

Лекція 15. Вимірювання тиску

Прилади, що вимірюють тиск, називаються манометрами. Різницю тисків вимірюють диференціальними манометрами (дифманометрами).

Значна частина методів вимірювання тиску заснована на попередньому перетворенню тиску в механічне напруження, деформацію чи переміщення за допомогою пружних перетворювальних елементів (рис. 4.36) з наступним вимірюванням механічного напруження, деформації чи переміщення за допомогою тензорезистивних, індуктивних, ємнісних чи інших перетворювачів.

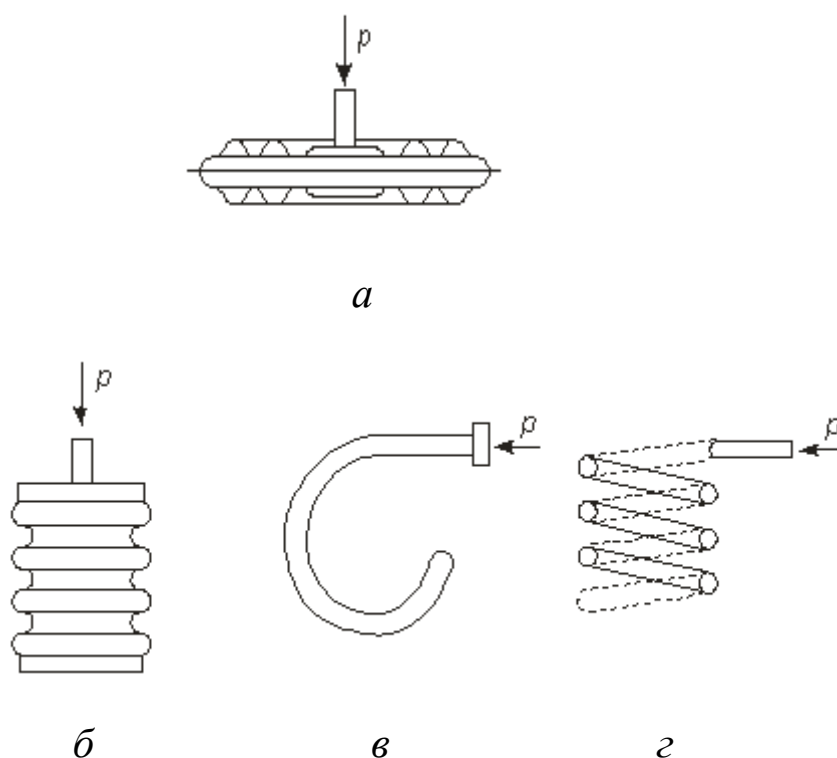


Рис. 4.36

Для перетворення тиску в переміщення в якості пружних елементів призначені мембрани (рис. 4.36,*a*), сильфони (рис.4.36,*б*), трубчасті пружини (рис. 4.36,*в, г*).

Мембрани являють собою еластичні пружини, що деформуються залежно від діючого на них вимірюваного тиску. Таким чином, вимірюваний тиск P перетвориться в пропорційне переміщення центра мембрани. Мембрани бувають плоскі, гофровані (рис.4.36,*a*) і м'які. Плоскі мембрани дають змогу вимірювати тиски від 10^4 до 10^8 Па, що швидко змінюються в часі, гофровані – від 1 до 10^6 Па, м'які – від 10^{-2} до 10^5 Па, що мають дуже малу жорсткість.

Сильфони являють собою гофровані тонкостінні трубки і застосовуються для перетворення вимірюваного тиску P в пропорційне переміщення дна сильфона. Вони застосовуються для вимірювання тисків від 1 до 10^6 Па. Сильфони мають у порівнянні з плоскими і гофрованими мембранами, більшу чутливість.

Трубчасті пружини виконуються одновитковими (трубка Бурдона) (рис. 4.36,*в*) і багатовитковими (рис. 4.36,*г*). Принцип їхньої дії полягає в тому, що під дією тиску P газу, що надходить у трубку, кінець трубки переміщується. За величиною цього переміщення, або за кутом розкручування кінця трубки, визначається величина вимірюваного тиску.

Одновиткові трубчасті пружини застосовуються для вимірювання тисків від 10 до 10^8 Па, багатовиткові – для вимірювання тисків від 10 до 10^7 Па. Багатовиткові пружини мають більшу чутливість у порівнянні з одновитковими.

Похибки мембран, сильфонів і трубчастих пружин обумовлені нелінійністю і гістерезисом характеристик перетворення тиску в переміщення. На похибку перетворення також впливають старіння

матеріалу і зміна робочої температури, що позначається на жорсткості пружних елементів і їхніх лінійних розмірів.

Похибки перетворення цих пружних елементів становлять 1...5 %.

Розглянемо деякі приклади датчиків тиску з використанням пружних чутливих елементів.

На рис. 4.37 зображений диференціально-трансформаторний датчик різниці тиску типу ДМ. Вимірювані тиски P_1 і P_2 подаються в камери, що містять мембранні коробки 1 і 2. Порожнини коробок з'єднуються і заповнені дистильованою водою. Вимірювана різниця тисків деформує мембранні коробки і переміщує якір 3 диференціально-трансформаторного перетворювача. Величина переміщення якоря і вихідна ЕРС пропорційні різниці тисків.

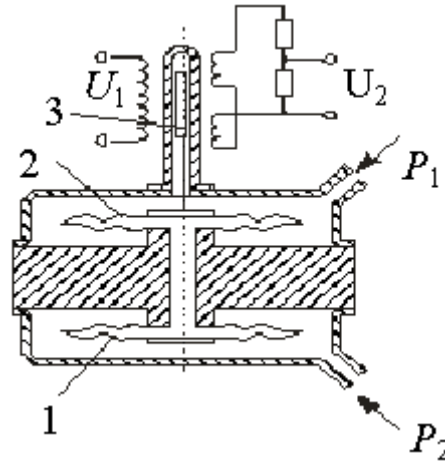


Рис. 4.37

Похибка вимірювання даного пристрою не перевищує $\pm 2\%$.

Для перетворення переміщення мембрани під дією вимірюваного тиску, можуть використовуватися також ємнісні перетворювачі. У цьому випадку мембрани є чутливими елементами ємнісних перетворювачів. Таким чином, мембрана є рухливим

електродом ємнісного перетворювача, що переміщується під дією тиску.

У цьому випадку вимірюваний тиск

$$P = \frac{8\delta \cdot W}{R^2} \cdot \frac{\Delta C}{C_0},$$

(4.110)

де $\frac{\Delta C}{C_0}$ – відносна зміна ємності при переміщенні мембрани; R – радіус мембрани; W – жорсткість мембрани; δ – відстань між мембраною і нерухомим електродом ємності при відсутності вимірюваного тиску.

З цього рівняння видно, що вимірюваний тиск P прямо пропорційно залежить від відносної зміни ємності $\frac{\Delta C}{C_0}$ ємнісного перетворювача тиску з еластичною мембраною при її малих прогинах.

Якщо чутливим елементом ємнісного перетворювача є тверда мембрана, то при малих її прогинах

$$P = \frac{16E\delta \cdot h^3}{(1-\mu)^2 R^4} \cdot \frac{\Delta C}{C_0},$$

(4.111)

де E – модуль пружності матеріалу мембрани; h – товщина мембрани; μ – коефіцієнт Пуассона.

У цьому випадку вимірюваний тиск також змінюється пропорційно зміні $\frac{\Delta C}{C_0}$.

Манометри з мембранними ємнісними перетворювачами мають верхню границю перетворюваного тиску 800 Па. Основна похибка становить 1...2%.

Для вимірювання переміщень мембрани під дією вимірюваного тиску можуть використовуватися також тензоперетворювачі.

В даний час досягнення сучасної технології дозволяють створювати інтегральний тензомодуль, мембрана якого виготовляється з пружної пластини, виконаної з напівпровідникового матеріалу (кремнію), на якому методом дифузії утворено інтегральну тензочутливу схему у вигляді моста. У такому тензомодулі вимірюваний тиск перетвориться в пропорційну зміну опору тензорезистора.

У цьому модулі тензорезистор є єдиною ланкою пружного елемента, тобто в ньому відсутній клей, що є причиною додаткових похибок у наклеюваних тензоперетворювачах.

На рис. 4.38 зображений манометр із використанням пружного елемента – одновиткової трубчастої пружини (трубки Бурдона).

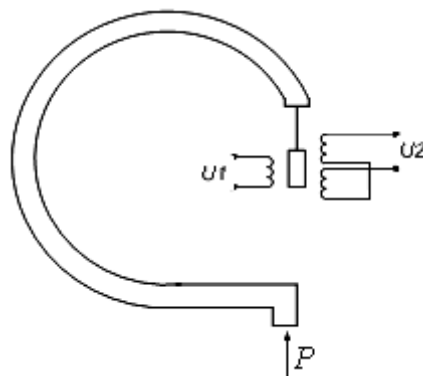


Рис. 4.38

Під дією вимірюваного тиску P вільний кінець трубки Бурдона переміщується, що викликає переміщення якоря диференціально-трансформаторного перетворювача, що в свою чергу викликає зміни вихідної напруги U_2 .

Таким чином, вимірюваний тиск P перетворюється в напругу U_2 .

Другу групу манометрів складають рідинні манометри. Ці пристрої мають дві сполучені судини, заповнених рідиною. Вимірюваний тиск P_1 діє на поверхню рідини в одній судині, а тиск P_2 - на поверхню рідини в іншій судині. Якщо $P_1 \neq P_2$, то дія цих тисків змінює рівень рідини в судинах. Різниця рівнів Δh рідин у судинах пропорційна різниці тисків $P_1 - P_2$:

$$\Delta h = \frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g}, \quad (4.112)$$

де g – прискорення сили ваги; ρ - щільність рідини.

Таким чином, рідинний манометр є диференціальним манометром, що вимірює різницю тисків.

Якщо ж у другій посудині над рідиною створений вакуум, то в цьому випадку манометр вимірює абсолютний тиск. Якщо друга посудина з'єднана з атмосферою, то манометр вимірює надлишковий тиск.

На рис. 4.39 зображена схема рідинного манометра різниці тисків типу ДПЭМ-2. У цьому датчику вимірювана різниця тисків $P_1 - P_2$ перетворюється в рівень рідини.

Рівень рідини за допомогою поплавка 1 перетвориться в переміщення рухливого якоря 2 у диференціальному – трансформаторному перетворювачі. Це переміщення якоря викликає пропорційну зміну вихідної напруги U_2 .

Таким чином, у розглянутому манометрі різниця тисків $P_1 - P_2$ перетвориться в напругу U_2 .

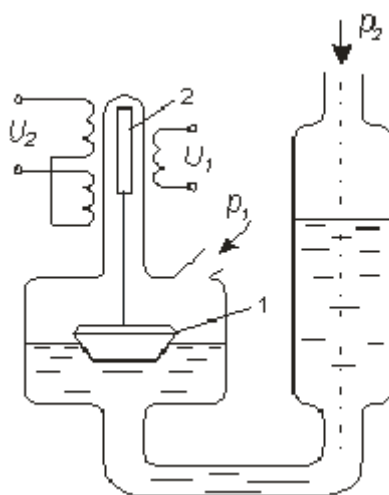


Рис.4.39