

## **П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН**

Перші керамічні зразки п'єзоелементів були отримані у 1947 році і, вже з цього часу виробництво п'єзоелектричних двигунів стало теоретично можливим. Вивчаючи п'єзоелектричні трансформатори в силових режимах, співробітник Київського політехнічного інституту В.В. Лавриненко в 1964 році створив перший п'єзоелектричний обертальний мотор, а слідом за ним і лінійний мотор для приводу реле. За першим мотором з прямим фрикційним контактом він створює групи неререверсивних моторів з механічним зв'язком п'єзоелемента з ротором через штовхачі. На цій основі пропонується десятки конструкцій неререверсивних моторів, що перебивають діапазон швидкостей від 0 до 10 000 об/хв і діапазон моментів обертання від 0 до 100 Нм.

П'єзоелектричний двигун – двигун, у якому робочим елементом є п'єзоелектрична кераміка, завдяки якій він здатний перетворити електричну енергію в механічну з дуже великим ККД, що перевищує в окремих випадках 90%. Це дозволяє отримувати унікальні прилади, в яких електричні коливання перетворюються в обертальний рух ротора, при цьому обертальний момент, що розвивається на валу такого двигуна настільки великий, що виключає необхідність застосування механічного редуктора для підвищення обертального моменту.

П'єзоелектричний двигун має значно менші габарити і масу в порівнянні з аналогічним по силових характеристиках електромагнітним двигуном. Відсутність обмоток, вимочених в клейовому розчині, робить його придатним для використання в умовах вакууму. П'єзоелектричний двигун має значний момент самогальмування (до 50% від величини максимального обертального моменту) за відсутності напруги живлення за рахунок своїх конструктивних особливостей. Це дозволяє забезпечувати дуже малі дискретні кутові переміщення (від одиниць кутових секунд) без застосування будь-яких спеціальних заходів. Ця властивість пов'язана з квазінепереривним характером роботи п'єзодвигуна. Дійсно, п'єзоелемент, який перетворює електричні коливання в механічні споживає не постійну, а змінну напругу резонансної частоти. При подачі одного або двох імпульсів можна отримати дуже маленьке кутове переміщення ротора. Наприклад, деякі зразки ультразвукових двигунів, що мають резонансну частоту 2 МГц і робочу частоту обертання 0,2-6 об/с, при подачі одиночного імпульсу на обкладки п'єзоелемента дають в ідеальному випадку кутове переміщення ротора 0,13-3,9 кутових секунд.

Одним із серйозних недоліків такого двигуна є значна чутливість до потрапляння в нього твердих речовин (наприклад піску). З іншого боку, п'єзодвигуни можуть працювати в рідкому середовищі, наприклад у воді або в маслі.

В основі роботи п'єзоелектричних обертальних двигунів лежить принцип, згідно з яким всі точки п'єзоелемента, що входять в контакт з ротором, повинні рухатися по траєкторіях близьким до еліптичної. Для цього в п'єзоелементі одночасно збуджують два типи взаємно ортогональних коливань. Це може бути будь-яке поєднання взаємно поперечних поздовжніх, згинальних, зсувних і крутильних коливань. Важливим лише є те, що ці коливання не повинні бути механічно пов'язаними, тобто енергія з одного коливання не повинна переходити в інше коливання. Якщо коливання механічно незв'язані, то між ними можна отримати будь-який зсув фаз. А оптимальним для п'єзоелектричних моторів є зсув фази рівний 90 градусів. Проблему ресурсу Лавриненко вирішує таким способом. Він використовує властивість нахиленою і притиснутою до гладкої поверхні пластини змінювати зусилля притиску при русі в одну і протилежну сторону.

Однією з найбільш важливих переваг даного типу двигуна є те, що для будь-якої швидкості обертання можливий прямий привід. У конструктивному відношенні значно спрощується привід і в ряді випадків істотно зростає ККД, який «з'їдає» редуктор. Саме це властивість дозволила розробляти приводи кульових кранів з будь-яким прохідним перетином та здійснити їх серійне виробництво. По швидкодії п'єзоелектричним моторам немає рівних. Це пов'язано з тим, що їх потужність не залежить від маси ротора, як це відбувається для електромагнітних моторів. За долі мілісекунди вони набирають потрібну швидкість і можуть конкурувати навіть з дорогими п'єзоелектричними актюаторами, наприклад, для паливних інжекторів.

П'єзоелектричний двигун може з успіхом використовуватися в тих областях техніки, де необхідно досягнення мінімальних кутових і лінійних переміщень. Наприклад, в астрономії, в космічних дослідженнях, де потрібна точне орієнтування за досить малим об'єктам (зірками); в прискорювачах заряджених частинок; в наукових дослідженнях при вивченні кристалографічної структури (орієнтування головки гоніометра); в робототехніці і т.д.