операція вимірювань — контроль. *Контроль якості продукції* — перевірка відповідності якості продукції встановленим вимогам. При контролі фізичних величин перевіряють, чи знаходиться їх дійсне значення в межах, що допускаються, але числове значення величини, що вимірюється, не визначають. Наприклад, перевіряють, чи укладається дійсний розмір діаметра валу в межі допуску, вказані на кресленні.

Простір та час – категорії, що визначають основні форми матерії.

Довжина – величина, що характеризує протяжність, подовженість та переміщення тіл або їхніх частин вздовж заданої вісі.

Вимірювання лінійних та кутових величин

Для визначення довжини та відстані використовують різноманітні способи, вибір серед яких визначається необхідною точністю.

Для безпосереднього вимірювання довжини використовуються лінійки, штангенциркулі і т.п.

Вимірювання частоти обертання

Тахометри, імпульсні лічильники, стробоскопічний метод

Вимірювання маси

Об'ємний та ваговий способи

Вимірювання сили

Сила, згідно другого закону Ньютона

$$F = m \cdot a$$

1 кгс – еталон – циліндр, діаметром 39 мм та такої ж висоти (платина

90%, іридій – 10%).

Метод вимірювань — сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань. Залежно від способу отримання результатів вимірювання підрозділяють на прямі і непрямі.

Прямими називають вимірювання, при яких **шукане** значення величини знаходять безпосередньо з досвідчених даних, наприклад вимірювання струму амперметром, напруги — вольтметром, потужності — ватметром.

Непрямими називають вимірювання, при яких **шукане** значення величини знаходять на підставі відомої залежності між цією величиною і величинами, що піддаються прямим вимірюванням. Приклади непрямих вимірювань — це визначення опору ланцюга або потужності по зміряному струму і напрузі.

Метод безпосередньої оцінки полягає в тому, що значення величини визначають безпосередньо по **відліковому** пристрою вимірювального приладу прямої дії. При використуванні цього методу у вимірювальному приладі відбувається пряме перетворення величини, що вимірюється (від входу до виходу). Приклади застосування методу безпосередньої оцінки — це вимірювання струму і напруги за допомогою електромеханічних амперметрів і вольтметрів (без застосування зворотного зв'язку).

Метод порівняння з мірою (метод порівняння) полягає в тому, що величину, що вимірюється, порівнюють з величиною, відтворюючою мірою. При використуванні цього методу в процесі вимірювань безпосередньо бере участь міра величини, що вимірюється. Прикладом методу порівняння є вимірювання опору за допомогою моста. Різновидами методу порівняння є (мал. 2.1) методи зіставлення, диференціальний, нульовий, заміщення і збігів. При вимірюванні методом зіставлень величина, що вимірюється, і величина, відтворююча мірою, одночасно впливають на прилад порівняння, за допомогою якого встановлюється співвідношення між ними. При диференціальному методі на вимірювальний прилад впливає різниця величини, що вимірюється, і відомої величини, відтворюючої мірою. Нульовий метод — метод порівняння з мірою, при якому результуючий ефект дії величин (що вимірюється і

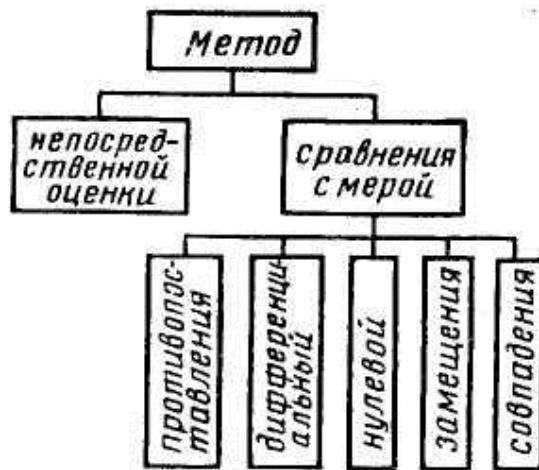


Рис.1.1. Методи вимірювань.

відтворною мірою) на прилад порівняння доводять до нуля. Якщо величину, що вимірюється, заміщають відомою величиною, відтворною мірою, такий метод вимірювання називають методом заміщення. Метод збігів полягає в том, що різниця між величиною, що вимірюється, і величиною, відтворною мірою, вимірюють, використовуючи збіги відміток шкал або періодичних сигналів. Найбільше розповсюдження цей метод отримав при вимірюванні неелектричних величин.

Одночасні вимірювання декількох однойменних величин називають **сукупними вимірюваннями**. Результат сукупних вимірювань знаходять рішенням відомих рівнянь, параметри яких одержують прямими вимірюваннями становляючих цих величин.

Для знаходження залежності між двома або декількома не однойменними величинами використовують **сумісні вимірювання**. Результати сумісних вимірювань знаходять за даними, отриманим прямими вимірюваннями цих величин.

В практиці вимірювань більше розповсюдження отримав метод безпосередньої оцінки, як більш простий і не вимагаючи великих витрат. Метод порівняння з мірою дозволяє виконувати вимірювання з меншими погрішностями (в порівнянні з методом безпосередньої оцінки), але для його здійснення необхідна великі витрати.

2. Електричні величини. Розміри та значення електричних величин. Методи вимірювання

Сила електричного струму – скалярна характеристика струму, що дорівнює відношенню кількості електрики dQ , що переноситься крізь переріз провідника за інтервал часу dt до цього інтервалу

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Індуктивні прилади

Індуктивні прилади відрізняються високою точністю, придатні для ведення дистанційних вимірювань. Порівняно невеликі габаритні розміри індуктивних перетворювачів дозволяють створювати компактні вимірювальні пристрої. Єдине джерело енергії (електричний струм) дає істотну перевагу перед пневматичними приладами, для яких потрібне живлення і електричним струмом, і стислим повітрям.

Принцип дії

В індуктивних приладах використовується властивість котушки змінювати свій реактивний опір при зміні деяких її параметрів, що визначають індуктивність L .

Для отримання можливо більшої індуктивності котушку, як правило, виконують з магнітопроводом з феромагнітного матеріалу. Як відомо з електротехніки, опір такої котушки (без урахування втрат на гістерезис і вихрові струми в сердечнику)

$$z = R_a + j\omega L \quad (1.1)$$

де R_a — опір котушки постійному струму;

$$j\omega L = j\omega \frac{W^2}{R_M} \text{ — індуктивний опір } j = \sqrt{-1}$$

$\omega = 2\pi f_0$ кругова частота живлячої напруги, f_0 — частота, Гц;

W — число витків котушки;

R_M — магнітний опір магнітного ланцюга котушки.

Звичайно один з елементів магнітного ланцюга (рис. 2, а) виконується рухомим (якір), і його положення щодо нерухомої частини впливатиме на магнітний опір ланцюга R_M , а отже, і індуктивний опір котушки.

Якщо зв'язати переміщення якоря з лінійною величиною, що вимірюється δ при постійних параметрах напруги живлення, то виникає функціональна залежність між δ і електричним опором z :

$$z = f(\delta).$$

Пристрій, який перетворить лінійні переміщення в зміни електричного параметра z за допомогою описаної котушки, називається індуктивним перетворювачем.

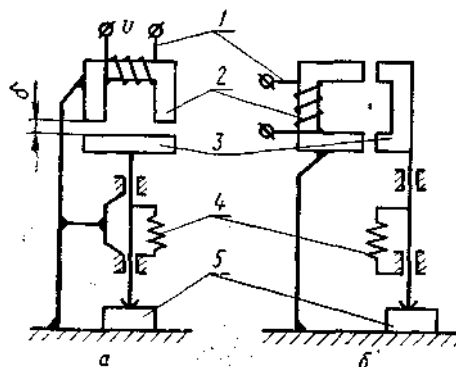


Рис. 1.2. Принципові схеми індуктивних перетворювачів:

a — схема, в якій величина, що вимірюється, викликає зміну довжини повітряного зазору δ ; b — схема, в якій величина, що вимірюється, викликає зміну площі повітряного зазору; 1 — котушка перетворювача; 2 — магнітопровід; 3 — якір; 4 — пружина, що створює вимірювальне зусилля; 5 — контрольована деталь

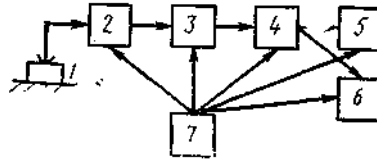


Рис. 1.3. Блок-схема індуктивного приладу

В загальному вигляді індуктивний прилад (рис. 1.3) включає наступні основні вузли: індуктивний перетворювач 2, сприймаючий зміну розміру деталі 1 і перетворюючий його в зміну опору; вимірювальну схему 3, яка служить для перетворення сигналу перетворювача в зручний для вимірювання інший електричний параметр (напруга, силу струму); електронний підсилювач 4; вказівний пристрій 5; пристрій для подачі команд 6 і джерело живлення 7.

Чутливість індуктивного приладу

$$K_{\Sigma} = K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (1.2)$$

де $K_1 = \frac{dz}{d\delta}$ — чутливість перетворювача;

$K_2 = \frac{dU_c}{dz}$ або — чутливість вимірювальної схеми;

U_c і I_c — напруга і струм на виході схеми;

$K_3 = \frac{dU_y}{dU_c}$ — чутливість підсилювача;

U_y — вихідна напруга підсилювача;

$K_4 = \frac{d\alpha}{dU_y}$ — чутливість вказуючого пристрою;

α — переміщення покажчика.

Таким чином

$$K_{\Sigma} = \frac{dz}{d\delta} \cdot \frac{dU_c}{dz} \cdot \frac{dU_y}{dU_c} \cdot \frac{d\alpha}{dU_y} = \frac{d\alpha}{d\delta}$$

При побудові індуктивного приладу особливо важливий правильний вибір параметрів і принципової схеми індуктивного перетворювача.

Вимірювальні схеми індуктивних приладів

Вимірювальна схема призначена для перетворення сигналу індуктивного перетворювача в зручний для вимірювання електричний параметр — напругу або силу струму.

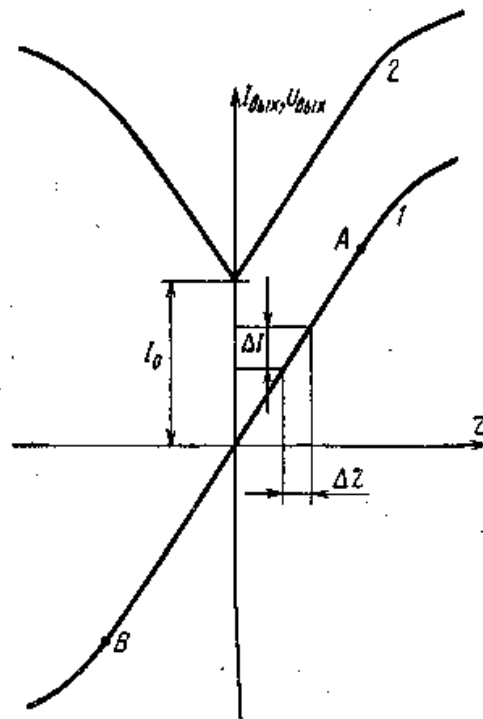


Рис 1.4. Характеристики вимірювальних схем

Вхідною величиною схеми будуть зміни опорів котушок індуктивного перетворювача, викликані лінійною величиною, що вимірюється, а вихідний величиною схеми — відповідна зміна струму або напруги. Таким чином, характеристика схеми є залежністю $I_{Bblx} = \varphi(Z)$ або $U_{Bblx} = \varphi(Z)$. При розробці схеми бажано отримати характеристику (рис. 1.4, крива 1) з достатньо великою прямолінійною ділянкою АВ, на якій

чутливість максимальна і постійна $K = \frac{dI}{dZ}$, що важливе для створення приладу з рівномірною шкалою. Небажано мати характеристику схеми (крива 2), у якої є той, що постійна становить I_0 , не залежна від лінійної величини, що вимірюється, тобто від ΔZ , в цьому випадку шкала приладу використовуватиметься частково. Неможливо і застосувати більш чутливий прилад.

Таким чином, вимірювальна схема повинна забезпечити:

- 1) отримання можливо більш лінійній залежності струму або напруги на виході схеми від зміни опорів котушок перетворювача;
- 2) виділення корисного сигналу, тобто сигналу, залежного тільки від лінійної величини, що вимірюється;
- 3) мінімальну погрішність через зміну живлячої напруги і частоти, температури навколишнього середовища, впливи зовнішніх магнітних і електричних полів.

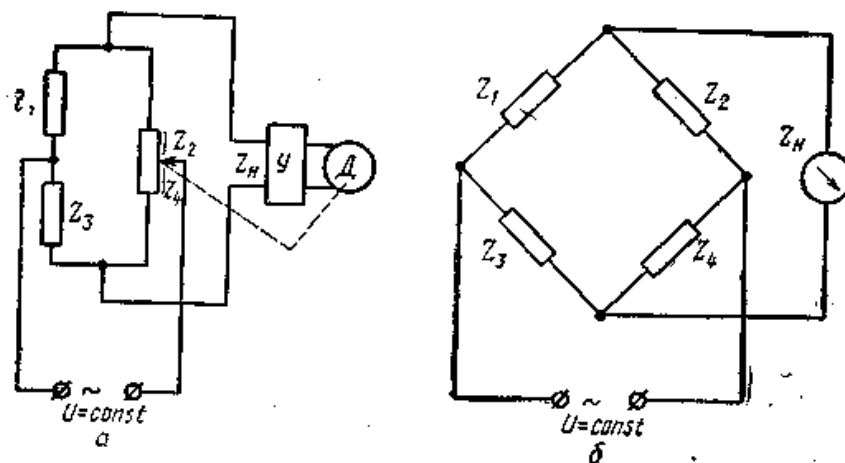


Рис 1.5. Вимірювальні схеми індуктивних приладів

Основними вимірювальними схемами індуктивних приладів для лінійних вимірювань є симетричні мостові схеми змінного струму, що працюють в рівноважному режимі або в режимі відхилень. Це пояснюється тим, що в цих схемах можна легко використовувати диференціальні перетворювачі, причому котушки перетворювача виявляються включеними в два сусідні плечі моста, внаслідок чого однакові зміни яких-небудь параметрів котушок не викликають сигналу на виході моста. Ця властивість стає особливо важливою при роботі перетворювача при змінах навколишньої температури в широких межах. На вихід моста поступає різницевий сигнал, тобто відбувається виділення корисного сигналу, залежного тільки від зміни опору котушок перетворювача.

Схеми, що працюють в рівноважному режимі (рис. 5, а), застосовують при побудові індуктивних самописців в пристроях підналадки вимірювальних засобів.

Опори Z_1 і Z_3 є опорами індуктивного диференціального перетворювача, а Z_2 і Z_4 — опорами реохорда.

При нейтральному положенні якоря індуктивного перетворювача $Z_1 = Z_3 = Z_0$ і при певних значеннях Z_2 і Z_4 на виході моста напруга рівно нулю.

Та варто перемістити якір індуктивного перетворювача, внаслідок чого Z_1 стане рівним $Z_0 + \Delta Z$, а $Z_3 = Z_0 - \Delta Z$, як на виході моста з'явиться деяка напруга (напруга розбалансу). Ця напруга подається на підсилювач $У$, а потім на виконавчий механізм (електродвигун) $Д$, який переміщає движок реохорда до тих пір, поки на виході моста напруга знову стане рівною нулю.

Положення движка реохорда відповідатиме певному переміщенню якоря індуктивного перетворювача.

Серед схем, що працюють в режимі відхилень, найбільше розповсюдження отримав симетричний міст (мал. 95,6), у якого $Z_1 = Z_3 = Z_0$ і $Z_2 = Z_4 = Z$, де Z_1 і Z_3 — опори котушок диференціального перетворювача. При переміщенні якоря з нейтрального положення опору котушок стане рівний $Z_1 = Z_0 + \Delta Z$, а $Z_3 = Z_0 - \Delta Z$. В тих випадках, коли прилад будується без підсилювача, до виходу моста підключають через відповідний випрямляч мікроамперметр постійного струму, внутрішній опір якого трохи.

Вимірювальна схема в цьому випадку чутлива по струму, тобто забезпечується залежність $I_{\text{вих}} = \Delta(Z)$.

Для того, щоб вимірювальний міст віддавав максимальну потужність показуючому приладу, необхідно, щоб внутрішній опір моста (опір, зміряний з боку вихідних точок моста) був рівний опору Z_H на яке міст замкнений

$$Z_H = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} + \frac{Z_3 Z_4}{Z_3 + Z_4} \quad (1.3)$$

і для умови $Z_1 = Z_3 = Z_0$ і $Z_2 = Z_4 = Z$ отримаємо

$$Z_H = \frac{2Z_0 Z}{Z_0 + Z} \quad (1.4)$$

Виявляється, вимірювальний міст віддаватиме максимальну потужність, коли

$$Z = \frac{Z_0}{2} \quad (1.5)$$

За цих умов

$$Z_H = \frac{2}{3} Z_0 \quad (1.6)$$

Таким чином, для розробленої конструкції перетворювача з визначеним Z_0 використовуючи формули можна визначити внутрішній опір мікроамперметра Z_H і вибрати його, а також вибрати опори інших плечей моста.

Для даного моста напруга на виході, U , при $Z_H \rightarrow \infty$

$$U_{\infty} = \frac{2U\Delta Z Z}{(Z_0 + Z)^2} \quad (1.7)$$

де U — напруга живлення моста.

Струм, що протікає в ланцюзі навантаження, A

$$I_H = \frac{U_{\infty}}{Z_H + 2 \frac{Z Z_0}{(Z_0 + Z)^2}} \quad (1.8)$$

Чутливість K_U , В/Ом, вимірювальної схеми по напрузі згідно виразу

$$K_U = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{\Delta Z} = \frac{2U_{\text{вих}} Z}{(Z_0 + Z)^2}$$

показує, на скільки зміниться напруга на виході при зміні опору перетворювача на 1 Ом.

Звичайно схеми з чутливістю по напрузі використовують з підсилювачем, у них опори навантаження $Z_H \gg Z_0$; при виборі враховують вимоги вхідного ланцюга підсилювача.

Чутливість K_I , А/Ом, вимірювальної схеми по струму згідно виразам

$$K_I = \frac{\Delta I_{\text{вих}}}{\Delta Z} = \frac{2UZ}{(Z_0 + Z)^2 \left(Z_H + 2 \frac{Z Z_0}{Z + Z_0} \right)} \quad (1.9)$$

З виразів видно, що характеристика схеми $I_{\text{ввх}} = \varphi(Z)$ і $U_{\text{ввх}} = \varphi(Z)$ для даного типу моста є лінійною, завдяки чому даний міст широко застосовують при побудові індуктивних приладів для лінійних вимірювань.

В цій мостовій схемі опору плечей моста, виключаючи опори котушок перетворювача, звичайно є чисто активними. В результаті напруга розбалансу моста не співпадає по фазі з напругою його живлення. А це призводить до того, що в нульовій зоні шкали з'являється область невірної напруги, яка зменшує межі вимірювання приладу.

Спеціальною наладкою елементів вимірювального моста можна добитися отримання постійного збігу по фазі напруг розбалансу моста і його живлення. Це досягається регулюванням додаткового опору $R_{\text{дон}}$ (рис. 1.6) і початкового зазору δ_0 перетворювача або зміною частоти живлячої напруги і аналогічним регулюванням R_0

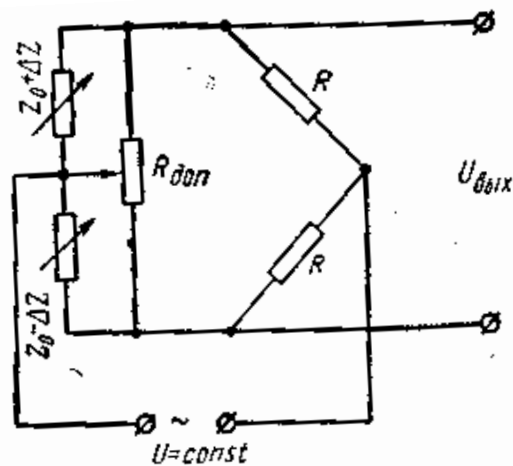


Рис. 1.6. Схема моста з додатковим опором для його урівноваження.

Іноді з метою отримання більшої віддачі потужності від індуктивного перетворювача, особливо при побудові схем з підсилювачем, замість активних опорів використовують диференціальну реактивну котушку (рис. 1.7, а) або первинну обмотку диференціального трансформатора (рис. 1.7, б).

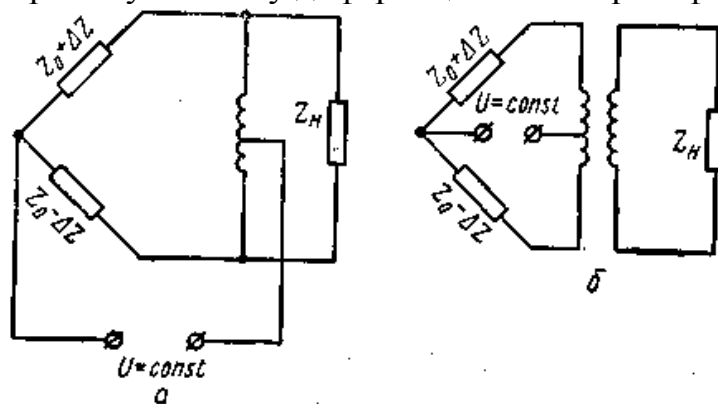


Рис.1.7. Схема моста з диференціальною реактивною котушкою (а) і диференціальним трансформатором (б)

Схема з трансформатором володіє ще тією перевагою, що не зв'язує вибір числа витків і діаметра дроту первинної обмотки з параметрами навантаження, які повинні бути підібрані тільки з урахуванням параметрів вторинної обмотки трансформатора.

3. Теплові величини. Розміри та значення теплових величин. Методи вимірювання

Температурою називається статистична величина, що характеризує тепловий стан тіла і пропорційна середній кінематичній енергії молекул тіла. За одиницю температури береться Кельвін (K).

З того, що температура – це кінетична енергія молекул, ясно, що найприродніше вимірювати її в енергетичних одиницях (тобто в системі СІ в джоулях). Проте вимір температури почався задовго до створення молекулярно-кінетичної теорії, тому практичні шкали вимірюють температуру в умовних одиницях – градусах.

Поняття абсолютної температури було введено У. Томсоном (Кельвіном), у зв'язку з чим шкалу абсолютної температури називають шкалою Кельвіна або термодинамічною температурною шкалою. Одиниця абсолютної температури – Кельвін (K).

Абсолютна шкала температури називається так, тому що міра основного стану нижньої межі температури – абсолютний нуль, тобто найбільш низька можлива температура, при якій в принципі неможливо витягнути з речовини теплову енергію.

Абсолютний нуль визначений як 0 K, що рівне – 273,15 °C (точно).

Шкала температур Кельвіна – це шкала, в якій початок відліку ведеться від абсолютного нуля.

Використовувані в побуті температурні шкали – як Цельсія, так і Фаренгейта (використовувана, в основному, в США), – не є абсолютними і тому незручні при проведенні експериментів в умовах, коли температура опускається нижче за точку замерзання води, через що температуру доводиться виражати негативним числом. Для таких випадків були введені абсолютні шкали температур.

Одна з них називається шкалою Ранкіна, а інша – абсолютною термодинамічною шкалою (шкалою Кельвіна); температури по них вимірюються, відповідно, в градусах Ранкіна (°Ra) і Кельвінах (K). Обидві шкали починаються при температурі абсолютного нуля. Розрізняються вони тим, що ціна одного ділення за шкалою Кельвіна дорівнює ціні ділення шкали Цельсія, а ціна ділення шкали Ранкіна еквівалентна ціні ділення термометрів з шкалою Фаренгейта. Температурі замерзання води при стандартному атмосферному тиску відповідають 273,15 K, 0 °C, 32 F.

У техніці, медицині, метеорології і в побуті використовується шкала Цельсія, в якій температура потрійної точки води дорівнює 0,008 °C, і, отже, точка замерзання води при тиску в 1 атм дорівнює 0 °C. Нині шкалу Цельсія визначають через шкалу Кельвіна: ціна одного ділення в шкалі Цельсія дорівнює ціні ділення шкали Кельвіна, $t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$. Таким чином,

точка кипіння води, спочатку вибрана Цельсієм, рівна 100 °C, втратила своє значення, і за сучасними оцінками температура кипіння води при нормальному атмосферному тиску складає близько 99,975 °C. Шкала Цельсія практично дуже зручна, оскільки вода дуже поширена на нашій планеті і на ній засновано наше життя. Нуль Цельсія – особлива точка для метеорології, оскільки пов'язана із замерзанням атмосферної води. Шкала запропонована Андерсом Цельсієм в 1742 р.

У Англії і, особливо, в США використовується шкала Фаренгейта. Нуль градусів Цельсія – це 32 градуси Фаренгейта, а градус Фаренгейта дорівнює 9/5 градуса Цельсія (таблиця 1.1).

Нині прийнято наступне визначення шкали Фаренгейта: це температурна шкала, 1 градус якої (1 °F) дорівнює 1/180 різниці температур кипіння води і танення льоду при атмосферному тиску, а точка танення льоду має температуру +32 °F. Температура за шкалою Фаренгейта пов'язана з температурою за шкалою Цельсія (t °C) співвідношенням t °C = 5/9 (t °F – 32), t °F = 9/5 t °C + 32. Запропонована Г. Фаренгейтом в 1724.

Таблиця 1.1. Переходи з різних шкал

Перерахунок температури між основними шкалами			
у\з	Кельвін	Цельсій	Фаренгейт
Кельвін (K)	= K	= C + 273	= (F + 459) / 1,8
Цельсій (°C)	= K – 273	= C	= (F – 32) / 1,8
Фаренгейт (°F)	= K · 1,8 – 459	= C · 1,8 + 32	= F

Таблиця 1.2. Порівняння температурних шкал

Опис	Кельвін	Цельсій	Фаренгейт	Ранкин	Делиль	Ньютон	Реомюр	Ремер
Абсолютний нуль	0	–273.15	–459.67	0	559.725	–90.14	–218.52	–135.90
Температура танення суміші Фаренгейта (сіль і лід в рівних кількостях)	255.37	–17.78	0	459.67	176.67	–5.87	–14.22	–1.83
Температура замерзання води (нормальні умови)	273.15	0	32	491.67	150	0	0	7.5
Середня температура людського тіла ¹	310.0	36.6	98.2	557.9	94.5	12.21	29.6	26.925
Температура кипіння води (нормальні умови)	373.15	100	212	671.67	0	33	80	60
Плавлення титану	1941	1668	3034	3494	–2352	550	1334	883
Поверхня Сонця	5800	5526	9980	10440	–8140	1823	4421	2909

Вибір методу виміру температури залежить від діапазону вимірюваних температур, необхідної точності, швидкодії і допустимої величини вхідного теплового опору вимірювального пристрою, тобто його вхідній теплоємності.

4. Акустичні величини. Розміри та значення. Методи вимірювання

Акустика – у вузькому розумінні слова – вчення про звук, тобто про пружні коливання у хвилях та газах, рідинах та твердих тілах, що чутні людському вуху.

Акустичні коливання – рух часток пружного середовища навколо положення рівноваги.

Чутний звук – акустичні коливання, що здатні викликати слухові відчуття. Людина чує звук частотою від 16 Гц до 20кГц.

Ультразвук – акустичні коливання з частотою від 20 кГц до 10^9 Гц.

Для виразу рівнів акустичних величин використовуються: бел (децибел), непер.

Бел – одиниця рівня величини, що пропорційна потужності, коли основа логарифму дорівнює десяти

$$1\text{бел} = \lg \frac{P_2}{P_1}$$

де P - одноіменні енергетичні величини (звукова потужність, звукова енергія, інтенсивність звуку і т.д.)

Децибел (дБ) – доля одиниці бела ($1 \text{ Б} = 0,1 \text{ дБ}$). Відповідає зміні інтенсивності звуку в 1,26 разів.

5. Світлові величини. Розміри та значення. Методи вимірювання

Сила світла – характеризує свічення джерела видимого випромінювання у деякому напрямі.

Одиниця вимірювання сили світла – Кандела (Кд).

Одиниця освітленості – Люкс (Лк) дорівнює освітленості поверхні площі 1 м^2 при світловому потоці, що падає на неї 1 лм (люмен).