



фото Жанны Комаровой

Владимир Минченя

профессор кафедры конструирования и производства приборов
Белорусского национального технического университета,
кандидат технических наук, доцент

Микророботы в режиме управляемого резонанса

Развитие робототехники происходит по нескольким направлениям. С одной стороны, совершенствуются промышленные роботы, которые широко используются на современных предприятиях и уже достигли высокого уровня эффективности [1, 2]. С другой — многие позиции в этой области мало разработаны, и соответствующие исследования носят поисковый характер. Это касается прежде всего создания роботов специального назначения: инспекционных, медицинских, для манипуляций с микро- и нанообъектами, для решения задач перемещения и транспортировки в каналах малого диаметра со сложными траекториями. Непростые алгоритмы управления, особые требования к энергопотреблению, устойчивости к агрессивным средам и биосовместимости вместе с общей миниатюризацией ведут к взаимопроникновению передовых методов и разработок различных областей техники и смежных наук [3, 4]. Именно такой подход позволяет довести наиболее перспективные разработки до про-

мышленных масштабов, обуславливает высокую актуальность научных изысканий в данной сфере, является определяющим фактором при выборе вектора дальнейших исследований.

Общемировая практика создания микро- и нанороботов различного применения показывает, что при разработке новых систем чрезвычайно эффективны методы конструирования с элементами бионики, то есть заимствования или частичного воссоздания структур и принципов функционирования природных объектов. При этом для передвижения микророботов используют пневматические, пьезоэлектрические, электромеханические и электромагнитные двигатели. Пьезодвигатель является наиболее экономичным, так как свыше 90% электрической энергии он преобразует в механическую, отличается высоким быстродействием, точностью, гибкостью управления, возможностями миниатюризации [5]. Поэтому на сегодня наибольшее распространение в технике и медицине полу-

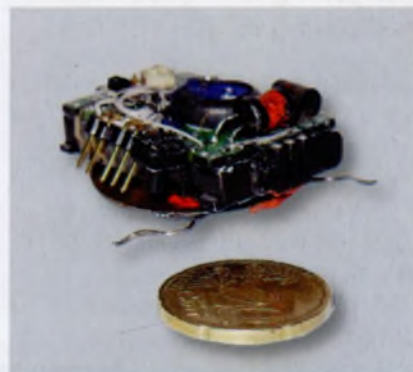


Рис. 1. Автономный ультразвуковой привод, работающий в режиме управляемого резонанса

чили приводы на основе вибрационных (ультразвуковых) пьезоэлектрических систем. Их работа основана на преобразовании резонансных колебаний статора, представляющего собой активный электромеханический элемент, в линейные или вращательные перемещения подвижной части — ротора [5, 6]. Также известны конструкции, в которых пьезоэлектрический прибор перемещается относительно неподвижной опорной поверхности. В частности, существует линейный привод, содержащий множество биморфных пьезоэлементов, которые обеспечивают линейное передвижение посредством генерации продольных колебаний элементов в сочетании с изгибными [3]. Популярна конструкция шагающего робота, принцип перемещения

которого основан на изгибных колебаниях униморфного пьезоэлемента [8, 9].

Тем не менее известные роботы с пьезоэлектрическим приводом не обладают способностью адаптации к изменяющимся условиям внешней среды, а их движение прямолинейно, хотя и с возможностью реверсирования. Недостатком большинства таких двигателей является то, что вследствие малых амплитуд колебаний ограничена скорость перемещения элемента относительно опорной поверхности. Для ее повышения увеличивают длину активной части пьезоэлемента, используют промежуточные механические устройства. Однако такие решения приводят к росту электрической емкости, возможной потере устойчивости и появлению дополнительных нежесткос-

тей, люфтов, усложнению конструкции, уменьшению полосы рабочих частот.

Для существенного расширения области применения пьезоэлектрических приводов кафедрами технической механики Технического университета Ильменау (ФРГ) и конструирования и производства приборов БНТУ впервые была предложена концепция управляемого резонанса, идея использования пространственно-изогнутых стержневых элементов, совершающих сложные колебательные движения в режиме резонанса в качестве безшарнирных исполнительных механизмов микророботов. В отличие от существующих конструкций, нами предложена схема робота на трех точках опоры, что позволяет применять его при перемещении по любым поверхностям и в трубчатых каналах. Две из них реализуются специальными «ножками», а третья — с помощью гибкого «хвоста» [8, 9]. Для уменьшения габаритов, повышения устойчивости и гибкости управления в качестве источника ультразвуковых колебаний служит одна пьезопластина, являющаяся одновременно корпусом микропривода. Привод действующей конструкции робота работает в режиме управляемого резонанса (рис. 1).

Конструкция микропривода робота состоит из биморфного пьезоэлемента, совершающего изгибные колебания, и пространственно-изогнутых стержневых исполнительных элементов, закрепленных на его боковых поверхностях и трансформирующих колебания по амплитуде и направлению. В результате концы исполнительных элементов, взаимодействующие с опорной поверхностью, описывают сложную траекторию, например в виде эллипса, обеспечивающую перемещение механизма относительно опоры. За счет применения стержневых составляющих происходит усиление колебаний по амплитуде, что позволяет повысить скорость перемещения микропривода до 0,5 м/с. Так как исполнительные звенья имеют различные собственные частоты



Рис. 2. Схема управления опорными элементами робота



Рис. 3. Модель микроробота для перемещения в трубчатых каналах

колебаний, то «конечности» совершают окolorезонансные колебания с различными амплитудами, и в зависимости от их соотношения изменяется направление движения робота (рис. 2).

Разработаны и созданы действующие модели мобильных микроприводов с тремя гибкими опорными элементами. Они могут использоваться для инспекции и очистки скрытых каналов в технике, а также в медицине, например для хирургических операций в крупных кровеносных сосудах и внутриволокнистых процедур. Такие микроприводы смогут доставлять в инспектируемую область различные инструменты и с их помощью решать разнообразные технологические задачи.

Нами проведены теоретические исследования возможности получения необходимых колебательных перемещений для работы в трубчатых каналах. Разработана математическая модель микроробота, способного передвигаться в подобных условиях, произведен расчет частотных характеристик его привода. Расчетная модель микроробота получена с помощью пакета программ ANSYS (рис. 3).

Путем теоретических изысканий разработана конструкция микроробота для перемещения в вертикальной трубе. Нами установлено, что она способна передвигаться по различным поверхностям и применяться в качестве подвижных сенсорных систем для исследований физико-механических свойств различных поверхностей и их обработки.

Совместно со специалистами ООО «Сенсотроника» (Беларусь) разработаны микроконтроллерная система управления, дистанционное управление и программное обеспечение микроробота для самостоятельного выполнения заданного алгоритма перемещения. Нами изучаются теоретические проблемы планирования траекторий и синтеза систем управления движением в априорно заданной, подвижной и неопределенной

внешней среде. При этом используются новейшие методы анализа и синтеза систем управления, приемы адаптации и самообучения движению в условиях неопределенности.

В перспективе предполагается применять в качестве опорных элементов роботов интеллектуальные материалы с памятью формы, полимерные, позволяющие создать простые адаптивные системы управления.

Литература

1. Новые методы управления сложными системами. — М., 2004.
2. Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. — М., 2001.
3. H.Wörn, T. Längle, M. Gauß: Adaptive Robot Based Visual Inspection — ARIKT. KI — Künstliche Intelligenz, ISSN 0933-1875, 2/2003.
4. M. Gauss, A. Buerkle, T. Laengle, H. Woern, J. Stelter, S. Ruhmkorf, R. Middelmann: Adaptive Robot Based Visual Inspection of Complex Parts. International Symposium on Robotics (ISR) 2003 (Technical Conference Proceedings), June 2—5, 2003, Rosemont (Chicago), Illinois.
5. Neuhoefer J.A., Klaassen B., Streich, H.: A Multi-Segment Inspection Robot and its Physical Real-Time Simulation, Intelligent Autonomous Systems 8, (2004). P. 852—859.
6. V.T. Minchenya, A.V. Chigarev, K. Abaza, K. Zimmermann. The dynamics of the microrobot with three fulcrum on the planar surface // Proc. of the 1st International Conference on Vibro-Impact Systems. — Loughborough, 2006.
7. A. Bubulis, V. Jurėnas, D. Stepanenko, A. Chigarev, V. Minchenya. Nonlinear effects related to vibrations of long elastic waveguides: formulation of nonlinear equations // Journal of Vibroengineering. Vol. 10, No. 2, 2008. P. 222—225.
8. V. Minchenya, D. Stepanenko, V. Lysenko, A. Chigarev, K. Zimmermann. Study of microrobots operating in the mode of steerable resonance // Proc. of the 53rd International Scientific Colloquium «Prospects in mechanical engineering». — Ilmenau, 2008.
9. Zimmermann K., Zeidis I., Behn C.: Mechanics of Terrestrial Locomotion. — Berlin, 2009.

РОБОТ-КОСМОНАВТ

NASA совместно с General Motors выпустили робота-космонавта Robonaut 2, прямого потомка Robonaut, созданного 10 лет назад. И если последний так и не получил шанса подняться в космос, то, может, у его «коллеги» все получится? Визуально Robonaut 2 ничем не отличается от своего предшественника, однако он гораздо сильнее и быстрее его: одной рукой робот поднимает вес до 9 кг. В его суставы встроены лазеры. НАСА преднамеренно отказалось от разработки сложного и дорогого механизма с двумя ногами, вместо этого Robonaut 2 установлен на единственную опору, совмещенную с мобильной платформой.

ОСЕДЛАЛИ ТАРАКАНОВ

Институт ядерной безопасности и политики при Техасском университете представил концепцию робота для исследования радиоактивно загрязненных территорий. Он весит 3 г, снабжен датчиком и передающим устройством и крепится на спине таракана. Эти насекомые очень живучи, в течение многих недель могут обходиться без пищи и быстро бежать без остановки больше получаса. Но самое главное — они почти не восприимчивы к радиации. Используя такой симбиоз, американские ученые надеются обследовать места, где жизнь людей может подвергаться опасности сильного радиоактивного заражения.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ДОКТОР

В одном из медицинских центров штата Флорида появился доктор, который работает круглосуточно. Назначение механического эскулапа — обеспечивать пациенту возможность пообщаться с лечащим врачом, когда тот находится вне клиники. Для этого робот оснащен Wi-Fi-системой и монитором, на котором выдается изображение доктора. Общение с ним поддерживает больного в трудную минуту.

Подготовила Наталья ГУСАКОВА