

## สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการ	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ระบบควบคุม	3
2.2 คอนโทรลเลอร์ (Controller)	7
2.3 ระบบกลไก Manipulator	12
2.4 ระบบควบคุมแรง (Explicit Force control)	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน/การออกแบบ	
3.1 การหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ manipulator	15
3.2 การออกแบบระบบควบคุมแรงให้กับระบบ manipulator	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์	
4.1 ปรับค่า $K_x$ เพื่อดูลักษณะกราฟ	35
4.2 ปรับค่า $K_y$ เพื่อดูลักษณะกราฟ	41
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. คู่มือการติดตั้ง โปรแกรม MATLAB	50
ภาคผนวก ข. วิธีการใช้โปรแกรมระบบควบคุมแรงสั่นพัส	54
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	61

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการควบคุมระบบ	3
รูปที่ 2.2 แสดงระบบควบคุมแบบเปิด	3
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบย่อยของระบบ	4
รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างระบบควบคุมแบบเปิด การเปิดน้ำเข้าสู่ถัง	4
รูปที่ 2.5 แสดง ระบบควบคุมหลายตัวแปร	5
รูปที่ 2.6 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	6
รูปที่ 2.7 ระบบควบคุมการเปิดน้ำเข้าสู่ถังแบบปิด	7
รูปที่ 2.8 การกำหนดช่วงจำกัดของเอาต์พุต	8
รูปที่ 2.9 ลักษณะการตอบสนองของคอนโทรลเลอร์แบบ integral control	9
รูปที่ 2.10 การตอบสนองของ Derivative Control	10
รูปที่ 2.11 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย Proportional plus Integral	11
รูปที่ 2.12 แผนภาพบล็อกที่ประกอบด้วย PD Control	11
รูปที่ 2.13 Block diagram ที่ประกอบด้วย PID control	12
รูปที่ 2.14 Direct Force control	13
รูปที่ 2.15 Position base explicit	14
รูปที่ 2.16 การควบคุมแรงโดยอาศัย Position base explicit	14
รูปที่ 3.1 แบบของระบบควบคุมแรงสัมผัส	15
รูปที่ 3.2 FBDของระบบควบคุมแรงสัมผัส	16
รูปที่ 3.3 FBDของเฟืองและรางเฟือง	16
รูปที่ 3.4 แรงที่กระทำกับcontour	20
รูปที่ 3.5 F.B.D.ของแรงที่กระทำกับcontour	20
รูปที่ 3.6 open loop block diagram ของระบบควบคุมแรงสัมผัส ของแกน x	25
รูปที่ 3.7 open loop block diagram ของระบบควบคุมแรงสัมผัส ของแกน y	26
รูปที่ 3.8 block diagram ของระบบควบคุมแรงสัมผัส ของแกน x	27

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.9 block diagram การทำสัญญาณ Disturbance compensation	27
รูปที่ 3.10 block diagram ของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน x ที่ได้หลัง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบบควบคุม	28
รูปที่ 3.11 block diagram ของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน y	28
รูปที่ 3.12 block diagram การทำสัญญาณ Disturbance compensation	29
รูปที่ 3.13 block diagram ของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน y ที่ได้หลังการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบบควบคุม	29
รูปที่ 4.1 block diagram ของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่จะนำไปเขียนในโปรแกรม math lab	34
รูปที่ 4.2 block diagram ของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน y ที่จะนำไปเขียนใน โปรแกรม math lab	34
รูปที่ 4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ในโปรแกรม math lab	36
รูปที่ 4.4 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -2$	36
รูปที่ 4.5 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -2.5$	37
รูปที่ 4.6 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -10$	37
รูปที่ 4.7 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -100$	38
รูปที่ 4.8 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -220$	39
รูปที่ 4.9 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -1000$	40
รูปที่ 4.10 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน x ที่ $k_x = -10000$	41
รูปที่ 4.11 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบควบคุมแรงสั่นคัสแกน y ในโปรแกรม math lab	42
รูปที่ 4.12 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน y ที่ $k_y = -2$	42
รูปที่ 4.13 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน y ที่ $k_y = 2$	43

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$ ที่ $k_y = 10$	43
รูปที่ 4.15 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$ ที่ $k_y = 100$	44
รูปที่ 4.16 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$ ที่ $k_y = 220$	45
รูปที่ 4.17 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$ ที่ $k_y = 1000$	46
รูปที่ 4.18 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$ ที่ $k_y = 10000$	47
รูปที่ ก-1 เริ่มการติดตั้งโปรแกรม MATLAB	50
รูปที่ ก-2 หน้าต่าง License Information	51
รูปที่ ก-3 ค่า PLP	51
รูปที่ ก-4 หน้าต่าง License Agreement	51
รูปที่ ก-5 หน้าต่าง Install Type	52
รูปที่ ก-6 หน้าต่าง Folder Selection	52
รูปที่ ก-7 หน้าต่าง Install	53
รูปที่ ก-8 หน้าต่าง Setup Complete	53
รูปที่ ข-1 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB 7	54
รูปที่ ข-2 เมนู Library simulink3	54
รูปที่ ข-3 ขั้นตอนการเปิดไฟล์โปรแกรมแกน $x$	55
รูปที่ ข-4 หน้าต่างแบบจำลองระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $x$	56
รูปที่ ข-5 การกำหนดค่า Step	56
รูปที่ ข-6 การกำหนดค่า Gain	57
รูปที่ ข-7 กราฟของระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $x$	57
รูปที่ ข-8 ขั้นตอนการเปิดไฟล์โปรแกรมในแกน $y$	58
รูปที่ ข-9 หน้าต่างแบบจำลองระบบควบคุมแรงสั่นคัส ของแกน $y$	59
รูปที่ ข-10 กราฟของระบบควบคุมแรงตามแนวสั่นคัส ของแกน $y$	60

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$D_e$	แรงเสียดทาน	$N / m_2$
$F_c$	แรงสัมผัส	$N$
$G_c$	ค่าของสัญญาณdistublane	-
$J_p$	แรงเฉื่อยของตัว pinion	$kg \cdot m^2$
$k_x$	ค่า gain ในแนวแกน x	-
$k_y$	ค่า gain ในแนวแกน y	-
$N_n$	จำนวนฟันเฟืองของตัวที่ n ; $n=1,2,\dots,n$	-
$R_a$	ค่าความต้านทาน	$\Omega$
$R_p$	รัศมีของตัวpinion	$m$
$T$	แรงบิด	$N \cdot m$
$x$	ตำแหน่งอ้างอิงแนวแกน x	$m$
$x_s$	ตำแหน่งเริ่มสัมผัสแนวแกน x	$m$
$x - x_s$	ระยะยวบของสปริงแนวแกน x	$m$
$y$	ตำแหน่งอ้างอิงแนวแกน y	$m$
$y_s$	ตำแหน่งเริ่มสัมผัสแนวแกน y	$m$
$y_s - y$	ระยะยวบของสปริงแนวแกน y	$m$
$\Psi$	มุมในการเคลื่อนที่สัมผัส	องศา
$\lambda$	ค่าความเหนียวนำขดลวดอาร์เมเจอร์	$H$