สารบัญ

บทที่		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	ก
	บทคัดย่อภาษาไทย	ข
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
	สารบัญ	ง
	สารบัญตาราง	จ
	สารบัญภาพประกอบ	ฉ
	คำอธิบายสัญลักษณ์	ช
1	**บทนำ**	1
	1.1 ความสำคัญ / เหตุผล / ปัญหาที่สำคัญของงานวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
	1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
	1.5 ระยะเวลาการทำวิจัย	4
	1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	4
	1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
2	**ผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	6
	2.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
	2.2.1 สเต็ปมอเตอร์	6
	2.2.2 ชุดควบคุม	10
	2.2.3 ชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์	13
	2.2.4 การตรวจวัดเพื่อหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์	16
	2.2.5 ออสซิลโลสโคป	20

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**การคำนวณและการออกแบบ**	22
	3.1 สเต็ปมอเตอร์	22
	3.2 ชุดควบคุม	23
	3.2.1 บอร์ดควบคุมมอเตอร์	23
	3.2.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ	24
	3.2.3 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณป้อนกลับ	24
	3.3 ชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับสเต็ปมอเตอร์	25
	3.3.1 แรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ	25
	3.3.2 แรงบิดที่สเต็ปมอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อนเทคโคเจนเนอเรเตอร์ในชุดจำลอง	26
	3.3.3 ขนาดชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับชุดจำลอง	27
	3.4 การตรวจวัดเพื่อหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์	30
	3.5 ออสซิลโลสโคป	31
4	**ผลการทดสอบ**	33
	4.1 การทดสอบเพื่อค่าความเร็วและความเร่งของสเต็ปมอเตอร์ ในกรณีของการเดินเครื่องเปล่า	33
	4.1.1 ขั้นตอนการทดสอบ	33
	4.1.2 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ,Y และ Z	33
	4.2 การทดสอบเพื่อหาการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์ด้วยชุดจำลองเพื่อทดสอบหาสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์	36
	4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบ	36
	4.2.2 ผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์	36
	4.3 การทดสอบการกัดชิ้นงานจริงด้วยเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก	50
	4.3.1 การทดสอบกัดชิ้นงานในลักษณะของการเคลื่อนที่วิถีตรง	50
	4.3.2 การทดสอบกัดชิ้นงานในลักษณะของการเคลื่อนที่วิถีโค้ง	52
	4.3.3 การทดสอบกัดชิ้นงานในลักษณะของการเคลื่อนที่ทั้งวิถีตรงและวิถีโค้ง	54

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
5	**สรุปและข้อเสนอแนะ**	57
	5.1 สรุป	57
	5.2 ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม		58
ภาคผนวก		59
ก	ความหมายของสัญลักษณ์ใน NC Code	60
ประวัติผู้วิจัย		63

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงผลการทดสอบหาความเร่งและความเร็วของสเต็ปมอเตอร์ที่สามารถขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานในแนวแกน X ได้	34
2	แสดงผลการทดสอบหาความเร่งและความเร็วของสเต็ปมอเตอร์ที่สามารถขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานในแนวแกน Y ได้	34
3	แสดงผลการทดสอบหาความเร่งและความเร็วของสเต็ปมอเตอร์ที่สามารถขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานในแนวแกน Z ได้	35

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติขนาดเล็ก รุ่น MN.1	2
2	แสดงตัวอย่าง และองค์ประกอบของสเต็ปมอเตอร์	7
3	แสดงโครงสร้างสเต็ปมอเตอร์ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ขนาด 2 เฟส	8
4	แสดงโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวรขนาด 2 เฟส	9
5	แสดงโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ชนิดไฮบริดจ์ ขนาด 2 เฟส	9
6	แสดงตัวอย่างของรีโซลเวอร์	11
7	แสดงตัวอย่างของเทคโคเจนเนอเรเตอ	12
8	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเอนโคดเดอร์แบบเพิ่มค่า	13
9	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเอนโคดเดอร์แบบสมบูรณ์	13
10	แสดงการตอบสนองของระบบอันดับสองที่ได้รับอินพุทแบบขั้นบันได และเป็นระบบแบบ Under damped	16
11	แสดงตัวอย่างออสซิลโลสโคป รุ่น BK Precision 2542	21
12	แสดงชุดจำลองการทดสอบสมรรถนะของสเต็ปมอเตอร์	22
13	แสดงสเต็ปมอเตอร์ของบริษัท VEXTA รุ่น PK266-02B	23
14	แสดงบอร์ด Mach Drive NB	24
15	แสดงเทคโคเจนเนอเรเตอร์ของบริษัท RADIO-ENERGIE รุ่น REO44N	24
16	แสดงภาพของชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับชุดจำลอง สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ	29
17	แสดงภาพของชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดให้กับชุดจำลอง สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระดิ่ง	30
18	แสดงการตอบสนองของระบบอันดับสองที่ได้รับอินพุทแบบขั้นบันได เมื่อระบบมีค่า ζ ที่แตกต่างกัน	31
19	แสดงออสซิลโลสโคป รุ่น BK Precision 2160A	32

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
20	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 130% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	37
21	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 140% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	38
22	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 150% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	38
23	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 160% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	39
24	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 170% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	39
25	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 130% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	40
26	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 140% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	41
27	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 150% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	41
28	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 160% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	42
29	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (X,Y) เมื่อโหลดเป็น 170% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	43
30	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 130% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	44
31	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 140% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	44
32	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 150% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	45

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
33	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 160% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	46
34	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 170% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 10%	46
35	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 130% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	47
36	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 140% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	48
37	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 150% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	48
38	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 160% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	49
39	แสดงผลการตอบสนองของสเต็ปมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง(Z) เมื่อโหลดเป็น 170% และเมื่อความเร่งเพิ่มขึ้นครั้งละ 1%	50
40	แสดงรูปชิ้นงานที่ได้จากการกัดด้วยเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ ในรูปแบบการเคลื่อนที่วิถีตรงที่ความเร็วคงที่ 93.60 mm/s และที่ค่าความเร่งต่างๆ	52
41	แสดงรูปชิ้นงานที่ได้จากการกัดด้วยเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ ในรูปแบบการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่ความเร็วคงที่ 93.60 mm/s และที่ค่าความเร่งต่างๆ	54
42	แสดงรูปชิ้นงานที่ได้จากการกัดด้วยเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติ ในรูปแบบการเคลื่อนที่ทั้งวิถีตรงและวิถีโค้งที่ความเร็วคงที่ 93.60 mm/s และที่ค่าความเร่งต่างๆ	57

คำอธิบายสัญลักษณ์

$T_{l,i}$	แรงบิดรวมที่สเต็ปมอเตอร์ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกัดชิ้นงานอัตโนมัติในแนวแกน i
F_i	แรงในแนวแกน i
$T_{friction}$	แรงบิดที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทาน
$J_{coupling}$	แรงเฉื่อยของตัวจับยึด
J_{screw}	แรงเฉื่อยของบอลสกรู
$J_{reflect}$	แรงเฉื่อยเนื่องจากมวล
M_i	มวลที่สเต็ปมอเตอร์ต้องขับเคลื่อนในแนวแกน i
M_b	มวลที่ของบอลสกรู
M_c	มวลที่ของตัวจับยึด
r_i	รัศมีวงในของตัวจับยึด
r_o	รัศมีวงนองของตัวจับยึด
α	ค่าความเร่งเชิงมุม (rad/s^2)
a	ค่าความเร่งเชิงเส้น (m/s^2)
μ	ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของบอลสกรู
η	ค่าประสิทธิภาพของบอลสกรู
P	ระยะพิตช์ของบอลสกรู
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบอลสกรู
$M_{o,i}$	มวลของชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลดในแนวแกน i
J	แรงเฉื่อยของชิ้นงานที่ทำหน้าที่สร้างโหลด
ω_d	Damped oscillation frequency
ω_n	ความถี่ธรรมชาติ