

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ РОБОТЕХНІКИ

В роботі описані п'єзоелектричні перетворювачі для роботехніки. Ці перетворювачі можуть використовуватися в якості датчиків дотику, вимірювачів відстані до об'єктів або перешкод, для вимірювання статичних та динамічних сил, а також в якості електроакустичних перетворювачів для звукової індикації моментів надходження або виконання команди, для оповіщення аварійної або нештатної ситуації та ін. Розглянуто конструкції п'єзоелектричних датчиків дотику з мономорфним і біморфним п'єзоелектричними елементами. Застосування біморфної конструкції дозволяє збільшити чутливість датчиків дотику. Розглянута конструкція п'єзоелектричного датчика сили з ультразвуковим концентратором. Застосування ультразвукових концентраторів дозволяє збільшити чутливість датчиків сили. Розглянута конструкція електроакустичного перетворювача з резонатором. Застосування резонаторів дозволяє збільшити звукову потужність вихідного сигналу електроакустичних перетворювачів.

Ключові слова: п'єзоелектричні перетворювачі, датчики дотику, сил, відстаней, електроакустичні перетворювачі.

ZH.V. SOTULA, K.V. BAZILO, V.V. TUZ
Cherkasy State Technological University

PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR ROBOTICS

Abstract – Piezoelectric transducers are widely used in electroacoustics, underwater acoustics, ultrasonic, medical and measuring equipment, scanning probe nanomicroscopes, robotics, piezoengines, and other areas of science and techniques. Recent works in the field of piezoelectric sensors and transducers allow providing new approaches to the constructing of piezoelectric transducers. The paper describes the piezoelectric transducers for robotics. These transducers can be used as touch sensors, distance meters to objects or obstacles, to measure static and dynamic forces, and also as electroacoustic transducers for sound indication of the moment of receipt, or command execution to alert emergency or contingency situation, etc. Designs of piezoelectric touch sensors with monomorphic and bimorph piezoelectric elements are discussed. Application of bimorph structure increases the sensitivity of touch sensors. Design of piezoelectric force sensor with ultrasonic concentrator is discussed. Application of ultrasonic concentrators increases the sensitivity of force sensors. Design of electroacoustic transducer with resonator is discussed. Application of resonators increases the sound power of output signal of electroacoustic transducers.

Key words: piezoelectric transducers, touch sensor, force sensor, distance meter, electroacoustic transducers.

Вступ

П'єзоелектричні перетворювачі дозволяють вирішувати різноманітні завдання: вимірювання механічних параметрів (зусиль, тисків, прискорень, маси, кутових швидкостей, моментів, деформацій тощо), теплових приладів (термодатчиків, датчиків витрат, вакууму, вимірювачів електричних параметрів, датчиків теплових потоків), пристроїв для контролю складу, концентрацій газів, вологості, мікрмас. За роздільною здатністю та точністю ці пристрої в багатьох випадках перевершують перетворювачі, виконані на інших фізичних принципах [1–6].

Вельми перспективним є застосування ПП в інформаційних і комунікаційних технологіях і роботехніці.

Останні роботи в області п'єзоелектричних датчиків і перетворювачів дозволили створити нові підходи до побудови п'єзоелектричних перетворювачів, в тому числі, і для роботехніки [1–4].

Отже, метою даної роботи є огляд і аналіз можливостей проектування п'єзоелектричних перетворювачів для роботехніки.

Основна частина

П'єзоелектричні перетворювачі в роботах можуть виконувати наступні задачі (функції).

Датчики дотику

Залежно від кількості п'єзоелементів використовуваних в п'єзоелектричних перетворювачах, їх можна розділити на мономорфні і біморфні.

П'єзоелектричні датчики дотику на прямому п'єзоелекті мають порівняно невисоку чутливість і певні недоліки при фіксації моменту дотику.

Резонансні п'єзодатчики на основі мономорфних п'єзоелементів мають більш високу чутливість. Один з варіантів датчика показаний на рис. 1. Цей датчик містить п'єзоелемент 1, з двома електродами (п'єзотрансформатор), генератор 2, ультразвуковий (УЗ) конічний концентратор 3, елемент дотику 4.

При торканні елемент 4 діє на вершину концентратора 3, що призводить до зміни вихідної напруги п'єзоелемента 1.

Ще більш високу чутливість має датчик з біморфним п'єзоелементом (рис. 2). Цей датчик містить біморфний елемент, що складається з металевої пластини 1 і п'єзоелемента 2, закріплених на основі 3, і елемент дотику 4.

Вимірювачі відстаней

П'єзоелектричні датчики застосовуються як детектори близькості на дистанціях, які недоступні, наприклад, індуктивним і емнісним датчикам; як детектори об'єктів, що не розпізнаються оптичними датчиками через прозорість і колір; а також в якості вимірювачів дистанції за відбитим ультразвуковим сигналом.

Типовим застосуванням п'єзоелектричних датчиків є вимірювання відстаней в тому випадку, коли поверхня об'єкта являє собою відбиваючу мішень. Безконтактність вимірювань в більшості випадків є

визначальним фактором для вибору методу контролю.

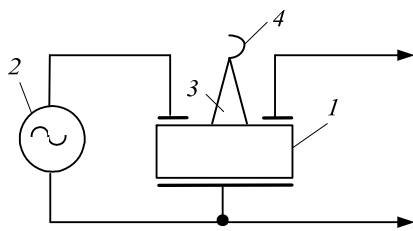


Рис. 1. Схема підключення датчика дотику:
1 – п'єзоелемент; 2 – генератор;
3 – УЗ конічний концентратор; 4 – елемент дотику

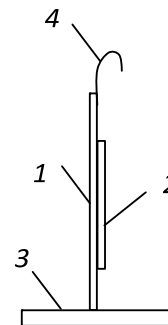


Рис. 2. Датчик дотику з біморфним п'єзоелементом:
1 – металева пластина; 2 – п'єзоелемент;
3 – основа; 4 – елемент дотику

П'єзоелектричні датчики широко застосовуються в так званому контролі руху, під яким розуміються процеси управління швидкістю і позицією об'єкта.

Вимірювач відстані являє собою приймач-передавач ультразвукових коливань – він змінно перемикається в режим випромінювання й в режим прийому.

Принцип дії вимірювачів відстаней – зондування об'єкта щодо високочастотними акустичними хвилями. Випромінювач забезпечує перетворення електричної енергії в енергію акустичних коливань п'єзоелемента. При прийомі відбитих від об'єкта хвиль відбувається перетворення їх енергії в електричну енергію інформаційного сигналу.

Таке зондування в самому простому випадку дозволяє зафіксувати присутність об'єкта в зоні випромінювання, а при наявності вбудованої електронної схеми забезпечує визначення проміжку часу між випромінюванням і прийомом ультразвукової хвилі, що еквівалентно дистанції до об'єкта.

Високочастотні випромінювачі виготовляють з мономорфних п'єзоелементів. Вони мають більш вузьку діаграму спрямованості.

Діаграма спрямованості визначається такими факторами, як частота ультразвукових коливань, розміри, форма і акустичні параметри п'єзоелектричного випромінювача.

Низькочастотні випромінювачі виготовляють на основі біморфних п'єзоелементів.

Для забезпечення широкої смуги пропускання може використовуватися просторовий електромеханічний негативний зворотний зв'язок [7], або датчики з додатковими електричними або механічними коливальними системами [3]. В якості приймачів звуку використовують біморфний елементи з широкою смугою пропускання.

Датчики сил

Тут можливі два варіанти – контроль динамічних сил (механічних напружень, параметрів вібрацій) і статичних.

У першому випадку використовуються п'єзодатчики на прямому п'єзоєфекті. Датчики на біморфних п'єзоелементах мають на порядок вищу чутливість, але порівняно вузький діапазон робочих частот. Для цих датчиків можуть застосовуватися узгоджувальні підсилювачі напруги або заряду.

Для контролю статичних зусиль можуть використовуватися резонансні п'єзодатчики на мономорфних п'єзоелементах або на біморфних п'єзоелементах.

Проста схема підключення резонансного п'єзодатчика з ультразвуковим концентратором і його вихідні характеристики показані на рис. 3, 4.

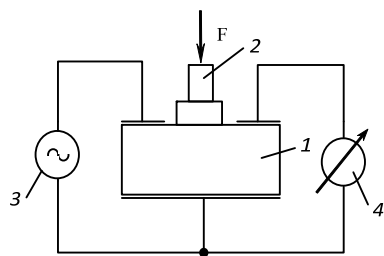


Рис. 3. Схема підключення датчика сили:
1 – п'єзотрансформатор; 2 – ступінчастий концентратор;
3 – генератор; 4 – вимірювальний пристрій

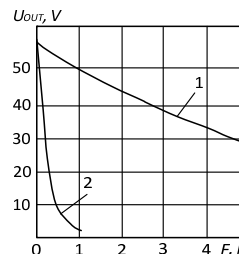


Рис. 4. Вихідна характеристика датчика сили:
1 – без концентратора; 2 – з концентратором

Як видно з рис. 4, застосування ультразвукових концентраторів дозволяє на порядок збільшити чутливість перетворювача.

Електроакустичні перетворювачі

Електроакустичні перетворювачі (ЕАП) призначені для перетворення електричної напруги в акустичний сигнал і навпаки.

Електроакустичні перетворювачі широко застосовуються для роботи в повітряному середовищі

(системи охорони, вимірювальна техніка), у воді (локатори, ехолоти, підводний зв'язок тощо), для створення звукових хвиль в твердих тілах (неруйнівний контроль).

Відомі механічні, електродинамічні, магнітострикційні, електростатичні, п'єзоелектричні ЕАП [1]. В даний час найбільше застосування знайшли п'єзоелектричні перетворювачі.

Електроакустичний перетворювач являє собою електромеханічну коливальну систему з досить високою добротністю. Приєднання до такої системи механічних або електричних елементів дозволяє змінювати параметри перетворювача.

Електроакустичні перетворювачі можуть виконувати дві функції:

- звукова індикація моменту надходження або виконання команди (90-100 дБ);
- оповіщення аварійної або нештатної ситуації (120-130 дБ).

У першому випадку перетворювачі виготовляють на основі дискових біморфних елементів.

Для збільшення рівня звукового тиску можуть бути використані резонатори Гельмгольца, чвертьхвильові резонатори, а також додаткові електричні коливальні контури [7].

Одна з можливих конструкцій електроакустичного перетворювача з чвертьхвильовим резонатором і резонатором Гельмгольца і її вихідні характеристики показані на рис. 5, 6.

Як видно з рис. 6, застосування чвертьхвильових резонаторів дозволяє істотно збільшити рівень звукового тиску.

Висновки

В роботі проведено огляд і аналіз можливостей проектування п'єзоелектричних перетворювачів для робо техніки. Розглянуто конструкції п'єзоелектричних датчиків дотику з мономорфним і біморфним п'єзоелектричними елементами. Застосування біморфної конструкції дозволяє збільшити чутливість датчиків дотику.

Розглянута конструкція п'єзоелектричного датчика сили з ультразвуковим концентратором. Застосування ультразвукових концентраторів дозволяє збільшити чутливість датчиків сили. Розглянута конструкція електроакустичного перетворювача з резонатором. Застосування резонаторів дозволяє збільшити звукову потужність вихідного сигналу електроакустичних перетворювачів.

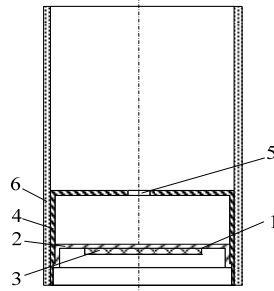


Рис. 5. Конструкція ЕАП: 1 – біморфний п'єзоелемент; 2 – металева мембрана; 3 – п'єзоелемент; 4 – корпус перетворювача; 5 – отвір; 6 – порожнистий циліндр

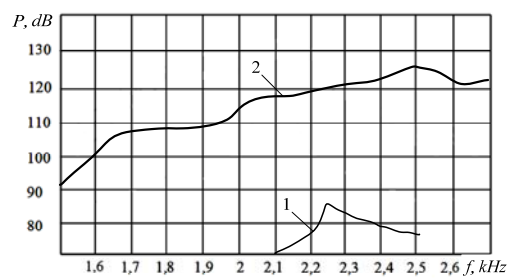


Рис. 6. Вихідна характеристика ЕАП: 1 – без резонатора; 2 – з резонатором

Література

1. Sharapov V. Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2011. 498 p.
2. Шарапов В.М. Пьезоэлектрические датчики / В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.
3. Sharapov V., Sotula Zh., Kunitskaya L. Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2013, 240 p.
4. Шарапов В.М. Электроакустические преобразователи / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, Л.Г. Куницкая. – М. : Техносфера, 2013. – 280 с.
5. Датчики / под ред. В.М. Шарапова. – М. : Техносфера, 2012. – 616 с.
6. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ж.В. Сотула, К.В. Базило, Л.Г. Куницкая. – Черкассы : Вертикаль, 2010. – 278 с.
7. Базило К.В. Збудження коливальних згинів в циліндричних п'єзоелементах / К.В. Базило // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2014. – № 5. – С. 182–184.

References

1. Sharapov V. Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2011. 498 p.
2. Sharapov V.M., Musienko M.P., Sharapova E.V. P'ezoelektricheskie datchiki. Moscow, Texnosfera, 2006, 632 p.
3. Sharapov V., Sotula Zh., Kunitskaya L. Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2013, 240 p.
4. Sharapov V.M., Minaev I.G., Sotula Zh.V., Kunitskaya L.G. E'lektroakusticheskie preobrazovateli. Moscow: Texnosfera, 2013, 280 p.
5. Datchiki / Pod red. V.M. Sharapova. Moscow, Texnosfera, 2012, 616 p.
6. Sharapov V.M., Minaev I.G., Sotula Zh.V., Bazilo K.V., Kunitskaya L.G. P'ezokeramicheskie transformatory I datchiki, Cherkasy, Vertikal', 2010, 278 p.
7. Bazilo K.V. Zbudzhennia kolyvan' zghynu v tsylindrychnykh piezoelementakh, *Visnyk Khmelnytskogo Natsionalnogo Universytetu, Technical sciences*, Khmelnytsky 2014, No. 5, pp. 182–184.

Рецензія/Peer review : 23.2.2015 р.

Надрукована/Printed :26.1.2015 р.

Рецензент: д.т.н., професор Палагін В.В.