

ЗАСТОСУВАННЯ ЄМНІСНИХ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ У ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ

Ємнісні вимірювальні перетворювачі у поєднанні з пружними чутливими елементами можна ефективно використовувати для вимірювання силових параметрів, якщо компенсувати температурну похибку перетворення.

Ємнісні чутливі елементи перетворювачів фізичних величин у переважній більшості випадків виконуються як плоскі конденсатори. Ємність плоского конденсатора визначається залежністю

$$C = \frac{\varepsilon S}{\delta}, \quad (1)$$

де ε – діелектрична проникність середовища між пластинами (для повітря $\varepsilon = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м); S – площа перекриття пластин конденсатора; δ – віддаль між пластинами.

Зміну ємності C можна досягти шляхом зміни величини ε , або S , або δ .

Перетворювачі, у яких вхідним параметром служить діелектрична проникність знайшли застосування у рівнемірах рідин та сипких матеріалів, у деяких типах аналізаторів хімічного складу речовин. У приладах для кутових вимірювань використовуються ємнісні перетворювачі зі змінною площею перекриття пластин.

Для вимірювання силових параметрів та інших фізичних величин, які попередньо можуть бути перетворені у лінійне переміщення, можна застосовувати ємнісні перетворювачі зі змінним проміжком δ . Ці перетворювачі дозволяють вимірювати переміщення робочої точки пружного елемента, наприклад

центру мембрани, що оцінюється сотими і тисячними долями мікрометра.

Залежність ємності конденсатора від віддалі δ між пластинами має нелінійний характер, що безпосередньо впливає з рівняння (1), але для малих відносних переміщень рухомої пластини ця залежність може вважатись наближено лінійною. Від переміщення пластини на величину x отримаємо залежність:

$$C = \frac{\epsilon S}{\delta - x} = \frac{\epsilon S}{\delta \left(1 - \frac{x}{\delta}\right)} = \frac{\epsilon S \left(1 + \frac{x}{\delta}\right)}{\delta \left(1 - \left(\frac{x}{\delta}\right)^2\right)}. \quad (2)$$

Нехтуючи величиною $(x/\delta)^2$, отримаємо:

$$C \approx C_0 + C_0 \frac{x}{\delta}. \quad (3)$$

У прецизійних перетворювачах величина $(x/\delta)^2$ може бути доведена до значень 0,005 – 0,01, у цьому випадку нелінійність ємнісного перетворювача не перевищує 1%, але це приводить до різкого зниження чутливості.

У приладах вимірювання тиску найчастіше застосовуються дві схеми конструктивного виконання ємнісних чутливих елементів. У першому випадку плоска мембрана виконує функцію рухомого електрода плоского конденсатора. У другому випадку центр мембрани нерухомо зв'язаний з плоским електродом, який поміщено з певними проміжками між двома нерухомими електродами. Така конструкція дозволяє включати електроди за диференціальною схемою, що підвищує чутливість перетворювача у два рази.

Головна складність конструювання ємнісних перетворювачів полягає у зниженні температурної похибки, викликаній зміщенням пластин конденсатора від зміни температури через різницю значень температурних коефіцієнтів лінійного розширення конструктивних елементів.

Для ємнісних перетворювачів, виконаних за першою схемою – з одним нерухомим електродом, знизити температурну

похибку можна конструктивним шляхом. Ізоляційну втулку нерухомого електрода переважно виконують з уступом. Наявність уступу та жорстке закріплення втулки в основному і є причиною значної температурної похибки ємнісного перетворювача.

На рис. 1 подана конструкція перетворювача у якій цей недолік усунуто.

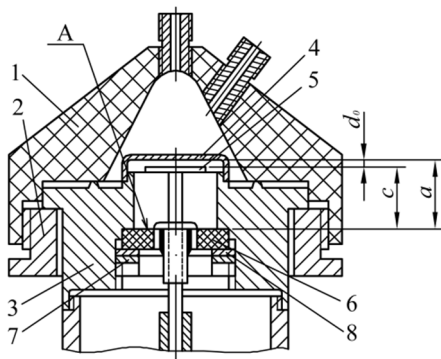


Рис. 1. Ємнісний перетворювач тиску: 1 – кришка; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – мембрана; 5 – електрод; 6 – ізоляційна шайба; 7 – кільце; 8 – шайба

Тут для закріплення рухомого електрода використана ізоляційна шайба 6 без уступу, що суміщає опорну і установочну поверхню (площина «А»). У такій конструкції немає необхідності виконувати температурну компенсацію підбором відповідних матеріалів та співвідношенням розмірів.

Якщо мембрана, корпус і нерухомий електрод виготовлені з однієї марки матеріалу, наприклад, берилієвої бронзи, то залишкова температурна похибка, що виникає через наявність повітряного проміжку, буде незначною і не перевищить 0,5 – 1% на 10°C.

Зміна величини проміжку:

$$\Delta\delta_0 = \delta_t - \delta_0 = \delta(1 + \alpha_t \Delta t) - \delta_0 = \delta_0 \alpha_t \Delta t. \quad (3)$$

Ця величина є дуже незначною. Наприклад, для $\Delta t = 10^\circ\text{C}$, $\delta_0 = 0,1$ мм, $x = 0,02$ – прогин центру мембрани і $\alpha_t = 16 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ величина $\Delta\delta_0 = 0,16 \cdot 10^{-4}$, що складає $\sim 0,1\%$ від величини x .

Така конструкція відрізняється простотою виготовлення, технологічністю, а також стабільністю характеристик у серійному виробництві.

У переважній більшості випадків ємнісний перетворювач включається в активне плече вимірювального моста. Вимірювальна схема повинна мати великий опір вхідної діагоналі моста, підвідні провідники повинні бути екранованими. Шунтування ємності пластин конструктивними елементами не допускається.

З підвищенням частоти живлення опір $x_c = 1/\omega C$ ємнісних перетворювачів знижується, і умови роботи вимірювальної схеми покращуються (рис. 2). У зв'язку з цим частоту напруги живлення вибирати нижчою 400 – 1000 Гц не варто.

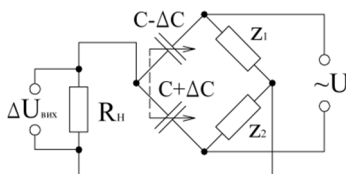


Рис. 2. Вимірювальна мостова схема з диференціальним ємнісним перетворювачем

Вихідна напруга моста розраховується за формулою:

$$U_{\dot{a}\dot{e}\dot{o}} = \frac{U_a}{2} \frac{\varepsilon\delta}{\sqrt{(1-\varepsilon_\delta^2)\frac{1}{a^2} + 1}}, \quad (4)$$

де $U_{жс}$ – напруга живлення; $\varepsilon_\delta = \frac{\Delta\delta}{\delta}$ – відносна зміна проміжку;

$a = \frac{Z_{i\dot{a}\dot{a}}}{Z_{\dot{a}\dot{e}\dot{o}}}$ - відношення вхідного опору навантаження до

вихідного опору моста.

З (4) видно, що лінійність характеристик ємнісного диференціального перетворювача визначається зокрема, і відношенням вхідного опору навантаження (показуючого приладу) до вихідного опору моста. Наприклад, якщо $a = 1$, то нелінійність перетворювача досягає 10%.

Отже, під час проектування вимірювальних засобів з використанням ємнісних вимірювальних перетворювачів, слід враховувати наступне:

- для живлення мостових вимірювальних схем повинні використовуватись високостабільні високочастотні генератори напруги;

- необхідно забезпечити компенсацію та стабілізацію ємності провідників зв'язку між перетворювачем та вимірювальною схемою;

- у ємнісному перетворювачі виникають додаткові похибки від зміни температури середовища, які значно можна знизити конструктивним шляхом.

Ємнісні перетворювачі сили і тиску у порівнянні з іншими типами мають ряд суттєвих переваг, основними з яких є:

- висока чутливість та точність;
- стабільність характеристик та простота використання;
- технологічність виготовлення і взаємозамінність.

Література:

1. Осипович Л.А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.
2. Проектирование датчиков для измерения физических величин / Под ред. Е.П. Осадчего – М.: Машиностроение, 1979. – 480 с.
3. Сорочкин Б.М. Автоматизация измерений и контроля размеров деталей. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 365 с.