

Винахід відноситься до п'єзоелектричних двигунів і може бути використаний як силовий прецизійний привід, наприклад, у медичному устаткуванні, системах автоматики і т.д.

Відомо, що існує п'єзоелектричний двигун, який містить рухома частину ротор, що фрикційно взаємодіє з п'єзоелектричним осцилятором повздовжніх коливань, встановленим через звукоізолятор на корпусі двигуна, який має, щонайменше один п'єзоелемент зі сталевими пластинками, названими штовхальниками, що закріплені на п'єзоелементі [див. Патент США №4453103].

На п'єзоелементі можна закріпити невелике число штовхальників (звичайно не більше 32), що обмежує потужність двигуна. У найбільш близькому за своєю технічною суттю (прототипі) [патенті Росії №1820820 від 15 жовтня 1990р.] осцилятор подовжніх коливань містить пасивну частину - диск, на якому іноді закріплюють до 400 пластин штовхальників, завдяки чому істотно підвищується потужність двигуна. Однак, подальше збільшення числа штовхальників стає технологічно й економічно неприйнятним. Крім того, описані двигуни є принципово нереверсивними і для досягнення реверса двигун складається з двох нереверсивних двигунів. Вони не можуть також працювати в режимі генератора електричної енергії.

Задачею винаходу є побудова потужного двигуна, який би в разі потреби був реверсивним і спроможний генерувати електричну потужність.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що п'єзоелектричний осцилятор має щонайменше один камертонний резонатор одне з пліч якого, фрикційно взаємодіє з рухома частиною, причому частота резонансу камертонного резонатора лежить в межах частоти резонансу п'єзоелектричного осцилятора подовжніх коливань.

З метою забезпечення реверса руху, камертонний резонатор частково, або повністю може бути виконаний з п'єзокерамічного матеріалу з електродами та поляризацією для збудження деформації згину.

Сутність винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 показаний п'єзоелектричний двигун з п'єзоелектрично активним камертонним резонатором; на Фіг.2 - двигун механічним реверсом руху; на Фіг.3, Фіг.4 - камертонний нереверсивний двигун у плоскому виконанні.

Пристрій, показаний на Фіг.1, містить рухома частину 1, ротор 2, плунжер 3, що притиснуті притискним пристроєм 4 до п'єзоелектричного осцилятора повздовжніх коливань 5, який через звукоізоляційну прокладку 6 закріплено на корпусі двигуна. П'єзоелектричний осцилятор подовжніх коливань має пасивний камертонний резонатор 7 із двома плечима 8 і 9 та п'єзоелектрично активний камертонний резонатор 10 із плечима 11 і 12 у якого на кожному плечі з однієї сторони нанесені два електроди 13 і 14 для збудження в камертоні 10 коливань згину при підключенні виводів 15 і 16 до джерела перемінної напруги. Електроди 14 і 17 з виводами 16 і 18 служать для збудження повздовжніх по довжині осцилятора коливань при підключенні до них електричної напруги.

Збудник повздовжніх і згинних коливань зроблений в розглянутому випадку монолітно і являє собою п'єзоелемент 19, який виготовлено з п'єзокерамічного матеріалу, поляризованого перпендикулярно площині

електродів. Напрямок поляризації на фігурах показаний стрілкою і знаком \vec{P} . Ротор 2 та плунжер 3 притиснуті до торця пліч камертонів. Вони встановлені в корпусі за допомогою підшипників 20. Для зменшення обертів ротор встановлюють з бічної сторони плеча 9. Рухома частина (ротор або плунжер) притискають безпосередньо до осцилятора, або через зносостійку пластинку 21, яка припаяна до поверхні осцилятора і складає з ним акустично єдину систему.

Для одержання великих моментів навантаження осцилятор повздовжніх коливань 5 може бути виконаний у вигляді пакета Ланжевена (Фіг.2). Він містить два кільцевих п'єзоелемента 19 та вісім п'єзоелектрично пасивних камертонних резонаторів 7 із плечима 8 і 9. Чотири з камертонних резонаторів притиснуті болтами до п'єзоелементів з однієї сторони та чотири з іншого боку, завдяки чому вони створюють акустично монолітний пакет Ланжевена, що закріплений через звукоізоляційну прокладку 6 у корпусі двигуна. Рухома частина 1 являє собою встановлений у підшипниках 20 ротор 2 у виді двох суцільних дисків, що по черзі, при реверсі руху, притискаються до плеч 8 за допомогою зовнішньої вилки, шляхом впливу на важіль вилки зусилля F' або F'' . Плечі 8 постачені зносостійкими прокладками 21.

Конструкція двигуна у плоскому варіанті виготовлення показана на Фіг.3. У ньому осцилятор повздовжніх (радіальних) коливань 5 виготовлений у виді двох дисків з отвором, які приєднані болтовим з'єднанням через звукоізоляційні прокладки 6 до п'єзоелемента 19. Рухома частина двигуна 1 - ротор 2, виконана у виді тіла обертання з внутрішньою конічною поверхнею та притиснута притискним пристроєм 4 до конічної поверхні одного з двох плеч 11, 12 шести камертонних резонаторів 7. Резонатори розташовані на одному з двох згаданих дисків, конструкція якого показана на Фіг.4. У ньому для утворення 6 камертонних резонаторів зроблені 12 пазів, глибина яких підбирається з умови збігу частоти резонансу камертона з повздовжнім (радіальним) резонансом диска. При цьому, одне плече кожного з шести камертонів перевищує інше приблизно на $\sim 0,1$ мм, і розташовані на диску у черговій послідовності "велике-мале" плече.

Працює пристрій наступним чином.

При підключенні виводів 16, 18 до джерела перемінної напруги резонансної частоти до електродів 14, 17 (Фіг.1) у п'єзоелементі 19, за рахунок зворотного п'єзо ефекту, генеруються повздовжні хвилі стиску-розширення, що поширюються по довжині осцилятора повздовжніх коливань 5, відбиваються від його границь, резонують і утворюють повздовжню стоячу хвилю зсуву. Поява випадкового переміщення 11, 12 пліч камертона в поперечному напрямку підсилюється підкачуванням енергії від коливань осцилятора подовжніх коливань. Поперечна складова коливань пліч камертона підсилюється за рахунок параметричного ефекту і може в декілька раз перевищувати повздовжню складову коливань осцилятора на робочій частоті. Якщо частоти резонансу повздовжніх та згинних коливань однакові, то зміщення фаз між ними встановлює 90° , що обумовлює рух контактних точок по еліптичній траєкторії. Стикаючись з рухливою частиною, ці точки кожен період коливань створюють імпульс односпрямованого руху, змушувачи ротор 2 обертатися в підшипниках 20, а плунжер 3 лінійно переміщатися. Оптимальне притиснення рухливої частини з осцилятором, забезпечується притискним пристроєм. Зусилля притиснення між ними підбирається експериментально в залежності від вимог до двигуна по моменту навантаження (або по зусиллю плунжера).

Отриманий рух є нереверсивним. Для одержання реверса на виводи 15, 16 відповідно електроди 13, 14 п'єзоактивного камертона 10 подається напруга тієї ж частоти, що і на електроди 14, 17. Ця напруга згинає плечі 11, 12 і змушує їх рухатися зі змушеним зрушенням фази, зміна якої на 180 градусів призводить до реверсу руху. Для зменшення втрат акустичної енергії, а отже підвищення КПД двигуна, п'єзоелектричний осцилятор акустично

ізолюється від корпусу двигуна звукоізоляційною прокладкою 6, виготовленої, наприклад, з гуми.

Зменшення зносу третьових частин досягається застосуванням зносостійких пластин 21, виконаних, наприклад з двоокису алюмінію.

Особливістю камертонного резонатора є те, що його енергія не виходить за межі його обсягу. Тому два камертони 7 і 10 (Фіг.1), коливаються незалежно одне від одного. Займаючи в загальному обсязі осцилятора невелику частину, вони ощадливо витрачають енергію поперечних коливань, на відміну від усіх відомих п'єзоелектричних двигунів, у яких резонатор повздовжніх коливань сполучається з резонатором поперечних коливань. Досить затратити невелику електричну потужність на порушення коливань камертона і механічно надати рух рухомої частини, щоб в осциляторі повздовжніх коливань почалася генерація електричної енергії. Тобто описаний вище п'єзоелектричний двигун може працювати і як генератор електричної енергії.

Для одержання великих потужностей осцилятор повздовжніх коливань виготовляється у виді пакета Ланжевена (Фіг.2). Тут також, повздовжні коливання по довжині пакета Ланжевена, при підключенні електродів 14, 17 і виводів 16, 18 п'єзоелементів 19 до джерела напруги, взаємодіючи з поперечними коливаннями пліч 8, 9 п'єзоелектрично пасивних камертонних резонаторів 7, приводять в обертання ротор 2 в підшипниках 20, що стикається з одним із "зубів" кожного з чотирьох камертонних резонаторів, збільшуючи діаметр п'єзоелементів до 100мм і більше, можна проектувати двигуни з числом камертонних резонаторів більш 10 і механічною потужністю в сотні ватів. Ротор при цьому для збільшення потужності може розташовуватися з двох сторін пакета Ланжевена, забезпечивши при цьому односпрямованість обертання, вибором відповідних пліч камертонів. Навпаки, підбираючи плечі камертона з різнонаправленим рухом по черзі притискаючи вилкою 4 до однієї чи іншої сторони пакета Ланжевена, досягається реверс руху.

Для нереверсивного двигуна в плоскому варіанті виготовлення (Фіг.3), п'єзоелемент 19 збуджує радіальні коливання в одному з дисків. Вони розгойдують камертонні резонатори 7 таким же чином, як це було розглянуто вище, чим і забезпечують рух ротора 2.

Використання запропонованого технічного рішення дозволяє за рахунок конструктивно-технологічної оптимізації параметрів п'єзоелектричного двигуна, виконаного згідно запропонованої моделі, довести рівень коефіцієнту корисної дії двигуна до 80% з необхідним рівнем забезпеченості по робочому моменту ($\sim 50,0 \text{ Н*м}$), моменту самогальмування ($\sim 10,0 \text{ Н*м}$), лінійної роздільної здатності ($\sim 10^{-7} \text{ м}$), кутової роздільної здатності ($\sim 1 \text{ кут.с}$), і тим самим значно розширити область застосування п'єзоелектричних двигунів.

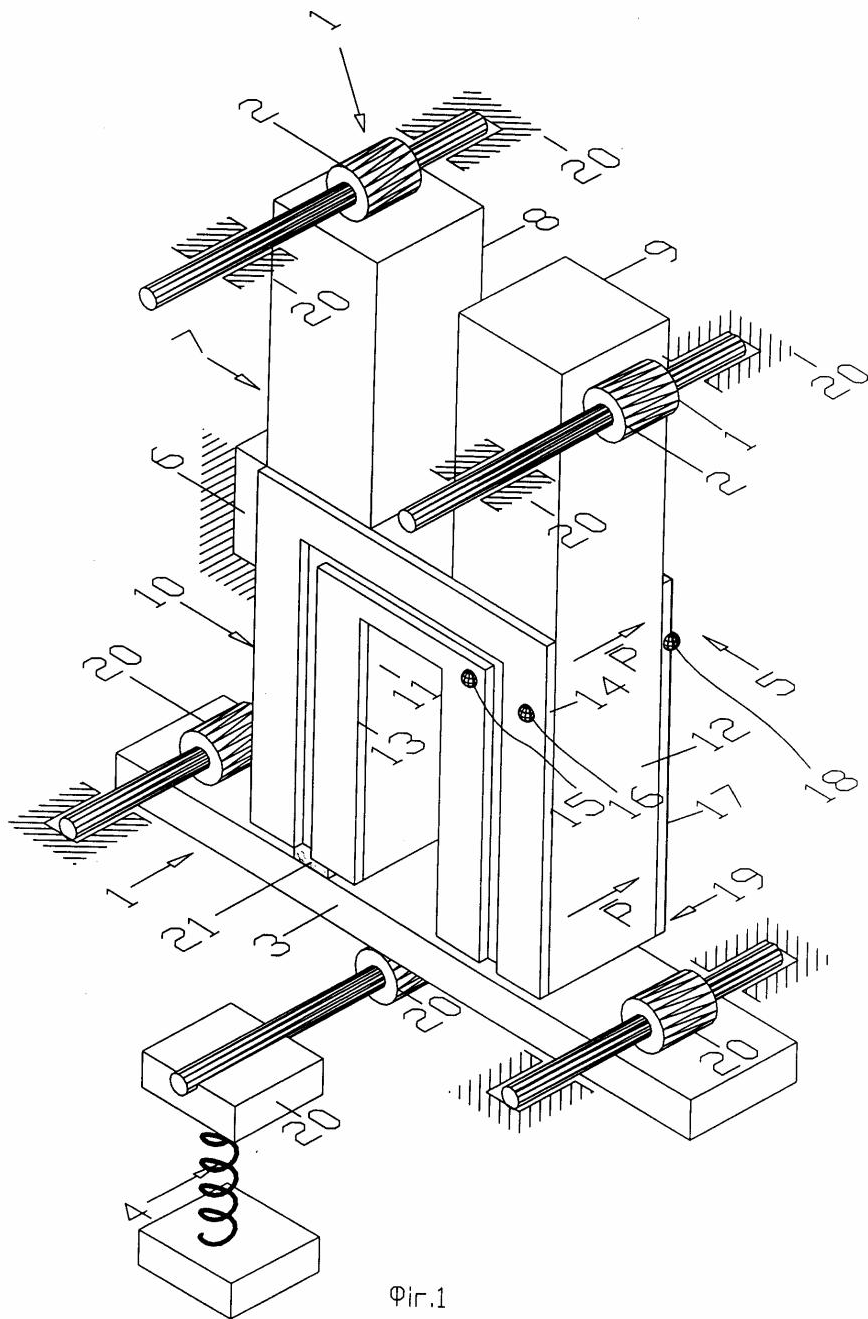


Fig. 1

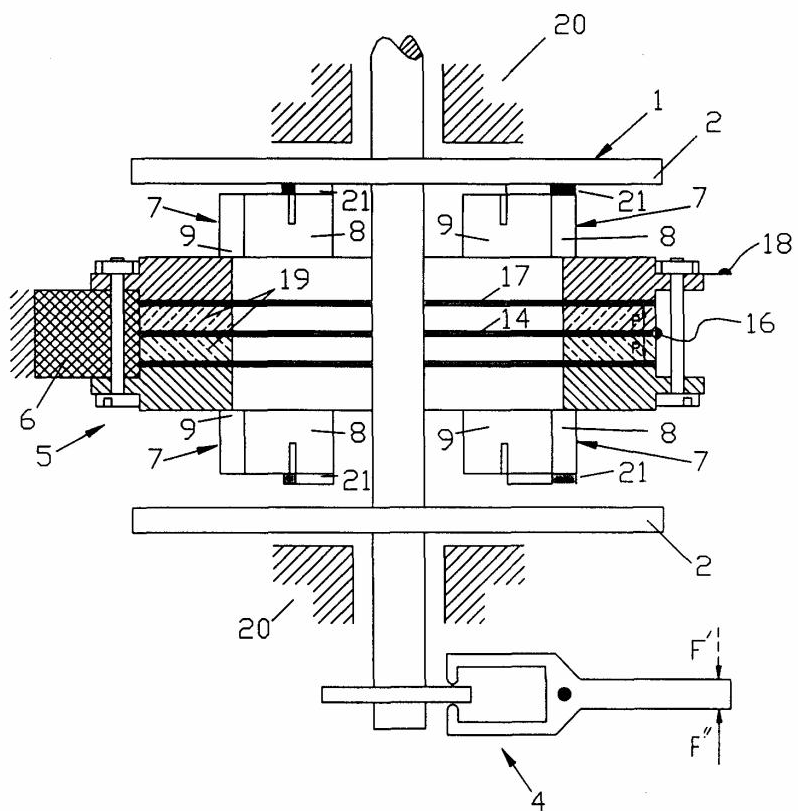


Fig. 2

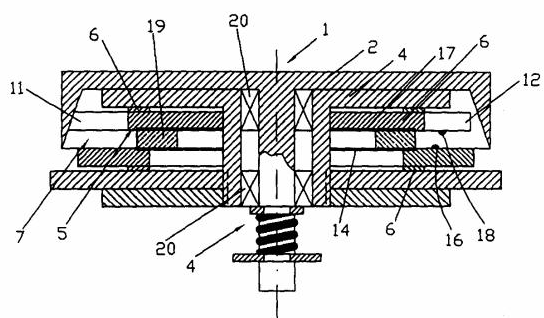


Fig. 3

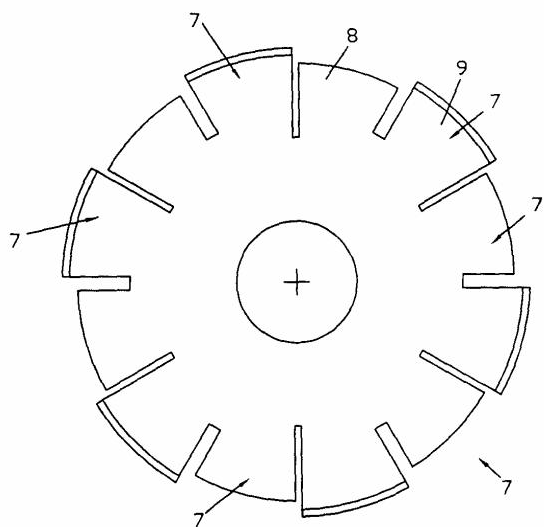


Fig. 4