

УДК 629.1.033.3

МОБИЛЬНЫЙ АВТОНОМНЫЙ РОБОТ С ШАГАЮЩИМИ ОРТОГОНАЛЬНО-ПОВОРОТНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

© 2011 г.

В.В. Жога, П.В. Федченков

Волгоградский государственный технический университет

zhoga@vstu.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Робот с ортогональными шагающими движителями состоит из корпуса, установленного с возможностью возвратно-поступательного перемещения по верхней горизонтальной раме. С нижней частью корпуса связана платформа, установленная на дополнительной горизонтальной раме. На концах рам смонтированы пары поперечно разнесенных выдвигаемых вертикальных опорных стоек, с помощью которых происходит адаптация робота к неровностям опорной поверхности. Между корпусом и платформой расположен механизм поворота. В качестве приводов используются двигатели постоянного тока. Масса робота 80 кг, максимальная скорость 10 см/с, адаптация к неровностям поверхности 400 мм. Поворот дискретный на 360 градусов.

При реализации программных движений система управления использует информацию датчиков состояния робота и датчиков положения робота по отношению к внешней среде, что позволяет решать задачи реализации программного движения и выбора точек опоры на опорной поверхности. Большинство программных движений робота состоят из поочередных относительных перемещений горизонтальных рам с периодическим опусканием на поверхность опорных стоек. Экспериментальные исследования опытного образца робота показали, что основные энергозатраты на перемещение обусловлены силами трения в сочленениях его частей. Одним из методов снижения энергозатрат на преодоление сил трения является реализация оптимальных законов программного перемещения робота, найденных из условия минимума критерия, определяющего необратимые потери в электродвигателях, обусловленных тепловыделением в его обмотках. Полученные законы управления напряжением питания электродвигателей являются исходными для синтеза систем управления движением робота. На основании синтезированных законов программного движения робота строится система управления с обратной связью по скорости, решающая задачу контурного управления. Система управления движением с ШИМ-управлением приводами электродвигателями постоянного тока.

Ключевые слова: шагающий робот, программные движения, энергозатраты, методы снижения, оптимальные законы движения.

Робот с ортогональными шагающими движителями, изготовленный в Волгоградском государственном техническом университете [1] (рис. 1), состоит из корпуса 1, установленного с возможностью возвратно-поступательного перемещения реверсивным приводом на верхней горизонтальной раме 2. С нижней частью корпу-

са 1 связана платформа, установленная на дополнительной горизонтальной раме 3, приводящаяся в движение приводом возвратно-поступательного перемещения. Рамы выполнены в виде направляющих, на концах которых смонтированы пары поперечно разнесенных выдвигаемых вертикальных опорных стоек 4 с реверсивными привода-

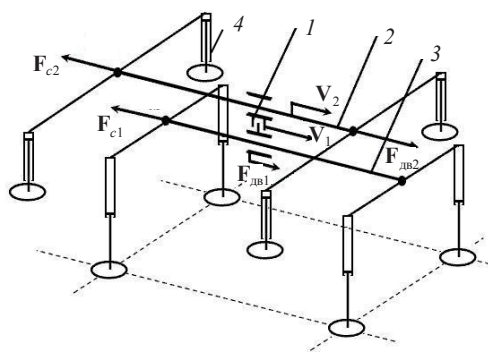


Рис. 1. Схема и фото робота

ми, с помощью которых происходит адаптация робота к неровностям опорной поверхности. Между корпусом и платформой расположен механизм поворота с приводом. Модули горизонтальных перемещений соединяются с корпусом 1 поступательными парами пятого класса.

В качестве приводов используются двигатели постоянного тока. Питание от аккумуляторных батарей 2×12 В, 10 А·ч.

При реализации программных движений система управления использует информацию датчиков состояния робота и датчиков положения робота по отношению к внешней среде. Датчики системы информационного обеспечения отслеживают результаты движений относительных частей робота и определяют его положение по отношению к ориентирам внешней среды, что позволяет решать задачи реализации программного движения и выбора точек опоры на опорной поверхности [2].

Экспериментальные исследования опытного образца робота показали, что основные энергозатраты на перемещение обусловлены силами трения в сочленениях его частей. Значительное влияние, которое трение скольжения оказывает на динамические параметры робота, обусловлено тем, что его звенья находятся под действием сил тяжести, линии действия которых проходят вне конструктивных границ кинематических пар.

Большинство программных движений робота состоят из поочередных относительных перемещений горизонтальных рам 2 и 3 с периодическим опусканием на поверхность опорных стоек 4. При этих движениях рамы перемещаются по направляющим корпуса или платформы (см. рис. 1).

В этом случае становится актуальной задача определения оптимального закона перемещения, обеспечивающего минимальные энергозатраты [3]. Одним из методов снижения энергозатрат на преодоление сил трения является реализация оптимальных законов программного перемещения рам робота, найденных из условия минимума критерия, определяющего необратимые потери в электродвигателях, обусловленных тепловыделением в его обмотках. Поставленная задача решается методами классического вариационного исчисления [4]. Оптимизация законов движения проводится независимо на каждом участке движения, сохраняя непрерывность переменных состояния в точках изменения характеристик сил сухого трения. Полученные законы управления напряжением питания электродвигателей являются исходными для синтеза систем управления движением робота, а также могут быть применены в

управляющих системах манипуляционных роботов с модулями линейных перемещений.

Для оценки эффективности полученной оптимальной программы изменения скорости движения робота сравниваются значения критерия качества на найденном оптимальном решении и на часто реализуемом движении с постоянным ускорением, когда скорость движения линейно возрастает на участке разгона и линейно убывает на участке торможения. Исследована зависимость отношения критериев качества на этих движениях для различных значений коэффициентов сухого f и вязкого μ трения, которые могут реализовываться в процессе эксплуатации. Оценка параметров сил вязкого и сухого трения проведена по результатам экспериментальных исследований. Процедура оценивания реализована в реальном масштабе времени методом наименьших квадратов. При реализации полученного оптимального закона движения, применительно к рассматриваемому ортогональному шагающему роботу, энергозатраты на парциальные движения робота снижаются по сравнению с «треугольным» законом на 25%. На основании синтезированных законов программного движения робота строится система управления с обратной связью по скорости, решающая задачу контурного управления. Система управления движением с ШИМ-управлением приводами электродвигателями постоянного тока.

Основным структурным компонентом системы управления является БУП – блок управления приводами – модуль контроллеров и усилителей мощности (ключей). Характеристики БУП: один стандартный RS-232 вход управления; 12 каналов ШИМ-управления аналоговыми двигателями; 30 аналоговых входов обратной связи; вход питания цифровой части 12 В, также силовые входы питания двигателей. БУП полностью управляет системой, имеющей до 14 управляемых степеней подвижности, рассчитан на систему аналоговой обратной связи. Система управления состоит из одного БУП с возможностью управления по RS-232 кабелю от удаленного компьютера. Компьютер управления движением реализуется в формате PC-104. Компьютер работает под управлением собственной операционной системы. Его задача состоит в расчете в реальном масштабе времени координированного движения всех приводов, выдаче управляющих команд на БУП и обработке данных аналоговой обратной связи. На компьютере обработки видео может использоваться любая операционная система. Видеокамеры системы технического зрения – USB-камеры, подключаемые к компьютеру обработки видео.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 09-08-00802.

Список литературы

1. Брискин Е.С. и др. Мобильный робототехнический комплекс для гуманитарного разминирования // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. №3. С. 28–37.
2. Жога В.В., Павловский В.Е., Гаврилов А.Е. Уп-

равление движением шагающего робота с ортогональными движителями // Экстремальная робототехника 2010: Тр. XXI Междунар. научно-техн. конф. СПб.: Политехника-сервис, 2010. С. 318–326.

3. Брискин Е.С., Жога В.В., Малолетов А.В. Об управлении движением шагающей машины с двигателем минимальной мощности // Изв. РАН. МТТ. 2009. № 6. С. 21–30.

4. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. М.: Мир, 1972.

A MOBILE AUTONOMOUS WALKING ROBOT WITH ORTHOGONAL-ROTARY LOCOMOTORS

V.V. Zhoga, P.V. Fedchenkov

The walking robot with orthogonal locomotors consists of a body mounted to be able to move along the upper horizontal frame. The lower part of its body is connected with the platform, installed on an additional horizontal frame. At the end of the frames, a pair of transversely spaced vertical telescopic support struts is mounted, through which the robot adapts to the irregularities of the ground. Between the hull and the platform there is a turning mechanism. DC motors are used as drives. The weight of the robot is 80 kg, maximum speed is 10 sm/s, and adaptation to the surface is 400 mm. The 360 degrees-rotation is discrete.

The program motion control system uses the information from the robot's sensors of state and position relative to the external environment, which makes it possible to solve the problem of implementing programmed movement and to choose support points on the supporting surface. Most of the software of the robot consists of successive relative displacements of the horizontal frames, with periodic lowering of the support pillars to the surface. Experimental researches of the prototype shows that major energy losses are due to friction forces in the joints of its parts. One method of minimizing the energy for overcoming the frictional force is the implementation of optimal laws programmed motion of the robot determined by minimizing the criterion that determines irreversible losses in electric motors due to heat losses in its windings. The obtained laws of control of the voltage of the motors are used as a basis for the synthesis of control systems of the robot. A feedback speed-control system solves the problem of contour control based on the synthesized laws of the programmed motion of the robot. The motion control system is created with PWM control drives for DC motors.

Keywords: walking robot, program motion, energy loss, method of minimizing, optimal laws move.