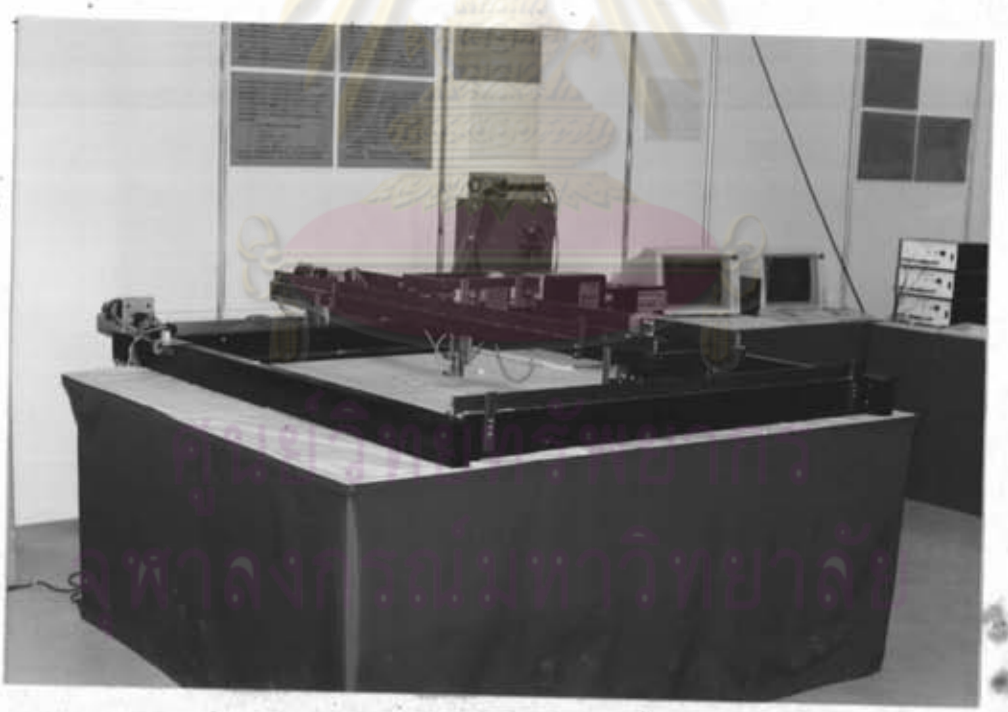
หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

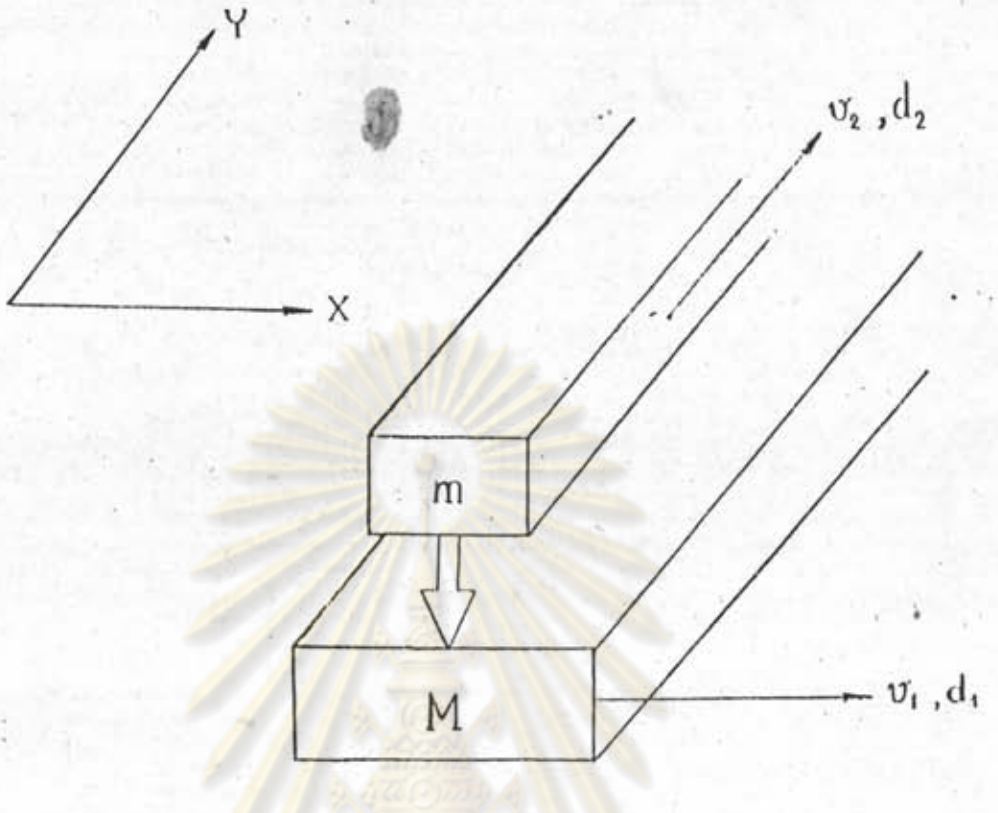
บทที่ 4

การออกแบบ

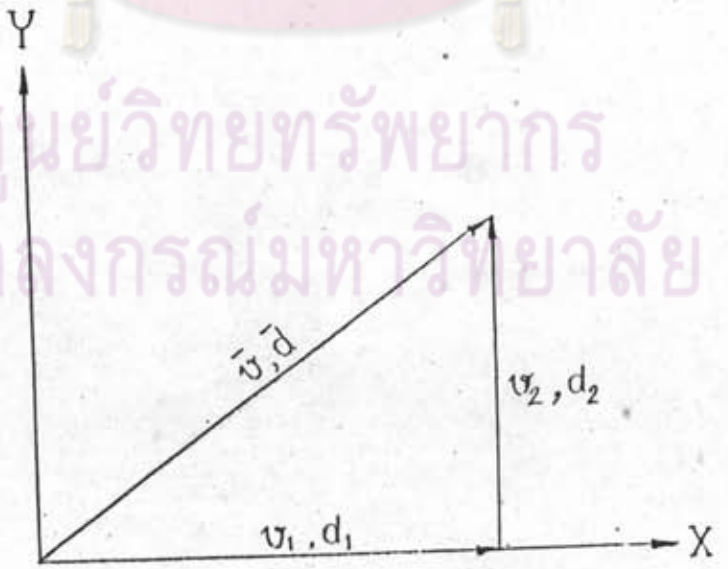
เนื่องจากโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟนี้ จัดอยู่ในประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งมีการเคลื่อนที่ในระบบแกนพิกัดฉาก และมีการทำงานอยู่ในระนาบ XY นั้น ตัวโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟทำด้วยอะลูมิเนียม มีการเคลื่อนที่จาก 2 แนวแกนที่สัมพันธ์กัน และแต่ละแกนจะใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนโดยผ่านชุดเฟืองทด ให้ดูส่วนประกอบของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟได้ในรูปที่ 4.1 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการควบคุมนั้นจะอธิบายไว้ในภาคผนวก ง



รูปที่ 4.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กด้วยเปลวไฟ

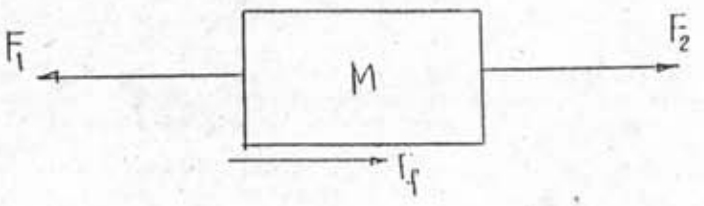


รูปที่ 4.2 แสดงระบบและการตั้งแกน

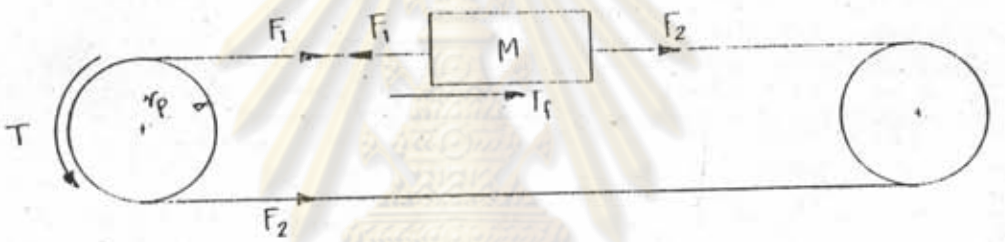


รูปที่ 4.3 แสดงความเร็วในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

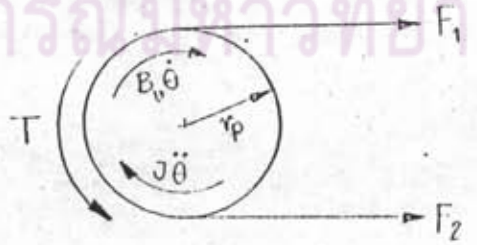


รูปที่ 4.4 แสดงแรงที่กระทำต่อมวล



รูปที่ 4.5 แสดงภาระที่กระทำต่อระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 แสดงภาระที่กระทำต่อล้อขับ

4.1 การหาสมการทางพลศาสตร์

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$F = M a \qquad \text{.....(4.1)}$$

พิจารณารูปที่ 4.4 จะได้ว่า

$$F_1 - F_2 - F_f = M a \qquad \text{.....(4.2)}$$

แต่

$$F_f = \mu M g \qquad \text{.....(4.3)}$$

$$F_1 - F_2 - \mu M g = M a \qquad \text{.....(4.4)}$$

$$F_1 - F_2 = M (a + \mu g) \qquad \text{.....(4.5)}$$

ซึ่ง

$$a = r_p \ddot{\theta} \qquad \text{.....(4.6)}$$

จะได้

$$F_1 - F_2 = M (r_p \ddot{\theta} + \mu g) \qquad \text{.....(4.7)}$$

พิจารณาล้อสายพานในรูปที่ 4.6

$$\Sigma T = J_1 \ddot{\theta} \qquad \text{.....(4.8)}$$

$$T - r_p(F_1 - F_2) - B_v \dot{\theta} = J_1 \ddot{\theta} \qquad \text{.....(4.9)}$$

$$T - r_p[M (r_p \ddot{\theta} + \mu g)] - B_v \dot{\theta} = J_1 \ddot{\theta} \qquad \text{.....(4.10)}$$

$$T - r_p^2 M \ddot{\theta} - r_p M \mu g - B_v \dot{\theta} = J_1 \ddot{\theta} \qquad \text{.....(4.11)}$$

$$(J_1 + r_p^2 M) \ddot{\theta} + B_v \dot{\theta} = T - \mu r_p M g \qquad \text{.....(4.12)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013817

4.2 การหาสมการสเตท (state equation)

จากสมการสเตท

$$\dot{X}(t) = A(t)\,X(t) + B(t)\,U(t) \qquad .....(4.13)$$

$$Y(t) = C(t)\,X(t) \qquad .....(4.14)$$

จากสมการที่ (4.12) ให้

$X_1^* = \theta$ และ $\dot{X}_1^* = X_2^* = \dot{\theta}$ และ $u = T$ จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1^* \\ \dot{x}_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & \dfrac{-B_v}{J_1 + r_p^2 M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{1}{J_1 + r_p^2 M} \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ -\mu r_p M g \end{bmatrix}$$

.....(4.15)

4.3 การหาค่า optimal gain

จาก cost function ดังสมการที่ (3.5) และ สมการที่ (3.6) จนถึงสมการที่ (3.8) และภาคผนวก ข1 จะได้ว่า

$$k_2 = \sqrt{Q_1 R_w}\,(J_1 + r_p^2 M) \qquad .....(4.16)$$

$$k_3 = \sqrt{Q_1 R_w}\,(J_1 + r_p^2 M) \qquad .....(4.17)$$

$$k_4 = -B_v R_w (J_1 + r_p^2 M) + (J_1 + r_p^2)\sqrt{(B_v R_w)^2 + R_w[2k_2 + Q_4]}$$

.....(4.18)

$$k_1 = B_v\sqrt{Q_1 R_w} - \frac{k_4\sqrt{Q_1 R_w}}{R_w (J_1 + r_p^2 M)} \qquad .....(4.19)$$

จะได้ว่าค่าเมตริก K(t) คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$K(t) = \begin{bmatrix} k_1 & k_2 \\ k_3 & k_4 \end{bmatrix} \qquad .....(4.20)$$

ซึ่งค่า k_1 , k_2 , k_3 , k_4 มีค่าดังในสมการที่ (4.16) ถึงสมการที่ (4.19) และจากสมการที่ (3.19) จะได้ว่าค่า optimal gain คือ

$$K_o = \begin{bmatrix} \dfrac{K_3}{R_w(J_1+r_p^2M)} & \dfrac{K_4}{R_w(J_1+r_p^2M)} \end{bmatrix} \qquad .....(4.21)$$

จากข้อมูลดังต่อไปนี้

Q_1 = 25000000

Q_4 = 44000

R_w = 1

J_1 = 0.3955 kg-m^2

r_p = 0.025 m

M = 11.423 kg

B_v = 0.0005 kg-m-s

แทนค่าข้อมูลดังกล่าวจะได้ว่า

K_o = [5000 200]

4.4 การหาค่าพารามิเตอร์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

จากภาคผนวก ข จะได้ว่า

ค่า Poles,s = -26.4 , -470.3

ค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency,W_n) = 175.6 rad/s

ค่าอัตราหน่วงการสั่น (Damping ratio, ζ) = 1.4142 N-s/m

ค่าเวลาคงที่ (Time constant, τ) = 0.00403 s

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย