

О.М. Безвесільна, д.т.н, проф.
Національний технічний університет України "КПІ"
Фурт О.С., III-й курс, студент гр. ПМ-01, ПБФ
Національний технічний університет України "КПІ"

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

Акселерометри – це прилади для прийому й перетворення інформації про прискорення з метою одержання кількісного результату у формі, яка буде зручною для подальшого використання. Тобто це датчики, які призначені для вимірювання прискорення об'єкта (кутового чи лінійного), що рухається.

Принцип роботи п'єзоелектричного вимірювача прискорень (ПВП) оснований на використанні явища прямого п'єзоелектричного ефекту, тобто здатності деяких матеріалів (п'єзоелектриків) генерувати електричний заряд під дією на них механічних сил.

Найбільш широко використовуються ПВП в ролі акселерометрів і, нарівні з напівпровідниковими датчиками, практично повністю витіснили перетворювачі інших типів. Це пояснюється, перш за все, тим, що експлуатаційні характеристики датчиків даного типу є найкращими серед існуючих.

П'єзоелектричні акселерометри вирізняються з-поміж всіх видів датчиків прискорення та вібрацій – широкими робочими частотними та динамічними діапазонами, малою чутливістю до впливу магнітних полів, лінійними характеристиками в цих широких діапазонах, надійністю конструкції та відносно тривалою стабільністю параметрів. Оскільки ПВП є активними датчиками, які генерують пропорційний прискоренню електричний сигнал, то при їх експлуатації не потрібне джерело живлення. Відсутність рухомих елементів конструкції виключає можливість зносу й гарантує довговічність ПВП. До того ж, вихідний сигнал ПВП можна інтегрувати з метою вимірювання й аналізу швидкості чи зміщення механічних коливань. Основним недоліком ПВП є неможливість вимірювання постійної складової динамічного процесу.

На сьогоднішній день широко використовуються ті засоби вимірювань і контролю, які мають високу точність і швидкодію, можливість працювати у складних умовах навколишнього середовища, просту конструкцію. Ці всі вимоги задовольняють ПВП, оснований на явищі п'єзоелектричного ефекту (найчастіше прямого). Тому для вимірювання вібрацій та прискорення доцільно використовувати саме п'єзоелектричні акселерометри.

П'єзоелектричні акселерометри є одними з найкращих та найпоширеніших датчиків. Головною причиною цього є їх простота та надійність, відносно висока чутливість, широкий робочий частотний діапазон, лінійні характеристики в широкому динамічному діапазоні, стійкість до впливів навколишнього середовища та, безсумнівно, малі габарити, вага й собівартість. Такі датчики використовують для вимірювання швидко змінюваних механічних процесів, наприклад прискорень літака чи його окремих частин, вібрацій двигунів.

Загальна конструктивна схема п'єзоелектричного акселерометра наведена на рис. 1.

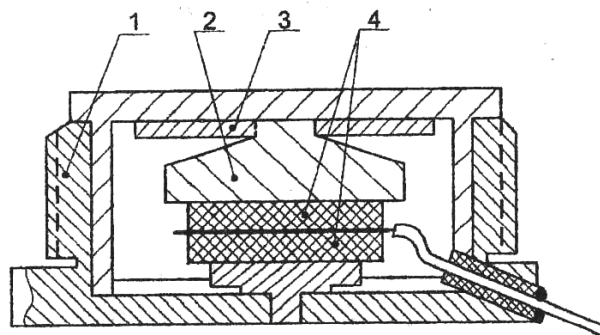


Рис. 1. Конструктивна схема п'єзоелектричного акселерометра:
 1 – корпус; 2 – інерційна маса; 3 – з'єднувальна мембрана; 4 – п'єзоелектрики

У п'єзоелектричному чутливому елементі для вимірювання прискорень, вібрацій в разі виникнення інерційної сили зміщується інерційна маса 2 відносно корпусу 1, закріпленого на досліджуваному об'єкті. П'єзоелектрики 4 затискають між масою 2 і корпусом 1 за допомогою мембрани 3. Величина п'єзоелектричних зарядів буде пропорційна до величини прискорення, що далі реєструється на стрічці самописного приладу.

Кількість електрики, що виникає на границях кварцової пластини в момент прикладання сили, надзвичайно мала. Тому для вимірювання потрібно застосовувати такі методи і прилади, які не витрачали б зарядів, утворених на пластині.

Повністю розв'язати цю задачу принципово неможливо, проте витік зарядів з кварцу через вимірювальну схему можна зробити досить малим, у межах допустимої похибки.

Електричний заряд на пластині перетворювача може змінитись внаслідок впливу побічних електричних полів. Проте, застосувавши електростатичний екран, для п'єзоперетворювача ці впливи можна звести до нуля.

У п'єзоелектричних приладах звичайно вимірюють не заряд Q , а напругу U , яка розвивається на ємності, утвореній обкладками пластини:

$$U = \frac{Q}{C}, \quad (1)$$

де C – власна ємність п'єзопластини;

$$U = \frac{\varepsilon S_x}{d}, \quad (2)$$

де ε – діелектрична стала для; S_x, d – відповідно площа та товщина поверхні пластини.

Підставивши у формулу (1) значення C і Q , дістанемо значення напруги, яка виникає в пластині і момент прикладення сили F_x :

$$U = \frac{kldF_x}{\varepsilon S_x}. \quad (3)$$

У реальних умовах перетворювач умикають у спеціальні вимірювальні схеми, а тому паралельно його власні ємності C будуть увімкнені ємності, наприклад, вхідного кола підсилювач $C_{вх}$, підвідного кабелю C_k . У цьому разі напруга, яку розвиває перетворювач, зменшиться і згідно з формулою (1) становитиме:

$$U = \frac{Q}{C + C_{вх} + C_k}. \quad (4)$$

З (4) випливає: щоб дістати максимальну напругу і найбільшу чутливість, слід прагнути до того, щоб кожна із складових сумарної ємності була якомога меншою.