บทที่ 4
ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์

ในโครงงานนี้จะทดสอบการตอบสนองและสมรรถนะของแบบจำลองของระบบควบคุมแรงสัมผัสที่ออกแบบมาด้วยโปรแกรม math lab โดยจะกำหนดค่าพารามิเตอร์บางตัวขึ้นมาก่อนดังนี้

k =1	J = 1 kg-m^2	D_e = 1N-ms/rad
R=0.1 m.	R_a = 1 Ω	
Ψ=45°	r_p = 2 m	
y=0.05 m.	k_b = 1 V-s /rad	

หา x จาก $tan\Psi = \frac{-y}{x} = tan45^\circ = \frac{-0.05}{x}$ จะได้ $x = -0.05\ m$

จากสมการที่ (3.18) ทำการแทนค่า จะได้

$k_1 = 0.302$ (4.1)

จากสมการที่ (3.19) ทำการแทนค่า จะได้

$k_2 = -0.71$ (4.2)

จากสมการที่ (3.20) ทำการแทนค่า จะได้

$k_3 = 0.71$ (4.3)

จากสมการที่(3.21) ทำการแทนค่า จะได้

$k_4 = -0.302$ (4.4)

จากสมการที่ (3.28) ทำการแทนค่า จะได้

$$\dot{y} = \frac{0.71\dot{F}_x + 0.302\dot{F}_y}{-0.5041+0.9157} = 1.72\,\dot{F}_x + 0.73\,\dot{F}_y \quad (4.5)$$

จากสมการที่ (3.29) ทำการแทนค่า จะได้

$$\ddot{y} = \frac{0.71\ddot{F}_x + 0.302\,\ddot{F}_y}{-0.5041+0.9157} = 1.72\,\ddot{F}_x + 0.73\,\ddot{F}_y \quad (4.6)$$

จากสมการที่ (3.32) ทำการแทนค่า จะได้

$$\dot{x} = \frac{-0.302\dot{F}_x + 0.71\dot{F}_y}{-0.091+0.504} = -0.731\dot{F}_x + 1.72\dot{F}_y \quad (4.7)$$

จากสมการที่ (3.33) ทำการแทนค่า จะได้

$$\ddot{x} = \frac{-0.302\,\ddot{F}_x + 0.71\dot{F}_y}{0.413} = -0.731\dot{F}_x + 1.72\dot{F}_y \qquad (4.8)$$

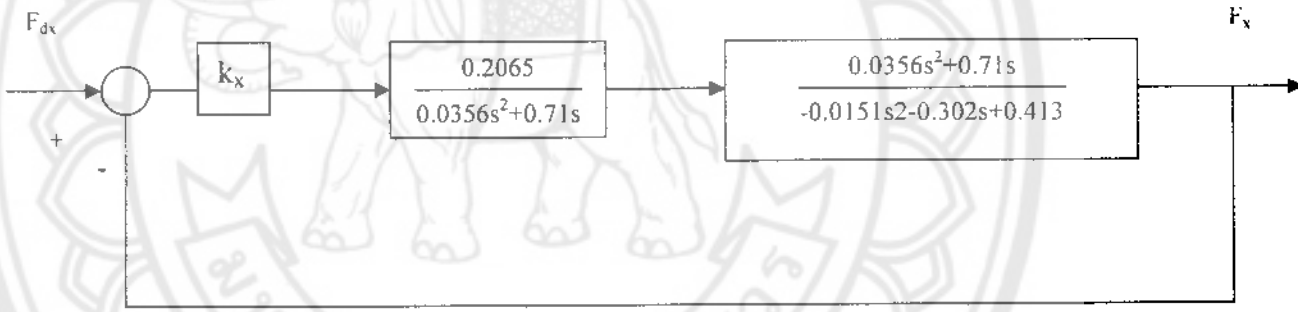
จากสมการที่ (3.11) จะได้

$$M = \frac{JR_a}{R_a r_p} \times R = 0.05 = M_x, My \qquad (4.9)$$

$$\xi = \frac{(D_e R_a + k_b k)}{R_a r_p} \times R = 0.1 = \xi_x, \xi_y \qquad (4.10)$$

$$\lambda = \frac{(k)}{R_a r_p} \times R = 0.5 = \lambda_x, \lambda_y \qquad (4.11)$$

จากรูปที่ 3.10 และ 3.13 แทนค่าที่ได้จากสมการ ที่ (4.1) ,(4.2) , (4.3) , (4.4) , (4.5) , (4.6) , (4.7) , (4.8) , (4.9) , (4.10), (4.11) จะได้ block diagramดังที่แสดงในรูปที่4.1และ4.2ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 block diagram ของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน x
ที่จะนำไปเขียนในโปรแกรมmath lab

รูปที่ 4.2 block diagram ของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y
ที่จะนำไปเขียนในโปรแกรมmath lab

จากรูปที่4.1และ4.2จะได้ transfer function ของระบบควบคุมแรงสัมผัสในแนวแกน x และแนวแกน y ดังนี้

$$\frac{F_x}{F_{dx}} = \frac{0.2065\,k_x}{0.0151s^2+0.302s-0.413+0.2065\,k_x} \quad (4.12)$$

$$\frac{F_y}{F_{dy}} = \frac{0.2065\,ky}{0.0151s^2+0.302s+0.413+0.2065\,k_y} \quad (4.13)$$

จากสมการที่(3.46) และ (3.49) จะได้ว่า k_xจะอยู่ในช่วง $(-\infty, -2)$ และ k_y จะอยู่ในช่วงช่วง$(-2, \infty)$ ตามลำดับ

จากสมการที่(4.12)และ (4.13) จะได้ค่า steady-state error ของระบบควบคุมแรงสัมผัสในแนวแกนx และแกนy เป็น

แนวแกน x

$$E_{ss} = F_{dx}\left(1- \frac{0.2065k_x}{0.2065k_x-0.413}\right)$$

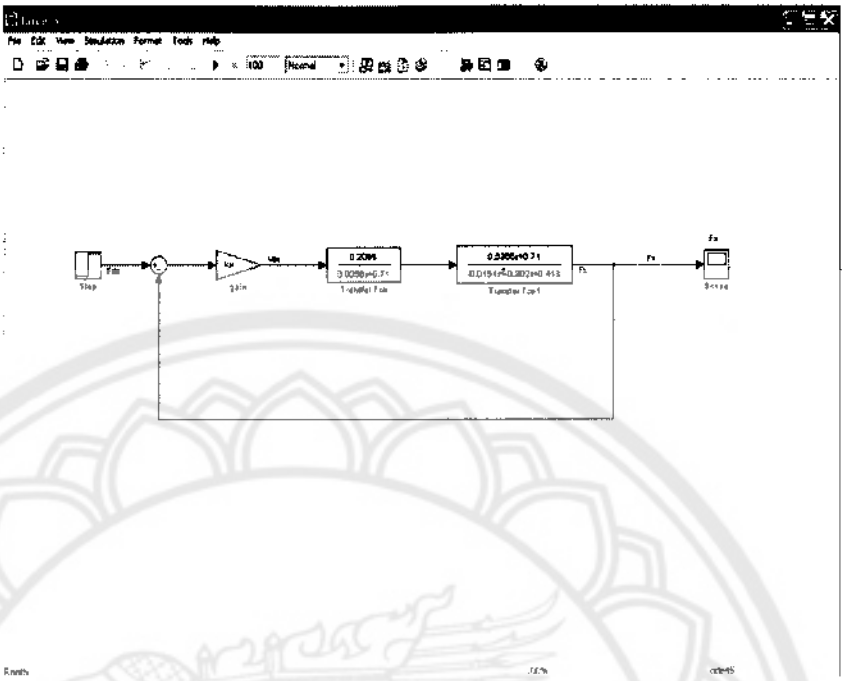
แนวแกน y

$$E_{ss} = F_{dy}\left(1- \frac{0.2065k_y}{0.413+0.2065k_y}\right)$$

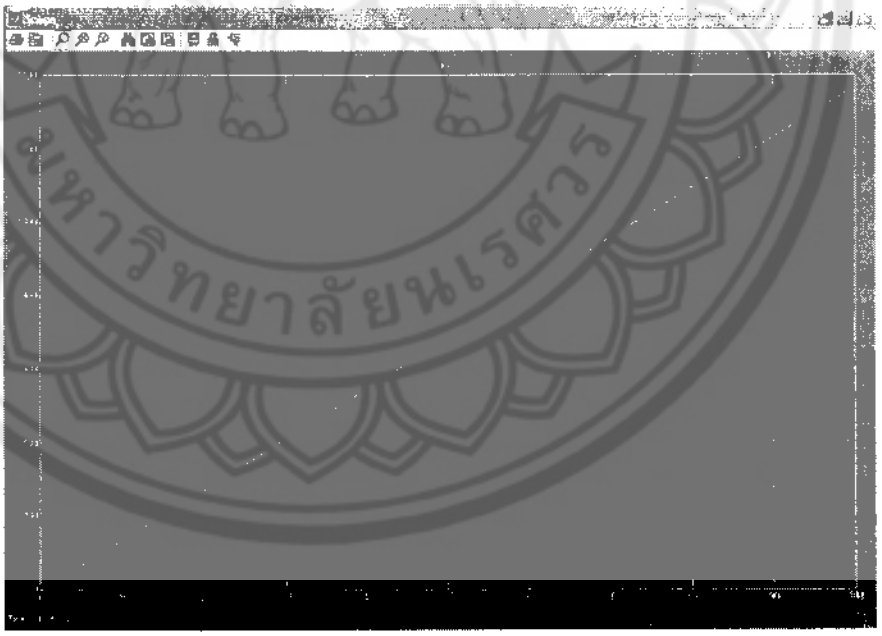
เมื่อนำ block diagramใน รูปที่ 4.1 และ 4.2 มาใส่ในโปรแกรม simulink ของ math labและทดลองปรับเปลี่ยนค่าgainจะได้ผลออกมาดังนี้

4.1 ปรับค่าK_xเพื่อดูลักษณะกราฟ

โดยให้ ค่า Input (F_{dx}) = 10 N และทำการปรับค่า k_x ให้มีค่าเท่ากับ -2,-2.5 , -10 , -100 , -1000 ,-10000 -65000 เพื่อดูลักษณะของกราฟ และดูค่า Steady state error (e_{ss})



รูปที่ 4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน x ในโปรแกรมmathlab



รูปที่ 4.4 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ $k_x = -2$

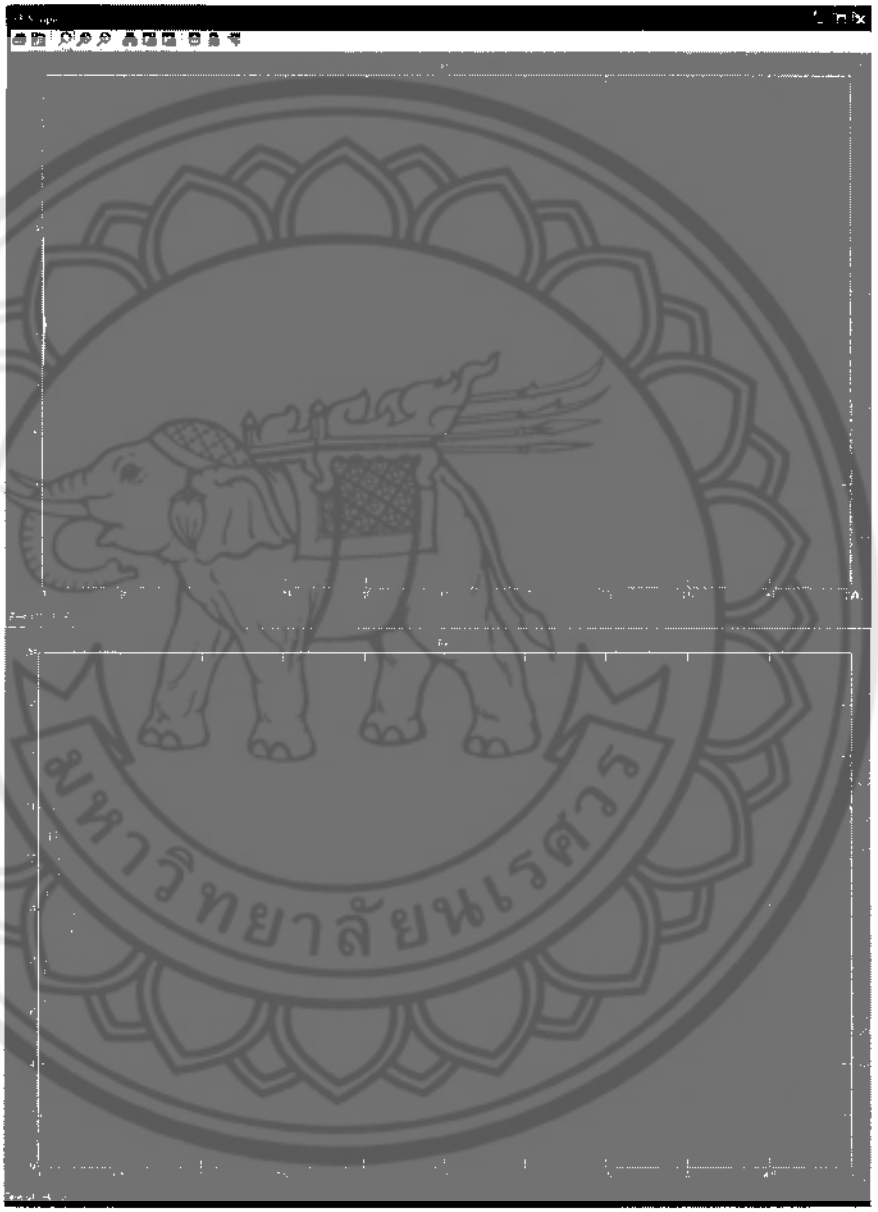
จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามเวลานั้นแสดงให้เห็นว่า ในกรณีนี้ระบบไม่มีเสถียรภาพ

รูปที่ 4.5 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัส ของแกน x ที่ k_x = -2.5

จากกราฟจะเห็นว่าลักษณะการตอบสนองของระบบจะเป็นแบบ exponontial โดยมีค่า steady state error เป็น 4.5

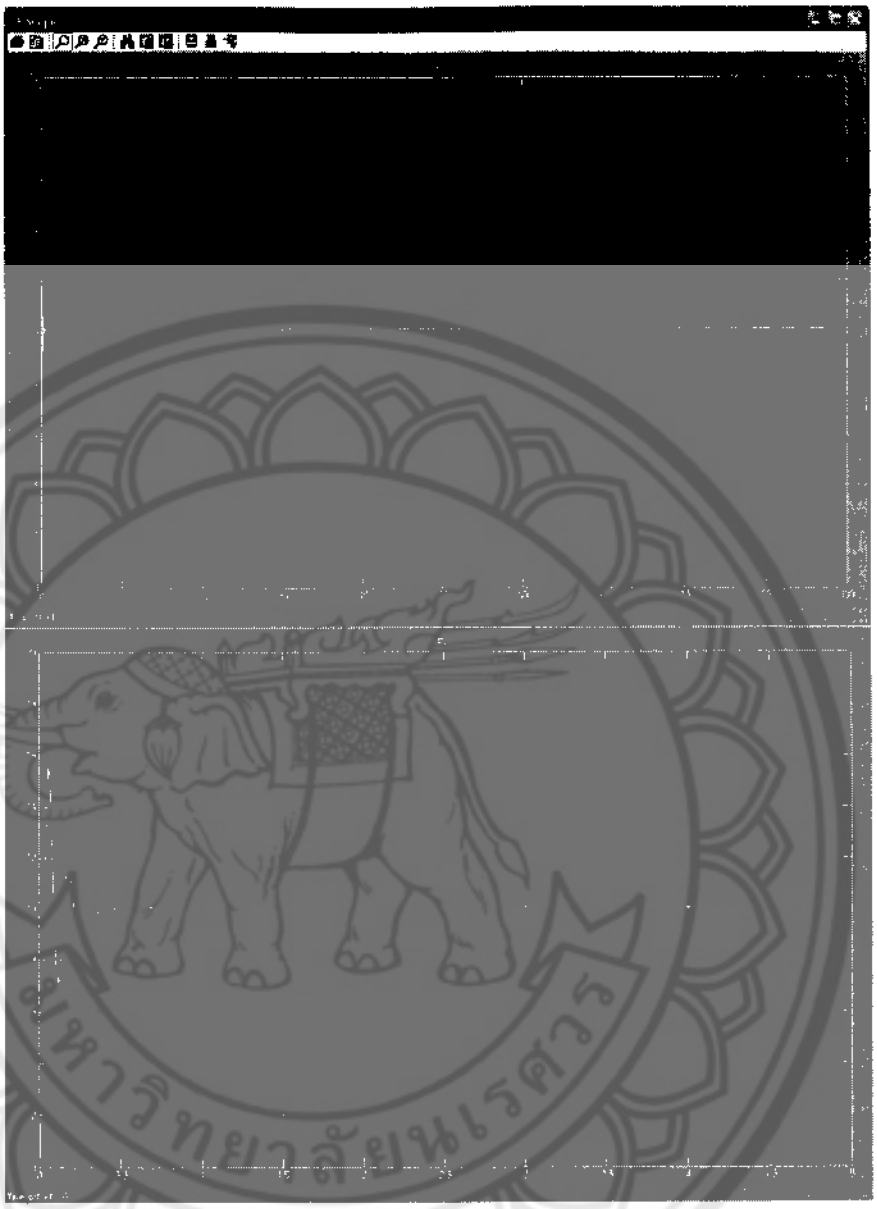
รูปที่ 4.6 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ k_x = -10

จากกราฟจะเห็นว่าลักษณะการตอบสนองของระบบจะเป็นแบบexponontialโดยมีค่า steady state error เป็น 0.167



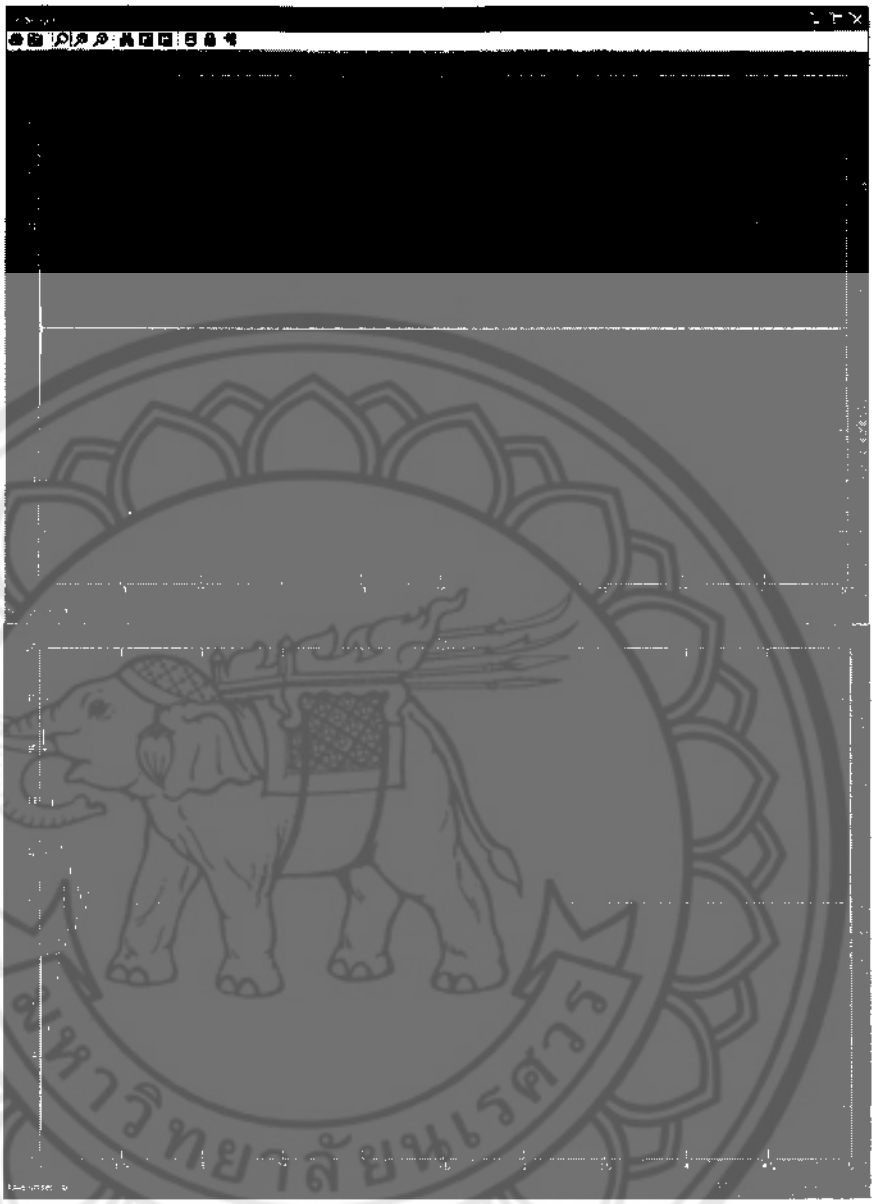
รูปที่ 4.7 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ $k_x = -100$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.18 และค่า Over shoot = 4.2



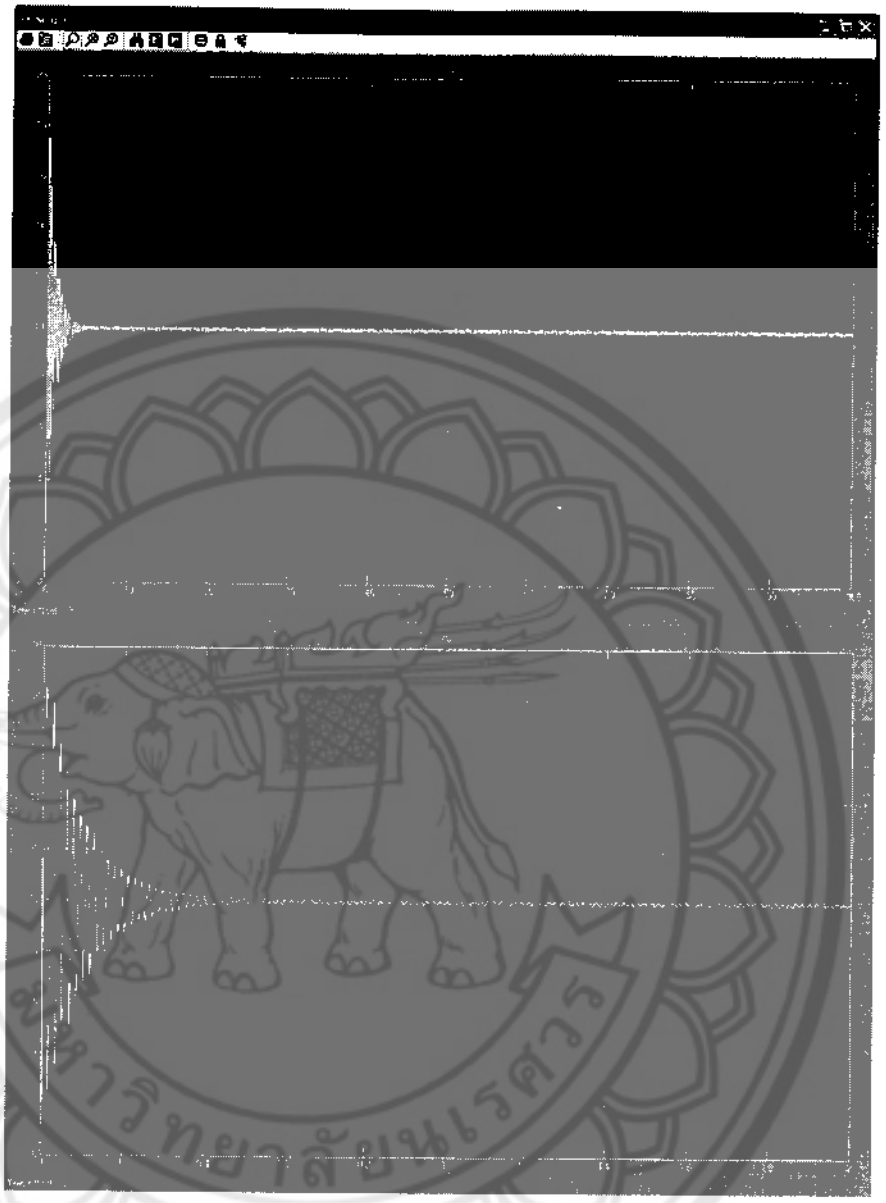
รูปที่ 4.8 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ $k_x = -220$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.009 และค่า Over shoot = 5.8



รูปที่ 4.9 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ $k_x = -1000$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.002 และค่า Over shoot = 7.2

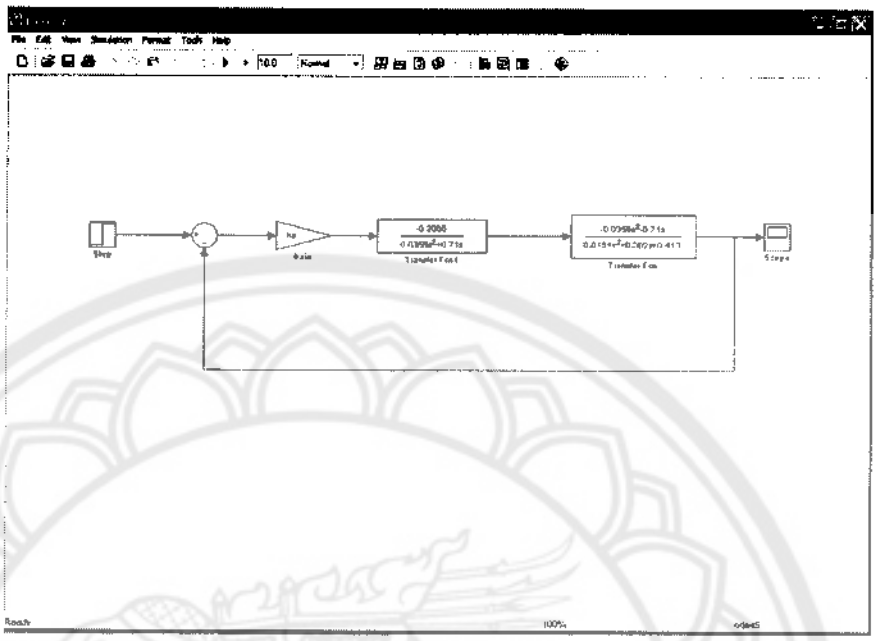


รูปที่ 4.10 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสัมผัสแกน x ที่ k_x = -10000

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น0.0002 และค่า Over shoot = 9

4.2 ปรับค่าK_yเพื่อดูลักษณะกราฟ

ให้ ค่า Input (F_{dy}) = 10 N และทำการปรับค่า k_y ให้มีค่าเท่ากับ -2, 2 , 10 , 100 , 1000 , 10000 , 65000 เพื่อดูลักษณะของกราฟ และดูค่า Steady state error (e_{ss})



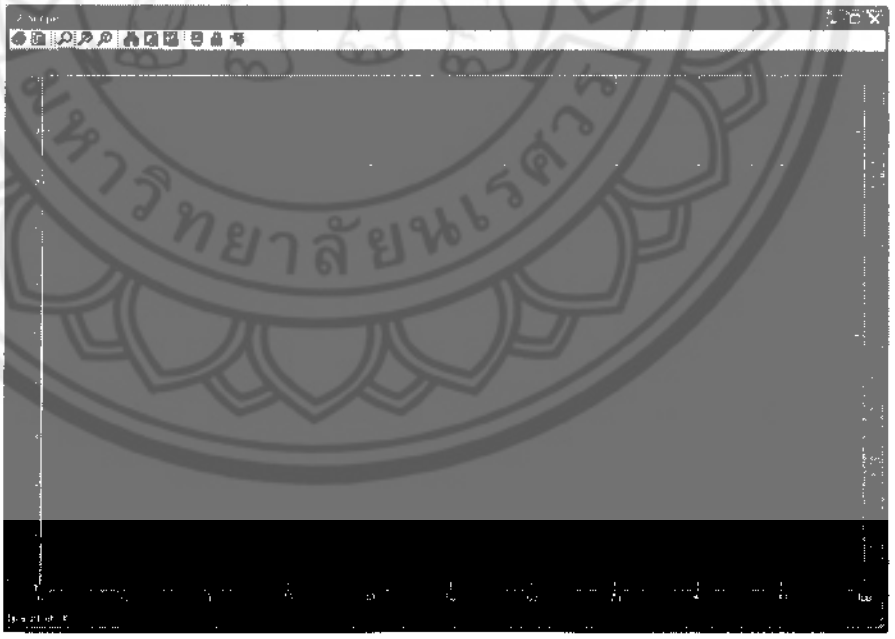
รูปที่ 4.11 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน yในโปรแกรมmath lab

รูปที่ 4.12 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = -2$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะลดลงเรื่อยๆตามเวลานั้นแสดงให้เห็นว่าระบบที่ไม่มีเสถียรภาพ

รูปที่ 4.13 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = 2$

จากกราฟจะเห็นว่าลักษณะการตอบสนองของระบบจะเป็นแบบ exponontial โดยมีค่า steady state error เป็น 0.5

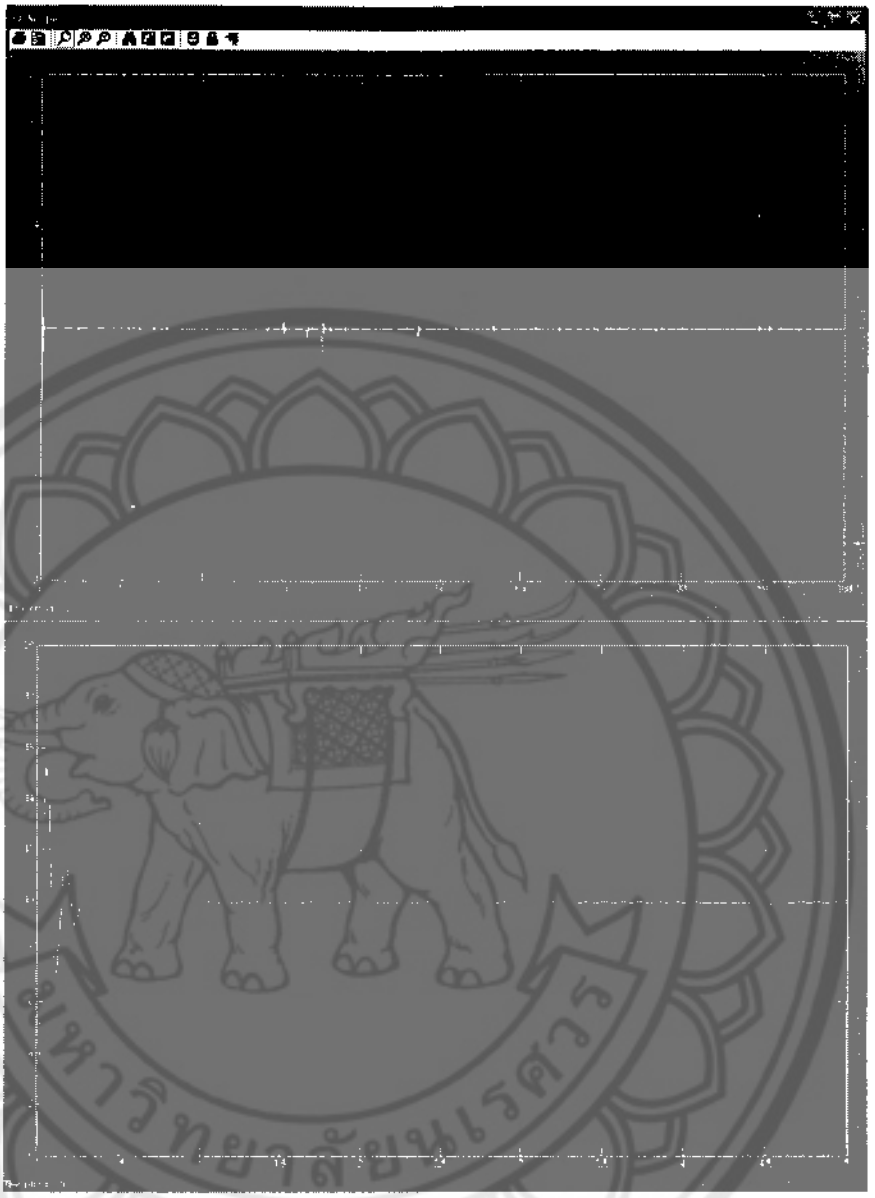


รูปที่ 4.14 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = 10$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.167 และค่า Over shoot = 0.2

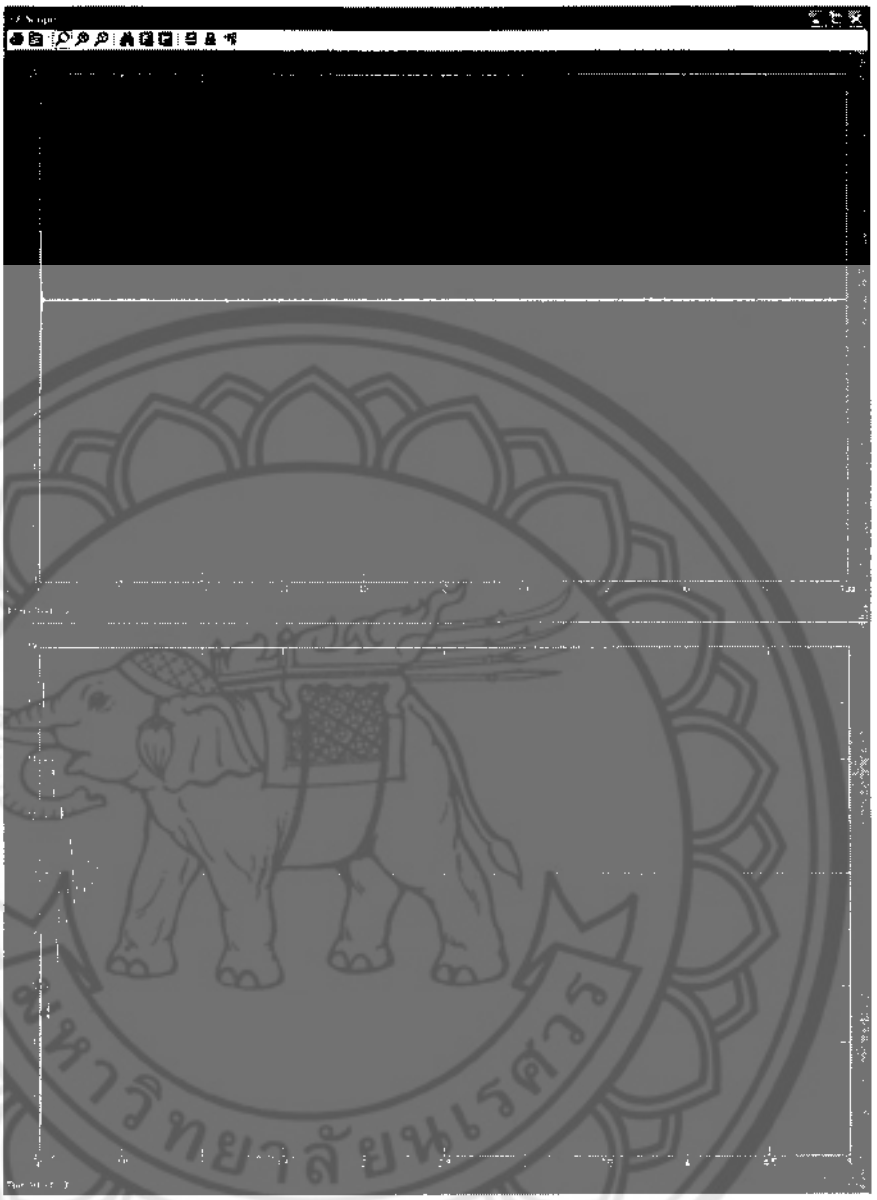
รูปที่ 4.15 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = 100$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.019 และค่า Over shoot = 4.0



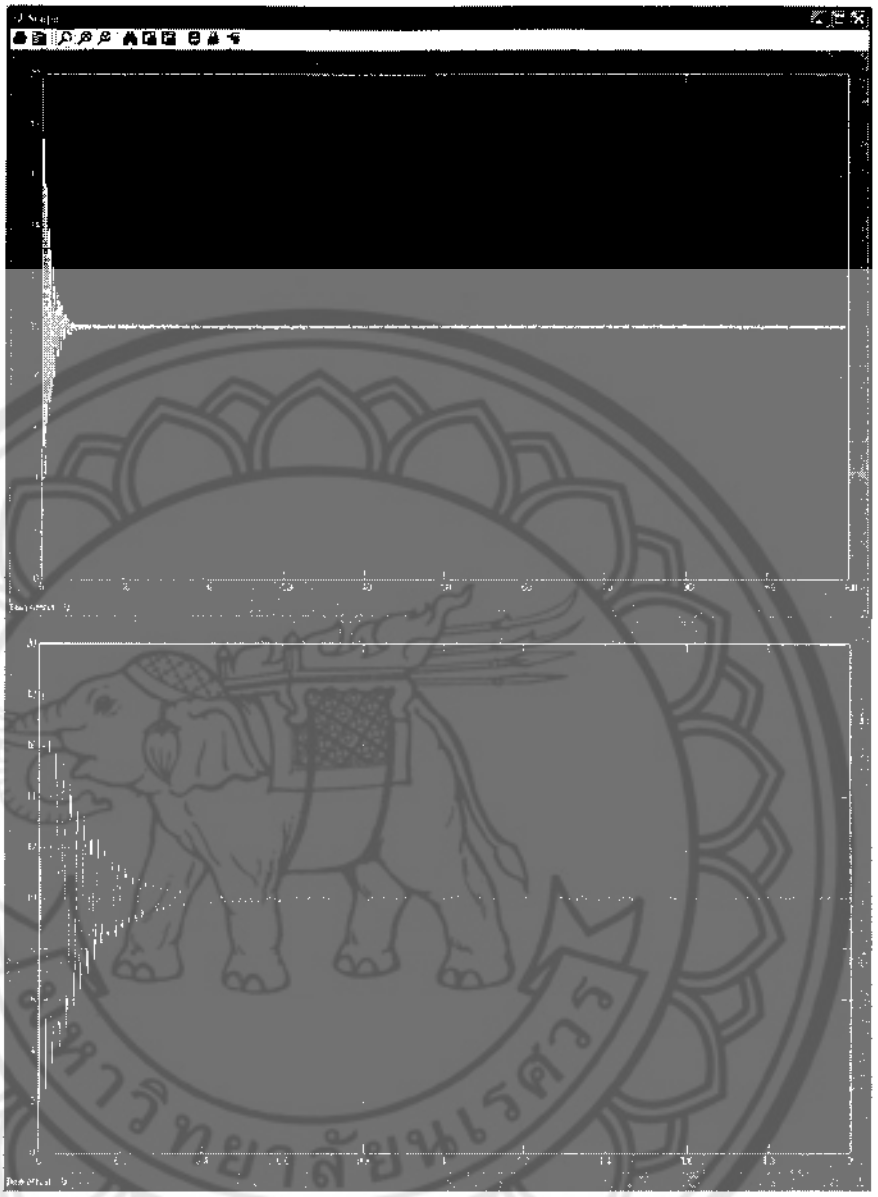
รูปที่ 4.16 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = 220$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.009 และค่า Over shoot = 5.2



รูปที่ 4.17 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ $k_y = 1000$

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state errorเป็น0.002และค่า Over shoot = 7.0



รูปที่ 4.18 กราฟของระบบควบคุมแรงสัมผัสแกน y ที่ k_y = 10000

จากกราฟจะเห็นว่าการตอบสนองของระบบจะมีลักษณะกวัดแกว่งและลู่เข้าโดยมีค่า steady state error เป็น 0.0002 และค่า Over shoot = 9.2