

Khoa Cơ Khí

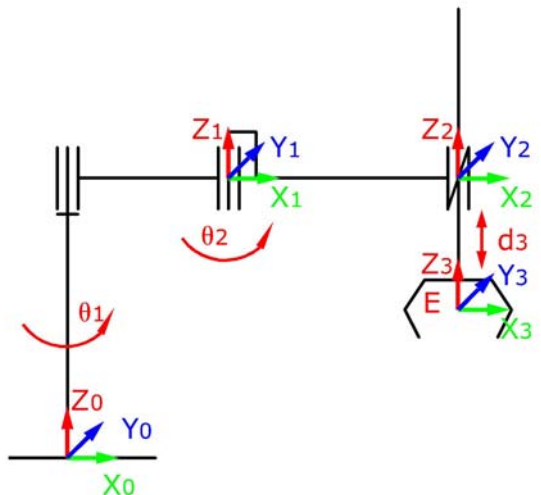
Bm Cơ Điện Tử

**ĐÁP ÁN ĐỀ THI CUỐI HỌC KỲ**

Môn **KỸ THUẬT NGƯỜI MÁY**

Ngày thi 29/6/2011- Sọan đáp án: TS Phan Tấn Tùng

Câu	Nội dung	Điểm
1	<p>Ma trận quay quanh trục Z góc <math>\phi=90^0</math></p> $Rot(Z, \phi) = \begin{bmatrix} \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	0.25
	<p>Ma trận quay quanh trục Y góc <math>\theta=-90^0</math></p> $Rot(Y, \theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	0.25
	<p>Ma trận quay quanh trục X góc <math>\psi=60^0</math></p> $Rot(X, \psi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \psi & -\sin \psi \\ 0 & \sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0.5 \end{bmatrix}$	0.25
	<p>Ma trận quay quanh tổng thể <math>{}^0R_1 = Rot(X, \psi).Rot(Y, \theta).Rot(Z, \phi)</math></p> ${}^0R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0.5 & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -0.5 & 0 \end{bmatrix}$	0.5
	<p>Tọa độ điểm A trong hệ cố định sau 3 phép quay</p> ${}^0p_A = {}^0R_1 \cdot {}^1p_A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0.5 & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & -0.5 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 \\ 2 + \sqrt{3} \\ 2\sqrt{3} - 1 \end{bmatrix}$	0.5
	<p>Góc quay tương đương <math>\nu</math></p> $\vartheta = \cos^{-1} \left( \frac{r_{11} + r_{22} + r_{33} - 1}{2} \right) = \cos^{-1} \left( \frac{0 + \frac{\sqrt{3}}{2} + 0 - 1}{2} \right) = 93.84^0 \text{ (hoặc } \vartheta = -93.84^0)$	0.5
b	<p>Chọn 1 trong 2 đáp án sau Vector trục quay tương đương (nếu quay <math>93.84^0</math>)</p> ${}^0r = \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2 \sin \nu} \begin{bmatrix} r_{32} - r_{23} \\ r_{13} - r_{31} \\ r_{21} - r_{12} \end{bmatrix} = \frac{1}{2 \sin 93.84^0} \begin{bmatrix} -0.5 - 0 \\ -1 - \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 0.5 - 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.25 \\ -0.935 \\ 0.25 \end{bmatrix}$	0.75

	<p>Vector trục quay tương đương (nếu quay <math>-93.84^0</math>)</p> ${}^0r = \begin{bmatrix} r_x \\ r_y \\ r_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2\sin\nu} \begin{bmatrix} r_{32} - r_{23} \\ r_{13} - r_{31} \\ r_{21} - r_{12} \end{bmatrix} = \frac{1}{2\sin(-93.84^0)} \begin{bmatrix} -0.5-0 \\ -1-\frac{\sqrt{3}}{2} \\ 0.5-0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.935 \\ -0.25 \end{bmatrix}$																					
2	<p>a Đặt các hệ tọa độ di động lên từng khâu</p>  <p>Hệ 1 0.25</p> <p>Hệ 2 0.25</p> <p>Hệ 3 0.25</p> <p>Lưu ý: Có thể không vẽ trục Y trong các hệ tọa độ</p>																					
	<p>b Bảng thông số DH</p> <table border="1" data-bbox="287 1052 925 1232"> <thead> <tr> <th>Khâu</th> <th><math>a_i</math></th> <th><math>\alpha_i</math></th> <th><math>d_i</math></th> <th><math>\theta_i</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td><math>L_1</math></td> <td>0</td> <td>H</td> <td><math>\theta_1^*</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><math>L_2</math></td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>\theta_2^*</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>d_3^*</math></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Khâu	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$	1	$L_1$	0	H	$\theta_1^*$	2	$L_2$	0	0	$\theta_2^*$	3	0	0	$d_3^*$	0	<p>0.25</p> <p>0.25</p> <p>0.25</p>
Khâu	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$																		
1	$L_1$	0	H	$\theta_1^*$																		
2	$L_2$	0	0	$\theta_2^*$																		
3	0	0	$d_3^*$	0																		
	<p>Ma trận chuyển đổi hệ 1 về hệ 0</p> ${}^0T_1 = \begin{bmatrix} C_{\theta_1} & -S_{\theta_1}C_{\alpha_1} & S_{\theta_1}S_{\alpha_1} & a_1C_{\theta_1} \\ S_{\theta_1} & C_{\theta_1}C_{\alpha_1} & -C_{\theta_1}S_{\alpha_1} & a_1S_{\theta_1} \\ 0 & S_{\alpha_1} & C_{\alpha_1} & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & L_1C_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & L_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	0.25																				
	<p>Ma trận chuyển đổi hệ 2 về hệ 1</p> ${}^1T_2 = \begin{bmatrix} C_{\theta_2} & -S_{\theta_2}C_{\alpha_2} & S_{\theta_2}S_{\alpha_2} & a_2C_{\theta_2} \\ S_{\theta_2} & C_{\theta_2}C_{\alpha_2} & -C_{\theta_2}S_{\alpha_2} & a_2S_{\theta_2} \\ 0 & S_{\alpha_2} & C_{\alpha_2} & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & L_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & L_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	0.25																				
	<p>Ma trận chuyển đổi hệ 3 về hệ 2</p> ${}^2T_3 = \begin{bmatrix} C_{\theta_3} & -S_{\theta_3}C_{\alpha_3} & S_{\theta_3}S_{\alpha_3} & a_3C_{\theta_3} \\ S_{\theta_3} & C_{\theta_3}C_{\alpha_3} & -C_{\theta_3}S_{\alpha_3} & a_3S_{\theta_3} \\ 0 & S_{\alpha_3} & C_{\alpha_3} & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	0.25																				
	<p>d Ma trận chuyển đổi tổng thể hệ 3 về hệ 0</p>																					

	${}^0T_3 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \cdot {}^2T_3 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & L_1C_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & L_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & L_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & L_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ ${}^0T_3 = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 & L_1C_1 + L_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & L_1S_1 + L_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{12} & S_{12} & 0 & L_1C_1 + L_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & L_1S_1 + L_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & d_3 + H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	0.5
e	<p>Tọa độ điểm E khi <math>\theta_1 = 45^\circ</math>; <math>\theta_2 = -45^\circ</math>; <math>d_2 = -0.15\text{m}</math></p> ${}^0P_E = {}^0T_3 \cdot {}^3P_E = \begin{bmatrix} C_{12} & S_{12} & 0 & L_1C_1 + L_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & L_1S_1 + L_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & d_3 + H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^3x_E \\ {}^3y_E \\ {}^3z_E \\ 1 \end{bmatrix}$ ${}^0P_E = {}^0T_3 \cdot {}^3P_E = \begin{bmatrix} C_{12} & S_{12} & 0 & L_1C_1 + L_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & L_1S_1 + L_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & d_3 + H \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1C_1 + L_2C_{12} \\ L_1S_1 + L_2S_{12} \\ d_3 + H \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2 + \sqrt{2}}{8} \\ \frac{\sqrt{2}}{8} \\ 0.1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ (m)}$	0.5
f	<p>Ma trận Jacobian <math>J = \begin{bmatrix} \frac{\partial p_x}{\partial \theta_1} &amp; \frac{\partial p_x}{\partial \theta_2} &amp; \frac{\partial p_x}{\partial d_3} \\ \frac{\partial p_y}{\partial \theta_1} &amp; \frac{\partial p_y}{\partial \theta_2} &amp; \frac{\partial p_y}{\partial d_3} \\ \frac{\partial p_z}{\partial \theta_1} &amp; \frac{\partial p_z}{\partial \theta_2} &amp; \frac{\partial p_z}{\partial d_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -L_1S_1 - L_2S_{12} &amp; -L_2S_{12} &amp; 0 \\ L_1C_1 + L_2C_{12} &amp; L_2C_{12} &amp; 0 \\ 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></p>	0.5
g	<p>Vector biến khớp <math>q = [\theta_1 \ \theta_2 \ d_3]^T</math>  Vector vận tốc dài của điểm E</p> ${}^0v_E = \begin{bmatrix} {}^0v_{Ex} \\ {}^0v_{Ey} \\ {}^0v_{Ez} \end{bmatrix} = J\dot{q} = \begin{bmatrix} -L_1S_1 - L_2S_{12} & -L_2S_{12} & 0 \\ L_1C_1 + L_2C_{12} & L_2C_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{d}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(L_1S_1 + L_2S_{12})\dot{\theta}_1 - L_2S_{12}\dot{\theta}_2 \\ (L_1C_1 + L_2C_{12})\dot{\theta}_1 + L_2C_{12}\dot{\theta}_2 \\ \dot{d}_3 \end{bmatrix}$	0.25
h	<p>Vector lực tác động tại E <math>F = [0 \ 0 \ -F]^T</math>  Lực và mômen tại các khớp</p> $\tau = J^T F = \begin{bmatrix} -(L_1S_1 + L_2S_{12}) & L_1C_1 + L_2C_{12} & 0 \\ -L_2S_{12} & L_2C_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -F \end{bmatrix}$ <p>Mômen tại khớp 1 <math>\tau_1 = 0 \text{ Nm}</math>      Mômen tại khớp 2 <math>\tau_2 = 0 \text{ Nm}</math>  Lực tại khớp 3 <math>f_3 = -F = -100\text{N}</math></p>	0.25
i	<p>Qui hoạch quỹ đạo  Chọn hàm <math>X(t)</math> là hàm bậc 3 theo thời gian  <math>X(t) = a_x + b_x(t - t_0) + c_x(t - t_0)^2 + d_x(t - t_0)^3</math>  do <math>t_0 = 0</math> nên <math>X(t) = a_x + b_x t + c_x t^2 + d_x t^3</math></p>	

	<p>Đạo hàm <math>\dot{X}(t)=b_x+2c_x t+3d_x t^2</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>X(t)=a_x+b_x 0+c_x 0^2+d_x 0^3=0.25 \Rightarrow a_x=0.25</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{X}(t)=b_x+2c_x 0+3d_x 0^2=0 \Rightarrow b_x=0</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>X(t)=0.25+c_x 10^2+d_x 10^3=0.15 \Rightarrow c_x=-0.003</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{X}(t)=2c_x 10+3d_x 10^2=0 \Rightarrow d_x=0.0002</math></p> <p>Vậy <math>X(t)=0.25-0.003t^2+0.0002t^3</math></p>	0.25
	<p>Chọn hàm <math>Y(t)</math> là hàm bậc 3 theo thời gian</p> <p><math>Y(t)=a_y+b_y t+c_y t^2+d_y t^3</math> Đạo hàm <math>\dot{Y}(t)=b_y+2c_y t+3d_y t^2</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>Y(t)=a_y+b_y 0+c_y 0^2+d_y 0^3=0.2 \Rightarrow a_y=0.2</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{Y}(t)=b_y+2c_y 0+3d_y 0^2=0 \Rightarrow b_y=0</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>Y(t)=0.2+c_y 10^2+d_y 10^3=0.15 \Rightarrow c_y=-0.0015</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{Y}(t)=2c_y 10+3d_y 10^2=0 \Rightarrow d_y=0.0001</math></p> <p>Vậy <math>Y(t)=0.2-0.0015t^2+0.0001t^3</math></p>	0.25
	<p>Chọn hàm <math>Z(t)</math> là hàm bậc 3 theo thời gian</p> <p><math>Z(t)=a_z+b_z t+c_z t^2+d_z t^3</math> Đạo hàm <math>\dot{Z}(t)=b_z+2c_z t+3d_z t^2</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>Z(t)=a_z+b_z 0+c_z 0^2+d_z 0^3=0.2 \Rightarrow a_z=0.2</math></p> <p>Khi <math>t=0s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{Z}(t)=b_z+2c_z 0+3d_z 0^2=0 \Rightarrow b_z=0</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>Z(t)=0.2+c_z 10^2+d_z 10^3=0.1 \Rightarrow c_z=-0.003</math></p> <p>Khi <math>t=10s</math> thì <math>v=0</math> nên <math>\dot{Z}(t)=2c_z 10+3d_z 10^2=0 \Rightarrow d_z=0.0002</math></p> <p>Vậy <math>Z(t)=0.2-0.003t^2+0.0002t^3</math></p>	0.25
3	<p>Gọi 5 thành phần chưa biết là <math>a, b, c, d, e</math></p> <p><math>{}^R \mathbf{T}_A = \begin{bmatrix} a &amp; 0 &amp; -1 &amp; 5 \\ b &amp; d &amp; e &amp; 0 \\ c &amp; 1 &amp; 0 &amp; 2 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math> vậy ma trận quay là <math>{}^R R_A = \begin{bmatrix} a &amp; 0 &amp; -1 \\ b &amp; d &amp; e \\ c &amp; 1 &amp; 0 \end{bmatrix}</math></p>	
	<p>Do các vector cột trong ma trận quay là vector đơn vị nên <math>v^2=v_x^2+v_y^2+v_z^2=0^2+d^2+1^2=1 \Rightarrow d=0</math></p>	0.25
	<p><math>w^2=w_x^2+w_y^2+w_z^2=(-1)^2+e^2+0^2=1 \Rightarrow e=0</math></p>	0.25
	<p>Do ma trận quay là ma trận trực chuẩn nên</p> <p><math>u.v=0</math> nên <math>a.0+b.d+c.1=0 \Rightarrow c=0</math></p>	0.5
	<p><math>u.w=0</math> nên <math>a.(-1)+b.e+c.0=0 \Rightarrow a=0</math></p>	0.5
	<p><math>\vec{u} \times \vec{v} = \vec{w}</math> nên <math>b.1-c.d=1 \Rightarrow b=1</math></p> <p>Viết lại đầy đủ <math>{}^R \mathbf{T}_A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 0 &amp; -1 &amp; 5 \\ 1 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 0 \\ 0 &amp; 1 &amp; 0 &amp; 2 \\ 0 &amp; 0 &amp; 0 &amp; 1 \end{bmatrix}</math></p>	0.5

Hết đáp án