

Лекція 7. Генераторні перетворювачі

Серед генераторних датчиків (чутливих елементів) можна виділити датчики, що перетворюють контрольовані параметри у величину постійної напруги (струму); датчики, що перетворюють контрольовані параметри у величину змінної напруги (струму); датчики, що перетворюють контрольовані параметри в інтервал часу або частоту.

До датчиків першої групи відносять термоелектричні перетворювачі температури, п'єзоелектричні перетворювачі, фотоелектричні перетворювачі та ін.

До датчиків другої групи відносять індукційні перетворювачі.

До датчиків третьої групи відносяться магнітострикційні перетворювачі, тахогенератори та ін.

2.2.1. Термоелектричні перетворювачі температури.

Для перетворення температури в постійну напругу використовують термоелектричні перетворювачі температури.

Термоелектричним перетворювачем (термопарою) називається чутливий елемент, що складається з двох електрично з'єднаних у двох точках різнорідних металевих провідників, як зображено на рис. 2.19. Місця контактів називаються спаями термопари. Провідники, що складають термопару, називаються термоелектродами.

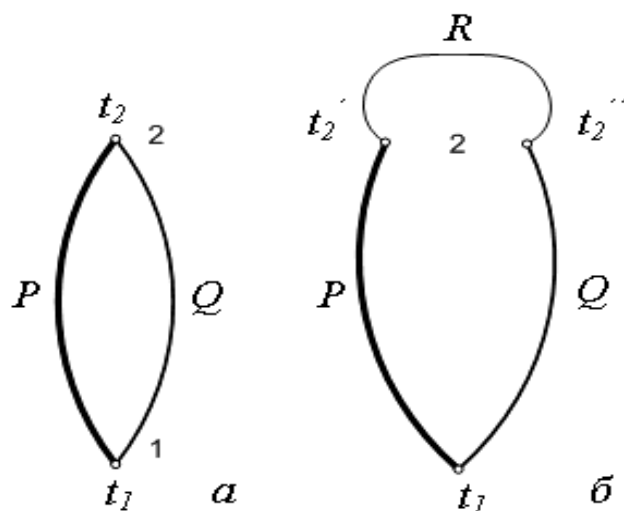


Рис. 2.19

Принцип дії термопари базується на використанні термоелектричного ефекту, суть якого базується на виникненні термоелектрорушійної сили, що виникає в замкнутому ланцюзі, що складається з двох різнорідних провідників, що мають два спаї, які знаходяться при різних температурах. Один спай, поміщений у середовище, температура якого вимірюється, називається робочим (або гарячим), а другий спай, температура якого підтримується постійною, – неробочим (або холодним).

Термо-ЕРС, що виникає в ланцюзі термопари, є різницею функцій температур місць спаїв провідників P і Q :

$$E = f(t_1) - f(t_2), \quad (2.24)$$

де t_1 і t_0 – відповідно температури гарячого і холодного спаїв.

Оскільки температура холодного спаю підтримується постійною, то

$$E = f(t_1) - c = f(t_1),$$

(2.25)

тобто термо-ЕРС термопар є функцією температури гарячого спаю і не залежить від температур інших точок термопар.

Неробочі (холодні) спаї відводять по можливості далі від зони вимірюваної високої температури і поміщають в термостат, температура якого відома. Перенесення холодних спаїв термопар в зону з постійною відомою температурою здійснюється за допомогою подовжувальних (компенсаційних) проводів. Ці проводи повинні бути термоелектрично ідентичними з термоелектродами термопар, тобто вони не повинні давати термо-ЕРС у місцях з'єднання їх з електродами термопар. Іноді вся проводка від термопар до вимірювального приладу здійснюється термоелектродними проводами. У цьому випадку холодні спаї розміщуються безпосередньо у вимірювальних приладах.

Якщо в ланцюзі термопар включений третій провідник (провідник R на рис. 2.19,б) і його кінці знаходяться при однакових температурах ($t'_2 = t''_2$), то включення цього третього провідника не змінює вихідний ЕРС.

Третім провідником можуть бути проводи приладу, що вимірюють ЕРС термопар.

Термопар, залежно від матеріалу термоелектродів, поділяються на дві групи: термопар з благородних металів і термопар з неблагородних металів.

До першої групи відносять платинородій – платинову термопару типу ТПП. До другої групи відносять термопару хромель – алюмель типу ТХА, хромель – капель типу ТХК.

Таблиця 2.1

Тип термопар	Матеріал термоелектродів	Позначення градування	Діапазон вимірювання при тривалому вимірі, С°
ТХК	Хромель – капель	ХК(L)	-200 ÷ +600
ТХА	Хромель – алюмель	ХА (К)	-200 ÷ +1000
ТПП	Платинородій (10%) – платина	ПП (S)	0 ÷ +1300
ТВР	Вольфрамрений (5%) – вольфрамрений (20%)	ВР (А) – 1	0 ÷ +2200

У таблиці 2.1 наведені термопару найбільш широкого використання (ДСТ 6616-84) і їх основні характеристики (ДСТ 3044-84).

Градувальні характеристики і допустимі похибки цих термопар також наведені в ДСТ 3044-84.

Перевагою термопар є можливість вимірювання великого діапазону температур (включаючи високі температури); простота пристрою і надійність в експлуатації.

Недоліками термопар є невисока чутливість, що приводить до ускладнення вимірювальних схем; необхідність підтримки постійної температури холодних спаїв; нелінійність характеристик перетворення; порівняно велика інерційність. Залежно від конструкції постійна часу термопар становить від декількох секунд до декількох хвилин.

Одним з основних джерел похибок термопар є невідповідність температури вільних кінців термопари температурі, при якій зроблено градування.

Іншим джерелом похибок вимірювання температури є зміна опору вимірювального ланцюга перетворювача. На похибку також впливає неоднорідність матеріалів термоелектродів, часові зміни властивостей термоелектродів тощо. Стандартом нормується лише похибка градування.

2.2.2. Індукційні перетворювачі

Індукційні перетворювачі здійснюють перетворення швидкості лінійних або кутових переміщень у ЕРС.

Принцип дії індукційних перетворювачів заснований на виникненні ЕРС, що індукується в обмотці при зміні магнітного потоку, що пронизує витки обмотки. Як відомо, за законом

електромагнітної індукції, індукована ЕРС визначається швидкістю зміни магнітного потоку

$$E = -W \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2.26)$$

де W – число витків обмотки; Φ – магнітний потік.

По конструктивному виконанню індукційні перетворювачі можна поділити на дві групи. До першої групи відносять перетворювачі, що складаються з обмотки і магніту, у яких під дією контрольованого перетворюваного параметра може переміщуватися або обмотка щодо нерухомого магніту, або навпаки, переміщується магніт щодо нерухомої обмотки. У перетворювачах другої групи обмотка і магніт залишаються нерухомими, а під впливом перетворюваного параметра змінюється магнітний опір магнітопроводу, а отже, і магнітний потік, зчеплений з обмоткою. Зміна магнітного опору магнітопроводу здійснюється, зазвичай, за допомогою рухливих феромагнітних осердь різної форми.

Прикладом перетворювачів першої групи є індукційні перетворювачі, зображені на рис. 2.20,а і 2.20,б. Вони призначені для перетворення швидкості лінійних або кутових переміщень.

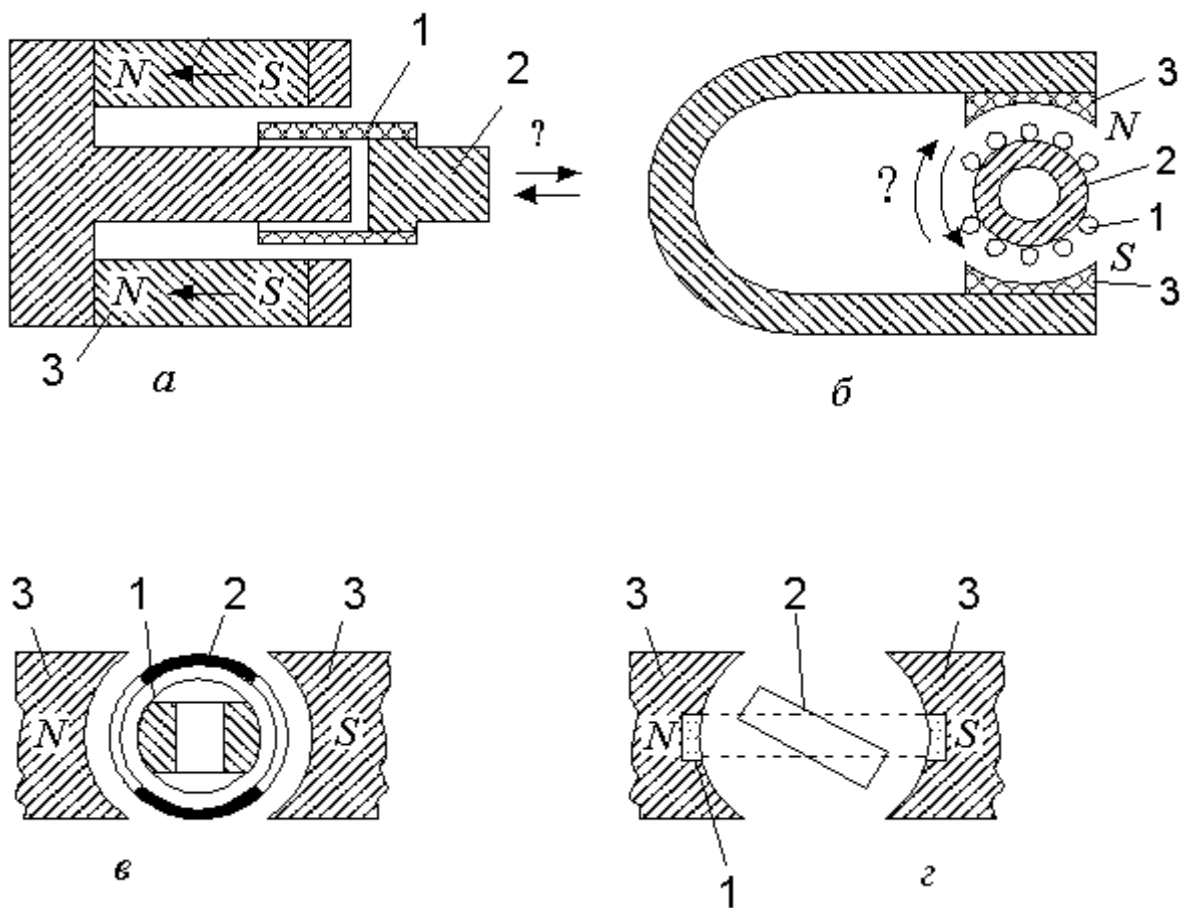


Рис. 2.20

Обмотка 1 (рис. 2.20,а) механічно зв'язана з контрольованим об'єктом 2, швидкість лінійного переміщення якого вимірюють. При переміщенні обмотки щодо магнітів 3 у ній індукується ЕРС.

Перетворювач швидкості кутових переміщень (рис. 2.20,б) має такий самий устрій, але ЕРС з обмотки знімається через колектор.

В індукційних перетворювачах другої групи (рис. 2.20,в і 2.20,з) обмотка 1 і магнітопровід 3 – нерухомі, а ферромагнітне кільце 2 (рис 2.20,в), або яр 2 (рис. 2.20,з), є рухливими і вони зв'язані механічно з об'єктом, кутову швидкість якого контролюють.

У перетворювачах першої групи магнітний потік Φ – постійний. ЕРС на виході перетворювача дорівнює

$$E = k\Phi \frac{dx}{dt},$$

(2.27)

де k – коефіцієнт пропорційності, обумовлений конструктивними параметрами перетворювача; x – величина переміщення контрольованого об'єкта.

У перетворювачах другої групи потік Φ не є постійним, що обумовлено зміною в часі магнітного опору при обертанні якоря. Чим більша швидкість його обертання, тим буде більшою зміна магнітного опору і тим буде більша індуктивність та ЕРС.

Індукційні перетворювачі, призначені для вимірювання кутової швидкості і виконані у виді генераторів постійного або змінного струму невеликої потужності (1...100 Вт), називаються тахогенераторами.

Джерелом похибок індукційних перетворювачів є нелінійність їх характеристики і нестабільність параметрів магнітних матеріалів у часі.

В індукційних перетворювачах похибки становлять приблизно 1%.

2.2.3. П'єзоелектричні перетворювачі

П'єзоелектричні перетворювачі широко застосовуються для вимірювання змінних сил, тисків, вібрацій та інших параметрів.

Принцип дії п'єзоелектричних перетворювачів заснований на властивості деяких кристалів перетворювати механічні деформації в

пропорційні їм електричні заряди на їхніх гранях. Зі зняттям деформації ці заряди зникають.

В якості кристалів для виготовлення чутливих елементів перетворювачів застосовують кварц, титанат барію, сегнетову сіль та ін. Залежно від типу кристала, розмірів пластини й орієнтації її граней щодо кристалографічних осей, змінюються характеристики чутливого елемента перетворювача.

П'єзочутливий елемент (рис. 2.21) вирізають із кристала кварцу в формі пластинки. При дії сили F_x вздовж осі X на гранях f_x пластинки, перпендикулярних до осі X , виникають різнополярні електричні заряди q_x . Це явище називається прямим поздовжнім п'єзоефектом. Величина цих зарядів знаходиться в лінійній залежності від вимірюваної сили F :

$$q_x = k \cdot F_x ,$$

(2.28)

де k – п'єзомодуль матеріалу пластинки.

При дії сили F_y вздовж осі Y на тих самих гранях f_x пластинки виникають різнополярні електричні q'_x . Це явище називається прямим поперечним п'єзоефектом.

Величина цих зарядів залежить не тільки від прикладеної сили F , але й від розмірів граней f_x і f_y :

$$q'_x = -k \frac{f_x}{f_y} F_y,$$

(2.29)

де f_x, f_y – площі граней пластинки, перпендикулярні до осей X, Y .
При дії сили F_z вздовж осі Z п'єзоэффект не спостерігається.

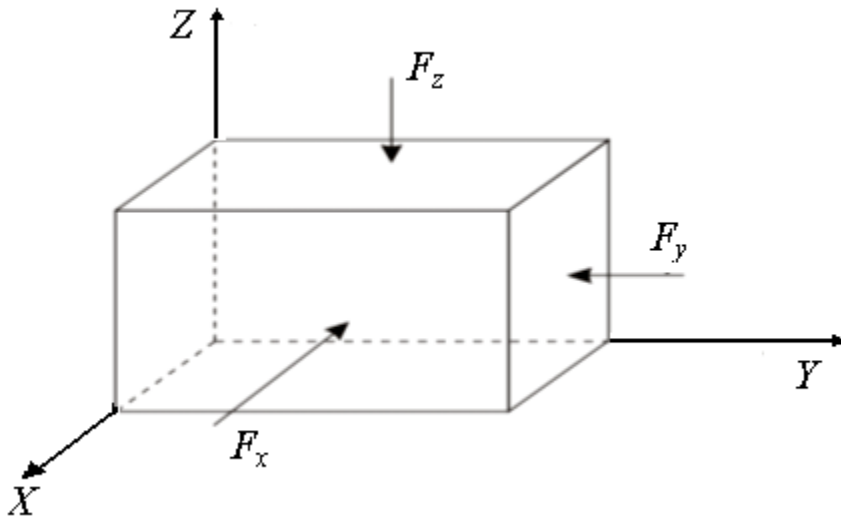


Рис. 2.21

При незмінній величині деформації електричний заряд, який виникає на гранях, швидко зменшується внаслідок витoku заряду через поверхневий і об'ємний опір перетворювача та вимірювальний ланцюг. Тому п'єзоелектричні перетворювачі застосовуються в основному для вимірювання змінних сил, дозволяючи вимірювати величини, що змінюються з частотою до 100 кГц.

Напруга на виході перетворювача має дуже малу величину, тому потрібно її подальше посилення.

Переваги п'єзоелектричних перетворювачів – це широкий частотний діапазон вимірюваних величин, малі габарити, вага.

Недоліки – мала чутливість, непридатність до вимірювання статичних величин, великий вихідний опір. Нелінійність характеристики перетворення 1...3%.