

**В.К. ГУСЕЛЬНИКОВ**, канд. техн. наук, професор НТУ “ХП”,  
**К.О. БРЕУС**, студентка НТУ “ХП”

## **ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЇ З ДИСТАНЦІЙНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ІНФОРМАЦІЇ**

Стаття присвячена розробці вимірювача параметрів вібрації (а саме – віброприскорення, віброшвидкості і вібропереміщення), з можливістю передачі результатів виміру на відстань. У статті описаний принцип роботи приладу та наведена структурна схема приладу.

Статья посвящена разработке измерителя параметров вибрации (а именно – виброускорение, виброскорости и виброперемещения), с возможностью передачи результатов измерения на расстояние. В статье описанный принцип работы прибора и приведена структурная схема прибора.

Paper develops a meter vibration parameters (namely - vibration acceleration, vibration velocity and vibration displacement) with the possibility of transferring the results of measurement for distance. This article describes the principle of the device and block diagram of the device is shown.

Однією з актуальних проблем сучасної техніки являється вимірювання параметрів вібрації. Сьогодні не можна назвати практично жодного об'єкта контролю або виробничого процесу, який не відчував би вплив вібраційних, ударних або акустичних навантажень. Дослідження коливальних процесів становлять великий інтерес для всіх галузей народного господарства-металургії, енергетичного машинобудування, ракетної техніки і т. д.

У цей час більшість вимірів вібраційних процесів здійснюється за допомогою датчиків вібраційних прискорень (акселерометрів), а прискорення перетворюють у віброшвидкість, вібропереміщення електричними методами. В даній статті приведено приклад розробки вимірювача параметрів вібрації на основі п'єзоакселерометра. Прилад дозволить вимірювати вібропереміщення, віброшвидкість і віброприскорення. Ще однією відмінністю є можливість передачі результатів виміру на відстань. Поєднання аналогової та цифрової частин дозволяє створити прилад актуальний для сьогоднішнього часу як в економічному, так і в технічному плані.

Форма і частотний склад вібраційних процесів визначається характером збуджуючих сил і передачею цих збуджень до того місця, де розташовується первинний вимірювальний перетворювач. У більшості випадків форма сигналу має вигляд складних коливань, які містять детерміновану і випадкову складові вібраційного процесу. Як форма, так і спектральний склад залежать від вимірюваного параметра вібрації. На практиці вимірюють переміщення, швидкість чи прискорення.

Вібрація характеризується частотою  $f$ , тобто числом коливань в секунду (Гц), амплітудою  $A$ , тобто зсувом хвиль, або висотою підйому від положення рівноваги (мм), швидкістю  $V$  (м / с) - швидкість руху точки або системи під дією вібрації, і прискоренням - прискорення руху точки або системи під дією

вібрації. Весь діапазон частот вібрацій також розбивається на октавні полоси: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Гц. Абсолютні значення параметрів, що характеризують вібрацію, змінюються в широких межах, тому використовують поняття рівня параметрів, що представляє собою логарифмічні відношення значення параметра до опорного або порогового його значення.

Даний прилад побудований на основі п'єзоелектричного перетворювача, що найбільш широко застосовують для вимірювань вібраційних процесів. Вони за своїми технічними характеристиками перевершують усі інші види віброперетворювачів, тому що мають досить високу чутливість, широкий частотний і динамічний діапазони вимірювань, відносно невеликі розміри і масу, високу термостійкість і віброміцність.

П'єзоелектричні віброперетворювачі (ВП) - це ВП, в яких у якості чутливого елемента використовуються монокристалічні або полікристалічні матеріали, що мають п'єзоелектричні властивості.

Дія п'єзоелектричних ВП заснована на використанні прямого п'єзоелектричного ефекту, тобто властивостей деяких матеріалів генерувати заряд під дією прикладеної до них механічної сили. Принцип побудови п'єзоелектричних ВП зображений на рисунку 1.

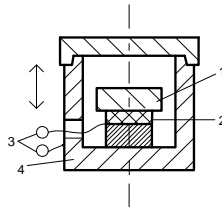


Рис. 1. Схема п'єзоелектричних ВП

Інерційний елемент 1 прикріплений до верхньої межі п'єзоелемента 2, а нижня грань п'єзоелемента прикріплена до корпусу 4. При установці перетворювача на досліджуваному об'єкті, перетворювач сприймає вібрацію об'єкта. Внаслідок прагнення інерційного елемента зберегти стан спокою, п'єзоелемент деформується від впливу на нього інерційної сили, де  $m$  - маса інерційного елемента,  $a$  - прискорення об'єкта.

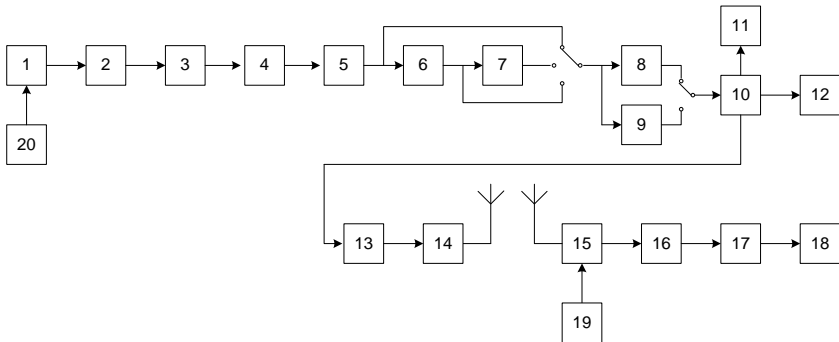
Деформація п'єзоелемента і електричний заряд, що виникає при цьому, пропорційні прискоренню. Тому ці перетворювачі часто називають п'єзоакселерометрами.

В якості п'єзоелемента використовують полі- і монокристалічні п'єзоелектричні речовини.

Основні переваги п'єзоелектричних ВП: широкий діапазон робочих частот; велика вібраційна і ударна міцність; простота конструкції; мала чутливість до магнітних полів; можливість створення високотемпературних перетворювачів; можливість створення перетворювачів з малими розмірами і масою.

Основними недоліками п'єзоелектричних ВП є наявність великої вихідного опору; залежність вихідного сигналу від довжини кабелю; неможливість виміру постійної складової динамічного процесу.

Нижче наведена структурна схема вібровимірюючого приладу з дистанційною передачею інформації для виміру пікових і середньоквадратичних значень переміщення, швидкості й прискорення та передачі результату на відстань.



- 1 – п'єзоелектричний вимірювальний перетворювач;
- 2 – підсилювач заряду;
- 3 – багатопридільний дільник напруги;
- 4 – активний фільтр нижніх частот;
- 5 – підсилювач змінної напруги;
- 6, 7 – інтегратори;
- 8 – детектор середньоквадратичних значень;
- 9 – амплітудний детектор;
- 10 – мікроконтролер з вбудованим аналого-цифровим перетворювачем;
- 11 – зовнішній інтерфейс;
- 12, 18 – цифрові відлікові пристрої;
- 13 – передавач;
- 14 – шифратор;
- 15 – приймач;
- 16 – дешифратор;
- 17 – регістр;
- 19 – мікроконтроллер;
- 20 – калібрувальний генератор.

Рис. 2. Структурна схема вимірювача параметрів вібрації з дистанційною передачею інформації

Прилад працює в такий спосіб. Сигнал з п'єзоелектричного ВП 1, пропорційний прискоренню, надходить на попередній підсилювач заряду 2. Підсилювач заряду має більшу вхідну ємність і відносно невисокий вхідний опір. Завдяки цьому в схемі підсилювача заряду прилад можна підключати до ВП, що перебуває на відстані. Далі сигнал надходить на дільник напруги 3, що

призначений для розширення динамічного діапазону й зменшення напруги в певне число раз. З дільника сигнал надходить на активний фільтр нижніх частот (ФНЧ) 4, призначений для зрізу високих частот, порівнянних з резонансними частотами перетворювачів. Фільтр служить також для фільтрації вхідної напруги від перешкод. ФНЧ 4 має частоту зрізу 1 кГц.

Далі сигнал надходить на нормалізуючий підсилювач змінної напруги 5, що регулює посилення (чутливість) тракту виміру. Він дозволяє здійснити (надалі) одне- і дворазове інтегрування сигналу прискорення для одержання значень швидкості й переміщення об'єкту.

Сигнал з підсилювача змінної напруги через перемикач вимірюваних параметрів, надходить на детектори 8 і 9 (у випадку виміру віброприскорення), або через інтегруючий контур 6 на детектор 8 і 9 (при вимірі віброшвидкості), чи через інтегруючі контури 6 і 7 на детектори (при вимірі вібропереміщення) сигнал з перемикача надходить одночасно на квадратичний детектор 8, що перетворить миттєве значення змінної напруги в постійному, пропорційне діючому значенню змінної напруги; і на амплітудний детектор 9, призначений для запам'ятовування екстремальних значень амплітуди сигналу.

Далі сигнал надходить на мікропроцесор з вбудованим аналого-цифровим перетворювачем 10. Аналого-цифровий перетворювач являє собою пристрій для автоматичного перетворення безупинно мінливої в часі електричної напруги в еквівалентне значення числових кодів.

Мікропроцесор зчитує код з виходу АЦП і виконує його перетворення у відповідне значення вхідного вібраційного впливу по закладеній формулі. Після цього мікропроцесор видає результат виміру на цифровий відліковий пристрій (РКІ) 12 і на зовнішній інтерфейс 11.

Одночасно цим, сигнал з мікропроцесору надходить на передавач 13 і шифратор (кодер) 14, який кодує сигнал у двійників код. Далі результат за допомогою антени передається на іншу антену, що знаходиться на відстані.

Результат оброблюється приймачем 15, який керується за допомогою мікроконтроллера 19. З приймача сигнал надходить на дишефратор (декодер) 16, який розкодує сигнал у відповідний йому двійників код. Результат відображається на ЦВП 18. Регістр 17 записує результат перед подачею на ЦВП.

Для контролю й калібрування всього комплексу служить генератор каліброваного сигналу 20, що видає синусоїдальну напругу постійної амплітуди. Цей сигнал подається на вхід попереднього підсилювача заряду 2.

**Список літератури:** 1. *Клюев В. В.* Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара. Часть 1 – М.: Машиностроение, 1978. 2. *Субботин М. И.* Измерительная техника. – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. – С. 48 – 53. 3. *М. Серридж, Т. Р. Лихт* Справочник по пьезоэлектрическим акселерометрам и предусилителям – М.: Брюль и Кьер, 1987. – 368 с. 4. *Бишард Е.Г.* и др. Аналоговые электро-измерительные приборы. – М.: Высшая школа, 1991. – 416 с.