

Лекція 12. Вимірювання параметрів технологічних процесів

Сьогодні доводиться вимірювати сотні параметрів технологічних процесів, більшість яких є неелектричними величинами. Велика кількість вимірюваних неелектричних величин, необхідність автоматизації управління при централізованому отриманні вимірювальної інформації, її обробка та вироблення регулюючих сигналів для зворотної дії на об'єкт дослідження, зумовлюють використання електричних методів вимірювань неелектричних величин.

Вимірювання неелектричних величин електричними засобами стає можливим внаслідок попереднього перетворення технологічних параметрів у електричні величини за допомогою первинних вимірювальних перетворювачів (чутливих елементів), які були розглянуті в розділах 2, 3.

До переваг електричних вимірювань неелектричних величин належать:

- 1) можливість передачі електричних сигналів на великі відстані, що дозволяє контролювати технологічні параметри у віддалених об'єктах;
- 2) забезпечення високої швидкодії обробки вимірювальної інформації;
- 3) простота автоматизації вимірів, тому що вихідні електричні сигнали можуть бути представлені в цифровій формі.

Отже, для вимірювання неелектричних величин електричними методами передбачається наявність первинного вимірювального

перетворювача, а також вторинного електричного вимірювального приладу.

4.2. Вимірювання параметрів руху твердих тіл

Під параметрами руху твердого тіла розуміють лінійні та кутові переміщення, швидкість лінійних та кутових переміщень тощо. У якості первинних вимірювальних перетворювачів (чутливих елементів) для вимірювання параметрів руху можуть використовуватися розглянуті раніше параметричні і генераторні перетворювачі:

- а) реостатні перетворювачі;
- б) тензорезистивні перетворювачі;
- в) індуктивні перетворювачі;
- г) трансформаторні перетворювачі;
- д) ємнісні перетворювачі;
- е) індукційні перетворювачі;
- ж) магнітострикційні перетворювачі переміщень.

4.2.1. Вимірювання лінійних та кутових переміщень з використанням реостатних перетворювачів.

На рис.4.1 наведена потенціометрична схема включення реостатного перетворювача.

Під дією вимірюваного переміщення движок реостата переміщується. Вихідною величиною перетворювача є електричний опір R_X , що обумовлюється положенням движка.

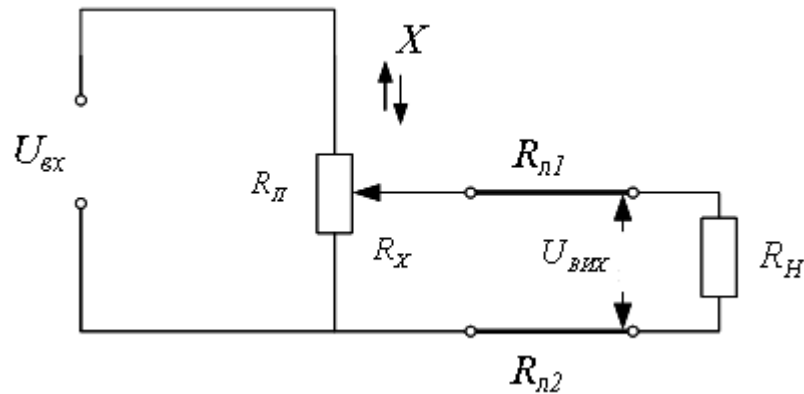


Рис. 4.1

Напруга з його движка $U_{ВИХ}$ подається на навантаження $R_Н$.

Розглянемо залежність напруги $U_{ВИХ}$ від зміни опору R_X перетворювача і від опору $R_Н$.

Якщо опір навантаження $R_Н \gg R_П$ (рис. 4.1), то напруга на навантаженні

$$U_{ВИХ_Н} = \frac{U_{ВХ} \cdot R_X}{R_П}, \quad (4.1)$$

і вона змінюється пропорційно R_X .

У цьому випадку напруга $U_{ВИХ_Н}$ пропорційна переміщенню движка.

Якщо опір потенціометра $R_П$ є порівнянний з опором $R_Н$, то в цьому випадку

$$U_{BIX} = \frac{U_{BX} \cdot R_X \cdot R_H}{R_{II} R_X - R_X^2 + R_{II} R_H}$$

(4.2)

або

$$U_{BIX} = \frac{U_{BX} \cdot \beta}{1 + \alpha\beta(1 - \beta)},$$

(4.3)

де $\alpha = \frac{R_{II}}{R_H}$ – коефіцієнт навантаження;

$\beta = \frac{R_X}{R_{II}}$ – відносна зміна опору перетворювача

На рис. 4.2 наведена залежність $U_{BIX} = U_H$ від β для різних коефіцієнтів α .

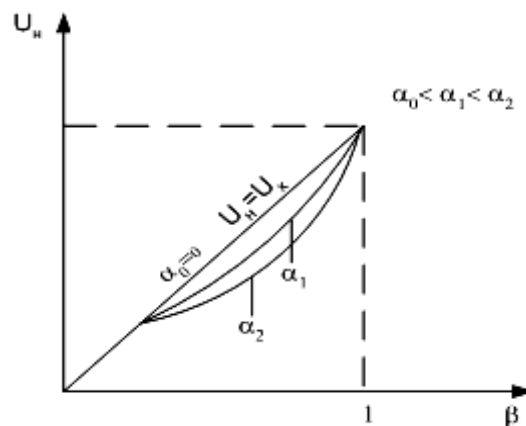


Рис. 4.2.

З рівнянь (4.1) і (4.2) випливає, що відносна похибка, яка виникає через вплив опору R_H , дорівнює

$$\delta U = \frac{U_{ВІХ_H} - U_{ВІХ}}{U_{ВІХ}} = \frac{R_X}{R_H} \left(1 - \frac{R_X}{R_{II}}\right)$$

(4.4)

або
$$\delta U = \alpha\beta(1 - \beta)$$

(4.5)

З рівнянь (4.4) і (4.5) випливає, що максимальне значення похибки δU буде при $R_X = 0,5 R_{II}$

У цьому випадку похибка

$$\delta U = 0,25 \cdot \frac{R_{II}}{R_H} \cdot 100\%,$$

(4.6)

Вона може досягати максимального значення 25%, якщо $R_{II} = R_H$, а $R_X = 0,5 R_{II}$

Похибка δU може бути незначною, якщо опір $R_H \gg R_{II}$.

Джерелами похибок у схемі рис. 4.1, можуть бути нестабільність напруги $U_{ВХ}$, вплив опорів з'єднувальних дротів $R_{Л1}$ і $R_{Л2}$, а також їхні температурні зміни.

На рис. 4.3 реостатний перетворювач включений у кола магнітоелектричного логометра. Логометрична схема включення перетворювача містить два канали $R_{Л2}$ і $R_{Л3}$, включених послідовно з великими опорами рамок логометра, а третій канал $R_{Л1}$ включений послідовно в колі живлення U логометра і не впливає на його

показники. Таке трипровідне підключення перетворювача до логометра дозволяє виключити вплив опорів з'єднувальних дротів на результат вимірювання. Логометр – це перетворювач, вихідна величина якого, є функцією частки від ділення вхідних струмів, що протікають по каналах $R_{Л2}$ і $R_{Л3}$. Через те, що живлення обох цих каналів здійснюється від того самого джерела, то при зміні напруги живлення змінюється пропорційно тільки значення струмів, а їхнє відношення залишається незмінним.

Отже, у схемі вимірювання переміщення (рис. 4.3) значно зменшені похибки від впливу опорів з'єднувальних дротів, а також від нестабільності напруги живлення.

На рис. 4.4. наведена схема вимірювання переміщень, де реостатний перетворювач $R_{Л}$ включений у мостову логометричну схему. Опори з'єднувальних дротів $R_{Л1}$ і $R_{Л2}$ разом з опорами R_x і R_3 включаються в сполучні плечі моста, тому при $R_1 = R_2$ й $R_x = R_3$, вплив опору з'єднувальних дротів, а також їхні температурні зміни взаємно компенсуються.

Крім розглянутих похибок схеми вимірювань, які наведені на рис. 4.1, мають місце також ще додаткові похибки первинних вимірювальних перетворювачів – реостатних перетворювачів, розглянутих в розділі 2.

На рис. 4.5 наведена схема перетворення переміщення в цифровий код з використанням АЦП – перетворювача напруги в код.

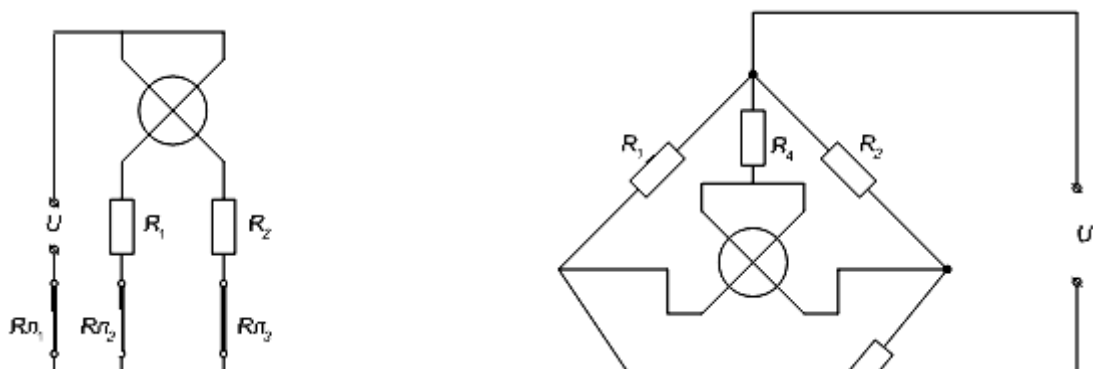


Рис. 4.3

Рис. 4.4

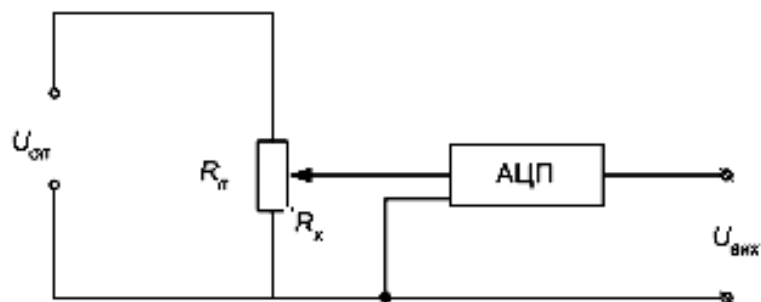


Рис. 4.5

Похибка вимірювання в даній схемі залежить від стабільності напруги $U_{\text{оп}}$, похибок АЦП, а також від співвідношення опорів $R_{\text{п}}/R_x$, де R_x - вхідний опір АЦП.

4.2.3. Вимірювання лінійних та кутових переміщень з використанням індуктивних перетворювачів

На рис. 4.6 зображена мостова схема змінного струму, у якій в одно із плечей моста включена обмотка одинарного індуктивного перетворювача, а в протилежне плече – змінна ємність C , шунтована опором R_0 . Вимірюване лінійне переміщення X (або Z) прикладене до рухливого феромагнітного якоря 1. Переміщення якоря по Z

приводить до зміни індуктивності обмотки й розбалансування моста. Відповідно буде змінюватися вихідна напруга в діагоналі моста пропорційно переміщенню якоря. Змінна ємність C – необхідна для підстроювання рівноваги моста у випадку початкового нульового положення якоря.

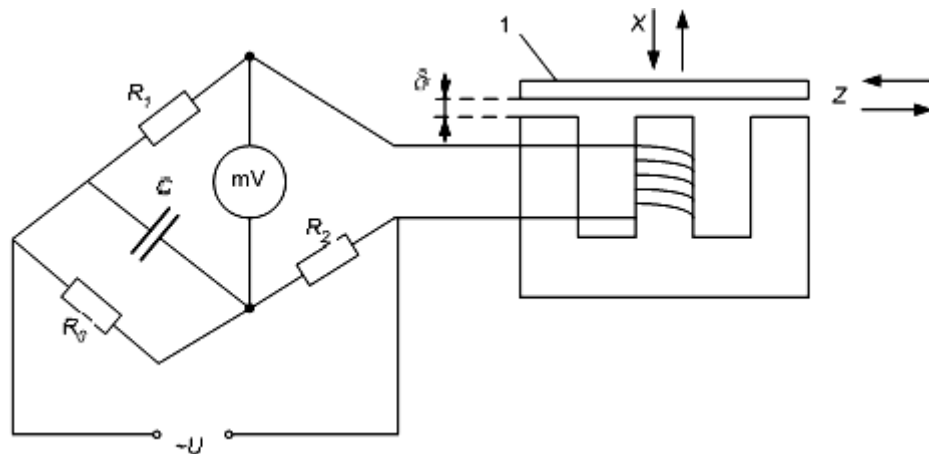


Рис. 4.6

При переміщенні якоря в напрямку X змінюється повітряний проміжок δ , змінюється опір магнітного кола, що приводить до зміни індуктивності L обмотки (2.15) за гіперболічним законом і до нелінійної характеристики перетворення.

Лінійна ділянка характеристики одинарного індуктивного перетворювача становить $(0.1 \dots 0.15)\delta$, а діапазон вимірюваних переміщень – від одиниць мікрометрів до декількох міліметрів.

Переміщення якоря в напрямку Z (рис. 4.6) змінює площу зазору S_δ в індуктивному перетворювачі. У цьому випадку спостерігається лінійна залежність індуктивності від переміщення. Діапазон вимірюваних переміщень збільшується до декількох сантиметрів.

Похибки розглянутої схеми обумовлені недоліками одинарних індуктивних перетворювачів, розглянутих в (2.2.1), а також залежать

від стабільності частоти і амплітуди живлячої напруги $\approx U$ і від температурних змін ємності C і опорів моста. Похибка перетворення переміщення в напругу становить 0.1...1.5%.

Значного поліпшення лінійності характеристики перетворення й підвищення точності перетворення можна досягти, використовуючи первинні диференціальні індуктивні перетворювачі.

Основними схемами включення диференціальних перетворювачів є мостові схеми (рис. 4.7), де в загальному випадку $Z_1 = R_{np} + j\omega L_1$ і $Z_2 = R_{np} + j\omega L_2$ – повний опір обмоток диференціальних індуктивних перетворювачів.

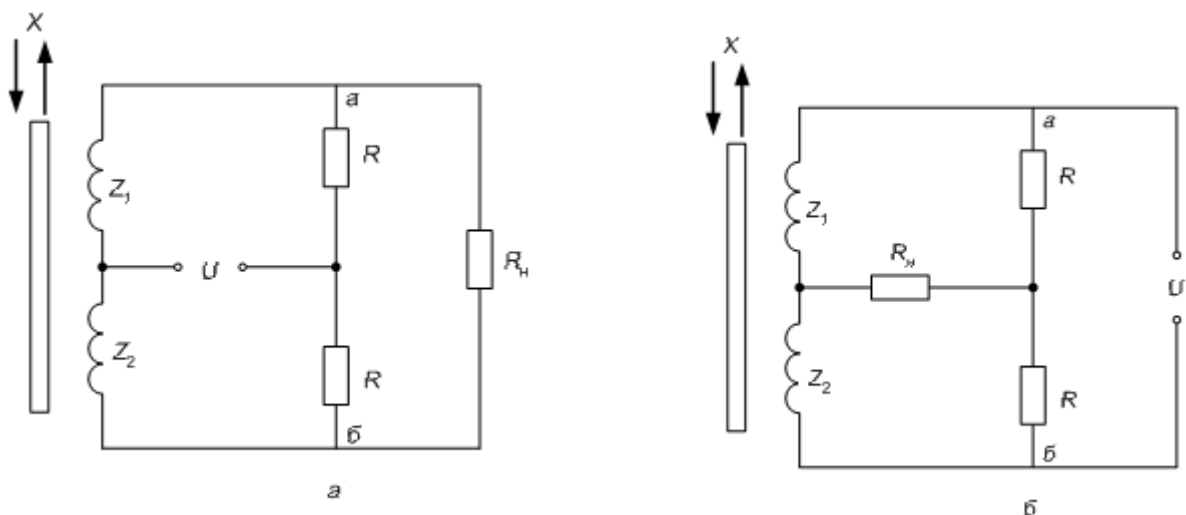


Рис. 4.7

Джерело живлення U і навантаження R_H можуть змінюватися місцями (рис. 4.7а, б), при цьому чутливість моста також змінюється.

Вимірюване переміщення X прикладається до рухливого феромагнітного якоря. Якщо якір перебуває в середньому положенні ($x=0$), то міст буде врівноваженим, і напруга на вимірювальній діагоналі відсутня ($U_{ВНХ} = 0$). При цьому комплексні опори плечей $Z_1 = Z_2$ і їхнє значення прийемо за Z_0 .

При переміщенні якоря опір однієї обмотки зростає:

$$Z_1 = Z_0 + \Delta Z_1, \quad (4.7)$$

а опір другої обмотки зменшується:

$$Z_2 = Z_0 - \Delta Z_2, \quad (4.8)$$

Зміни опорів $\Delta Z_1 = j\omega L_1$ і $\Delta Z_2 = j\omega L_2$, що відповідають переміщенню якоря щодо його середнього положення, у загальному випадку не рівні між собою через нелінійність функції перетворення. Однак якщо переміщення мале, то розходження між ними – незначні, і можна вважати, що

$$\Delta Z_1 = \Delta Z_2 = \Delta Z_0 \quad (4.9)$$

Напруга на вимірювальній діагоналі (між точками *a* і *b*) у режимі холостого ходу (рис. 4.7*a*), коли $R_H = \infty$, дорівнює

$$U_{\text{вих.хх}} = \frac{U \cdot R}{Z_2 + R} - \frac{U \cdot R}{Z_1 + R} = \frac{U \cdot R(Z_1 - Z_2)}{(Z_2 + R)(Z_1 + R)} \quad (4.10)$$

Підставивши в (4.10) рівняння (4.7) і (4.8), одержимо

$$U_{\text{вих.хх}} = \frac{2U \cdot R \Delta Z_0}{(Z_0 + R)^2 + \Delta Z_0^2} \quad (4.11)$$

Через те, що $(Z_0 + R)^2 \gg \Delta Z_0^2$, то

$$U_{ВИХ.XX} = \frac{2UR\Delta Z_0}{(Z_0 + R)^2} \quad (4.12)$$

Звідси випливає, що вихідна напруга $U_{ВИХ.XX}$ залежить прямо пропорційно від зміни ΔZ_0 , тобто від вимірюваного переміщення X .

Коли опір навантаження R_H порівняний з іншими опорами моста, то в цьому випадку

$$U_{ВИХ} = \frac{2U \cdot R_H \cdot \Delta Z_0 \cdot R}{(Z_0 + R)[2Z_0R + R_H(R + Z_0)]} \quad (4.13)$$

При зміні напрямку вимірюваного переміщення X змінюється знак ΔZ , що приводить до зміни знака напруги $U_{ВИХ}$.

Підключення навантаження R_H впливає на методичну похибку δU вимірювання $U_{ВИХ}$.

$$\delta U = \frac{U_{ВИХ.XX} - U_{ВИХ}}{U_{ВИХ}} \cdot 100\% \quad (4.14)$$

Підставляючи в (4.14) рівняння (4.12) і (4.13) одержимо

$$\delta U = \frac{2RZ_0}{(Z_0 + R)R_H} \cdot 100\% \quad (4.1$$

5)

Звідси випливає, що похибка δU буде тим меншою, чим більшим буде опір R_H .

Крім цього на похибку перетворення переміщення X в напругу $U_{ВИХ}$ впливають температурні зміни опорів R моста, а також змін активних опорів обмоток диференціального перетворювача. Застосування мостових схем зменшує ці похибки. Крім цього, зміна температури змінює магнітну проникність феромагнітного осердя, що приводить до появи додаткових похибок перетворення.

4.2.4. Вимірювання переміщень з використанням трансформаторних перетворювачів

Трансформаторні перетворювачі (первинні перетворювачі) розглянуті в розділі 2 (рис. 2.16). Вимірюване переміщення X прикладається до рухливого феромагнітного якоря.

При зміні вимірюваного переміщення X змінюється повітряний проміжок δ у трансформаторному перетворювачі (рис. 2.16), що приводить до зміни магнітного опору R_M і взаємної індуктивності M .

При цьому змінюється вторинна ЕРС E_2 (2.20).

Вторинна напруга трансформаторного перетворювача може бути вимірювана вольтметром змінного струму (рис. 4.8), шкала якого може бути проградуєрована в одиницях переміщення.

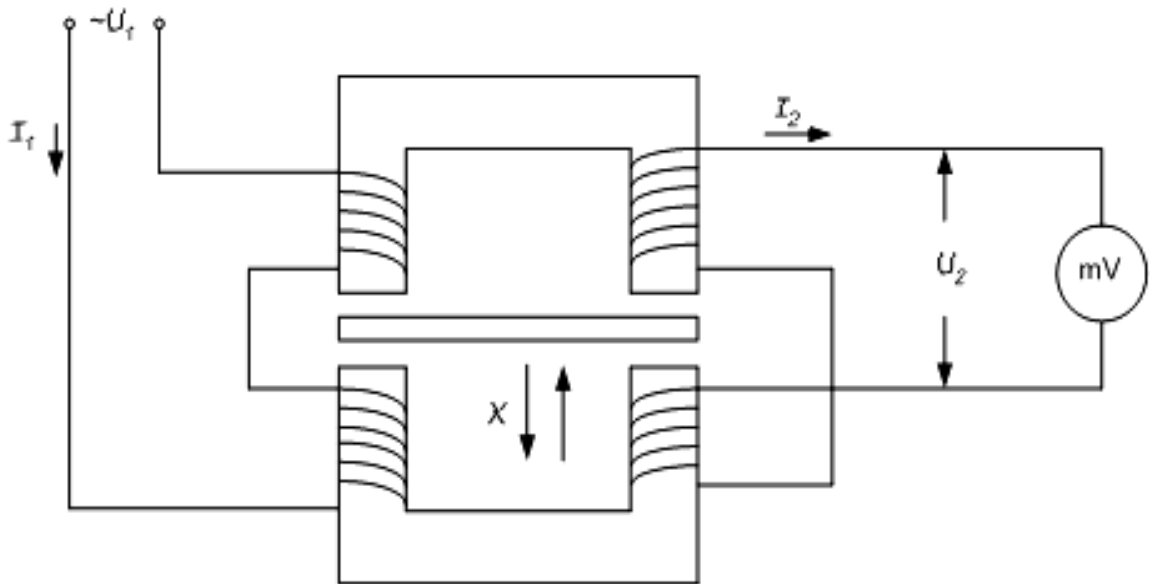


Рис. 4.8

Ця схема відрізняється простотою, але має порівняно великі похибки. Це пояснюється тим, що напруга U_2 і, отже, показання вольтметра, залежать від стабільності первинної напруги U_1 . Крім того, напруга U_2 залежить від вихідного опору перетворювача $Z_{ВИХ}$.
Вихідна напруга

$$U_2 = E_2 - I_2 Z_{ВИХ},$$

(4.16)

де I_2 – струм, споживаний вольтметром; E_2 – вихідна ЕРС перетворювача.

Зі зміною температури, частоти живильної напруги U_1 , опір $Z_{ВИХ}$ може змінюватися.

На похибку також впливають опори з'єднувальних дротів.

Значно менша похибка вимірювання переміщень X за допомогою первинного диференціального трансформаторного

(взаємноіндуктивного) перетворювача може бути досягнута при використанні автоматичних компенсаторів.

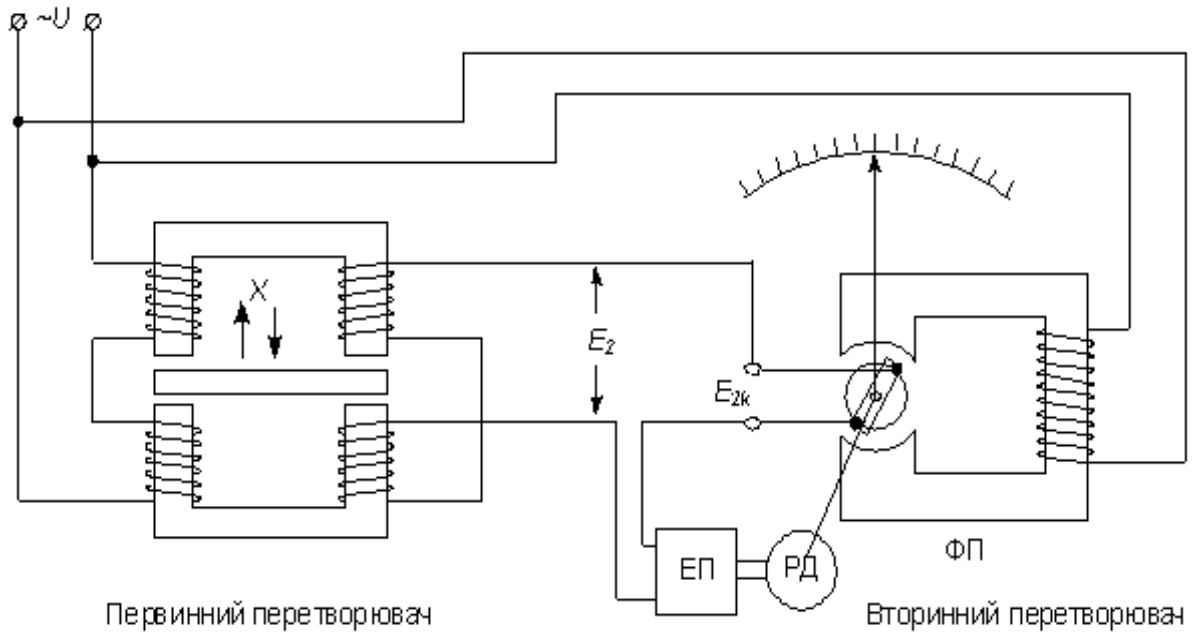


Рис. 4.9

На рис. 4.9 зображений первинний диференціальний трансформаторний перетворювач, вихідна напруга E_2 якого, пропорційна вимірюваному переміщенню, подається на вторинний перетворювач, що містить у собі підсилювач ЕП, феродинамічний перетворювач кута (ФП) і реверсивний двигун РД. Вал цього двигуна через редуктор пов'язаний з рухливою обмоткою феродинамічного перетворювача з пристроями відліку, реєстрації та регулювання вимірюваної величини. Схема феродинамічного перетворювача кутового переміщення ФП розглянута на рис. 2.16,б

На вхід підсилювача подається різниця ЕРС первинного перетворювача E_2 і компенсуючого ЕРС $E_{2к}$, що знімається з виходу феродинамічного перетворювача. Вихідна напруга $E_{2к}$ залежить прямо пропорційно від кута повороту рухливої обмотки ФП.

Якщо вимірювана ЕРС E_2 і компенсуюча ЕРС E_{2K} не дорівнюють одна одній за абсолютним значенням, тобто, якщо виникає розбаланс $E_p = E_2 - E_{2K}$, то підсилена за допомогою підсилювача напруга E_p подається на реверсивний двигун і його ротор буде обертатись змінюючи напругу E_{2K} .

Ротор, а разом з ним і покажчик приладу зупиняються, коли $E_2 = E_{2K}$. Після цього, за шкалою приладу, проградуйованого в значеннях вимірювального переміщення, можна встановити значення вимірюваної величини переміщення X .

Похибки вимірювання переміщення X за допомогою вимірювального ланцюга, наведені на рис.4.9, обумовлені похибками первинного трансформаторного перетворювача, а також похибками вторинного перетворювача ФП.

Автоматичний компенсатор (рис. 4.9) має порівняно невелику похибку. Клас точності приладів цього типу гірше 0,5.

Велике застосування у вимірювальній техніці знайшли трансформаторні перетворювачі другої групи, тобто з рухливими обмотками, і зокрема обертові трансформатори та сельсини. Ці трансформаторні перетворювачі використовуються для вимірювання кутових переміщень і виконуються у вигляді електричних машин, у яких первинна обмотка розташовується на статорі, а вторинна – на роторі.

Обертові трансформатори зазвичай мають по дві взаємно перпендикулярні обмотки на роторі та статорі і призначені для роботи в одному із двох режимів: режимі синусно-косинусного обертового трансформатора (СКОТ) і режимі лінійного обертового

$$U_2 = U_1 \frac{W_2}{W_1} \frac{\sin \theta}{1 + \frac{W_2}{W_1} \cos \theta} \quad (4.19)$$

Для малих значень θ

$$U_2 \approx U_1 \frac{\theta}{1 + \frac{W_2}{W_1}} \quad (4.20)$$

Отже, вихідна напруга перетворювача в режимі ЛОТ лінійно залежить від вимірювального кутового переміщення θ , однак ця лінійність зберігається з точністю до 0,75% у межах зміни кута θ від $+60^\circ$ до -60° , що є істотним недоліком розглянутої схеми і обмежує її використання.

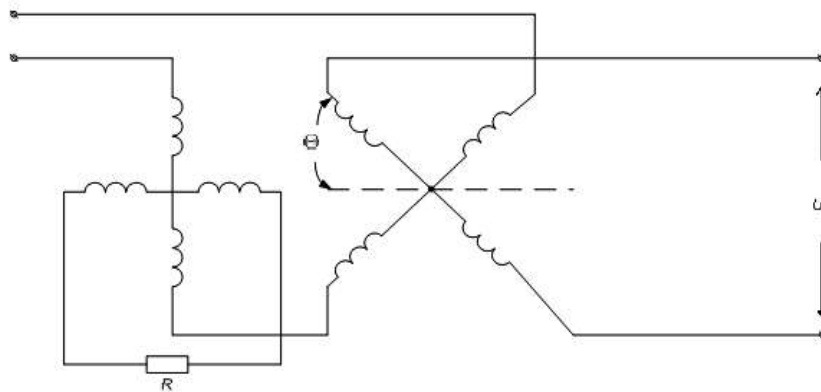


Рис. 4.11

Синусо-косинусні обертові трансформатори розрізняються по класах точності. Для найбільш високого класу точності припустима похибка становить величину порядку однієї кутової хвилини.

Похибки перетворення кутових переміщень Θ можуть з'явитися внаслідок неправильного підбору опорів у схемі, нестабільності напруги і частоти живлення, спотворення форми синусоїди, впливу зміни робочої температури перетворювача. Через неправильний підбір опорів відбувається спотворення магнітного потоку обертового трансформатора. Це викликається тим, що струми в обмотках ротора створюють магнітні потоки, спрямовані уздовж магнітних осей обмоток. Підсумовування цих потоків з магнітним потоком збудження приводить до спотворення вихідного сигналу.

Різновидом обертових трансформаторів є сельсини, які мають три обмотки на статорі, розташованих під кутом 120° одна до іншої, і одну обмотку на роторі.

Обмотки статора живляться трифазною напругою, обмотка ротора – однофазною.

Для вимірювання кутових переміщень застосовується включення сельсинів у трансформаторному режимі (рис. 4.12)

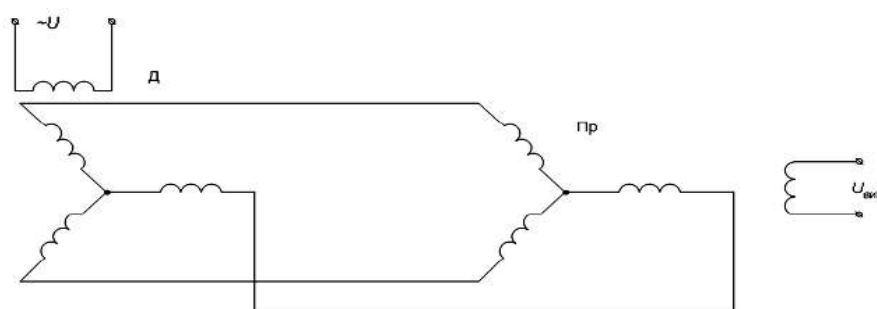


Рис. 4.12

Напруга живлення подається на роторну обмотку сельсина – датчика Д, статорні обмотки якого з'єднані зі статорними обмотками сельсина-приймача Пр.

Результуючий магнітний потік сельсина-приймача Пр, створений струмами, що протікають в обмотках статора, індукуює в обмотці ротора ЕРС, яка залежить від його кутового положення. \

12.05.2020

Величина напруги на виході сельсина залежить від різниці кутів між роторами сельсина-приймача та сельсина датчика. Амплітуда вихідної напруги

$$U_{ВИХ} \approx K_C U_M \sin \alpha_P, \quad (4.21)$$

де K_C – коефіцієнт, який враховує конструктивні і електричні параметри сельсина; U_M - амплітуда напруги живлення;

$$\alpha_P = \frac{\pi}{2} - (\alpha_2 - \alpha_1);$$

(4.22)

де α_1 і α_2 – кути повороту роторів сельсинів датчика й приймача.

Зазвичай у початковому стані ротор сельсина-приймача повернутий на кут $\frac{\pi}{2}$ відносно ротора сельсина-датчика. У цьому випадку вихідна напруга буде визначатися величиною кута неузгодженості $\alpha_T = \alpha_2 - \alpha_1$.

Для малих значень кута α_T маємо

$$U_{ВИХ} \approx K_C U_M \alpha_T \quad (4.23)$$

З цього виразу видно, що сельсини можуть бути використані в трансформаторному режимі як пристрої, що вимірюють різницю кутових переміщень. При цьому діапазон вимірювання не перевищує 30° , а похибка нелінійності становить $\pm 2\%$, що визначає порівняно невисоку точність цих перетворювачів.

4.2.5. Вимірювання переміщень з використанням ємнісних перетворювачів

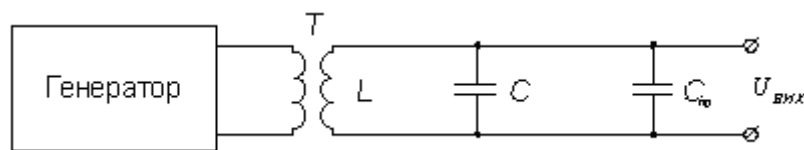
Ємнісні первинні перетворювачі (розділ 2) в багатьох випадках є складовою частиною більш складних електронних пристроїв, вихідні сигнали яких змінюються внаслідок зміни ємності перетворювача під дією контрольованих параметрів (в окремому випадку переміщень).

Відповідно до схеми включення ємнісних перетворювачів можна виділити три групи пристроїв. До першої групи належать пристрої, у яких ємнісні перетворювачі використовуються як елементи резонансних ланцюгів. Зміна ємності перетворювача під дією вимірюваного переміщення в таких пристроях супроводжується зміною амплітуди вихідних сигналів. Реєструючи ці зміни, контролюють величину параметра, що діє на ємнісний перетворювач.

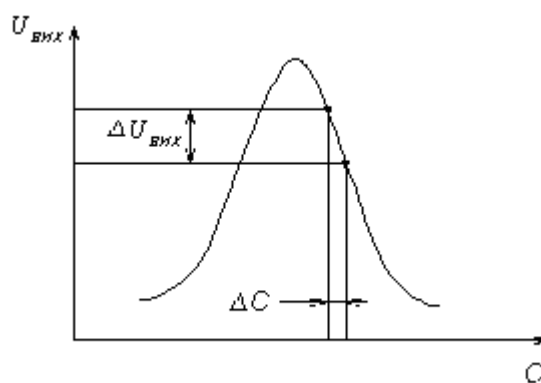
До другої групи належать пристрої, у яких ємнісний перетворювач використовується як елемент подільника напруг. Зміна повного опору ємнісного перетворювача під дією вимірювального переміщення супроводжується зміною напруги на виході подільника. Реєструючи ці зміни, контролюють величину параметра, що діє на ємнісний перетворювач.

До третьої групи належать пристрої, в яких для включення ємнісного перетворювача використовується мостова схема.

На Рис. 4.13,*а* зображено резонансне коло, що використовується для включення ємнісного перетворювача.



а



б

Рис. 4.13

Генератор через розділовий трансформатор T живить резонансний LC – контур. Ємність контуру складається з ємності перетворювача $C_{ПР}$ і конденсатора для підстройки ємністю C .

Частота і значення напруги генератора – постійні.

Вимірюване переміщення змінює ємність $C_{ПР}$, що приводить до зміни напруги U на контурі по резонансній кривій, як показано на рис. 4.13,б. При зміні ємності перетворювача на ΔC напруга на онтурі змінюєтьс на ΔU . Підстроювальний конденсатор призначений для настроювання контуру так, щоб чутливість вимірювального ланцюга

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta C}$$

(4.24)

була максимальною.

На рис. 4.14 зображена схема вимірювального кола ємнісного перетворювача, побудованого за принципом подільника напруги

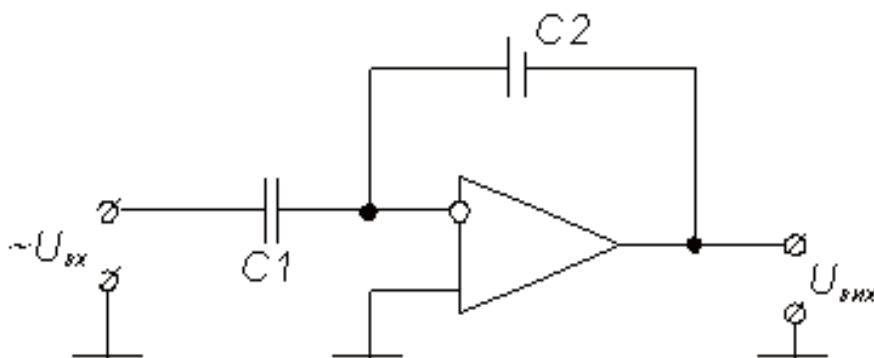


Рис. 4.14

Дільник напруги утворюють ємності C_1 і C_2 , де ємність C_2 входить у ємнісний перетворювач.

У наведеній схемі

$$U_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вх}} \cdot C_1}{C_2}$$

(4.25)

Вимірюване лінійне переміщення викликає зміну зазору δ_2 між обкладками конденсатора C_2 , що викликає зміну ємності C_2 , а значить, і $U_{\text{вих}}$

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} \cdot C_1 \frac{\delta_2}{\xi \cdot S_2},$$

(4.26)

де ξ – діелектрична проникність середовища, що знаходиться між обкладками конденсатора C_2 ; S_2 – площа обкладок конденсатора C_2 .

Диференціальні ємнісні перетворювачі вмикають в мостові вимірювальні кола (рис. 4.15)

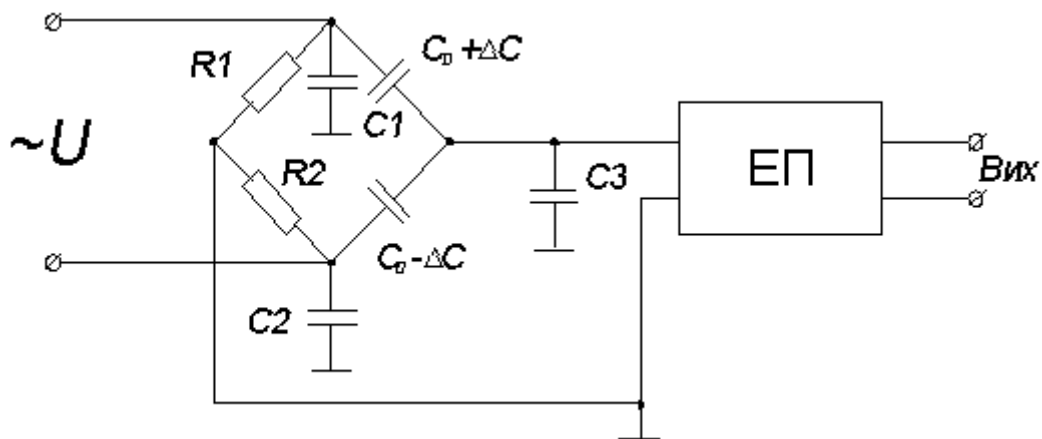


Рис. 4.15

У даній схемі C_0 – диференціальний ємнісний перетворювач, що має три обкладки, які утворюють два конденсатори. Середня обкладка пов'язана з вимірюваним переміщенням X . Якщо $X = 0$, то середня обкладка перебуває посередині, і диференціальний ємнісний перетворювач складається із двох однакових ємностей C_0 ,

включених у двох сусідніх плечей моста. У цьому випадку міст буде врівноважений, і $U_{вих} = 0$.

При дії вимірюваного переміщення X середня обкладка зміщується від середини, в результаті чого одна ємність диференціального ємнісного перетворювача збільшується, тобто буде дорівнювати $C_0 + \Delta C_0$, а друга – зменшується, тобто дорівнює $C_0 - \Delta C_0$. Рівновага моста порушиться, і на вимірювальній діагоналі з'явиться напруга $U_{вих}$, пропорційна вимірюваному переміщенню X . Ця напруга $U_{вих}$ підсилюється підсилювачем ЕП.

Для усунення похибок від впливу лінії зв'язку, елементи вимірювального кола з'єднують екранованими дротами, а сам екран заземлюють. Вплив паразитних ємностей C_1 , C_2 , C_3 – незначний, бо ємності C_1 і C_2 шунтують невеликі опори R_1 і R_2 , а ємність C_3 – індикаторна діагональ.

Похибки вимірювання переміщень за допомогою ємнісних перетворювачів викликані температурними змінами ємності. Це походить із-за зміни відстані δ між обкладками конденсатора при зміні температури.

Крім цього, на похибки вимірювань впливають паразитні ємності з'єднувальних дротів, тобто результати вимірів залежать від зміни параметрів з'єднувальних дротів. Чим довші з'єднувальні дроти, тим більша похибка перетворення.

До недоліків ємнісних перетворювачів варто віднести їхню малу ємність (до сотень пікофарад) і великий внутрішній опір, що залежить від частоти живильної напруги.

Всі розглянуті ємнісні перетворювачі можуть бути використані для вимірювання не тільки лінійних переміщень, й кутових переміщень. Для цього в перетворювачах необхідно використовувати конденсатори, призначені для вимірювання кутових переміщень.