Trường Đại học Bách khoa TP.HCM
Đáp án kiểm tra học kỳ I, 2010 – 2011 (08 / 01 / 2011)
207008 – Kỹ thuật người máy

Câu 1 (2.5 điểm)

a. Xác định ${}^{R}_{A}\mathbf{T}$.

Khi quay xung quanh trục Y_R một góc -90^0, ta có

$$\mathbf{R}_Y(-90^0) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (0.25\ đ)$$

Khi quay xung quanh trục X_R một góc 90^0, ta có

$$\mathbf{R}_Z(90^0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (0.25\ đ)$$

Vậy sau khi thực hiện 2 bước quay theo thứ tự yêu cầu, ta có:

$${}^{R}_{A}\mathbf{T} = \mathbf{R}_Z(90^0)\,\mathbf{R}_Y(-90^0) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (0.5\ đ)$$

b. Xác định ${}^{B}_{A}\mathbf{T}$.

$${}^{B}_{A}\mathbf{T} = {}^{B}_{R}\mathbf{T}\,{}^{R}_{A}\mathbf{T}$$

Ta có ${}^{R}_{B}\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 6 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ suy ra ${}^{B}_{R}\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 1 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ và thế vào biểu thức trên. (0.5 đ)

$${}_{A}^{B}\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -3 \\ 0 & 1 & 0 & -6 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & -1 & -6 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$ (0.5 đ)

c. Xác định ${}^{B}\mathbf{p}$ – mô tả tọa độ của điểm P trong hệ {B}.

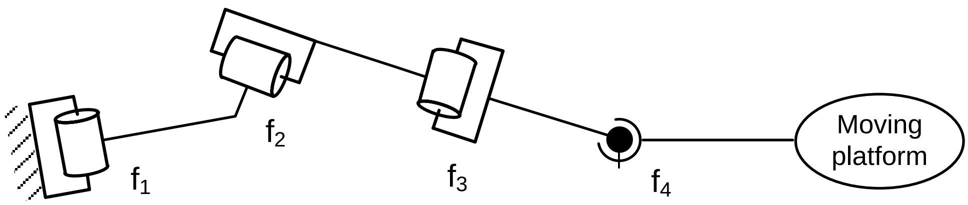
$${}^{B}\mathbf{p} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & -1 & -6 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 \\ -7 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$ (0.5 đ)

Câu 2 (1.5 điểm)

a. Nêu vài đặc điểm cấu tạo của robot này. (0.5 đ)

- Robot song song
- Dẫn động bằng động cơ điện
- Làm việc trong không gian

b. Vẽ sơ đồ động học thể hiện mối liên kết khâu – khớp cho một chân. (0.5 đ)



c. Viết công thức tính bậc tự do và áp dụng tính DOF.

Theo công thức Grubler/Kutzbach

$$F = \lambda(n - j - 1) + \sum_{i=1}^{j} f_i$$

với F: số bậc tự do của cơ cấu

f_i: số chuyển động tương đối cho phép bởi khớp i

j: tổng số khớp trong cơ cấu

n: tổng số khâu trong cơ cấu (kể cả khâu cố định)

λ: số bậc tự do của không gian mà cơ cấu hoạt động (0.25 đ)

➢ Áp dụng công thức ở trên và tính số bậc tự cho cơ cấu robot.

$f_1 = 1$; $f_2 = 1$; $f_3 = 1$; $f_4 = 2$

$j = 12$; $n = 11$; $\lambda = 6$

suy ra

$F = 6(11 - 12 - 1) + 3(1 + 1 + 1 + 2) = 3$ (0.25 đ)

Câu 3 (3.5 điểm)

a. Các thành phần tọa độ (nếu điền đúng tất cả thì được 1.0 đ)

- (1): X_0 (0.15 đ)
- (2): Z_0 (0.15 đ)
- (3): Z_1 (0.15 đ)
- (4): Z_2 (0.15 đ)
- (5): Z_3 (0.15 đ)
- (6): Y_3 (0.15 đ)

b. Các tham số D-H (nếu điền đúng tất cả thì được 0.5 đ)

i	α_i	a_i	d_i	θ_i	
1	-90^0	0	l_1	θ_1	(0.15 đ)
2	-90^0	0	0	θ_2	(0.15 đ)
3	0	0	$l_2 + d_3$	0	(0.15 đ)

c. Giá trị ba biến khớp (nếu xác định đúng tất cả thì được 0.5 đ)

θ_1	-90^0 / 270^0	(0.15 đ)
θ_2	-90^0	(0.15 đ)
d_3	$0.5l_2$	(0.15 đ)

d. Thiết lập ma trận biến đổi ${}^0\mathbf{T}_3$ và xác định biểu thức tọa độ điểm D (${}^0x_D$, ${}^0y_D$, ${}^0z_D$)

$$ {}^0_1\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & 0 & -\sin\theta_1 & 0 \\ \sin\theta_1 & 0 & \cos\theta_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

(0.25 đ)

$$ {}^1_2\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & 0 & -\sin\theta_2 & 0 \\ \sin\theta_2 & 0 & \cos\theta_2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

(0.25 đ)

$$ {}^2_3\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_2 + d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

(0.25 đ)

Suy ra

$$ {}^0_3\mathbf{T} = \begin{bmatrix} \cos\theta_1\cos\theta_2 & \sin\theta_1 & -\cos\theta_1\sin\theta_2 & -(l_2+d_3)\cos\theta_1\sin\theta_2 \\ \sin\theta_1\cos\theta_2 & -\cos\theta_1 & -\sin\theta_1\sin\theta_2 & -(l_2+d_3)\sin\theta_1\sin\theta_2 \\ -\sin\theta_2 & 0 & -\cos\theta_2 & l_1-(l_2+d_3)\cos\theta_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

$$ {}^0\mathbf{p}_D = \begin{bmatrix} -(l_2+d_3)\cos\theta_1\sin\theta_2 \\ -(l_2+d_3)\sin\theta_1\sin\theta_2 \\ l_1-(l_2+d_3)\cos\theta_2 \end{bmatrix} $$

(0.25 đ)

e. Giải bài toán động học ngược vị trí

Ta có:

$$\begin{bmatrix} -(l_2+d_3)\cos\theta_1\sin\theta_2 \\ -(l_2+d_3)\sin\theta_1\sin\theta_2 \\ l_1-(l_2+d_3)\cos\theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^0x_D \\ {}^0y_D \\ {}^0z_D \end{bmatrix}$$

Suy ra

$$\begin{Bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ d_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \arctan({}^0y_D, {}^0x_D) \\ \arctan({}^0y_D/\sin\theta_1, {}^0z_D - l_1) \\ \dfrac{l_1 - {}^0z_D}{\cos\theta_2} - l_2 \end{Bmatrix}$$

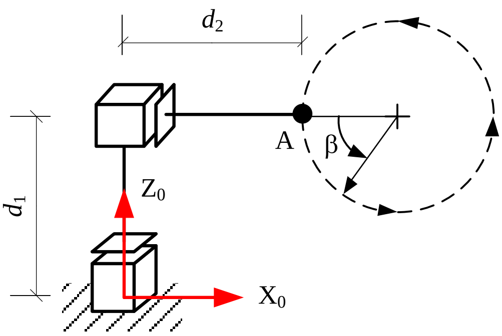
(0.25 đ)

Điều kiện ràng buộc là ba thành phần tọa độ điểm D (${}^0x_D$, ${}^0y_D$, ${}^0z_D$) phải thỏa phương trình dưới đây:

$${}^0x_D^2 + {}^0y_D^2 + ({}^0z_D - l_1)^2 = (l_2+d_3)^2$$

(0.25 đ)

Câu 4 (1.5 điểm)



a. Ứng dụng đa thức bậc 3 để hoạch định β(t)

$$\beta(t) = a_3t^3 + a_2t^2 + a_1t + a_0$$

Với

$\beta(t = 0) = 0^0$

$\beta(t = 10) = 360^0$

$d\beta/dt = 0$ (t = 0 / t = 10)

Suy ra

$$\beta(t) = -0.72t^3 + 10.8t^2$$ (0.5 đ)

b. Xác định hai biểu thức $d_1(t)$ và $d_2(t)$

$$d_1(t) = z_c - r.\sin\beta = 4 - 2\sin(-0.72t^3 + 10.8t^2)$$ (0.5 đ)

$$d_2(t) = x_c - r.\cos\beta = 6 - 2\cos(-0.72t^3 + 10.8t^2) \qquad (0.5\text{ đ})$$

Câu 5 (1.0 điểm)

$$^{0}\mathbf{p}_D = \begin{bmatrix} l_3\cos(\theta_1+\theta_3) + d_2\sin(\theta_1) \\ l_3\sin(\theta_1+\theta_3) - d_2\cos(\theta_1) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Theo định nghĩa, ma trận Jacobian $^{0}\mathbf{J}(\theta)$ được biểu diễn như sau:

$$^{0}\mathbf{J} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x}{\partial\theta_1} & \frac{\partial x}{\partial d_2} & \frac{\partial x}{\partial\theta_3} \\ \frac{\partial y}{\partial\theta_1} & \frac{\partial y}{\partial d_2} & \frac{\partial y}{\partial\theta_3} \\ \frac{\partial z}{\partial\theta_1} & \frac{\partial z}{\partial d_2} & \frac{\partial z}{\partial\theta_3} \end{bmatrix}$$

(0.5 đ)

Từng thành phần trong ma trận trên là đạo hàm từng phần các thành phần *x*, *y*, và *z*.

Đạo hàm thành phần *x* theo các biến khớp, ta có:

$$\frac{\partial}{\partial\theta_1}x = -l_3\sin(\theta_1+\theta_3) + d_2\cos(\theta_1)$$

$$\frac{\partial}{\partial d_2}x = \sin(\theta_1)$$

$$\frac{\partial}{\partial\theta_3}x = -l_3\sin(\theta_1+\theta_3)$$

(0.25 đ)

Đạo hàm thành phần *y* theo các biến khớp, ta có:

$$\frac{\partial}{\partial\theta_1}y = l_3\cos(\theta_1+\theta_3) + d_2\sin(\theta_1)$$

$$\frac{\partial}{\partial d_2}y = -\cos(\theta_1)$$

$$\frac{\partial}{\partial\theta_3}y = l_3\cos(\theta_1+\theta_3)$$

(0.25 đ)