

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНИХ ДАВАЧІВ ТИСКУ ДЛЯ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглядаються схеми компенсації температурних похибок в терморезистивних перетворювачах тиску і методика розрахунку вимірювальної схеми для різних варіантів їх встановлення на чутливому елементі.

Первинні вимірювальні перетворювачі є основними елементами вимірювально-інформаційних та управляючих систем і вагомим чином визначають точність вимірювання параметрів та надійність системи в цілому. Важливість високої точності, а також надійності та мініатюризації цих вимірювальних засобів значно зростає у випадку використання їх у приладах для медичних та біологічних досліджень.

Висока чутливість та невеликі габаритні розміри напівпровідникових тензорезисторів дозволяють розробляти та конструювати перетворювачі тиску і витрат рідин та газів з високими статичними і динамічними характеристиками.

Напівпровідникові тензодавачі тиску чутливі до ударів, вібрацій та інших зовнішніх впливів, але основним чинником, що викликає похибку вимірювань, є зміна температури оточуючого середовища. Таким чином, вихідний електричний сигнал U_0 давача тиску і його повний диференціал можна подати у вигляді:

$$U_0 = f(p, T); \quad dU_0 = \left(\frac{\partial U_0}{\partial p} \right)_T dp + \left(\frac{\partial U_0}{\partial T} \right)_p dT \quad (1)$$

і у лінеаризованому вигляді

$$U_0 = \left. \frac{U_0}{p} \right|_T p + \left. \frac{U_0}{T} \right|_p T;$$

$$U_0 = S_p p + S_T T \quad (2)$$

де S_p і S_T – відповідно чутливість давача по тиску і температурі.

Лінеаризація допустима, якщо статичні характеристики тензومترчних давачів лінійні в межах $\pm 1,5\%$ від верхньої межі вимірювання. Під час випробування давачів на вплив температури необхідно враховувати не тільки граничні значення температури і способи нагріву, але й зміну температури у часі, та так, щоб режим $T_1 = \text{const}$ і $T_2 = \text{const}$ витримувався протягом часу t_1, t_2 не менше часу, ніж в умовах робочих вимірювань.

Температурні характеристики давачів повинні подаватись у вигляді двох залежностей:

$$(U_0)_T = f_1(t); \quad T = f_2(t).$$

Якщо вимірювання виконуються в умовах зміни температур у широких межах, то доцільно використовувати схему живлення від незалежного джерела струму. У більшості випадків використовуються мостові схеми. Тензорезистори включають у суміжні плечі моста (рис.1), чим досягається пряма температурна компенсація.

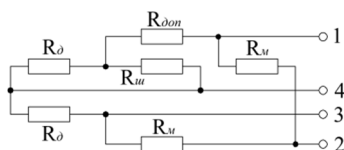


Рис.1. Схема включення тензорезисторів

У схемі $R_{ш}$ – шунтуючий опір ($R_{ш} = 1,5 \div 10$ кОм), який забезпечує температурну компенсацію другого роду у заданому інтервалі температур (приблизно не більше $30 - 40^\circ\text{C}$). Компенсація температурної залежності розбалансу моста давача, що складається з двох активних тензорезисторів R_0 та двох стабільних опорів $R_{ш}$, здійснюється шунтуванням одного із наклеєних тензорезисторів, який має більшу крутизну залежності опору від температури. Для визначення цих залежностей будують криві $R = f(T)$ для кожного тензорезистора, щонайменше, по п'яти-восьми точках у робочому інтервалі температур (рис. 2).

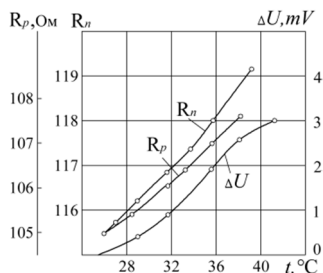


Рис. 2. Графік залежностей при термокомпенсації

Паралельно тензорезистору з найбільшою крутизною залежності $R = f(T)$ підключається магазин опорів 1 (рис. 3) і послідовно магазин опорів 2 для балансування моста. Послідовним зменшенням величини шунтуючого опору 2 визначають на виході схеми величину розбалансу при зміні температури давача у робочому діапазоні.

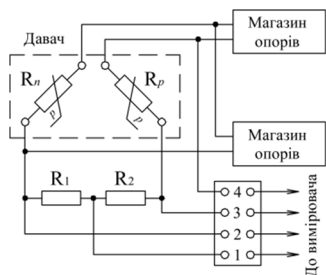


Рис. 3. Схема визначення величини шунтуючого опору для термокомпенсації $R_{ш}$

В момент отримання допустимого розбалансу (для перерахунку на температурну чутливість) фіксують значення опорів $R_{ш}$ і $R_{доп}$ за показами на магазинах опорів. Вказаний спосіб температурної компенсації тензорезисторних давачів, включених у мостову схему, є найпростішим і найбільш прийнятним для серійного виготовлення датчиків на відміну від інших відомих методів температурної компенсації, наприклад, з використанням терморезисторів. Спосіб шунтування має один недолік – знижує чутливість давача до вимірюваного параметра.

Але зниження чутливості, як правило, є незначним і не перевищує 5 – 7%.

У багатьох випадках в якості чутливого елемента для вимірювання тиску використовуються дискові мембрани защемлені по периметру.

Установка тензорезисторів на защемленій по периметру мембрані можлива за різними варіантами, але на практиці найчастіше використовується одна зі схем, показаних на рис. 4.

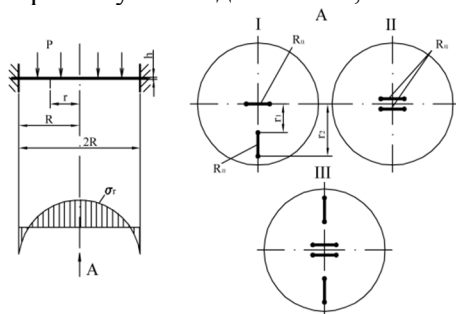


Рис. 4. Варіанти схем закріплення тензорезисторів

Зміна опору тензорезисторів визначається за формулами:

а) центрального

$$(\Delta R_y)_p = K(R_0)_p \varepsilon'_{cp} S_p; \quad (3)$$

$$(\Delta R_y)_n = K(R_0)_n \varepsilon'_{cp} S_n, \quad (4)$$

де K – коефіцієнт зниження передачі деформації тензорезистору через шар клею, визначається типом клею та якістю клеєного з'єднання, для клеїв БФ-2 і ВЛ-931 $K = 0,85 \div 0,95$; індекси "p" і "n" визначають тип провідності тензорезисторів.

б) периферійного

$$\Delta R_n = KR_0 \varepsilon''_{cp} S. \quad (5)$$

Сумарна зміна опорів визначається:

для схеми I (рис. 4): $\Delta R' = \Delta R_y + \Delta R_n; \quad (6)$

для схеми II: $\Delta R'' = (\Delta R)_p + (\Delta R)_n; \quad (7)$

для схеми III: $\Delta R''' = 2\Delta R'. \quad (8)$

Вихідна напруга для мостової схеми включення тензорезисторів буде рівною:

а) для схем з двома активними тензорезисторами

$$U_{\dot{\alpha}\dot{\beta}\dot{\delta}} = U_{\alpha} \frac{\frac{\Delta R_{\delta}}{R_{\delta}} + \frac{\Delta R_n}{R_n}}{2 \left(2 + \frac{\Delta R_{\delta}}{R_{\delta}} - \frac{\Delta R_n}{R_n} \right)}; \quad (9)$$

б) для схем з чотирма активними тензорезисторами

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{ж}} \frac{\frac{\Delta R_y}{R_y} + \frac{\Delta R_n}{R_n}}{2 + \frac{\Delta R_y}{R_y} - \frac{\Delta R_n}{R_n}}. \quad (10)$$

Напруга живлення вибирається з умови $U_{\text{ж}} \leq I \cdot 2R_0$, де I – допустимий струм, що протікає через тензорезистор. Для кремнієвих тензорезисторів типу Ю-8 дозволений допустимий струм $I = 10$ мА. Допустиме відносне видовження для цих тензорезисторів складає $\varepsilon_{\text{дон}} \leq 10^{-3}$.

Отже, застосування напівпровідникових тензорезисторів у вимірювальних перетворювачах тиску дозволить вирішити ряд актуальних експлуатаційних задач, які висуваються до приладів для медичних та біологічних досліджень. Цього можна досягти застосувавши мостову схему включення тензорезисторів та схему термокомпенсації.

Література:

1. Осипович Л.А., Рогачев А.И., Ксенофонтов М.Е. Миниатюрные датчики для биомедицинских исследований. – Приборы и системы управления, 1972, №5, с. 25 – 27.
2. Осипович Л.А. Датчики физических величин. – М.: Машиностроение, 1979. – 159 с.