

## СУЧАСНІ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ – АКСЕЛЕРОМЕТРИ

**Ковбаса С.М., доц., к.т.н.; Димко С.С., ас.; Хітько М.А., студент**  
*кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу*

**Вступ.** За останні декілька років широке розповсюдження у різних сферах промисловості отримали елементи, що базуються на мікроелектромеханічних системах, так званих МЕМСах. Популярність даних пристроїв обумовлена в першу чергу простотою їхнього використання, відносно низькою вартістю і малими габаритами. МЕМС-прилади зазвичай виготовляють на кремнієвій основі і вони складаються з низки елементів, які призначені для виконання більше ніж однієї функції.

**Метою дослідження** є огляд загальних принципів побудови акселерометрів з використанням МЕМС технологій.

**Матеріали досліджень.** За своєю функціональністю МЕМС-пристрої можна поділити на два типи: актуатори (з англ. *actuator* – виконавчий механізм); чутливі елементи, давачі чи сенсори (з англ. *sensor* – давач, первинний вимірювальний перетворювач).

Актуатори – прилади, що виконують функцію перетворення одного виду енергії в інший (здебільшого, в механічну роботу). Для створення цих приладів можуть використовуватися різні фізичні явища. Часто застосовуються електростатичні, термоелектричні, п'єзоелектричні, осмотичні, гідравлічні, пневматичні, електромагнітні та інші типи актуаторів. Кожен з цих типів має переваги для якогось конкретного застосування, що обумовлено технологічними умовами та конструкторськими рішеннями [1].

Те саме можна сказати і про використання різних типів сенсорів у приладах МЕМС. Спектр наявних типів сенсорів значно ширший та різноманітніший ніж актуаторів, що зумовлено їх багатоплановим застосуванням. Переважно використовуються ємнісні, п'єзоелектричні, тензорезистивні, терморезистивні, фотоелектричні сенсори, сенсори на ефекті Хола та деякі інші типи.

На сьогоднішній день найбільше розповсюдження отримали давачі руху побудовані з використанням МЕМС технологій, а саме акселерометри та гіроскопи. Сучасні високотехнологічні пристрої такі як: мобільні телефони, комунікатори, ігрові приставки, фотоапарати та ноутбуки, все частіше обладнуються цими пристроями для розширення своїх функціональних можливостей. Крім того, практично кожна нова модель автомобіля обладнана МЕМС-елементами – від давачів тиску в трубопроводі двигуна до давачів прискорення (МЕМС-акселерометри), що використовуються в активних системах підвіски, автоматичних дверних замках, різноманітних системах захисту. Акселерометри починають знаходити застосування і в сейсмічних системах запису, моніторах верстатів і механізмів, діагностичних системах, тобто там, де необхідно вимірювати прискорення, удар чи вібрацію. Перші випущені на ринок в 1993 році акселерометри типу ADXL50, що займають

спільно зі схемою формування сигналу площу кристала в  $5 \text{ мм}^2$ , були розроблені фірмою Analog Devices в 1991-му. Ціна такого акселерометра складала 12 дол. на відміну від 200 дол. для давачів, побудованих на базі підшипників і трубок з нержавіючої сталі [3].

Розглянемо детальніше, що собою представляє давач прискорення. Найпоширенішими є акселерометри, що базуються на конденсаторному принципі, функціональна схема якого представлена на Рис. 1. Рухома частина – це деяка рухома маса, яка прикріплена за допомогою підвісів (пружин) до нерухокої частини давача. При будь-якому переміщенні, відповідно наявності прискорення, рухома маса також змінить своє положення відносно нерухокої частини. Так як одна обкладка конденсатора прикріплена до нерухокої частини, а інша до рухої маси, то відстань між ними зміниться на величину переміщення рухої маси. При цьому змінюється ємність конденсатора і величина напруги на його обкладках, при незмінній величині заряду. За різницею напруг, можна розрахувати відповідне переміщення рухої маси, звідки знаючи параметри підвісів розраховується прискорення. Найрозповсюдженішими є двохосьові або двохвимірні акселерометри. Однак, в залежності від сфери застосування також випускаються одновимірні або тривимірні акселерометри [3].

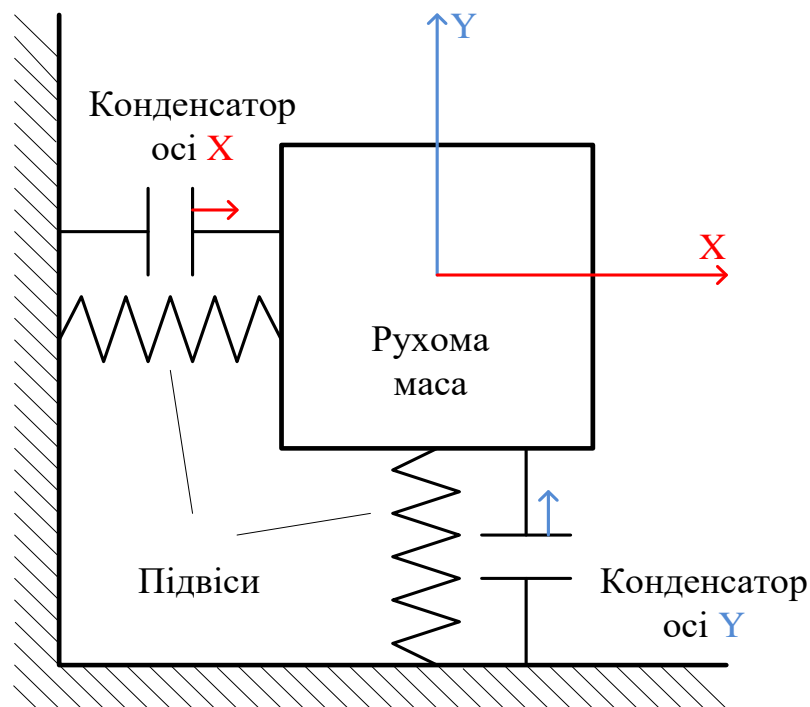


Рисунок 1 – Функціональна схема конденсаторного акселерометра.

Крім конденсаторних давачів, існують МЕМС-акселерометри, що використовують інші принципи роботи. Наприклад, давачі, засновані на п'єзоефекті. Замість зміщення обкладок конденсатора, в акселерометрах такого типу відбувається тиск вантажу на п'єзокристал. Основний принцип роботи полягає у виробленні електричного струму п'єзоелементом під впливом деформації. Вимірюючи показники електричного сигналу, при відомих

параметрах системи, можна знайти силу, з якою вантаж тисне на кристал – і, відповідно, розрахувати його прискорення. Функціональна схема акселерометра побудованого на п'єзоефекті зображена на Рис. 2.

Іншим типом MEMC-акселерометрів є термальні давачі прискорення. У них в якості основного об'єкта використовується гаряча бульбашка повітря. При русі бульбашка відхиляється від центру системи. Відхилення фіксується давачами температури. Чим далі змістилась бульбашка – тим більша величина прискорення [2].

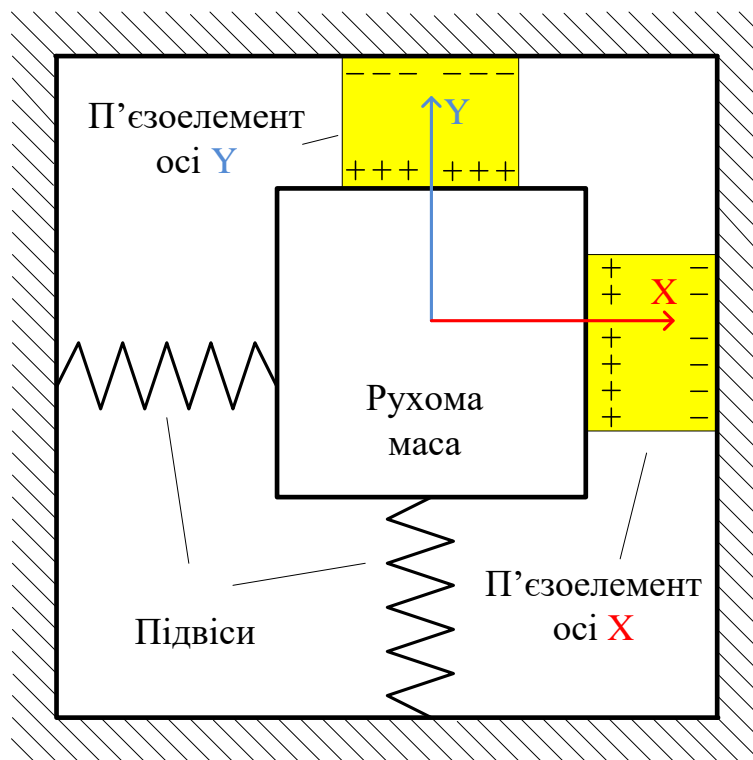


Рисунок 2 – Функціональна схема акселерометра на п'єзоефекті.

**Висновки.** В статті розглянуто принципи побудови сучасних акселерометрів, на базі мікроелектромеханічних систем, які знаходять широке застосування в різноманітних високотехнологічних приладах. У ноутбуках ці давачі використовуються для захисту жорсткого диска, у камерах – для стабілізації зображення, в автомобілях – для керування подушками безпеки. Широке застосування MEMC акселерометри також знайшли в робототехніці, космічній галузі, завдяки своїм невеликим розмірам. Вони використовуються при побудові систем орієнтації та стабілізації літальних та космічних апаратів, дозволяють покращувати якість алгоритмів керування та функціонування роботів. Крім того з їх допомогою стало можливим моделювання біометричних процесів людей та тварин.

#### Перелік посилань

1. Гірняк Ю. Мікроелектромеханічні системи у сучасному приладобудуванні // Вимірювальна техніка та метрологія – Львів. – 2008. – Вип.69. – С. 97-102.
2. <http://www.robochamp.ru/index.php/articles/sensor/109-acelerometer>
3. <http://www.3dnews.ru/editorial/MEMS-microelectromechanical-systems-Part-1>