

ДИНАМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ

Горбатьюк О.О.¹, Антонюк В.С.¹, Петренко С.Ф.²¹Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт», Киев, Украина

²Научно-производственное предприятие «Лилея», Киев, Украина

Развитие новейших технологий невозможно представить без миниатюризации, производства микродеталей и микрокомпонентов, создание измерительных систем высокой точности и надежности. При этом необходимы электромеханические системы, обеспечивающие получение механических смещений в несколько микрон с разрешением десятых долей нанометра. Для решения таких задач в приборостроении широкое распространение получили пьезоэлектрические двигатели [1].

Перемещения малых величин достигаются с помощью электромеханических преобразователей на основе обратного пьезоэлектрического эффекта - пьезоэлектрических приводов. Поскольку пьезоэлектрические двигатели базируются на элементах трения, главной проблемой повышения их надежности является технический ресурс, который в свою очередь напрямую зависит от собственного момента самоторможения.

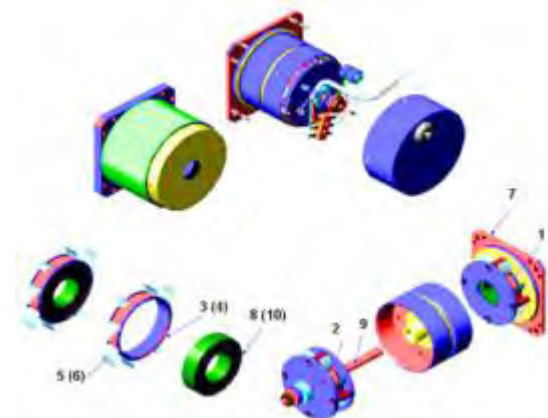
Поэтому в качестве критериального параметра по исследованию ресурсных характеристик пьезоэлектрического двигателя выбран момент самоторможения пьезоэлектрического двигателя.

Реверсивные пьезоэлектрические двигатели, по сути, состоят из двух независимых двигателей однонаправленного вращения, акустически развязанных между собой. Такой двигатель имеет свойство вращать вал по часовой стрелке и наоборот. Это обеспечивается специфичностью конструкции, суть которой заключается в установке на одном валу двух фрикционно-развязанных приводов, каждый из которых работает только в одном направлении. Управление двигателем выполняется отдельно по двум цепям, каждая из которых соответствует развороту по - и против часовой стрелки [2].

Для экспериментальных исследований выбраны пьезоэлектрические двигатели реверсивного вращения типа РМ-20RS [3]. Конструкция двигателя (рис. 1) предусматривает наличие энкодеров, с помощью которых контролируется частота каждого двигателя [4].

Работа реверсивного пьезоэлектрического двигателя основана на обратном пьезоэлектрическом эффекте, а именно на преобразовании электрической энергии в механическую. Конструкция реверсивных пьезоэлектрических двигателей (рис.1) включает два кольцевых пьезо-

электрических осциллятора 1, 2, один из которых установлен на основе 7, а другой на валу 9 через ультразвукоизолирующие прокладки. Каждый из осцилляторов включает кольцевой пьезоэлемент 8 (10), выполненный в виде кольцевого резонатора с радиальной формой колебаний. На торцевые поверхности пьезоэлементов нанесены электроды



1, 2 – пьезоэлектрический осциллятор; 3, 4 – волновая оболочка; 5, 6 – толкатели; 7 – основа; 8, 10 – кольцевой пьезоэлемент; 9 – вал.

Рисунок 1 – Пьезоэлектрический двигатель РМ-20RS

Целью работы является изучение ресурса пьезоэлектрического двигателя процессов, путем исследования процесса износа происходящего в зоне фрикционного контакта элементов конструкции пьезоэлектрического двигателя.

Методика эксперимента. Для проведения экспериментальных исследований разработан специальный стенд, который предполагал закрепление корпуса пьезодвигателя в специальной оправке установленной на валу электродвигателя и неподвижную фиксацию вала пьезодвигателя. С помощью считывателя оборотов фиксировали необходимое количество наработанных пьезодвигателем оборотов. Периодически, по достижению, 100 тысяч оборотов корпуса, фиксировали момент самоторможения пьезодвигателя ($M_{сам}$), после чего счетчик обнулялся и установка запускалась снова. Исследования проводили с частотой оборотов электродвигателя $n=536$ об/мин. Низкая скорость вращения корпуса исключала возникновение вибраций.

Механические перемещения ведомого органа (ротора) пьезодвигателя модели РМ-20R осуществляется за счет работы толкателей установленных под углом с определенным механическим напряжением к его внутренней поверхности, создавая момент самоторможения – $M_{сам}$.

Исследования фрикционной пары «толкатель-ротор» пьезодвигателя модели РМ-20R проведены как в штатном режиме так и при неработающем пьезоэлементе, с целью исключения влияния на фрикционную пару ультразвуковых колебаний. Таким образом, исследовали влияния сухого трения на износ трущихся поверхностей толкателей и ротора. Также проведены экспериментальные исследования с двигателями той же модели, при наличии ультразвуковых колебаний. Эксперимент продолжался до тех пор, пока момент самоторможения достигал $M_{сам} = 0,2$ кг·см, что означало утрату работоспособности пьезодвигателя.

Результаты эксперимента. Оценка технического состояния конструктивных элементов пьезоэлектрического двигателя показала, что в процессе работы пьезодвигателя образовывается металлическая мелкодисперсионная окалина, являющаяся продуктом стирания толкателей в условиях ультразвуковых колебаний и высоких температур.

В результате экспериментальных исследований пьезодвигателя модели РМ-20R получены зависимости момент самоторможения – $M_{сам}$ от количества наработанных оборотов – n . представлена на рисунке 2.

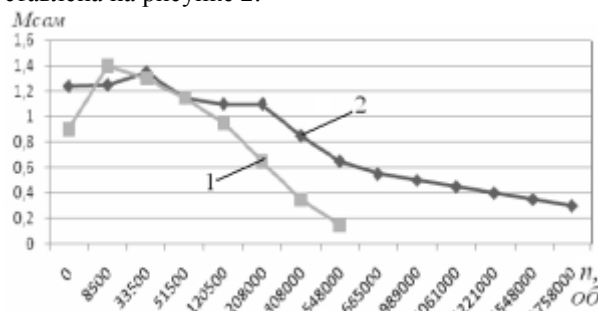


Рисунок 2 – Зависимость момента самоторможения от количества наработанных оборотов пьезодвигателя: 1 - сухое трение поверхностей трущихся элементов; 2 - с ультразвуковыми колебаниями.

Исследования пьезодвигателя в штатном режиме (фрикционная пара работала в условиях сухого трения и под действием ультразвуковых колебаний) показали плавное снижение момента

самоторможения на протяжении всего цикла испытаний. При исследовании в условиях сухого трения (двигатель вращался в условиях сухого трения пары «толкатель-ротор») момент самоторможения в начальный период (процесс приработки) возрастал до величины $M_{сам} = 1,4$ кг·см, а затем снижался через каждые 100 тыс. наработанных оборотов на 0,3 кг·см и после 600 тыс. оборотов достигал $M_{сам} = 0,2$ кг·см. Износ рабочих элементов пьезодвигателя происходил в два раза быстрее чем при работе в штатном режиме (рис.1).

Вывод Использование предложенной методики динамическое исследование ресурса пьезоэлектрического двигателя позволит оценить его надежность и технический ресурс. Как показали экспериментальные исследования при наработке около 18 млн. циклов момента самоторможения реверсивного пьезоэлектрического двигателя уменьшается с 1,4 кг·см до 0,2 кг·см.

Наличие ультразвуковых колебаний меняет характер износа контактирующих поверхностей толкателей и ротора пьезоэлектрического двигателя. При этом происходит равномерный износ толкателей, что позволяет прогнозировать работоспособность двигателя по изменению его момента самоторможения от количества наработанных циклов. Полученные результаты исследований позволяют определить зависимости КПД двигателя от момента самоторможения и усовершенствовать его ресурсные характеристики, обеспечив тем самым надежность и рациональность их использования.

1. Джагулов, Р.Г. Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления: Справочник / Р.Г. Джагулов, А.А. Ерофеев // СПб.: изд-во Политехника, 1994. 608 с.
2. Горбатюк О.О. Дослідження ресурсних характеристик п'єзоелектричного двигуна / О.О. Горбатюк С.Ф. Петренко, // Вісник НТУУ «КПІ»: Приладобудування. – 2012. – № 44. – С. 105-111.
3. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / Петренко С.Ф. – Киев: Корнийчук, – 2002. – 96 с.
4. Антонюк В.С. Пьезоэлектрические двигатели в современных технологиях / А.В. Белова, С.Ф. Петренко // Оборудование и инструмент для профессионалов.- 2008.- № 4. – С. 74–77.