DOI: 10.17117/na.2015.10.03.098

Поступила (Received): 31.10.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.10.03.098.pdf>

Давлетов Р.Р. Модель движения робота

Davletov R.R.
Model of the robot motion

В данной работе рассмотрена модель движения мобильного робота (МР). Рассмотрена декомпозиция модели робота на следующие фрагменты: электрическая модель разрядки аккумулятора МР, электрокинетическая модель МР и динамическая модель движения МР. Каждая из моделей представлена и проанализирована. Представлены связи между переменными модели МР

Ключевые слова: робот, движение, модель, управление

This paper considers a model of motion of the mobile robot (MR). We consider the decomposition model of the robot on the following fragments: battery discharge electric model of the MR, electrokinetic model of MR and dynamical model of the MR. Each of the models is presented and analyzed. Presented relationship between the variables of the model of the MR

Key words: robot, motion, model, management

Давлетов Расул Рафикович

Магистрант

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева
г. Казань, ул. Карла Маркса, 10

Davletov Rasul Rafikovich

Graduate

Kazan national research technical university named A.N. Tupolev
Kazan, Karl Marx st., 10

В последние годы робототехника продолжает свое бурно развитие. Спектр применения роботов становится все более широким. Развитие робототехники стимулирует написание работ, направленных на управление движением мобильных роботов.

Рис. 1. Модель МР на плоскости

Таблица 1. Список обозначений

Обозначение	Название	Тип	Единица измерения
$N(N_1, N_2)$	Используемая мощность (1-го и 2-го двигателя)	var	%
$w_d(w_{d1}, w_{d2})$	Угловая скорость вращения на валу (1-го и 2-го двигателя)	var	рад/с
t	Текущий момент времени	var	с
Δt	Интервал времени	var	с
C	Заряд батареи	var	А·ч
ΔC	Потраченная энергия за Δt	var	А·ч
$E_p(E_{п1}, E_{п2})$	ПротивоЭДС (1-го и 2-го двигателя)	var	В
K_M	Коэффициент момента	const	Н·м/(Вб·А)
$K_{п}$	Коэффициент противоЭДС	const	(В/(рад/с))
$R_{я}(R_{я1}, R_{я2})$	Сопротивление обмотки якоря (1-го и 2-го двигателя)	const	Ом
$r_{вн}$	Внутренне сопротивление батареи	var	Ом
R_b	Сопротивление блока управления	const	Ом
$R_{я}(R_{я1}, R_{я2})$	Сопротивление якоря (1-го и 2-го двигателя)	var	Ом
E	Напряжение в обмотке якоря	var	В
$I_{я}$	Сила тока в обмотке якоря	var	А
M	Момент развиваемый на валу (1-го и 2-го двигателя)	var	Н·м
Φ	Магнитный поток	const	Вб
$u(u_1, u_2)$	Линейная скорость (1-го и 2-го колеса)	var	м/с
x	Координата МР по оси Ox	var	м
y	Координата МР по оси Oy	var	м
α	Угол между осью Ox_2 и осью Ox	var	рад
$\omega_k(\omega_{k1}, \omega_{k2})$	Угловая скорость вращения (1-го и 2-го колеса)	var	рад/с
$a(a_1, a_2)$	Ускорение вращения (1-го и 2-го колеса)	var	м/с ²
k_1	Коэффициент передачи привода при поступательном движении МР	const	-
k_2	Коэффициент передачи привода при повороте МР	const	-
r_k	Радиус колеса МР	const	см
$m_k(m_{k1}, m_{k2})$	Масса колеса МР (1-го и 2-го)	const	кг
$m_{п}$	Масса основной части МР	const	кг
$m_{кр}(m_{кр1}, m_{кр2})$	Масса приходящаяся на колесо (1-е и 2-е)	const	кг
$\mu_{тк}$	Коэффициент трения качения	const	-
g	Ускорение свободного падения	const	м/с ²
$T(T_1, T_2)$	Момент, развиваемый на колесе (1-е и 2-е)	var	Н·м
$i(i_1, i_2)$	Передаточное отношение редуктора (1-го и 2-го двигателя)	const	-
$F_{тк}(F_{тк1}, F_{тк2})$	Сила трения качения колеса (1-го и 2-го)	var	Н
$F_{т}(F_{т1}, F_{т2})$	Сила тяги колеса (1-го и 2-го)	var	Н

Большинство работ данного рода не рассматривает природу движения мобильного робота (МР) или рассматривает только отдельные части функционирования МР. В данной работе рассмотрена связь электрических, механических, кинематических и динамических процессов при движении МР. Получен-

ная модель МР позволит прогнозировать поведение реального робота, повысить точность управления.

Рассматриваемая модель применяется для управления движением робота по данным видеонаблюдения [3, 4]. В работе рассматривается модель трехколесного МР (рис. 1), с передними ведущими колесами. Ведущие колеса приводят в движение два независимых электродвигателя. МР находится под углом α к оси Ox , которая принадлежит системе координат Oxy . Плоскость Oxy совпадает с горизонтальной плоскостью перемещения. Положение МР в системе координат Oxy задается тройкой чисел x, y, α .

В таблице 1 приведен список обозначений, приведенных в модели МР.

Следует отметить, что обозначения значений параметров МР в момент времени Δt имеют индекс 0, а в момент времени $t + \Delta t$ – имеют индекс 1.

Рис. 2. Модель мобильного робота

Рис. 3. Декомпозиция модели мобильного робота

Модель МР (рис. 2) состоит из следующих фрагментов (рис. 3): электрическая модель разрядки аккумулятора МР (ЭМРА), электрокинетическая модель МР (ЭКМ) и динамическая модель движения МР (ДМД).

Электрическая схема разрядки аккумулятора представлена на рисунке 4.

Зависимости внутреннего сопротивления батарей $r_{вн}$ и напряжения U от уровня заряда аккумуляторной батареи определяются экспериментально имеют вид:

$$r_{вн0} = f_2(C_0) = -0,0001 * C_0^3 + 0,01 * C_0^2 - 0,65 * C_0 + 14,14;$$

$$E_0 = f_3(C_0) = -0,0033 * C_0^2 + 0,18 * C_0 + 3,72.$$

Рис. 4. Схема эксперимента по разрядке аккумуляторной батареи

Рис. 5. Схема питания двигателя

На рисунке 5 представлена эквивалентная схема питания двигателя на основе которой построена ЭКМ.

В результате анализа модели были установлены следующие зависимости (рис. 6):

1. Момент на валу двигателя определяется по следующей формуле:

$$M_1 = f_5(I_{я0}) = K_M \Phi I_{я0} [2, с 345].$$

2. ПротивоЭДС определяется по формуле:

$$E_{п0} = f_4(w_{д0}) = \frac{K_{п}}{w_{д0}}.$$

3. Угловая скорость вращения вала двигателя определяется выражением:

$$w_{д0} = w_{к0} \cdot i.$$

4. Заряд батареи в момент времени $t + \Delta t$ определяется выражением:

$$C_1 = f_6(I_{я0}, C_0, \Delta t) = C_0 - I_{я0} * 1000 * \frac{\Delta t}{60}.$$

Рис. 6. Связь между переменными ЭМРА и ЭКМ

Рис. 7. Связь между переменными ДМД

Константы R_b , R_{α} , K_{Π} , K_M , а также функция f_1 определяются экспериментальным путем.

В ДМД отражены следующие зависимости (Рис. 7):

1. Закономерности перемещения МР определяется системой уравнений:

$$\begin{cases} x_1 = f_{11}(V_{10}, V_{20}, \Delta t, x_0) = \frac{V_{10}}{V_{20}} \sin(V_{20} \Delta t) + x_0 ; \\ y_1 = f_{12}(V_{10}, V_{20}, \Delta t, y_0) = \frac{V_{10}}{V_{20}} (1 - \cos(V_{20} \Delta t)) + y_0 ; \\ \alpha_1 = f_{13}(V_{20}, \Delta t, \alpha_0) = V_{20} \Delta t + \alpha_0, \end{cases}$$

где:

$$\begin{aligned} V_{10} &= f_9(u_{10}, u_{20}) = k_1(u_{10} + u_{20}); \\ V_{20} &= f_{10}(u_{10}, u_{20}) = k_2(u_{10} - u_{20}). \end{aligned}$$

2. Линейная скорость каждого колеса определяется выражением:

$$u = f_8(a) = \sqrt{a \cdot r_k},$$

где ускорение колеса определяется выражением:

$$a = f_7(F_T, F_{TK}) = \frac{(F_T - F_{TK})}{m_{кр}}$$

Где масса, приходящаяся на колесо:

$$m_{кр} = \left(m_k + \frac{m_p}{3}\right).$$

Сила трения качения для каждого колеса равна:

$$F_{TK} = \mu_{TK} \cdot m_{кр} \cdot g.$$

Момент, развиваемый на колесе, определяется выражением:

$$T_1 = \frac{M_1}{i}.$$

Построенная модель используется в системе управления перемещением МР.

Список используемых источников:

1. Лыков А.С. Математическая модель движения четырехколесного мобильного робота на наклонной поверхности // Донской государственный технический университет. Ростов-на-Дону, 2013. 9 с.
2. Кацман М.М. Электрические машины. Москва: Высш. шк., 2000. 463 с.
3. Суздальцев В.А., Чумарин Р.Л. Нейросетевой метод определения пространственных координат мобильного объекта при видеонаблюдении // Инновационные технологии XXI века. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2015. С. 23-25.
4. Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П. Обнаружение и сопровождение объектов в бортовых системах обработки изображений // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №13. С. 331-334.