



ระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงแบบ Field Weakening

D.C. MOTOR DRIVE WITH FIELD WEAKENING



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

040584

D.C. MOTOR DRIVE WITH FIELD WEAKENING



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENT ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าเอกสารมีประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1998

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง

ระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Field Weakening

ชื่อนักศึกษา

นาย ชัยณรงค์ สิริเขต

นาย สุรพงษ์ พงษ์ยุพินพานิช

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title D.C. Motor Drive With Field Weakening

Student Mr. Chainarong Sirikat

Mr. Surapong Pongyupinpanich

Thesis Advisor Associate Prof. Vittaya Tipsuwanporn

Year 1998

ABSTRACT

This project is to create D.C. Motor Drive with Field Weakening .It uses separately excited motor to control separately between field and amature current by using Power Mosfet for driving two current. The Setpoint is two values , the speed that is the main point and Back Emf that is the determinant of current decreasing , called field weakening region . The Controller is βI Regulator , instead of PID . The gain of controller uses qualification of motor to be gain scheduling , proper to range of speed. The controller uses microcomputer for controlling, which can determine the speed and monitor for the results of controlling motor rotating direction from computer's monitor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Field Weaking
ผู้จัดทำ	นาย ชัยณรงค์ ศิริเขต
	นาย สุรพงษ์ พงษ์ยุพินพานิช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. วิทยา ทิพย์สุวรรณพร
ระดับการศึกษา	ปริญญาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการควบคุม
ภาควิชา	เทคโนโลยีการควบคุมทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ชิ้นนี้เป็นงานนำเสนอ การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงขณะที่กระแสฟีดมีค่าต่างๆ (D.C. Motor Drive With Field Weaking) ใช้มอเตอร์แบบแยกกระตุ้นขดฟีด (Separately Excited) ทำการควบคุมแยกกันระหว่างกระแสฟีดและกระแสอาร์เมเจอร์ โดยใช้ Power Mosfet เป็นตัวขับกระแสทั้ง 2 ด้าน มีเป้าหมายสองค่า คือ ค่าความเร็วซึ่งเป็นค่าเป้าหมายหลัก และค่าแรงดันย้อนกลับ (Back Emf) เป็นตัวกำหนดทำให้เกิดการลดค่าลงของกระแสฟีด เรียกว่าย่าน Field Weaking ตัวควบคุมจะใช้แบบ βI Regulator แทนการใช้งาน PID อัตราการขยายของตัวควบคุมจะใช้คุณสมบัติต่างๆ ในตัวมอเตอร์มาเป็นตัวกำหนดอัตราการขยาย (Gain Scheduling) ให้มีความเหมาะสมในแต่ละย่านความเร็ว โดยตัวควบคุมจะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นตัวควบคุม โดยสามารถกำหนดค่าความเร็วและดูผลการควบคุมตลอดจนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้จากทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการควบคุม D.C. Motor	2
- พื้นฐานการควบคุม D.C. Motor	3
- ลักษณะการควบคุมของระบบ D.C. Motor	4
- วิธีการควบคุมมอเตอร์	8
- หลักการทำงานของ D.C. Motor	12
- ประเภทของ D.C. Motor	13
3. เซ็นเซอร์และเอนโคเดอร์ของเฟลมอเตอร์	29
- โพลเทนทีโอมิเตอร์	29
- ทาโคมิเตอร์	31
- อินคริเม็นต์เอนโคเดอร์	35
4. การติดต่อกับคอมพิวเตอร์และวงจรขับมอเตอร์	44
- การ Interface	44
- โครงสร้างภายในของ 8255A	48
- เทคนิคการดีไค้ดแอดเดรส	52
- A/D Convertor	54
- D/A Convertor	55
- วงจรขับมอเตอร์	56
- วงจรป้องกัน	57
- วงจรกลับแรงดันทางด้านบวก	58
- วงจรกลับทางหมุน	59
5. การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Field Weakening	60
6. การทดลองและผลการทดลอง	66
7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	79

สารบัญ(ต่อ)

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	การใช้งานแอดเดสสำหรับพอร์ตบนไอพีเอ็มพีซี	46
2.	ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6, \beta = 7, \text{SetE}_{\max} = 30$ NoLoad	75
3.	ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6, \beta = 7, \text{SetE}_{\max} = 30$ ที่ FullLoad	77



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

	หน้า
1. หุ่นยนต์สำหรับใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรมขนาดเบา	2
2. ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์	3
3. บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ	4
5. แสดงบล็อกไดอะแกรม ของระบบการบังคับตำแหน่งที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวเสริมเสถียรภาพให้ดีขึ้น	5
6. ระบบการคอนโทรลตำแหน่งด้วยสัญญาณซิงโคร	6
7. ระบบแอสซันไครว์เทปแม่เหล็ก	6
8. บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิทัลคอนโทรลของดีซีมอเตอร์	7
9. ระบบคอนโทรลการพันคอยล์	7
10. แสดงระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์ด้วยเลขไบนารี	8
11. ระบบคอนโทรลความเร็วของเครื่องจักรกล NC	8
12. ระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	9
13. ระบบคอนโทรลตำแหน่งด้วยสัญญาณดิจิทัล	9
14. ระบบขับเคลื่อนสายพาน	10
15. แสดงระบบป้องกันกระดาศของไลน์ปรินเตอร์	10
16. ระบบคอนโทรลความเร็วแบบเฟลต็อคลูฟสำหรับการป้อนกระดาศของเครื่องอัดสำเนาเอกสาร	11
17. แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์	13
18. แสดงดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ค่อนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก	14
19. แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมใต้สภาวะโวลท์เตจคงที่	14
20. แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของ Shut Motor ภายใต้สภาวะอาร์เมเจอร์โวลท์เตจคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่	15
21. ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร	15
22. แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก	17
23. ดีซีมอเตอร์และเอนโคคเคอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กขนาดต่างๆ	17
24. แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

25. อาร์เมเจอร์แบบเป็นขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งมีรูปร่างเป็นถ้วยทรงกระบอกและเพลลาเพลลาเอาท์พุททำด้วยซีรามิกอาลูมินียมเพื่อให้ทนต่อแรงดึง ได้สูง	19
26. แสดงรูปร่างและ โครงสร้างแม่เหล็กของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่	19
27. แสดงถึงดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนมีรูปร่างเป็นจาน	19
28. รูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านและ โรเตอร์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร	20
29. แสดงถึงส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการบังคับดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน	21
30. โมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์แยกกระตุ้น	22
31. แสดงถึงแรงบิดต่างๆที่เกิดขึ้นต่อ โหลดของมอเตอร์	24
32. บล็อกไดอะแกรมของดีซีมอเตอร์โมเดล	26
33. แสดงการไหลของกำลังงานในดีซีมอเตอร์	27
34. โรตารี โฟเทนทีโอมิเตอร์แบบเพลลาหมุนได้ 10 รอบ	30
35. โครงสร้างภายในของ โฟเทนทีโอมิเตอร์แบบเพลลาหมุนได้รอบเดียว	30
36. โฟเทนทีโอมิเตอร์แบบเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงที่มีวงจรรายอยู่ภายในตัวด้วย	30
37. แสดงถึงวงจรรายของ โฟเทนทีโอมิเตอร์ (ก) แบบคิเนียร์ (ข) แบบโรตารี	31
38. ระบบเอซีคอนโทรลที่ใช้ซึ่ง โครเป็นตัวเออร์เรอร์ดีเท็คเตอร์	32
39. แสดงถึง โครงสร้างภายในของดีซีทาโคเจนเนอเรเตอร์	32
40. แสดงถึงส่วนประกอบของดีซีเจนเนอเรเตอร์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เอาท์พุท 37 โวลท์ที่ 1800 rpm	33
41. บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับความเร็ว	33
42. บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับตำแหน่งที่มีการแดมปีงด้วยทาโคมิเตอร์	33
43. การอ่านค่าความเร็วของเพลลาของมอเตอร์ด้วยทาโคมิเตอร์	34
44. โครงสร้างและส่วนประกอบแม่เหล็กของทาโคมิเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุนมีความเฉื่อยต่ำ	34
45. ดีซีทาโคเจนเนอเรเตอร์มีทรานเฟอร์ฟังก์ชันเท่ากับ โวลท์/เรเดียนต่อวินาที	35
46. ตัวอย่างกลไกของออฟโตอินครีเมนท	36
47. แสดงถึงตัวเซ็นเซอร์แบบมีช่องปิดเปิดให้แสงผ่านได้ช่องเดียวและแบบมีหลายช่อง	36
48. (ก) ตัวอย่างลูกคลื่นเอาท์พุทที่เหลื่อมของอุปกรณ์เอนโคเดอร์ช่องเดียว	

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบต่อการใช้งานเอกสารทุกฉบับที่มีการนำไปใช้

(ข) ตัวอย่างสัญญาณเอนโคเดอร์ 2 ช่องมีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา 37

สารบัญญภาพ(ต่อ)

	หน้า
49. ตัวอย่างส่วนประกอบของเอนโคคเตอร์	37
50. ไคอะแกรมของขดลวด 4 ขด ของรีโซลเวอร์	38
51. โรเตอร์โวลท์เตจของขดลวด 4 ขดรีโซลเวอร์	38
52. ตัวอย่างการวางรูปลักษณะของแผ่นงานสเตเตอร์และโรเตอร์ของอินคัคโตซิน	40
53. ลักษณะการวางรูปของแมกนิติกฟิคอัพเอนโคคเตอร์	41
54. โครงสร้างภายในของตัวแมกนิติกฟิคอัพ	41
55. ตัวอย่างของแมกนิติกฟิคอัพ	41
56. ตัวอย่างลูกคลื่นโวลท์เตจเอาท์พุทของแมกนิติกฟิคอัพเซ็นเซอร์	42
57. ลูกคลื่นเอาท์พุทของตัวฟิคอัพความเร็วแบบแม่เหล็ก	
(ก) ฟันเกียร์อย่างหยาบ	(ข) ฟันเกียร์อย่างละเอียด
(ค) เพลาหมุนเป็นใบพัด	(ง) เพลาหมุนเป็นวงล้อพิเศษ
58. บล็อกไคอะแกรมแสดงการแปลงความถี่เป็นโวลท์เตจ	42
59. ไคอะแกรมของลูกคลื่นที่จุดต่างๆในบล็อกไคอะแกรมของรูปที่ 3.25	43
60. แสดง Slot บนคอมพิวเตอร์	44
61. แสดงสัญญาณต่างๆใน I/O Slot บน IBM PC	45
62. แสดงโครงสร้างของ IC 8255A	47
63. แสดงโครงสร้างภายในของ 8255A	48
64. แสดงความหมายของบิตต่างๆในรหัสควบคุม	51
65. แสดงพื้นฐานของการดีโค้ด	53
66. รูปวงจรดีโค้ด	54
67. วงจรในส่วนของ A/D Converter	55
68. แสดงวงจรในส่วนของ D/A Converter	55
69. วงจรขับกระแส	56
70. แสดงส่วนของวงจรป้องกัน	57
71. วงจรกลับแรงดันต้านบวก	58
72. วงจรกลับทางหมุนของมอเตอร์	59
73. แสดงการทำงานของระบบ	61
74. แสดงส่วนประกอบต่างๆในการควบคุมความเร็ว D.C. Motor แบบ Field Weakening โดยใช้ Microcomputer	66
75. การแสดงผลทางหน้าจอ โดยใช้กราฟเส้น	67

สารบัญญภาพ(ต่อ)

	หน้า
76. การแสดงผลทางหน้าจอโดยใช้กราฟแท่งและตัวเลข	67
77. การ Start Motor จากความเร็วที่ 0 – 1500 rpm	68
78. การเปลี่ยนความเร็วจาก 800 rpm ไปสู่ 1500 rpm	69
79. การเปลี่ยนความเร็วจาก 1500 rpm ไปสู่ 800 rpm	69
80. ผลตอบสนองที่ความเร็ว 1500 rpm ขณะใส่โหลด	70
81. ผลตอบสนองที่ความเร็ว 1500 rpm ขณะปลดโหลด	70
82. การเข้าสู่ Setpoint ที่ความเร็ว 1660 rpm	71
83. การเพิ่มความเร็วแบบเป็น Step	72
84. การลดความเร็วแบบเป็น Step	73
85. ผลตอบสนองต่อการใส่โหลดและการปลดโหลดที่ความเร็วต่างๆ	74
86. ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6, \beta = 7, \text{SetEmax} = 30$ Noload	76
87. ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6, \beta = 7, \text{SetEmax} = 30$ ที่ FullLoad	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการควบคุมดิซิมอเตอร์จะพบได้ในงานอุตสาหกรรมส่วนมากเนื่องจากความก้าวหน้าทางไมโครอิเล็กทรอนิกส์และไมโครโปรเซสเซอร์

ระบบการควบคุมแบบดั้งเดิมพลังงานจักรกลที่สำคัญในระบบมักได้แก่ พวงมอเตอร์ไฟฟ้าต่างๆ ไฮดรอลิกแอกชูเอเตอร์และพวงเบรกและคลัทช์เป็นต้น แต่ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสร้างแม่เหล็กถาวรให้มีคุณภาพสูง ทำให้ดิซิมอเตอร์กลายเป็นพลังจักรกลที่สำคัญในระบบควบคุมเกือบทุกชนิดในปัจจุบัน และในเวลาเดียวกันบวกกับความก้าวหน้าของไมโครโปรเซสเซอร์ได้สร้างประยุกต์งานใหม่ๆ ขึ้นทำให้ดิซิมอเตอร์และสเตรปมอเตอร์ได้รับความนิยมในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันอย่างกว้างขวาง

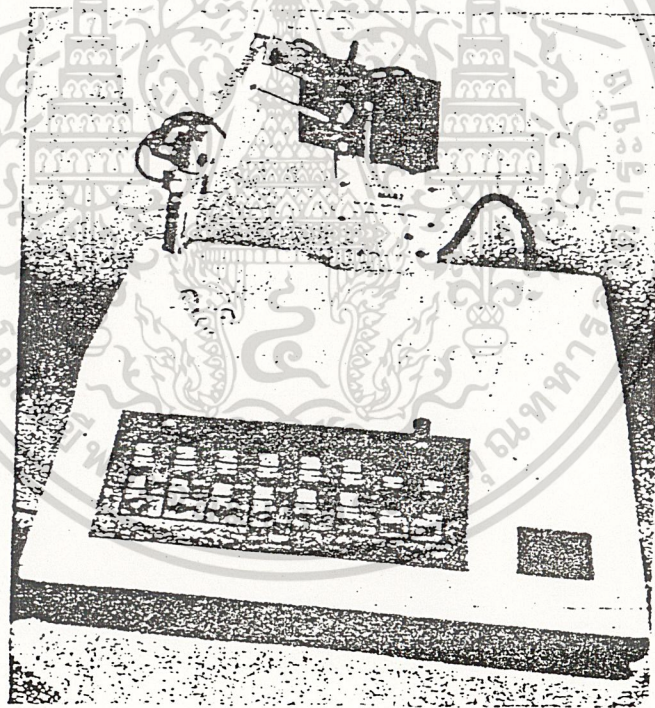
ในเครื่องจักรกลบางชนิดเช่น ระบบควบคุมความเร็วของสายพาน, เครื่องเจาะ, Rolling Mill ต้องการเครื่องจักรหรือ ตัวขับที่สามารถปรับเปลี่ยนความเร็ว และรักษาระดับความเร็วนั้น ได้อย่างคงที่นอกจากนั้นยังต้องสามารถกลับทิศทางการหมุนพร้อมกับเบรกได้อย่างดี ซึ่งตามปกติเราสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้เครื่องยนต์เบนซินหรือเครื่องยนต์ดีเซล แต่เนื่องจากเครื่องยนต์มีขนาดใหญ่และต้องการการบำรุงรักษาอย่างมาก อีกทั้งยังเกิดเสียงดังและเกิดมลภาวะเป็นพิษเนื่องจากควันจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ ดังนั้นเราจึงมักเลือกใช้เครื่องจักรต้นกำลังที่ใช้ไฟฟ้า คือ A.C. Motor หรือ D.C. Motor แต่เนื่องจากเงื่อนไขการควบคุมมีทั้งการกลับทางหมุน การควบคุม Speed และอื่นๆ ซึ่งการเลือกใช้ A.C. Motor มาเป็นตัวต้นกำลังนั้นจะเห็นได้ว่าทำได้ยากกว่าการใช้ D.C. Motor ดังนั้นเราจึงเลือก D.C. Motor มาเป็นตัวขับแทน ซึ่งตัวควบคุมจะใช้ตัวควบคุมแบบ Field Weakening และใช้หลักการหาค่า Gain Scheduling เพื่อเป็นการกำหนดค่า Gain ให้เหมาะสมสำหรับตัวควบคุมในช่วงความเร็วที่แตกต่างกัน โดยเน้นที่จะให้การควบคุมนั้นมีเสถียรภาพดีในย่านกว้างๆ สามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมายอย่างรวดเร็ว และด้วยความเจริญก้าวหน้าของไมโครคอมพิวเตอร์ ทำให้ในปัจจุบันมีคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีโปรแกรมภาษาขั้นสูง ที่สามารถสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากๆ ให้มีความง่ายขึ้น ทางผู้จัดทำจึงได้นำไมโครคอมพิวเตอร์มาเป็นตัวควบคุมหลักและต้องวงจรชุด Interface เพื่อควบคุมวงจรขั้วมอเตอร์ โดยใช้หลักการดังที่กล่าวมาแล้วจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับการควบคุม D.C Motor

D.C. Motor เป็นอนาล็อกอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีตำแหน่งหยุดที่แน่นอนเหมือนสเตปมอเตอร์ ดังนั้นระบบคอนโทรลดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปมักเป็นระบบแบบปิด-loop ในระบบปิด-loop ตำแหน่ง Output หรือความเร็วเอาต์พุตจะถูกป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับอินพุตอ้างอิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติการทำงานที่ต้องการ ในรูปที่ 2.1 เป็นหุ่นยนต์แบบหนึ่งที่ใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรมขนาดเบา โดยดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนในแต่ละข้อต่อทำให้สามารถทำการกำหนดตำแหน่งได้อย่างสมบูรณ์ สามารถโปรแกรมใช้งานต่างๆได้อย่างกว้างขวาง มีความแข็งแรงและสามารถจับยึดสิ่งของต่างๆ ได้อย่างคล่องตัว



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์สำหรับใช้ในงานวิจัยและอุตสาหกรรมขนาดเบา

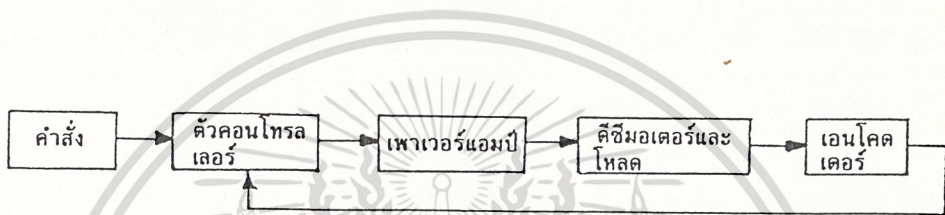
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานของระบบควบคุมดิซีมอเตอร์

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบคอนโทรลดิซีมอเตอร์แสดงได้ในบล็อกไดอะแกรมในรูปที่

2.2 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกที่สำคัญ 4 บล็อกคือ

1. Controller
2. วงจรไครเวอร์หรือเพาเวอร์แอมป์
3. ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคเดอร์
4. ดิซีมอเตอร์และโหลด



รูปที่ 2.2 ระบบการคอนโทรลดิซีมอเตอร์แบบพื้นฐาน

ตัวคอนโทรลเลอร์

เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ทำให้เกิดสัญญาณคอนโทรลไปยังดิซีมอเตอร์และโหลด คอนโทรลเลอร์ที่ให้ออกสัญญาณคอนโทรลเป็นสัญญาณดิจิทัลเราเรียกว่า ดิจิตอลคอนโทรลเลอร์

วงจรไครเวอร์

เป็นส่วนประกอบของระบบที่ต่ออยู่ระหว่างตัวคอนโทรลเลอร์กับดิซีมอเตอร์และโหลดมีหน้าที่ปรับรูปและขยายสัญญาณให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนเข้าไปขับดิซีมอเตอร์และโหลด วงจรไครเวอร์ส่วนใหญ่ได้แก่เพาเวอร์แอมป์ไฟซึ่งอาจแบ่งย่อยออกเป็นลิเนียร์เพาเวอร์แอมป์ไฟและพัลส์วิด โมดูเลชันแอมป์ไฟ

ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์หรือเอนโคเดอร์

เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่รับรู้หรือตีความสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ โดยไม่มีผลของการโหลดเอคคิง (loading) การตีความที่ตีเทคได้นี้จะป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงทำให้ได้สัญญาณ Error ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ อนุภาคทรานสดิวเซอร์คือ สิ่งประดิษฐ์ใช้ไปใช้

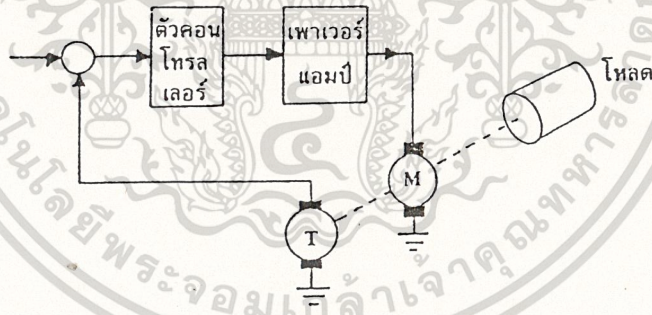
เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณอนาลอกได้แก่พวก เทลโคเซนเนอร์เรเตอร์ โปเทนทิโอมิเตอร์และซิงโคร เป็นต้น ส่วนพีคแบ็คทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งคือ ดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ เป็นตั้งประดิษฐ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานรูปหนึ่งให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้แก่พวกอินคริเมนทอลโคเดอรรีโซลเวอร์ แมกนิติกฟิคอัพ เป็นต้น

ดีซีมอเตอร์และโหลด

คือ ระบบที่ถูกคอนโทรลหรือส่วนที่ออกแรงทำงานซึ่งจะเป็นเครื่องจักรกล (ดีซีมอเตอร์) หรืออะไรก็ตามที่ให้ตัวแปร ดีซีมอเตอร์ในที่นี้เป็นแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง มีอาร์เมเจอร์อินดักแตนซ์และแรงเสียดของโรเตอร์ต่ำ ซึ่งจะได้อธิบายถึงหลักการการทำงานต่อไป

ลักษณะการควบคุมของระบบดีซีมอเตอร์

ระบบการคอนโทรลดีซีมอเตอร์สามารถที่จะจำแนกลักษณะการคอนโทรลออกได้เป็น 2 แบบ คือ อนาล็อกคอนโทรลและระบบดิจิตอลคอนโทรล



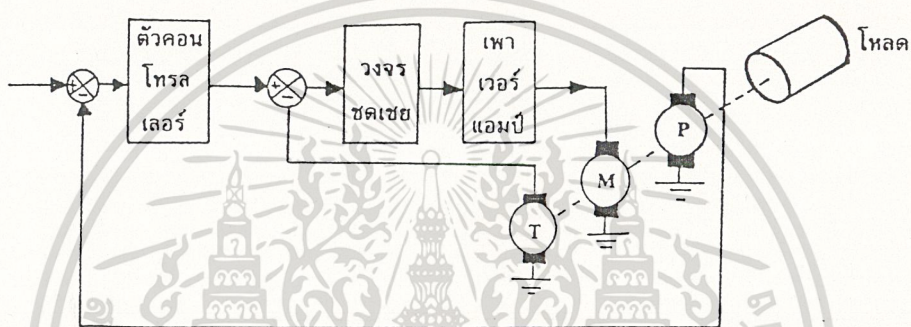
รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับความเร็วที่มีทาโคมิเตอร์เป็นตัวป้อนกลับ

ระบบอนาล็อกคอนโทรล

ในคอนโทรลลูประบบอนาล็อกคอนโทรล เอาท์พุทของระบบจะถูกวัดค่าหรือดีเท็คค่าได้ เป็นสัดส่วนกับสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาลอก เช่นระบบที่มีการป้อนกลับด้วยทาโคมิเตอร์ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังในรูปที่ 2.3 โวลต์เตจเอาต์พุทของทาโคมิเตอร์จะเป็นสัญญาณอนาล็อกของความเร็วรอบของมอเตอร์

ในการทำงานเดียวกันการบังคับตำแหน่งดังแสดงดังรูป 2.4 ไดนามิกวาริเอเบิล(การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโหลด) จะเป็นสัดส่วนกับโวลต์เตจเอาต์พุทที่ได้จากโปเทนทิโอมิเตอร์ นั่นคือตำแหน่งเอาต์พุทของระบบเป็นสัญญาณอนาล็อกของไดนามิกวาริเอเบิล

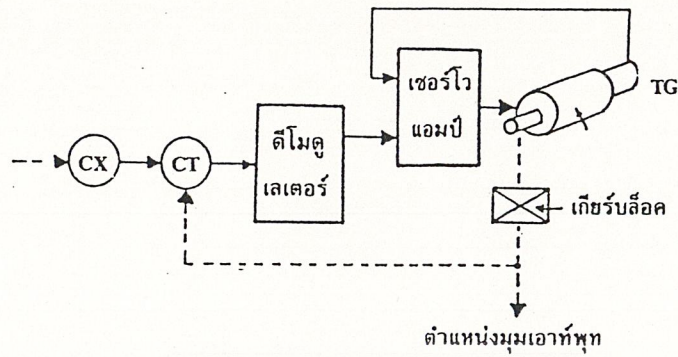


รูปที่ 2.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับตำแหน่งที่มีเทค โคมิเตอร์เป็นตัวเสริมเสถียรภาพให้ดีขึ้น

สรุปได้ว่าระบบอนาล็อกคอนโทรลก็คือคอนโทรลลูปที่มีฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ เป็นอนาล็อกทรานสดิวเซอร์ วัดค่าไดนามิกวาริเอเบิลออกเป็นสัญญาณอนาล็อกป้อนกลับไปยังตัวอนาล็อกคอนโทรลเลอร์เพื่อคอนโทรลให้ได้คุณสมบัติการทำงานเป็นไปตามที่ต้องการ ตัวอย่างของระบบอนาล็อกคอนโทรลของระบบคิซีมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.5 และ 2.6 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมของระบบอนาล็อกคิซีมอเตอร์คอนโทรลมีดังนี้

เครื่องจักรกลสำหรับพันคอยล์, เครื่องจักรกลสำหรับการต่อสาย, เครื่องโฟโต้คอปปี X-Y พล็อตเตอร์, ระบบควบคุมการตามร่องแสงอาทิตย์ของโซลาร์เซลล์, สหวิทยาธิเร็คคอร์ทเตอร์, เครื่องมือแพทย์, เครื่องจักรกลการเกษตร, ระบบคอนโทรลในเครื่องบิน, เครื่องมือการผลิตสารกึ่งตัวนำ, เครื่องจักรที่สามารถตัดและเชื่อมอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ระบบการคอนโทรลตำแหน่งด้วยสัญญาณเชิงโคร



รูป 2.6 ระบบแก๊สสตันไครว์แทปแม่เหล็ก

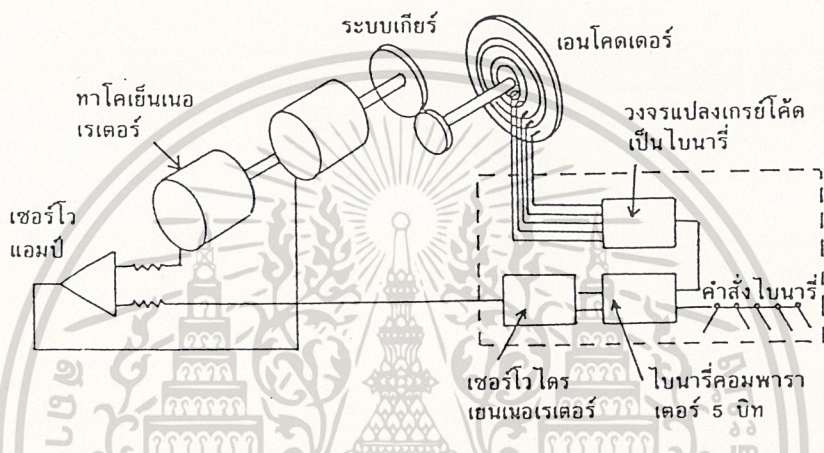
ระบบดิจิทัลคอนโทรล

ระบบดิจิทัลคอนโทรลคือระบบที่คอนโทรลลูฟมีพีคแบ็คทรานควิวเซอร์เป็นสัญญาณดิจิทัลทรานควิวเซอร์ซึ่งสามารถวัดค่าไดนามิกควารีเอเบิลออก เป็นสัญญาณดิจิทัลหรือในรูปของสัญญาณแอนโคดดิ้งของไบนารี คือสัญญาณเอ๊าท์พุทของดิจิทัลทรานควิวเซอร์จะเป็นไค้คไบนารีป้อนกลับไปบังคับตัวดิจิทัลคอนโทรลให้คุณสมบัติการทำงานของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ บล็อกไดอะแกรมของระบบดิจิทัลคอนโทรลของตีซีมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.7

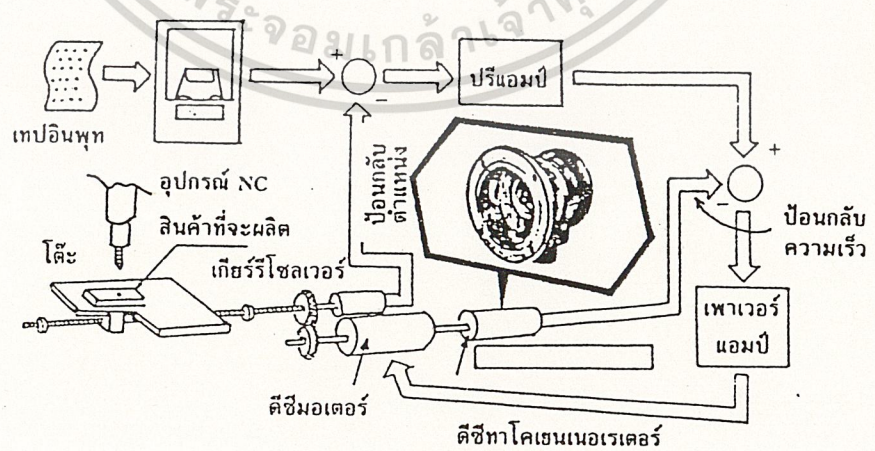
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการควบคุมมอเตอร์

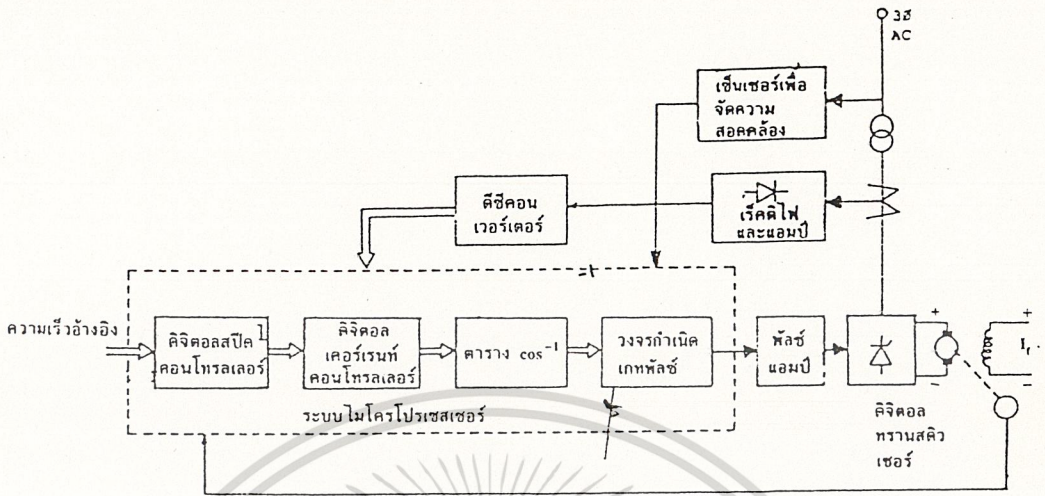
- (ก) เฟสคอนโทรลโดยใช้ไทรริสเตอร์ (SCR)
- (ข) โวลต์เตจคอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์
- (ค) ออน-ออฟ คอนโทรลโดยใช้ทรานซิสเตอร์และไทรริสเตอร์
- (ง) โทม์เรโซคอนโทรล
- (จ) เฟสล็อกคูลฟคอนโทรล



รูปที่ 2.9 แสดงระบบการคอนโทรลความเร็วของมอเตอร์ด้วยตัวเลขไบนารี

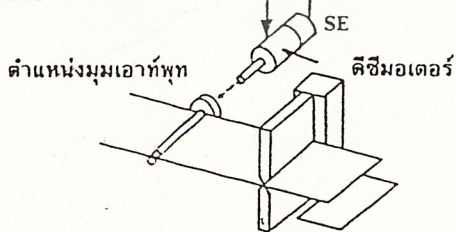
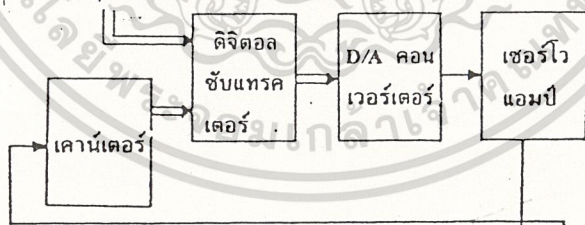


รูปที่ 2.10 ระบบคอนโทรลความเร็วของเครื่องจักรกล NC

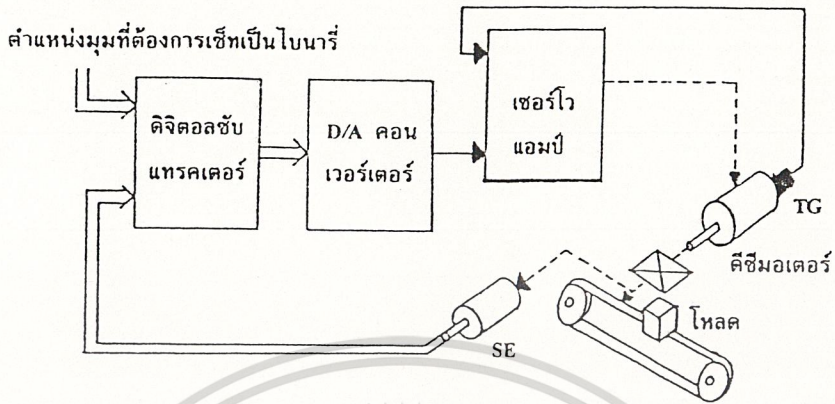


รูปที่ 2.11 ระบบคอนโทรลคิซิมอเตอร์ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์

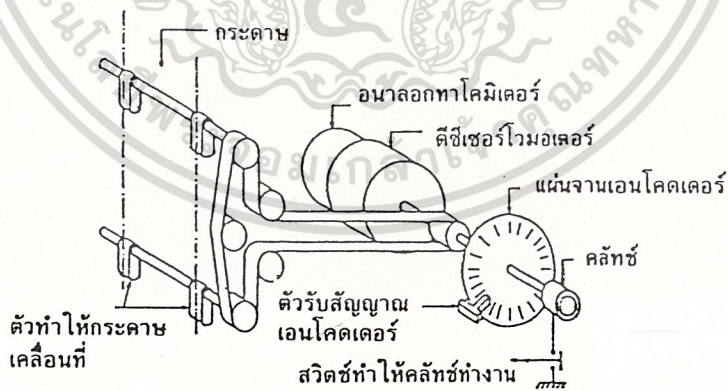
ตำแหน่งมุมที่ต้องการเซ็เป็นไบนารี



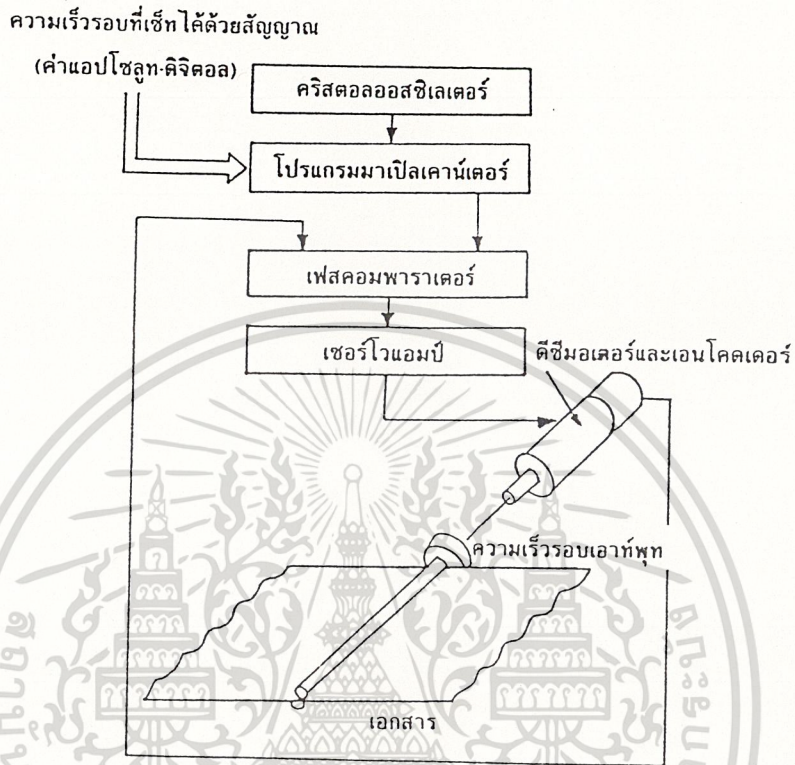
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 2.12 ระบบคอนโทรลตำแหน่งด้วยสัญญาณคิจิตอลทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ระบบขับเคลื่อนสายพาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 2.14 แสดงระบบป้องกันกระดาศของไลน์ปรีนเตอร์ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ระบบคอนโทรลความเร็วแบบเฟสล็อกคูล์ฟสำหรับการป้อนกระดาศของเครื่อง
อัดสำเนาเอกसार

การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยเอซีไวต์เจจ

- (1) เฟสคอนโทรลด้วยไทรริสเตอร์ (TRIAC)
- (2) อินทิกรัลคอนโทรลด้วยไทรริสเตอร์

การคอนโทรลมอเตอร์ด้วยการคอนโทรลความเร็ว

- (1) อินเวอร์เตอร์ด้วยทรานซิสเตอร์
- (2) อินเวอร์เตอร์ด้วยไทรริสเตอร์

นอกจากนี้เฟสล็อกคูล์ฟคอนโทรลสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณสมบัติพิเศษคือ แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ

หลักการนี้แสดงดังรูปที่ 2.13 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟลักซ์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก ϕ และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I \quad \text{-----} \quad (1)$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลลา มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

I คือกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์

K คือค่าคงที่ ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแส

เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิด โวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลาของมอเตอร์และการดำเนินการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วเพลลามอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega \quad \text{-----} \quad (2)$$

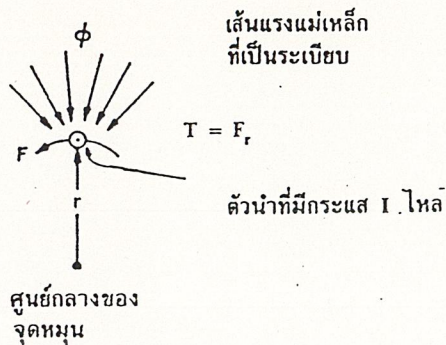
เมื่อ E คือค่าโวลต์เตจย้อนกลับ cmf มีหน่วยเป็น โวลต์

ϕ คือเส้นแรงแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์

ω คือความเร็วของมอเตอร์ มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที

จากสมการ (1),(2) เป็นสมการแสดงถึงหลักการงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์

ประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราพิจารณาแยกประเภทลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์เมเจอร์สามารถแยกออกได้ 3 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์มีขดลวดพันอยู่กับพื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Dc Motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดแปรงถ่านยกเว้น การคอมมิวเทชัน การกระทำโดยทางเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

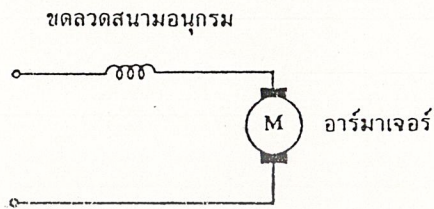
ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยังแบ่งแยกได้เป็น 2 แบบคือ

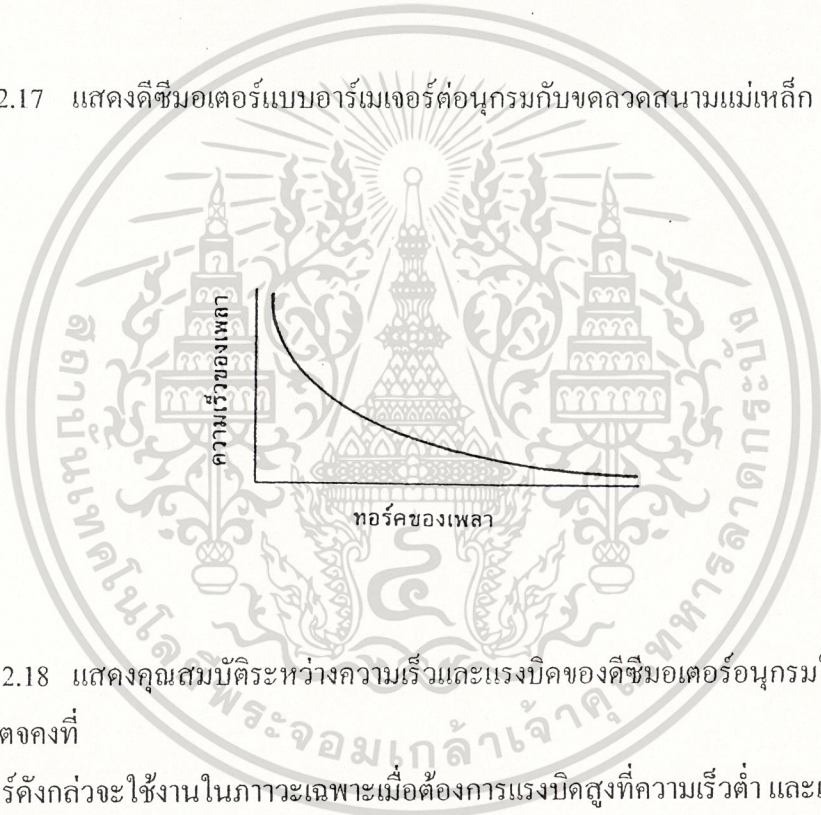
1. แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่อแบบอนุกรมแสดงในรูปที่ 2.17 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสคั้งนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ดังแสดงในรูปที่ 2.18



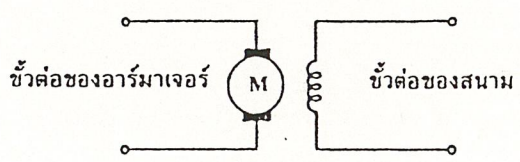
รูปที่ 2.17 แสดงดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก



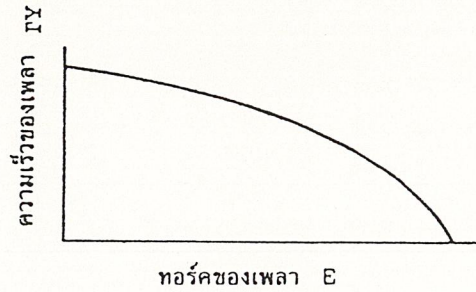
รูปที่ 2.18 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีมอเตอร์อนุกรมได้สภาวะโวลท์เตจคงที่

มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดต่ำที่ความเร็วสูง เช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้นแสดงในรูปที่ 2.19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง รูปที่ 2.19 ดีซีมอเตอร์แบบแยกปรับสนามแม่เหล็ก ออกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

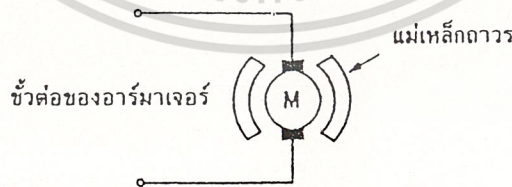


รูปที่ 2.20 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของ Shunt Motor ภายใต้สภาวะอาร์เมเจอร์ โวลต์เตจคงที่และการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่

ดีซีมอเตอร์แบบนี้มักนิยมเรียกว่า มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่างอิสระต่อกระแสของขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์มักจะมีใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูปที่ 2.20 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของชั้นที่มอเตอร์ภายใต้การกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์เมเจอร์ โวลต์เตจคงที่

ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิวด์ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ดีซีมอเตอร์แบบฟิวด์เป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นในระบบนี้เส้นแรงของฟิวด์มีค่าคงที่ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์และแรงด้านการค้า บิดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นสมการที่ 1 เขียนได้เป็นเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = K_t I \quad \text{_____ (3)}$$

และสมการที่ 2 เป็น

$$E = K_e \omega \quad \text{_____ (4)}$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะลิเนียร์ สมการทางไฟฟ้าของคีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_e \omega + L \frac{di}{dt} + Ri \quad \text{_____ (5)}$$

เมื่อ V คือค่าโวลต์เตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์

K_e คือค่าคงที่ของโวลต์เตจย้อนกลับ

L คืออินดักแตนซ์ของอาร์เมเจอร์

R คือความต้านทานขั้วของมอเตอร์

สมการไดนามิกของมอเตอร์คือ

$$T_g = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_f + T_l \quad \text{_____ (6)}$$

เมื่อ T_g คือแรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือผลรวมของโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด

B คือสัมประสิทธิ์ของวิสกอสแดมปีง

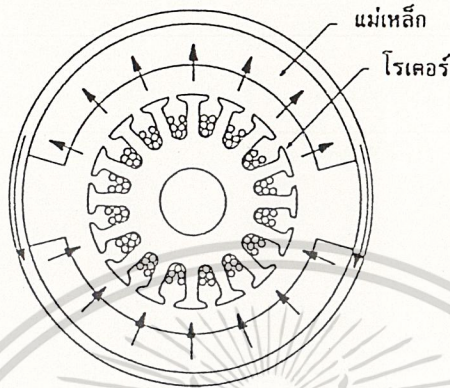
T_f คือแรงบิดเสียดทานภายใน

T_l คือแรงบิดโหลด

สมการต่างๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟิลด์จะเหมือนกับแบบกระตุ้นคงที่อย่างไรก็ตาม ข้อดีของมอเตอร์แบบฟิลด์แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขั้วลวดคือ มันไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลด์ และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากัน นอกจากนี้ความสัมพันธ์เชิงเส้นในสมการ (1) ยังให้ค่าของกระแสอาร์เม

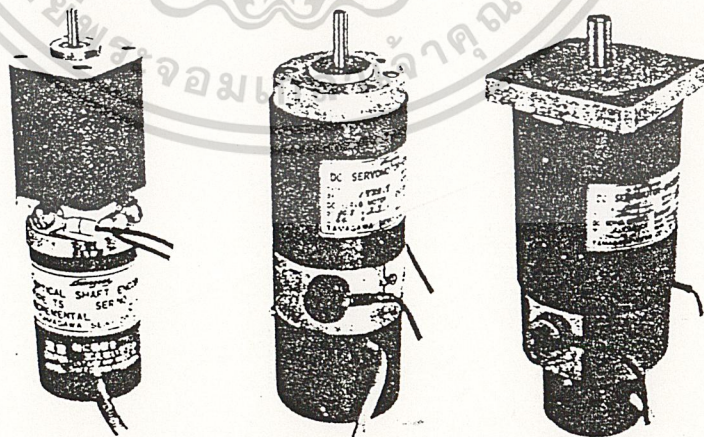
เจอร์ที่สูงกว่าดิซิมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นขดลวด
บิตของไหลคสูง

การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรง



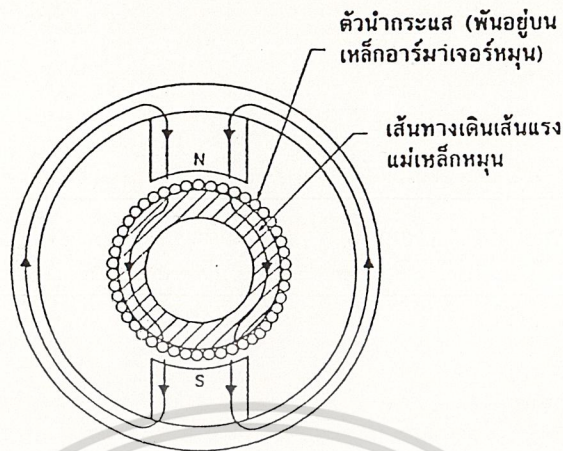
รูปที่ 2.22 แสดงรูปหน้าตัดของดิซิมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กส่วนฟิลด์เป็นแม่เหล็ก

โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดักแตนซ์ของโร
เตอร์สูงสุดด้วยคั้งนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุกความร้อนได้สูง และสามารถจะทนโอเวอร์โหลด
ได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งรูปที่ 2.23 ดิซิมอเตอร์และเอ็นโคเดคอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กขนาดต่างๆ

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว



รูปที่ 2.24 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

ในรูปที่ 2.24 แสดงถึงการออกแบบของมอเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว โดยไม่มีสล้อท ทำให้ได้อินดักแตนซ์ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสีย คือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้ใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย

ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

มอเตอร์แบบขดลวดหมุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยน้อยมาก ในรูปที่ 2.25 และรูปที่ 2.26 เป็นรูปถ่ายของอาร์เมเจอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ และรูปลักษณะ โครงสร้างภายนอก และโครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ (Air gap) ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนี้ โครงสร้างของโรเตอร์มีความจุความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิดโอเวอร์โหลดก็จะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ง่ายและโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีอินดักแตนซ์ต่ำมากคือน้อยกว่า 10 μH

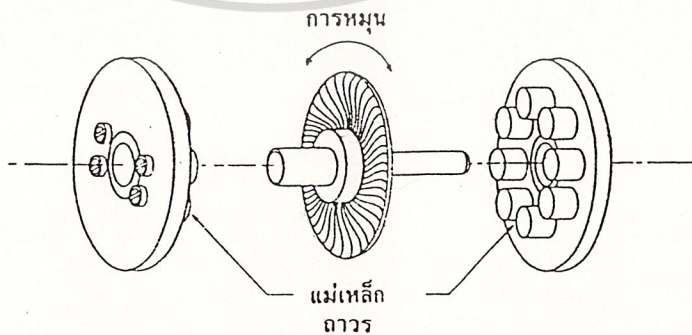
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 อาร์เมเจอร์แบบเป็นขดลวดเคลื่อนที่ซึ่งมีรูปร่างเป็นถ้วยทรงกระบอก และเพลอาทาร์ททำด้วยซีรามิกอาลูมิเนียมเพื่อให้ทนต่อแรงดึงได้สูง



รูปที่ 2.26 แสดงรูปร่างและ โครงสร้างแม่เหล็กของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งรูปที่ 2.27 แสดงถึงดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนมีรูปร่างเป็นจาน การนำไปใช้

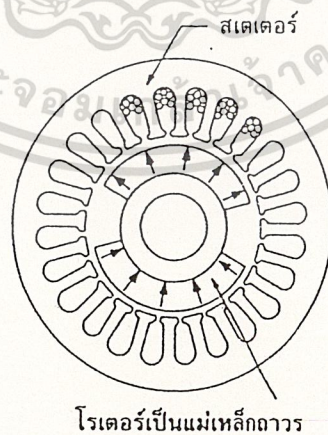
นพ
๑๙๘๖
๑๕๗

ในรูปที่ 2.27 แสดงถึงมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่อีกลักษณะซึ่งมีโครงสร้างของอาร์เมเจอร์เป็นรูปจานซึ่งทำขึ้นมาจากขดลวดตัวนำซ้อนกันหลายชั้น ซึ่งเรามักเรียกกันว่า “ Primtek Motor” ตัวอย่างอีกอันหนึ่งของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่(หมุน) แสดงในรูปที่ 2.38 เป็นมอเตอร์ขนาด 7 แรงม้า ซึ่งเราสามารถประยุกต์ใช้ในงานเครื่องมือกลได้ดีสามารถให้แรงบิดได้สูงถึง 100 Ft-lb และพัลส์กระแสได้ถึง 800 แอมป์ ในปัจจุบันดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนนี้ให้คุณสมบัติการทำงานที่ดีเยี่ยมเหมาะสำหรับเป็นตัวขับเคลื่อนในระบบการบังคับตำแหน่ง และยังให้อัตราส่วนระหว่างแรงบิดและแรงเฉื่อยได้สูงและมีค่าอินดักแตนซ์ต่ำที่เทียบกับมอเตอร์แบบอื่นๆ นอกจากนี้ความสามารถในการเพิ่มอัตราเร่งยังกระทำได้สูง 10^6 เรเดียน/วินาที

ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน

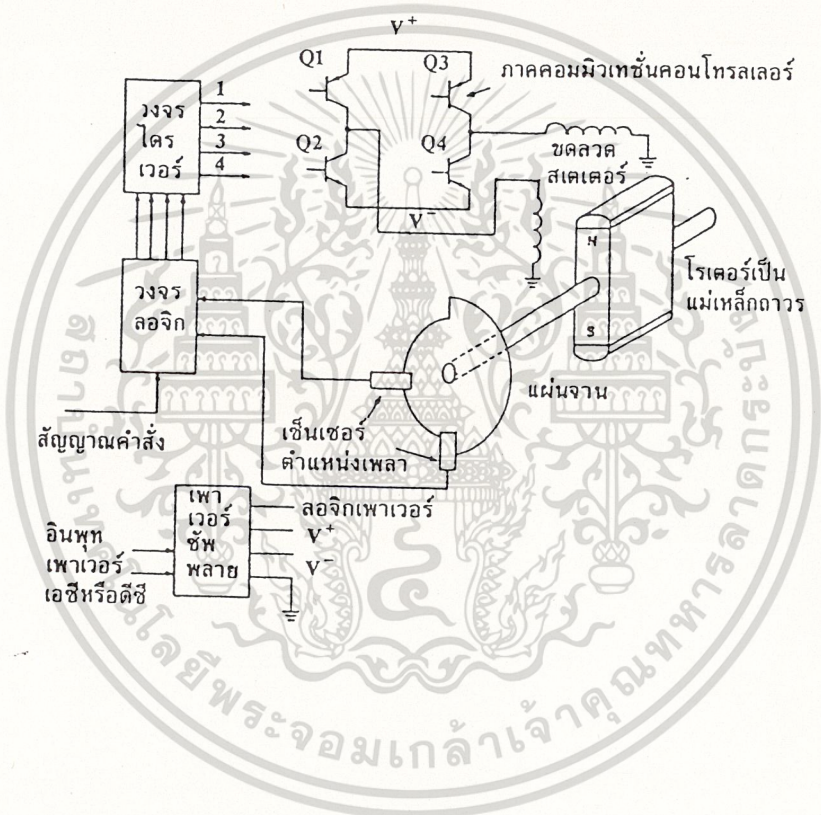
ดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านต่างจากดีซีมอเตอร์ที่กล่าวมาแล้วคือ การคอมมิวเทชันกระแสอาร์เมเจอร์จะใช้วิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้จะมีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กยึด “ Back Iron” และขดลวดคอมมิวเตทจะอยู่ภายนอกส่วนของตัวโรเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.39 (เปรียบเทียบกับดีซีมอเตอร์โดยทั่วไปแล้วจะมีโครงสร้างที่มีส่วนประกอบกลับกัน)

การประยุกต์ใช้งานดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านนี้มักใช้ในระบบที่ต้องการโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำ เนื่องจากโครงสร้างโรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้สร้างขึ้นด้วยสารแม่เหล็กชนิดพิเศษเพื่อให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยต่ำ



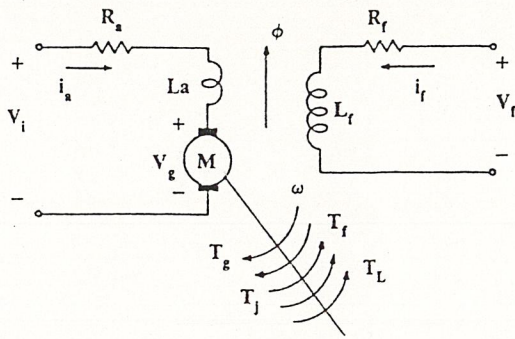
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.28 รูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านและ โรเตอร์เป็นแบบแม่เหล็กถาวร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดคอมมิวเทชันในมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านจะกระทำได้นอกตัวมอเตอร์โดยใช้ วงจรสมิทซ์รวมเข้ากับมอเตอร์ เพื่อให้เข้าใจการบังคับมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านดียิ่งขึ้น รูปที่ 2.29 จะแสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการบังคับดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน เอนโคเดอร์ที่เพลาของมอเตอร์แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องซิงโครไนซ์คอมมิวเทชันสวิตช์กับตำแหน่งเชิงมุมของโรเตอร์



รูปที่ 2.29 แสดงถึงส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการบังคับดีซีมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 โมเดลของดีซีมอเตอร์แบบฟิวด์แยกกระตุ้น

โมเดลอิเล็กทรอนิกส์แมกนิกอล

ส่วนสำคัญของดีซีมอเตอร์แบบฟิวด์แยกกระตุ้นมีโมเดลดังแสดงในรูป 2.30

- R_a ความต้านทานของอาร์เมเจอร์
- L_a อินдукแตนซ์ของอาร์เมเจอร์
- V_g โวลต์เตจกำเนิดในอาร์เมเจอร์
- R_f ความต้านทานของฟิวด์
- L_f อินдукแตนซ์ของฟิวด์
- ϕ ช่องว่างอากาศของเส้นแรงสนามแม่เหล็ก
- ω ความเร็วของเพลอาอร์เมเจอร์
- T_g แรงบิดที่พัฒนาขึ้นในมอเตอร์
- T_f แรงบิดเสียคทานในอาร์เมเจอร์
- T_j แรงเฉื่อยของมอเตอร์
- T_L แรงบิดโหลดบนเพลลาของมอเตอร์

ขั้นแรกเราจะหาสมการพื้นฐาน โมเดลของดีซีมอเตอร์ได้จากลูปของอาร์เมเจอร์

$$V_i(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + V_g(t) \tag{7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอมโวลต์เตจ $V_g(t)$ ในสมการ(7) คือโวลต์เตจย้อนกลับของมอเตอร์ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อเส้นลวดตัวนำของอาร์เมเจอร์หมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กซึ่งเกิดขึ้นโดยกระแสฟลักซ์ ตามกฎของฟาราเดย์ ลูฟของเส้นลวดตัวนำหมุนในฟลักซ์แม่เหล็กคงที่จะมีการเหนี่ยวนำโวลต์เตจขึ้นในขดลวดนั้น

$$V(t) = \frac{d\lambda(t)}{dt} \quad \text{_____} \quad (8)$$

เมื่อ $\lambda(t)$ คือเส้นแรงแม่เหล็กที่รั่วไปยังขดลวดและ t คือเวลาในการหมุนของคอมมิวเตเตอร์ของมอเตอร์ การควบคุมวงจรของแต่ละส่วนของตัวนำใน โรเตอร์จะเกิดโวลต์เตจขึ้นในส่วนของตัวนำนั้นตามสมการ (8) เมื่อ $d\lambda(t)/dt$ จะเป็นสัดส่วนต่อเส้นแรงแม่เหล็กในช่องว่างอากาศและความเร็วเชิงมุม $\omega(t)$ หรือเราจะได้ว่า

$$V_g(t) = K\phi(t)\omega(t) \quad \text{_____} \quad (9)$$

สมมติให้กระแสของฟลักซ์มีค่าคงที่และไม่คิดถึงส่วนการเปลี่ยนแปลงในเส้นแรงฟลักซ์เนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกซ์ชันเส้นแรงฟลักซ์จะมีค่าคงที่ดังนั้นสมการ(9) ก็จะกลายเป็น

$$V_g(t) = K_e\omega(t) \quad \text{_____} \quad (10)$$

เมื่อเราสมมติให้เส้นแรงของฟลักซ์มีค่าคงที่ แรงบิดของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นแก่โรเตอร์ของมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนกับกระแสอาร์เมเจอร์

$$T_g(t) = K_t i_a(t) \quad \text{_____} \quad (11)$$

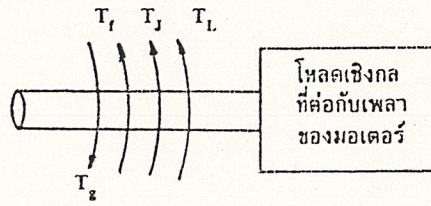
เมื่อ K_t คือค่าคงที่ของแรงบิดของมอเตอร์

กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นในโรเตอร์คือผลคูณของแรงบิดที่เกิดขึ้นและความเร็วเชิงมุม

$$P_g(t) = T_g(t)\omega(t) \quad \text{_____} \quad (12)$$

กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นใน โรเตอร์ทั้งหมดนี้จ่ายไปยัง โหลดที่ต่ออยู่กับเพลลาของมอเตอร์แต่กำลังงานนี้บางส่วนจะสูญเสียไปในมอเตอร์ การสูญเสียเนื่องมาจากแรงเสียดทาน หมายถึงความหน่วงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากลมที่มีต่อโรเตอร์ แรงเสียดทานตัวรองรับโรเตอร์ กระแสที่ไหลวนในเหล็กของโรเตอร์ และฮีสเทรซิส จากรูปที่ 2.31 แสดงให้เห็นถึงแรงบิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์ คือ



รูปที่ 2.31 แสดงถึงแรงบิด ต่างๆที่เกิดขึ้นต่อโหลดของมอเตอร์

$T_g(t)$ แรงบิดของมอเตอร์

$T_f(t)$ แรงบิดที่ต้องชนะการสูญเสียเนื่องจากการเสียดทาน

$T_j(t)$ แรงบิดเพื่อใช้เพิ่มอัตราเร่งแก่ ความเฉื่อยของ โหลด

$T_L(t)$ แรงบิด โหลด

ในช่วงเวลาใดๆก็ตาม แรงบิดของมอเตอร์จะต้องเท่ากันและมีทิศทางตรงข้ามกับผลรวมของแรงบิด

$T_f(t), T_j(t)$ และ $T_L(t)$ ดังนั้น

$$T_g(t) = T_f(t) + T_k(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} \quad (13)$$

เมื่อ J คือผลรวมของ โมเมนต์แรงเฉื่อยของโรเตอร์และ โหลดที่คู้อยู่ที่เพลลาของมอเตอร์

ผลรวมของแรงบิดเสียดทานที่ประกอบกันขึ้นที่เพลลาของมอเตอร์ซึ่งเป็นลิเนียร์ฟังก์ชันกับความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์เรียกว่า ส่วนประกอบของวิสคอสฟริกชันและมักจะอยู่ในเทอมที่แยกออกจากฟริกชันอื่นๆ ซึ่งได้แสดงได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$T_g(t) = T_f(t) + T_k(t) + J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) \quad (14)$$

เมื่อ B คือสัมประสิทธิ์ของวิสคอสฟริกชันของมอเตอร์และ โหลดที่คู้อยู่กับเพลลาของ มอเตอร์

$T_f(t)$ คือผลรวมของฟริกชันของโหลดและของมอเตอร์ทั้งหมด มีแรงต้านของลมและการสูญเสีย

กำลังในเหล็กของเพลลามอเตอร์ยกเว้นวิสคอสฟริกชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ (7),(10),(11),(14) เป็นชุดสมการพื้นฐานของดีซีมอเตอร์โมเดลและจากสมการเหล่านี้เราสามารถหาค่าทรานเฟอร์ฟังก์ชันของดีซีมอเตอร์ได้ โดยใส่ค่าพลาสมาทรานฟอร์มทั้งสองข้างของชุดสมการพื้นฐานและเขียนใหม่เป็น

$$V_1(s) - V_g(s) = (R_a + sL_a)I_a(s) \quad \text{_____} \quad (15)$$

$$V_g(s) = K_e\omega(s) \quad \text{_____} \quad (16)$$

$$T_g(s) = K_t I_a(s) \quad \text{_____} \quad (17)$$

$$T_g(s) - T_f(s) - T_l(s) = (B + sJ)\omega(s) \quad \text{_____} \quad (18)$$

บล็อกไดอะแกรมที่แสดงถึงสมการพื้นฐานเหล่านี้แสดงได้ในผังรูปที่ 2.32

ข้อควรสังเกต

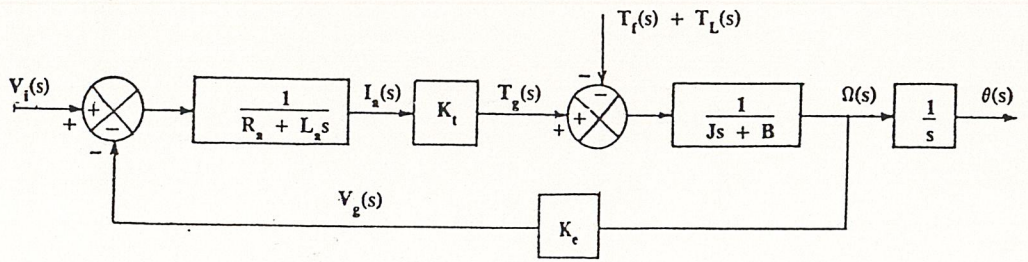
สมมติว่า โวลต์เตจที่ป้อนให้กับวงจรรออาร์เมเจอร์ของมอเตอร์มีค่าคงที่ดังนั้นมอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วคงที่คือทำงานอยู่สถานะสงบนิ่งด้วยโหลดที่คงที่ กำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นโดยมอเตอร์จะหาได้จากสมการ (12) และเมื่อร่วมกับสมการ (11) ก็จะได้

$$P_g = T_g\omega = K_t I_a\omega \quad \text{_____} \quad (19)$$

เมื่อทุกเทอมในสมการสุดท้ายมีค่าคงที่เนื่องจากมอเตอร์ทำงานอยู่ที่สถานะสงบนิ่งกำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนโดยอาร์เมเจอร์ต้องเท่ากับผลคูณของ โวลต์เตจคร่อมอาร์เมเจอร์และกระแสที่ไหลผ่านดังนั้น

$$P = V_g I_a = K_e\omega I_a \quad \text{_____} \quad (20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

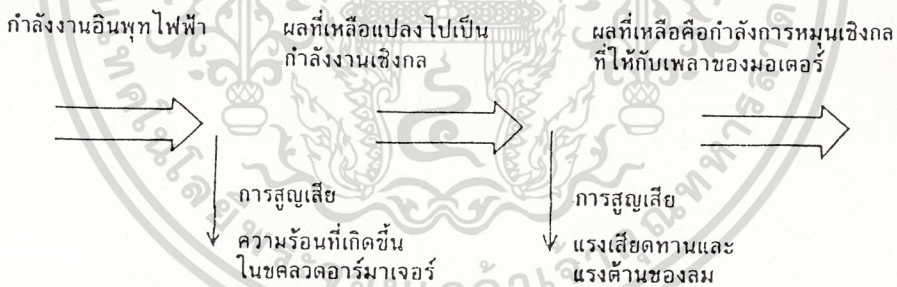


รูปที่ 2.32 บล็อกไดอะแกรมของดีซีมอเตอร์โมเดล

ดังนั้นเราจะได้ว่ากำลังงานเชิงกลที่เกิดขึ้นต้องเท่ากับกำลังงานไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนในโรเตอร์คือสรุปได้ว่า $K_t = K_e$

การสูญเสียกำลังงานของดีซีมอเตอร์

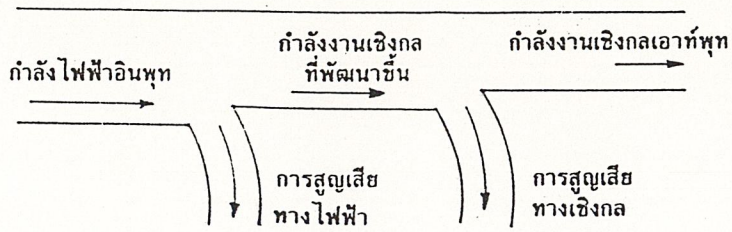
ในหัวข้อนี้เราจะได้กำหนดดีซีมอเตอร์เป็นเสมือนอุปกรณ์แปลงพลังงานคือ จะแปลงพลังงานอินพุตทางไฟฟ้าไปเป็นพลังงานเอาต์พุตทางเชิงกล ในรูปที่ 2.33 แสดงถึงการไหลของกำลังงานผ่านอุปกรณ์แปลงพลังงาน(มอเตอร์)ดังกล่าว



ผลรวมของกำลังงานไฟฟ้าอินพุตเท่ากับ ผลคูณของอาร์เมเจอร์โวลต์ที่ตกและกระแสอาร์เมเจอร์ ดังนั้นผลรวมของอินพุตเพาเวอร์ได้เท่ากับ

$$P_i(t) = V_i(t)I_a(t) \tag{21}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 แสดงการไหลของกำลังงานในดีซีมอเตอร์

รวมสมการ (7) และ (10) เข้าด้วยกัน เราจะได้สมการ โวลท์ที่ตกของวงจรรอาร์เมเจอร์ซึ่งสัมพันธ์กับ โวลท์เตจอินพุทและกระแสอาร์เมเจอร์

$$V_i(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + K_e \omega(t) \quad (22)$$

แทนค่าสมการ(22) ลงในสมการ(21)จะได้นิพจน์ของกำลังงานอินพุทรวมในเทอมของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วเชิงมุมของเพลต

$$P_i(t) = R_a i_a^2(t) + L_a i_a \frac{di_a(t)}{dt} + K_e i_a(t) \omega(t) \quad (23)$$

กระแสอาร์เมเจอร์สามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของพารามิเตอร์เชิงกลของมอเตอร์และแรงบิดของเพลตด้วยการรวมสมการ (11) และสมการ(14)

$$i_a(t) = \frac{1}{K_t} [J \frac{d\omega(t)}{dt} + B(t) + T_f(t) + T_L(t)] \quad (24)$$

ซึ่งเมื่อเราแทนค่าลงในสมการ (23) จะได้ดังต่อไปนี้

$$P_i(t) = R_a i_a^2(t) + \frac{K_e B \omega^2(t)}{K_t} + \frac{K_e \omega(t) T_f(t)}{K_t} + \frac{K_e \omega(t) T_L(t)}{K_t} + \frac{K_e J \omega(t) \frac{d\omega(t)}{dt}}{K_t} + L_a i_a(t) \frac{di_a(t)}{dt} \quad (25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาถึงผลรวมของอินพุทเพาเวอร์ในสมการ (25)

เทอมแรก (ทางด้านขวามือ)

i^2R : การสูญเสียในขดลวดอาร์เมเจอร์เนื่องจากการสูญเสียทางเชิงกลในตัวมอเตอร์ ประกอบด้วยการสูญเสียของกำลังงานในเทอมที่สองและเทอมที่สาม
เทอมที่สอง แสดงถึงการสูญเสียกำลังงานเนื่องจากวิสตอสฟริกซ์
เทอมที่สาม แสดงถึงการสูญเสียกำลังงานเนื่องจากแรงบิดเสียดทานอื่นๆทั้งหมด
เทอมที่สี่ แสดงถึงเอาท์พุทเชิงกลของมอเตอร์

สองเทอมหลัง แสดงถึงการไหลเข้าหรือออกของกำลังงานในอุปกรณ์สะสมพลังงานในที่นี้ ได้แก่ อินดักเต็นซ์ และแรงเฉื่อยของเพลลาถ้าในช่วงเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดของคาบเวลาที่กำหนดให้ใดๆ พลังงานที่สะสมอยู่ในส่วนของอินดักเต็นซ์และแรงเฉื่อยของเพลลาจะมีค่าคงที่ ดังนั้นไม่มีผลการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่สะสมอยู่ ซึ่งก็จะไม่เกิดผลของการสูญเสียกำลังงาน ดังนั้นผลของกำลังเฉลี่ยที่สูญเสียให้แก่ แรงเฉื่อยของเพลลาและอินดักเต็นซ์มีค่าเป็นศูนย์

ประสิทธิภาพ (efficiency) ของมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวแปรพลังงาน สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของเพาเวอร์เอาท์พุทเชิงกลต่อ ผลรวมของเพาเวอร์อินพุทเฉลี่ย

$$\text{ประสิทธิภาพ(กำลังงาน)} = \frac{T_L}{\frac{R_a I_a^2 K_t}{K_e} + B\omega + T_f + T_L} \times 100\% \quad (26)$$

เมื่อพารามิเตอร์ทั้งหมดพิจารณาได้ว่ามีค่าคงที่

ประสิทธิภาพของการแปลงกำลังไฟฟ้าเป็นกำลังงานเชิงกลสามารถหาได้จากอัตราส่วนของเพาเวอร์เอาท์พุทเชิงกลต่อเพาเวอร์เชิงกลที่พัฒนาขึ้น โดยโรเตอร์

$$\text{ประสิทธิภาพในการแปลงทางกำลังงานเชิงกล} = \frac{T_L}{B\omega + T_f + T_L} \times 100\% \quad (26)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

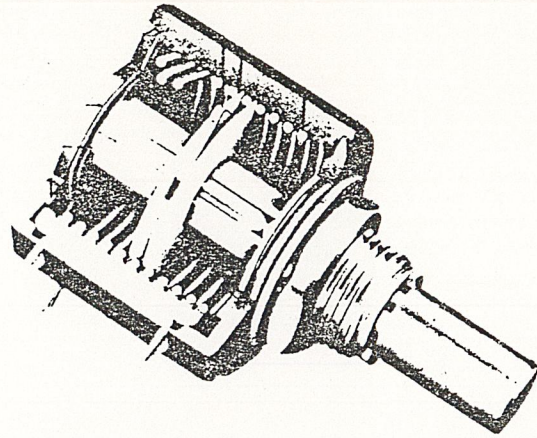
เซ็นเซอร์และเอนโคเดอร์ของเพลมอเตอร์ (Sensors and shaft Encoders)

เซ็นเซอร์และเอนโคเดอร์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบคอนโทรลที่มีการป้อนกลับ ในระบบคอนโทรลแบบลูปเปิด เอนโคเดอร์มักจะใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติการทำงาน ของระบบ ส่วนในระบบคอนโทรลแบบลูปปิดเซ็นเซอร์และเอนโคเดอร์ใช้เป็นตัวป้อนกลับเพื่อ คอนโทรล นอกจากนี้ส่วนประกอบเหล่านี้ยังใช้สำหรับพิสูจน์ความเหมือนกันของกระบวนการ ที่ไม่รู้ค่าหรือกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงในทันทีจะได้นำถึงหลักการการทำงานและการนำไป ใช้งานของเซ็นเซอร์และเอนโคเดอร์ แมกเนติกพิลอัพทรานสดิวเซอร์จำพวกแม่เหล็กไฟฟ้า และรีโซลเวอร์

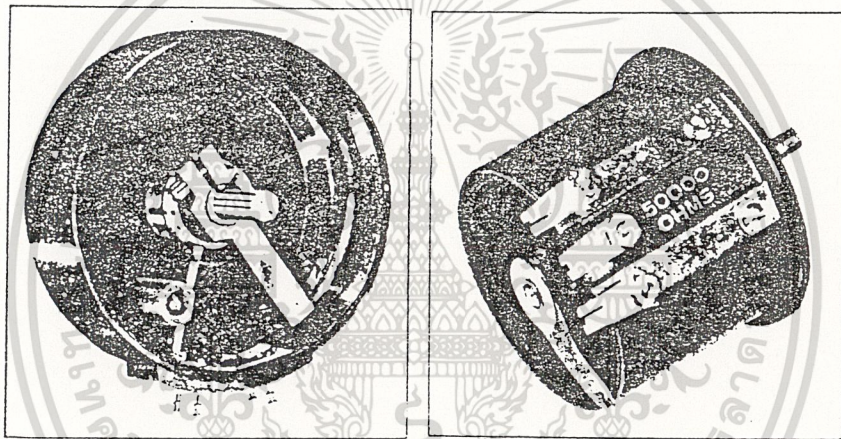
โพเทนทิโอมิเตอร์

โพเทนทิโอมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าอินพุตที่ป้อนเข้า โพเทนทิโอมิเตอร์จะอยู่ในรูปของการเคลื่อนที่แบบเชิงกล และอาจเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนรอบ หรือเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นก็ได้ เมื่อป้อน โวลต์เตจเข้าที่ปลายซึ่งที่อยู่กับที่ของโพเทนทิโอมิเตอร์ เอาท์พุทโวลต์เตจจะได้ออกมาที่ปลายของส่วนที่เคลื่อนที่ของโพเทนทิโอมิเตอร์แบบหมุนรอบได้ นั้นมีแบบหมุนรอบเดียวหรือหมุนได้หลายรอบ และส่วนใหญ่จะประกอบขึ้นด้วยขดลวดหรือ ความต้านทานของพลาสติกที่เป็นตัวนำ ในรูปที่ 3.1 แสดงถึงรูปของโพเทนทิโอมิเตอร์ชนิดหมุนได้ 10 รอบ รูปที่ 3.2 แสดงถึงโครงสร้างภายในของโพเทนทิโอมิเตอร์แบบหมุนได้รอบเดียวและรูปที่ 3.3 แสดงถึงรูปของโพเทนทิโอมิเตอร์ชนิดลิเนียร์ที่มีวงจรถายอยู่ภายในตัวด้วย โพเทนทิโอมิเตอร์ แบบพลาสติกตัวนำได้รับความนิยมใช้มากในระบบคอนโทรลที่ต้องการความเที่ยงตรงเนื่องจากโพ เทนทิโอมิเตอร์ดังกล่าวมีความละเอียดไม่จำกัด มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน ให้เอาท์พุทโวลต์เตจที่ราบเรียบ และมีสแตตติคน้อยส์ต่ำ

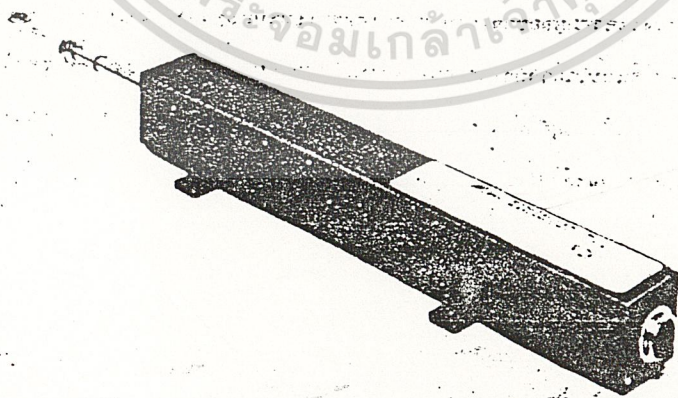
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โรตารี โพเทนทีโอมิเตอร์แบบเพลาหมุนได้ 10 รอบ

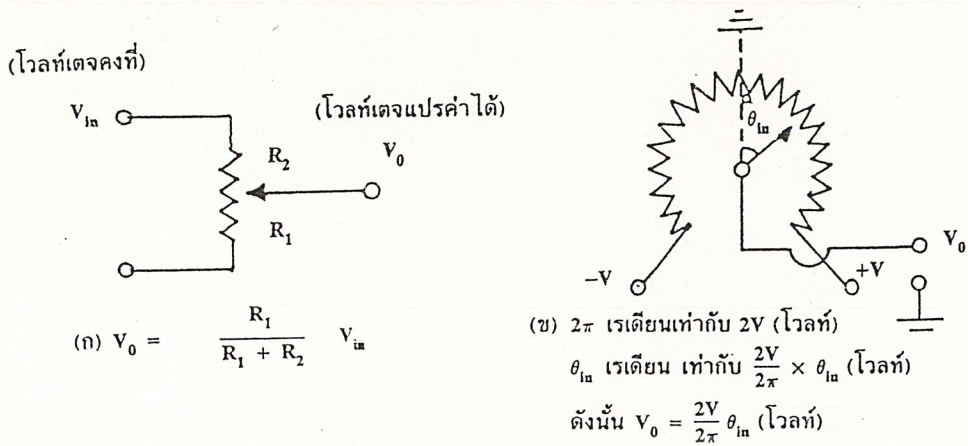


รูปที่ 3.2 โครงสร้างภายในของโพเทนทีโอมิเตอร์แบบเพลาหมุนได้รอบเดียว



รูปที่ 3.4 โพเทนทีโอมิเตอร์แบบเคลื่อนเป็นเส้นตรงที่มีวงจรรายอยู่ภายในตัวด้วย

เพลาและโพเทนทีโอมิเตอร์ เมื่อป้อนโวลต์เตจคร่อมขั้วที่อยู่กับที่ โพเทนทีโอมิเตอร์สามารถใช้แสดงค่าตำแหน่งสมบูรณ์ของเพลาหรือแสดงค่าตำแหน่งสัมพัทธ์ของเพลาสองอัน



รูปที่ 3.4 แสดงถึงวงจรของโพเทนทิโอมิเตอร์ (ก) แบบลิเนียร์ (ข) แบบโรตารี

ทาโคมิเตอร์

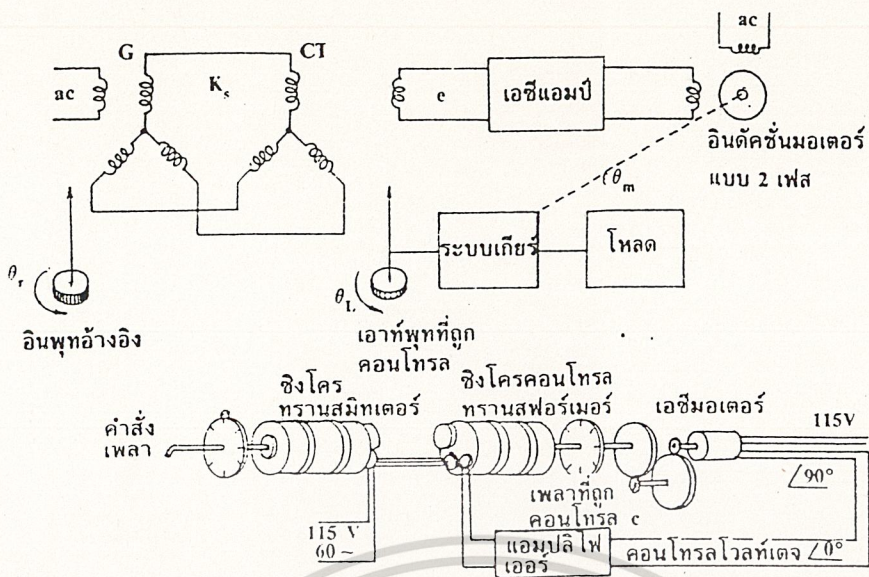
ทาโคมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่สามารถแปลงพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าและให้กำเนิดเอาท์พุท โวลต์เตจที่เป็นสัดส่วนกับแมกนิจูดของความเร็วเชิงมุม ในระบบการบังคับมอเตอร์โดยทั่วไปจะใช้ทาโคมิเตอร์เป็นตัวแสดงความเร็วเพื่ออ่านค่าความเร็วของเพลลาของมอเตอร์หรือเพื่อป้องกันความเร็วกลับสำหรับการบังคับความเร็วหรือสำหรับทำให้เสถียรภาพของระบบดิสซิ่ง

ลักษณะการทำงานของดิชทาโคมิเตอร์กับดิชมอเตอร์จะตรงกันข้าม ส่วนดิชทาโคมิเตอร์กับดิชเอนเนอเรเตอร์จะเหมือนกัน เพียงแต่ต่างกันที่การใช้งาน กล่าวคือดิชทาโคมิเตอร์ชอบเขตการใช้งานเพียงเป็นตัววัดความเร็วของเพลลาแล้วส่งผลออกมาเป็นสัญญาณที่อ่านค่าได้ง่ายเท่านั้นแต่ถ้านำทาโคมิเตอร์ไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีสัญญาณรบกวนมาก และบางครั้งต้องส่งผลที่วัดได้เป็นระยะทางไกลพอสมควร ทาโคมิเตอร์จึงต้องมีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำและผลิตกำลังงานออกมาสูงพอสมควร ในกรณีนี้เราอาจจะเรียกทาโคมิเตอร์นี้ว่าเป็นดิชเอนเนอเรเตอร์

ดิชทาโคมิเตอร์สามารถใช้เป็นตัวบ่อนความเร็วของเพลลาของมอเตอร์กลับเพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณเปรียบเทียบแล้วขยายผลต่างที่ได้ให้ไปขับมอเตอร์ในระบบการบังคับความเร็วของ

มอเตอร์โดยการต่อทาโคมิเตอร์เข้ากับเพลลาของมอเตอร์โดยตรงดังแสดงในรูปที่ 3.8 การใช้งานอีกอย่างของทาโคมิเตอร์คือ ใช้เป็นตัวเซ็นเซอร์ความเร็วในระบบการบังคับตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

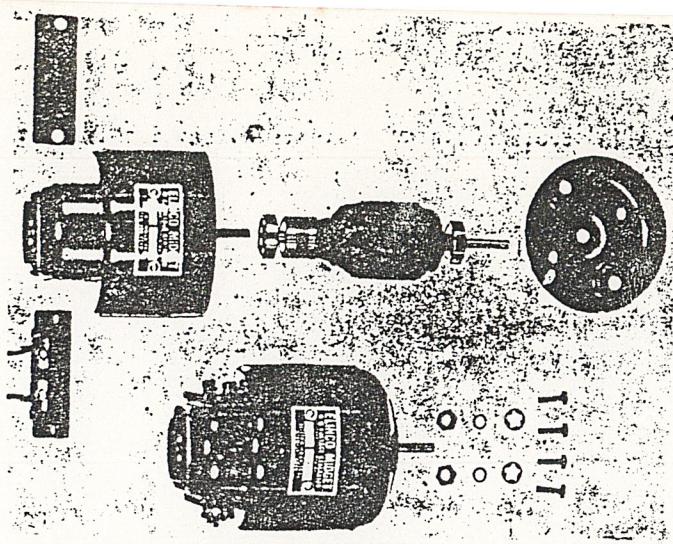


รูปที่ 3.5 ระบบเอซิคอนโทรลที่ใช้ซิงโครเป็นตัวเออร์เรอร์ดีเท็คเตอร์

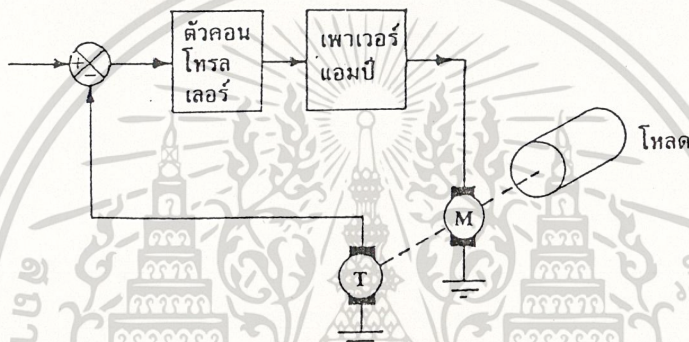


รูปที่ 3.6 แสดงถึง โครงสร้างภายในของดีซีทาโคเจนเนอเรเตอร์

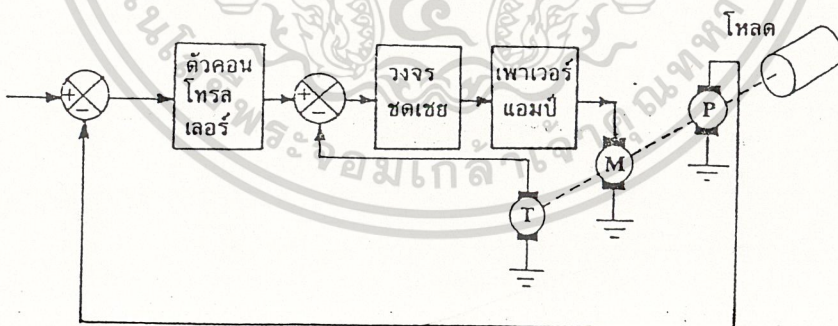
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงถึงส่วนประกอบของดีซีเอนเนเรเตอร์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เอาท์พุท 37 โวลท์ที่ 1800 rpm

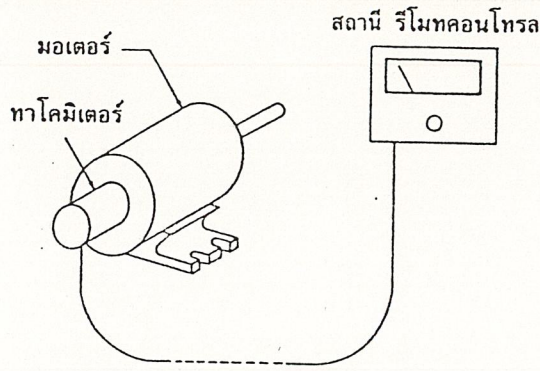


รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับความเร็ว



รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมของระบบการบังคับตำแหน่งที่มีการแดมปีงด้วยทาโคมิเตอร์ ส่วนการใช้งานอย่างที่ 3 ของทาโคมิเตอร์คือ ใช้เป็นตัววัดความเร็วของเพลาของมอเตอร์ส่งผลออกมาให้เห็นโดยการต่อเอาท์พุทโวลท์เตจของทาโคมิเตอร์เข้ากับโวลท์มิเตอร์ค่าความเร็วการหมุนของมอเตอร์ในรูปของโวลท์เตจดังแสดงในรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การอ่านค่าความเร็วของเพลลาของมอเตอร์ด้วยทาโคมิเตอร์

ชนิดของดีซีทาโคมิเตอร์

ดีซีทาโคมิเตอร์กับดีซีมอเตอร์มีโครงสร้างเหมือนกันแต่การทำงานตรงกันข้ามซึ่งมีชนิดมีแปรปรวนและชนิดไม่มีแปรปรวน สำหรับชนิดมีแปรปรวนยังแบ่งออกได้เป็นชนิดแกนเหล็ก(iron core) และชนิดขดลวดหมุน (Moving Core) ในรูปที่ 3.11 แสดงถึงโครงสร้างและส่วนประกอบแม่เหล็กของทาโคมิเตอร์แบบอาร์มเจอร์เป็นขดลวดหมุน



รูปที่ 3.11 โครงสร้างและส่วนประกอบแม่เหล็กของทาโคมิเตอร์แบบอาร์มเจอร์เป็นขดลวดหมุนมีความเฉื่อยต่ำ

โมเดลคณิตศาสตร์ของทาโคมิเตอร์

คุณลักษณะพื้นฐานของทาโคมิเตอร์คือ จะให้เอาต์พุต โวลต์ที่ตรงเป็นสัดส่วนกับความเร็วของโรเตอร์ ดังนั้นคุณลักษณะไดนามิกของทาโคมิเตอร์สามารถแสดงได้โดยสมการ

$$e_g(t) = K_g \frac{d\theta(t)}{dt} = K_g \omega(t) \quad (1)$$

เมื่อ $e_g(t)$ เอาต์พุต โวลต์ที่ตรง (โวลต์)

$\theta(t)$ ระยะการเคลื่อนที่ของโรเตอร์(เรเดียน)

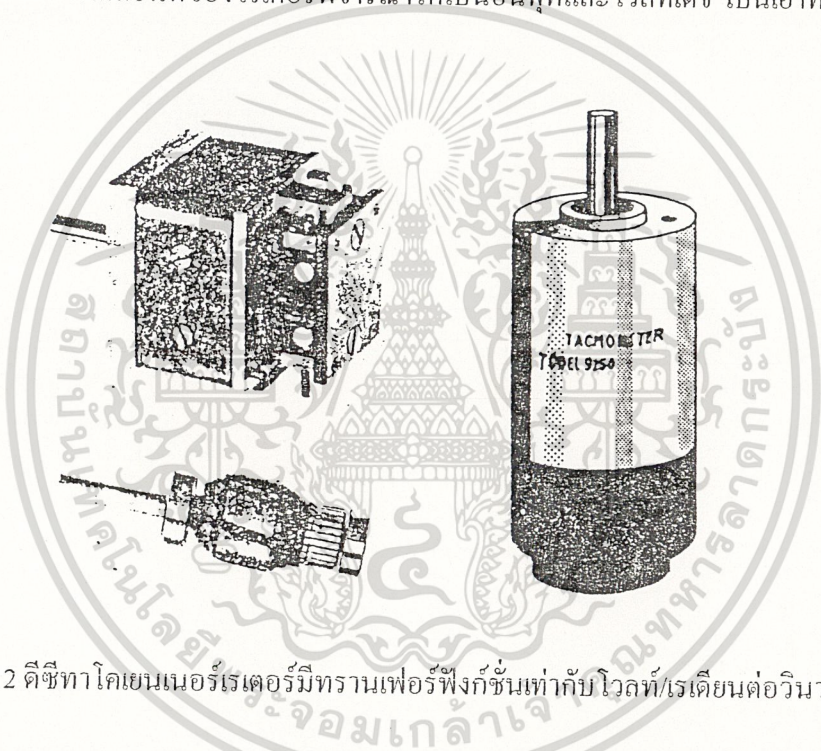
$\omega(t)$ ความเร็วของโรเตอร์(เรเดียน/วินาที)

K_g ค่าคงที่ของทาคอไมเตอร์(โวลต์/รอบต่อนาที $\times 10^3$)

ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของทาคอไมเตอร์จะหาได้โดยการใส่ลาปาสทรานฟอร์ม สมการ (1) เราจะได้

$$\frac{E_g(s)}{\theta(s)} = K_g s \quad (2)$$

เมื่อ $\theta(s)$ ระยะการเคลื่อนที่ของโรเตอร์พิจารณาให้เป็นอินพุตและ โวลต์เตจ เป็นเอาต์พุต



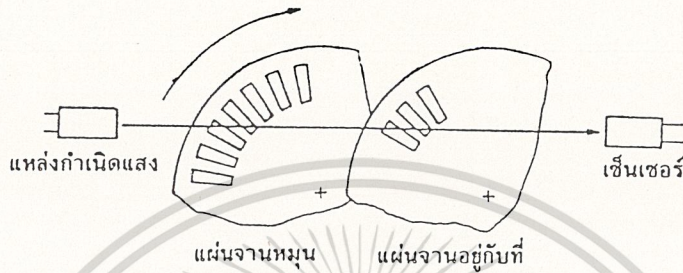
รูปที่ 3.12 ดิจิทัลโคเซนเนอร์เรเตอร์มีทรานเฟอร์ฟังก์ชันเท่ากับ โวลต์/เรเดียนต่อวินาที

ในสมการที่ (2) เราไม่ได้คิดถึงริปเปิล(ripple)ในเอาต์พุตโวลต์เตจของทาคอไมเตอร์ ริปเปิลในเอาต์พุตนี้อาจเกิดจากแปรงถ่าน ความไม่ได้นศูนย์กลางของอาร์เมเจอร์ หรือเกิดจากการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูง

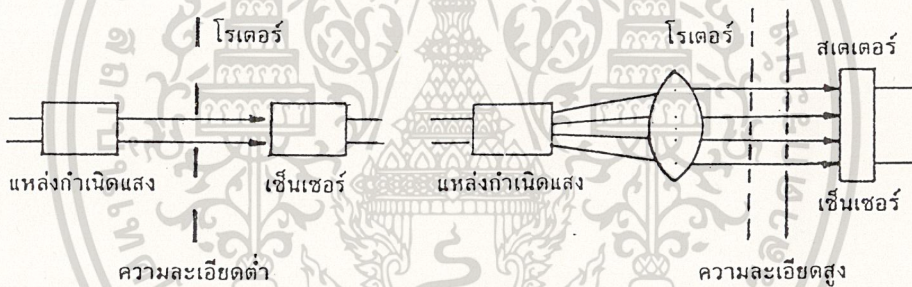
อินทริเมนต์เอนโคเดอร์

ในระบบการบังคับตำแหน่งหรือความเร็วของมอเตอร์ต้องใช้อินทริเมนต์เอนโคเดอร์หรือเอนโคเดอร์สำหรับรักษาตำแหน่งและสำหรับสร้างสัญญาณป้อนกลับโดยที่ตัวเอนโคเดอร์จะสร้างสัญญาณพัลส์ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลลาซึ่งสามารถนำไปใช้ในการรับรู้ความเร็วของเพลลาเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เพลลาอเตอร์ในรูปแบบของอัตราจำนวนพัลส์ได้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีเมนซ์เอน โคลดเคอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือตัวกำเนิดแสง จานหมุน(rotary Disk)จานอยู่กับที่และตัวเซ็นเซอร์ บนแผงจานหมุนทำเป็นช่องโดยรอบคังแสดงในรูปที่ 3.13 และบนแผ่นอยู่กับที่จะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านตรงข้างไปยังตัวเซ็นเซอร์ ถ้าเป็นเอน โคลดเคอร์ที่ใช้วัดความเร็วต่ำไม่ต้องมีแผ่นอยู่กับที่ก็ได้ ส่วนตัวกำเนิดแสงอาจจะเป็นหลอดไฟหรือ LED ก็ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างกลไกของออฟโตอินทรีเมนซ์

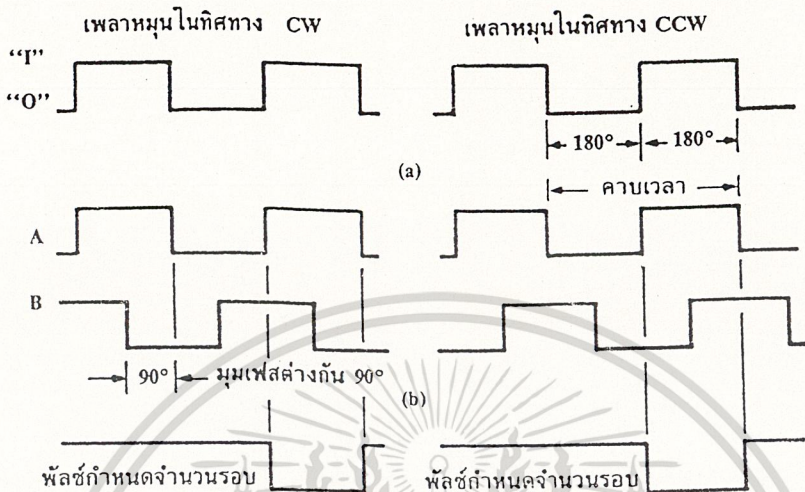


รูปที่ 3.14 แสดงถึงตัวเซ็นเซอร์แบบมีช่องปิดเปิดให้แสงผ่านได้ช่องเดียว และแบบมีหลายช่อง

เอาต์พุทของเอนโคลดเคอร์

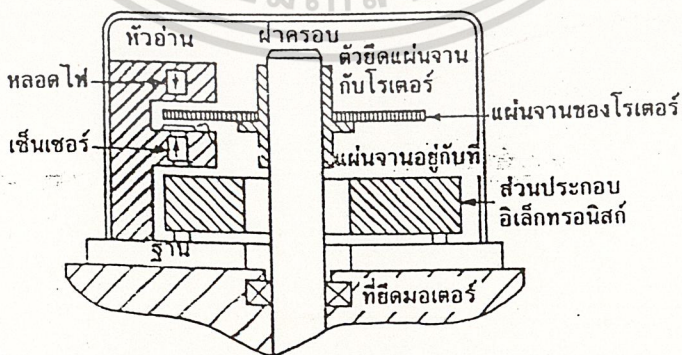
โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเอาต์พุทที่ออกจากเอนโคลดเคอร์โดยตรงจะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุมหรือสำหรับการประมวลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรมีขยายและแปลงรูปร่างลูกคลื่นสัญญาณต่อไว้ในตัวเอนโคลดเคอร์ด้วยเสมอ สัญญาณลูกคลื่นที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์ปกติแล้วจะเป็นรูปสัญญาณสามเหลี่ยมหรือรูปสัญญาณซายน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมได้โดยการต่อตัวคอมพาราเตอร์เข้ากับลิเนียร์แอมพลิไฟของเอนโคลดเคอร์ก็จะได้เอาต์พุทเป็นลูกคลื่นสี่เหลี่ยมตามต้องการ รูปที่ 3.15 (ก) แสดงถึงลูกคลื่นเอาต์พุทสี่เหลี่ยมของเอนโคลดเคอร์ชนิด 1 ช่องไม่ว่าเพลลาจะหมุนในทิศทางใดก็ได้สัญญาณออกมาเหมือนกันจึงเหมาะที่จะใช้งานที่ไม่กำหนดทิศทางเท่านั้น ส่วนในรูปที่ 3.15(ข)แสดงสัญญาณ 2 ชุดที่ได้จากเอนโคลดเคอร์ชนิด 2 ช่องเฟสของสัญญาณ 2 ช่องนี้จะต่างกับ 90 องศาทางไฟฟ้าเราเรียก

สัญญาณ 2 ช่องนี้ว่าเป็นควอดราเจอร์(quadrature) กันซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ จากสัญญาณในรูป 3.15(ข) จะเห็นได้ว่าสัญญาณทั้ง 2 ช่องจะเริ่มจาก 0 ถึง 1 และ 1 ถึง 0 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของแผ่นหมุนของเอนโคเดอร์



รูปที่ 3.15 (ก) ตัวอย่างลูกคลื่นเอาท์พุทที่เหลื่อมของอุปกรณ์เอนโคเดอร์ช่องเดียว(ไบไดเร็กชั่น)
(ข) ตัวอย่างสัญญาณเอนโคเดอร์ 2 ช่องที่มีมุมเฟสต่างกัน 90 องศา

ในอินทรีย์เอนโคเดอร์บางชนิดจะมีพัลส์ที่แสดงถึงจำนวนรอบของการหมุนสำหรับใช้เป็นศูนย์ในการอ้างอิงพัลส์ที่ใช้แสดงจำนวนรอบนี้จะเกิดขึ้น 1 พัลส์ต่อ 1 รอบ โดยทั่วไปแล้วใช้บอกถึงตำแหน่งเชิงกลหรือใช้เป็นสัญญาณเคลียร์จำนวนที่นับไว้ในหน่วยเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างส่วนประกอบของเอนโคเดอร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประกอบการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีโซลเวอร์เป็นเหมือนอินคริเมนท์เอนโคดเดอร์

รีโซลเวอร์เป็นเอนโคดเดอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้งานในระบบคอลลโทรลอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นตัวแปลงระยะพิกัด (coordinate) ตัวดีเท็คเตอร์เรอร์ ตัวเลื่อนเวลาหรือเฟสและใช้สำหรับการส่งข้อมูล

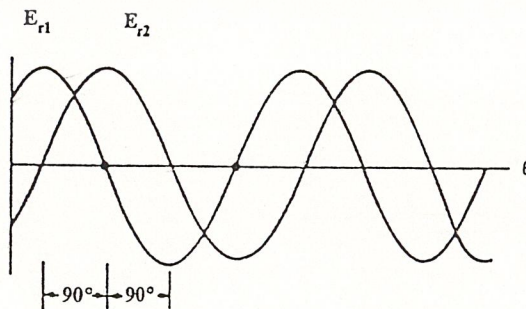
ตัวรีโซลเวอร์ทำด้วยแกนเหล็ก สเตเตอร์มี 2 โพลและมีขดลวดพันอยู่ของลวดที่พันบนสเตเตอร์จะถูกจัดให้แยกกันด้วยเฟส 90 องศาทางไฟฟ้า และมีโรเตอร์ 2 อัน พันด้วยขดลวดที่มีมุมต่างกัน 90 องศาทางเชิงกลดังแสดงในรูปที่ 3.17 ถ้าเป็นรีโซลเวอร์ชนิด 3 เฟส ก็จะมีขดลวดบนโรเตอร์เพียงขดเดียว



เมื่อป้อนโวลต์เตจ E_{s1} และ E_{s2} ซึ่งเป็นค่าคงที่เข้าที่ขดลวดทั้ง 2 บนสเตเตอร์จะได้โวลต์เตจเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในโรเตอร์ดังนี้

$$E_{r1} = E_{s1} \cos \theta + E_{s2} \sin \theta \quad (3)$$

$$E_{r2} = E_{s2} \cos \theta - E_{s1} \sin \theta \quad (4)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.18 โรเตอร์โวลต์เตจของขดลวด 4 ขด ของรีโซลเวอร์

ในรูปที่ 3.18 แสดงให้เห็นว่าโวลต์เตจตกคร่อมขดลวดของโรเตอร์ทั้งสองจะเป็นผลบวก และผลต่างของ Cosin และ Sin ของมุมการหมุนของโรเตอร์ และโวลต์เตจที่ได้ทั้ง 2 กรณีนั้นจะมีมุมต่างกัน 90 องศา เราเรียกว่าเป็น ควอดราเจอร์กันจะเห็นได้ว่าโวลต์เตจนี้ยังสามารถบอกทิศทางการหมุนของโรเตอร์ด้วยอย่างไรก็ตามในระบบการบังคับตำแหน่งเนื่องจากโรเตอร์โวลต์เตจแต่ละค่าจะมีค่าเป็นศูนย์(null) อยู่ 2 จุดในทุกๆหนึ่งรอบหรือ 360 องศาที่โรเตอร์หมุนไปรีโซลเวอร์ดั้งเดิมจะมีโพลจำนวนน้อยจึงเหมาะที่จะนำไปใช้สำหรับงานดีที่ความแตกต่างของตำแหน่งเป็นศูนย์ในระบบคอนโทรลเท่านั้น

ส่วนสำหรับระบบคอนโทรลการเคลื่อนที่เป็นอินคริเมนต์การรู้ตำแหน่งการเคลื่อนที่บนสเตเตอร์ต้องมีโพลเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นสิ่งที่ยุ่งยากเมื่อใช้กับแกนเหล็ก

อินดักโตซิน

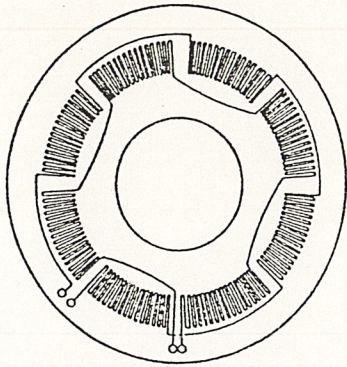
อินคริเมนต์เอนโคเดอร์แบบอินดักโตซิน เป็นทรานสดิวเซอร์แบบหลายโพลที่มีความเที่ยงตรงสูงซึ่งอาจใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งและข้อมูลความเร็ว อินดักโตซินมีเป็นแบบลิเนียร์และโรตารีของขดลวดของสเตเตอร์และโรเตอร์จะทำด้วยวงจรแผ่นพิมพ์ (printed circuit) บนแผ่นเหล็กกล้าหรืออลูมิเนียม

โรเตอร์แพทตินัมของงานคอยล์เดี่ยวจะประกอบด้วยจำนวนคู่ของเส้นตัวนำต่ออนุกรมกับขดเส้นลวดเหลื่อมคล้ายเข็มเส้นลวดตัวนำแต่ละเส้นของโรเตอร์แพทเทินถือได้เสมือนหนึ่งโพลไฟฟ้าและ 2 โพล ก็จะเท่ากับ 1 ไชเกิล ตัวอย่างแพทเทิลที่ประกอบด้วย 256 โพลก็จะได้ 128 ไชเกิลซึ่งหมายความว่าเมื่อโรเตอร์ประกอบเข้ากับสเตเตอร์แล้วหมุนได้ 360 องศา ก็จะให้เอาท์พุท 128 ไชเกิล หรืออาจพูดได้ว่าในแต่ละ ไชเกิลจะเท่ากับ 2.8125 องศา

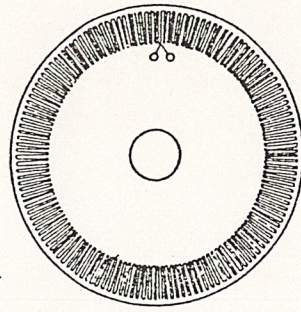
โครงสร้างของวงจรแผ่นพิมพ์สามารถทำให้มีจำนวนโพลที่หาได้มากได้ในท้องตลาดคือ 256 360 512 720 และ 2048 โพล

ในรูปที่ 3.19 แสดงถึงการวางรูปลักษณะของแผ่นงานสเตเตอร์ของอินดักโตซิน สเตเตอร์มีขดลวด 8 เซกมันต์ต่อกันดังรูป โรเตอร์มีขดลวดเดี่ยวที่สมมาตรกัน ลูกคลื่นข้างล่างของรูปที่ 3.19 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเฟสระหว่างขดลวดสเตเตอร์และขดลวดโรเตอร์

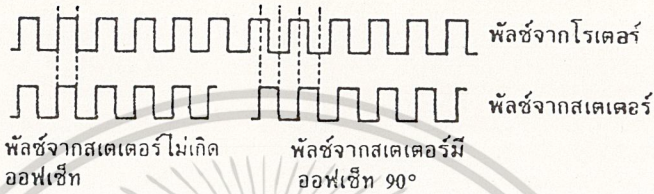
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สเตเตอร์



โรเตอร์



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการวางรูปลักษณะของแผ่นจานสเตเตอร์และโรเตอร์ของอินคัคโคซิน
เมื่อขดลวดสเตเตอร์ได้รับการกระตุ้นด้วยโวลต์เตจคงที่ โวลต์คร่อมโรเตอร์จะได้เป็น

$$e_r = K \left(\cos \frac{N\theta}{2} + \sin \frac{N\theta}{2} \right) \quad (5)$$

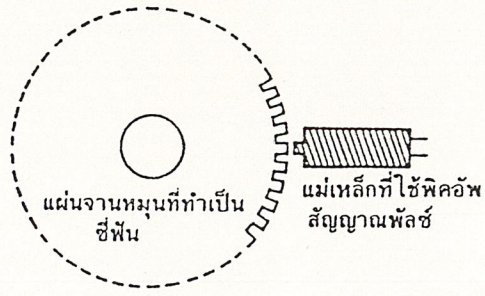
เมื่อ K เป็นค่าคงที่
 N เป็นจำนวนโพลของสเตเตอร์

สัญญาณที่ได้จากสมการ (5) จะเป็นสัญญาณที่เป็นคาบซึ่งมี $N/2$ ไซเคิลต่อรอบและจุดที่เป็นศูนย์ 2 จุดต่อหนึ่งไซเคิล ดังนั้นเอาต์พุทของเอนโคเดอร์แบบนี้จะมี N จุดที่เป็นศูนย์ซึ่งสามารถดีเท็คได้ต่อการหมุนของโรเตอร์หนึ่งรอบ จุดที่โวลต์เตจเป็นศูนย์นี้สามารถใช้แสดงถึงความแตกต่างของตำแหน่งเชิงมุมเสมือนกับอินคริเมนท์เอนโคเดอร์ เมื่อเราต่อเอาต์พุทของโรเตอร์นี้ต่อเข้ากับวงจรซีโรครอสซึ่งดีเท็คเตอร์ก็สามารถใช้คำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของเพลทที่หมุนได้ในช่วงเวลาที่กำหนด

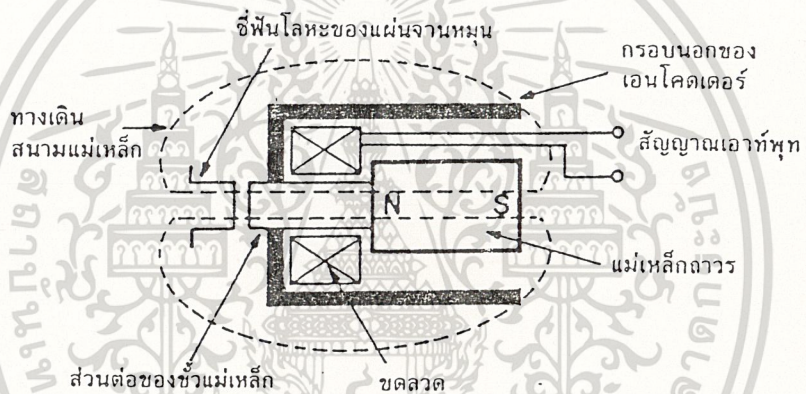
แมกนิติกพิคอัพ

ตัวพิคอัพความเร็วเพลทแบบแม่เหล็กเหมาะที่จะนำไปใช้สำหรับรับรู้การเคลื่อนที่ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ ตัวพิคอัพทรานสดิวเซอร์ และแผ่นโลหะกลมมีขอบเป็นซี่ๆ ดังรูปที่ 3.20 ช่องกว้างระหว่างตัวพิคอัพกับซี่ฟันต้องทำให้มีค่าน้อยที่สุดประมาณ 0.004 หรือ 0.005 นิ้ว

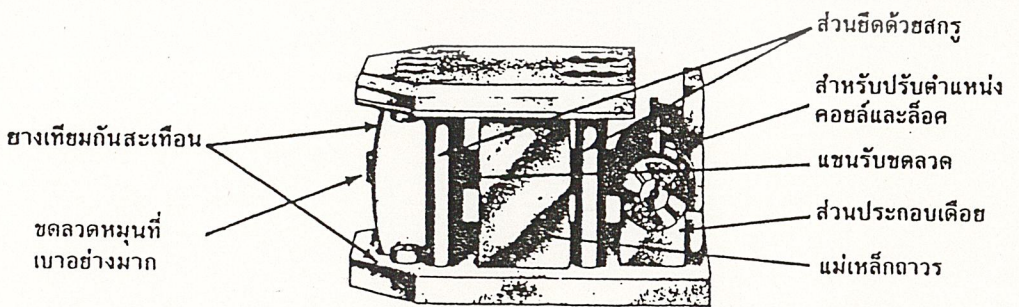
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ลักษณะการวางรูปของแมกนิตคัพคัพแอน โคดเดอร์

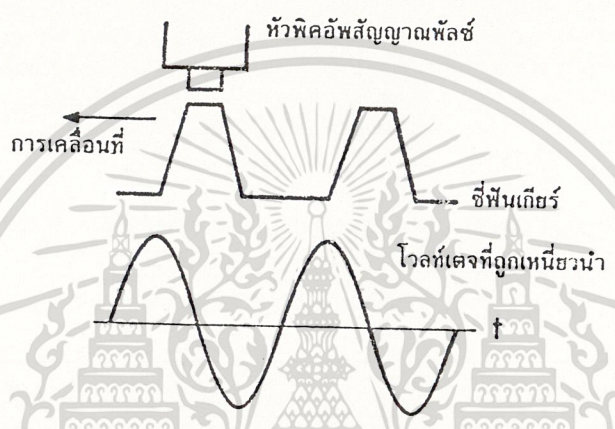


รูปที่ 3.21 โครงสร้างภายในของคัพแมกนิตคัพคัพแอน

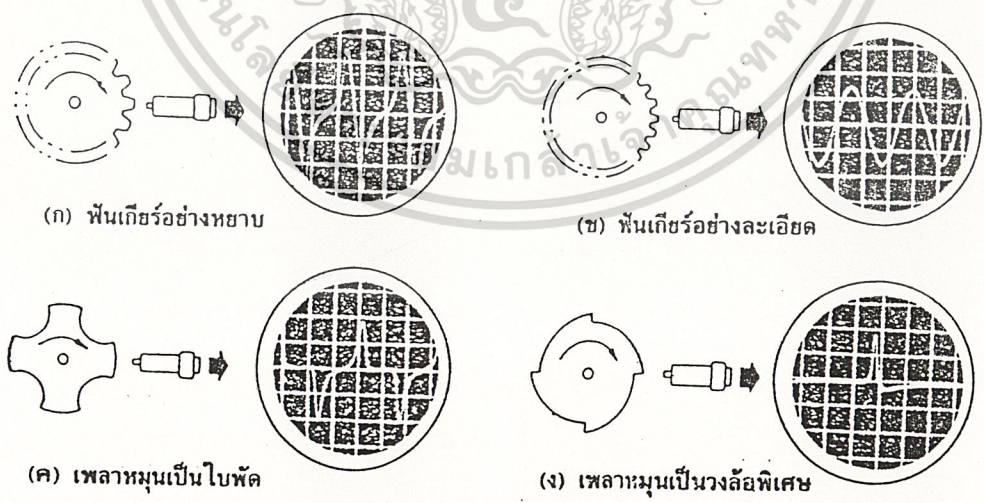


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 3.22 ตัวอย่างของแมกนิตคัพคัพแอน ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของแมกนิติกพิคอัพแสดงได้ในรูปที่ 3.21 และรูปที่ 3.22 ส่วนประกอบที่สำคัญคือ แม่เหล็กถาวร ส่วนโพลและขดลวดทั้งหมดนี้บรรจุในตัวโครงภายนอกแม่เหล็กถาวรทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านส่วนของโพลและรอบนอก (ดูรูปประกอบ) เมื่อแผ่นโลหะกลมหมุนซี่ฟันจะตัดผ่านสนามแม่เหล็กอย่างไม่ต่อเนื่องเป็นช่วงๆ ทำให้มีการเหนี่ยวนำโวลต์เตจขึ้นมาในขดลวดในทิศทางหนึ่ง และเมื่อซี่ฟันเคลื่อนผ่านไปจากส่วน โพลสนามแม่เหล็กก็จะขยายทำให้เกิดมีการเหนี่ยวนำโวลต์เตจเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามในขดลวดดังแสดงในรูปที่ 3.23 และ 3.24



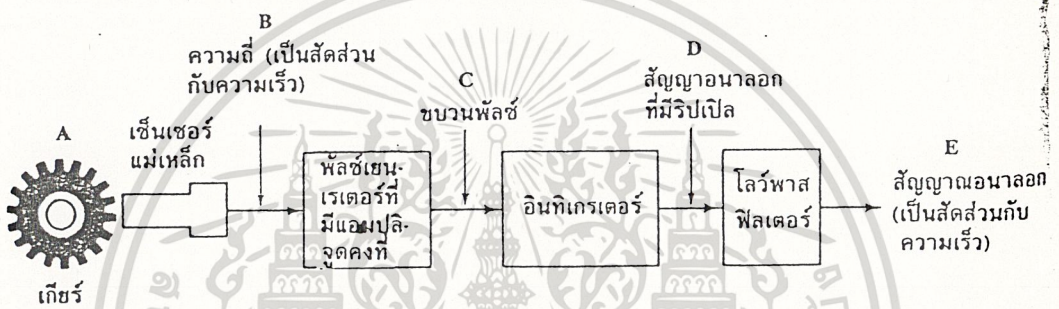
รูปที่ 3.23 ตัวอย่างลูกคลื่น โวลต์เตจเอาต์พุตของแมกนิติกพิคอัพเซ็นเซอร์



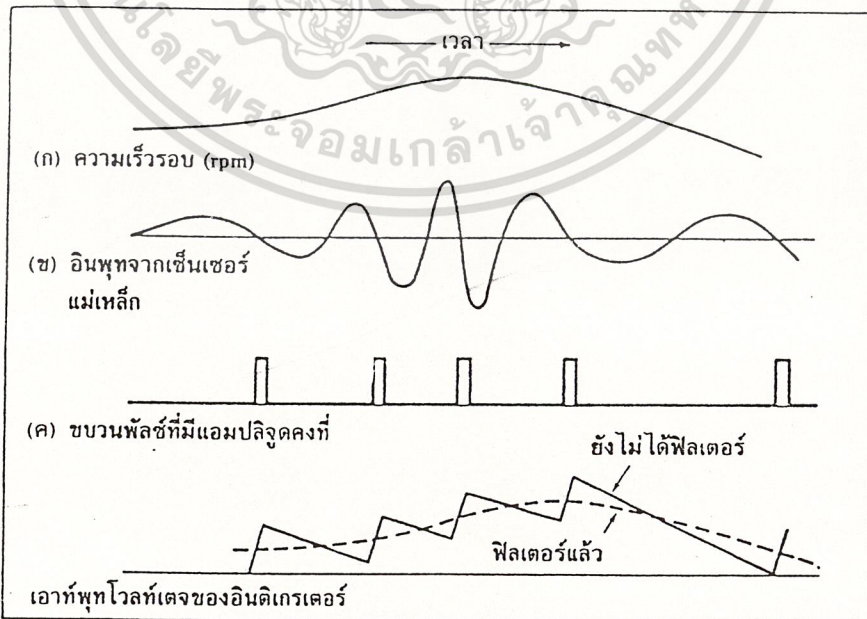
รูปที่ 3.24 ลูกคลื่นเอาต์พุตของตัวพิคอัพความเร็วแบบแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (ก) สี่ฟันเกียร์อย่างหยาบ (ข) สี่ฟันเกียร์อย่างละเอียด
 (ค) เฟลาหมุนเป็นไบพัต (ง) เฟลาหมุนเป็นวงล้อพิเศษ

การตัดผ่านสนามแม่เหล็กของซี่ฟัน 1 ซี่ จะเหนี่ยวนำโวลต์เตจขึ้นมา 1 ไซเคิล ถ้าซี่ฟันตัดผ่านส่วน โพล 100 ซี่ในเวลา 1 วินาทีจะได้สัญญาณ โวลต์เตจ 100 Hz ถูกเหนี่ยวนำขึ้นมาชั่วเอาต์พุทของเอนโคเดอร์และเอาต์พุทโวลต์เตจมีขั้วทั้งบวก ลบ และศูนย์ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งต่างๆของการหมุนของเพลลาจึงสามารถนำไปใช้ในการตีเกิดการเคลื่อนที่แบบสเตปได้และคอนโทรลการเคลื่อนที่ในลักษณะอื่นใช้สำหรับการเซ็นซิ่งความเร็ว อย่างไรก็ตามเนื่องจากโวลต์เตจที่เหนี่ยวนำขึ้นมาไม่เป็นรูปไซน์สมบูรณ์ โดยทั่วไปแล้วถูกคลื่นขึ้นอยู่กับรูปร่างซี่ฟันและขึ้นอยู่กับนิดของงานที่นำไปใช้ซึ่งรูปร่างของคลื่นอาจจะไม่สำคัญก็ได้



รูปที่ 3.25 บล็อกไดอะแกรมแสดงการแปลงความถี่เป็นโวลต์เตจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.26 ไดอะแกรมของลูกคลื่นที่จุดต่างๆในบล็อกไดอะแกรมของรูปที่ 3.25

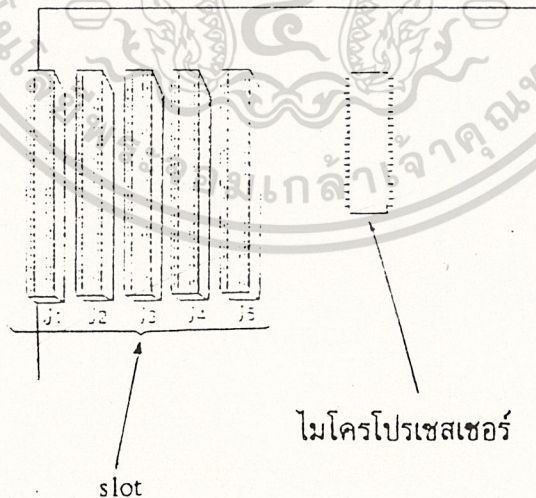
บทที่ 4

การติดต่อกับคอมพิวเตอร์และวงจรขั้วมอเตอร์

ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจำเป็นต้องมีวงจรขั้วมอเตอร์ที่สามารถควบคุมระดับของกระแสหรือแรงดันที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์ เพื่อจ่ายกระแสหรือแรงดันที่เหมาะสมในระดับความเร็วต่างๆ และในการควบคุมแบบป้อนกลับ จะมีอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วเพื่อวัดและส่งผลของความเร็วมาเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้และนำผลของค่าความเร็วดังกล่าวเข้าตัวควบคุม(Controller) เพื่อทำการปรับกระแสหรือแรงดันให้เหมาะสม สำหรับโครงการนี้ใช้การควบคุมแบบ Field Weakening ใช้การขับกระแสแทนการขับแรงดัน ซึ่งมีการปรับแต่งทั้งกระแสฟีลด์และกระแสอาร์มเจอร์วงจรขั้วมอเตอร์จึงต้องควบคุมได้ทั้ง 2 ด้าน ส่วนอุปกรณ์ควบคุม จึงต้องมีวงจรที่ทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์กับวงจรขั้วมอเตอร์ทำงานร่วมกันได้ ในบทนี้จะได้อธิบายถึงหลักการและการทำงานของวงจรทั้ง 2 อย่างละเอียดต่อไป

การอินเทอร์เฟส

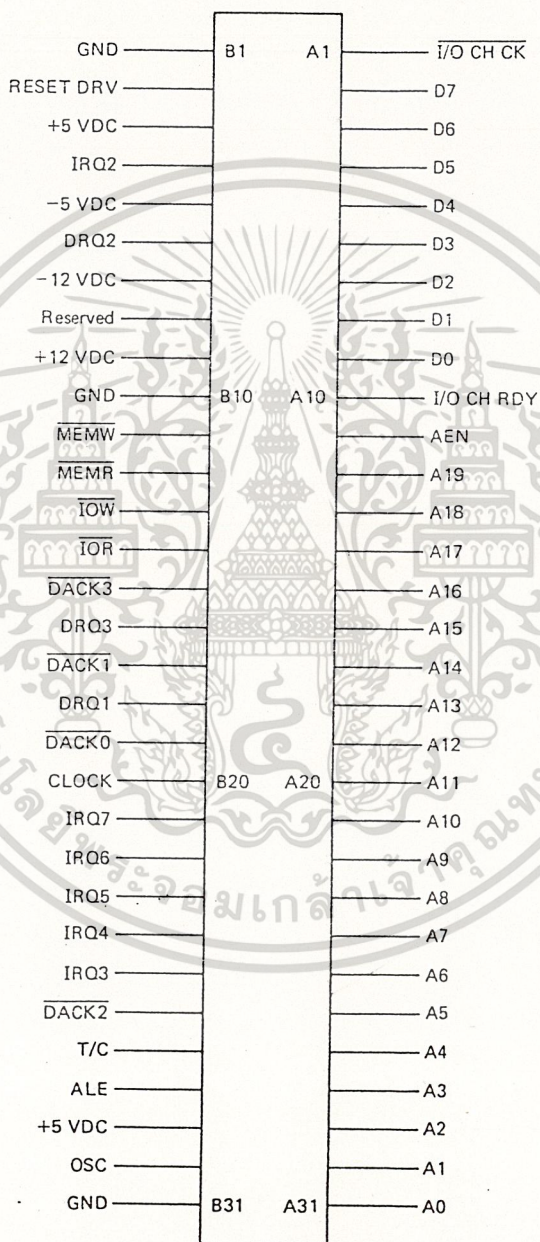
ในการนำข้อมูลเข้า(Input Data) และการส่งข้อมูลออก (Output Data) สำหรับ IBM PC นั้นต้องกระทำผ่านทาง Interface card ซึ่งเสียบลงบน I/O slot ของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นก่อนอื่นเราควรทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ I/O Slot ก่อนดังรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงระบบ I/O Slot บน IBM PC



รูปที่ 4.1 แสดง Slot บนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rear of PC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณต่างๆใน I/O Slot บน IBM PC

การสื่อสารภายในคอมพิวเตอร์มีสายข้อมูล(Data Bus) เพื่อส่งและรับข้อมูลถึงกันการส่งและรับข้อมูล ถ้าไม่มีตำแหน่งในการส่งและรับก็จะไม่รู้ว่าจะส่งไปที่ไหนและรับที่ใด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีสายแอดเดรส (Address Bus) ในการกำหนดตำแหน่งภายในคอมพิวเตอร์

ในกรณีที่มีการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้หมายเลขแก่อุปกรณ์ภายนอกนั้น การถอดรหัสแอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกตัวอื่น แอดเดรสที่ใช้ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกสำหรับ IBM PC แสดงรายละเอียดดังตาราง

หมายเลขพอร์ต	ชื่ออุปกรณ์
000H – 01FH	ดีเอ็มแอลคอนโทรลเลอร์หมายเลข 1,8237A – 5
020H – 03FH	อินเทอร์รัพท์คอนโทรลเลอร์หมายเลข 1,8259A
040H – 05FH	ไทมเมอร์
060H – 06FH	8042 คีย์บอร์ด
070H – 07FH	นาฬิกา และ NMI และซิมอสแรม
080H – 09FH	DMA เพจรีจิสเตอร์
0A0H – 0BFH	อินเทอร์รัพท์คอนโทรลเลอร์หมายเลข 2,8259A
0C0H – 0DFH	ดีเอ็มแอลคอนโทรลเลอร์หมายเลข 2,8237A – 5
0F0H	เคลียร์โปรเซสเซอร์คณิตศาสตร์
0F1H	รีเซ็ตโปรเซสเซอร์คณิตศาสตร์
0F8H – 0FFH	โปรเซสเซอร์คณิตศาสตร์
1F0H – 1F8H	ฮาร์ดดิสก์
200H – 207H	เกมไอโอ
278H – 27FH	พอร์ตเครื่องพิมพ์หมายเลข 2
28FH – 2FFH	พอร์ตอนุกรมหมายเลข 2
300H – 31FH	โปรโตไทป์การ์ด
360H – 36FH	ลำรอง
378H – 37FH	พอร์ตเครื่องพิมพ์หมายเลข 1
380H – 38FH	SDLC, ไบซิงค์
3A0H – 3ARH	โมโนโครมและเครื่องพิมพ์
3C0H – 3CFH	ลำรอง
3F0H – 3F7H	ควบคุมดิสเกตต์
3F8H – 3FFH	พอร์ตอนุกรมหมายเลข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคคลที่ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ตาราง 4.1 การใช้งานแอสเซสสำหรับพอร์ตบน ไอบีเอ็มพีซี
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

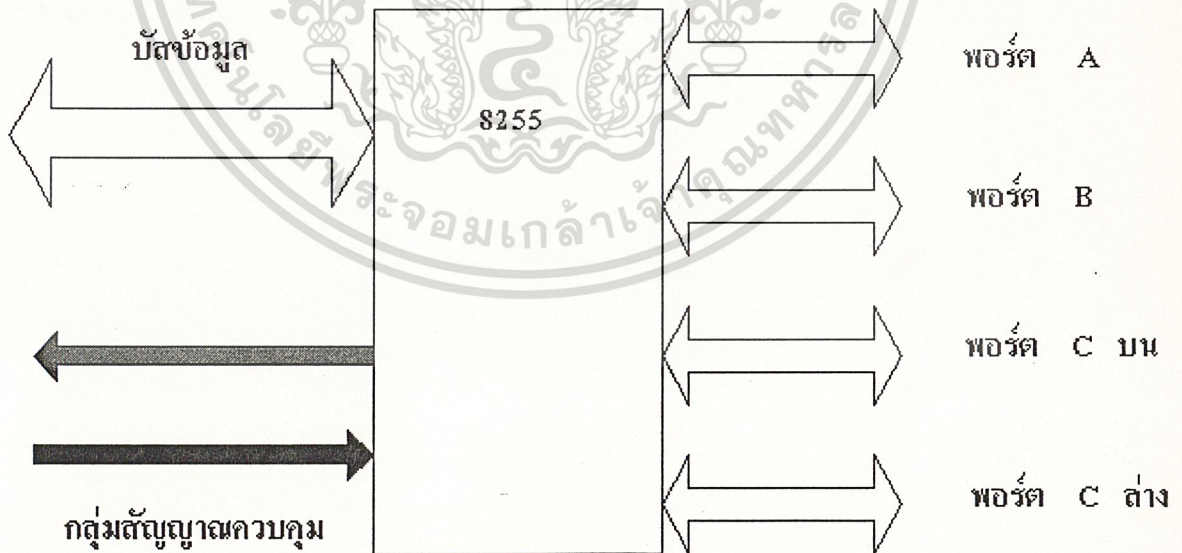
จากตารางจะเห็นว่า แอดเดรสในช่วง 300 – 31F ซึ่งใช้กับโปรโตไทป์การ์ด ซึ่งเป็นช่วงที่เราสามารถถอดรหัสแอดเดสใช้งาน แต่ต้องไม่ตรงกับแอดเดสที่การ์ดอื่นซึ่งมีอยู่แล้ว เพื่อใช้ในการนำข้อมูลเข้าออก การถอดรหัสแอดเดรสเพื่อการเลือกพอร์ต(port select) จากสายแอดเดรส A0 – A9 ซึ่งกล่าวรายละเอียดต่อไป

เนื่องจากในโครงการนี้ใช้ IC เบอร์ 8255A เป็นตัวรับส่งข้อมูลซึ่งการกำหนดแอดเดรสหรือสัญญาณคำสั่งต่างๆ ก็เป็นการกระทำต่อ 8255A โดยตรงเพื่อให้ 8255A ทำงานในหน้าที่ต่างๆ ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงขอกกล่าวถึง IC เบอร์ 8255A โดยคร่าวๆก่อน

คุณสมบัติของ 8255A

1. มีอินพุตและเอาต์พุต 24 ขาที่สามารถโปรแกรมได้
2. ระดับสัญญาณเดียวกับ TTL
3. มีคุณสมบัติที่เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูลอินเทล
4. สามารถเซตและรีเซตบิตได้โดยตรง

8255A สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตก็ได้ สามารถกำหนดโหมดการทำงานได้ 3 โหมดคือ 0,1,2

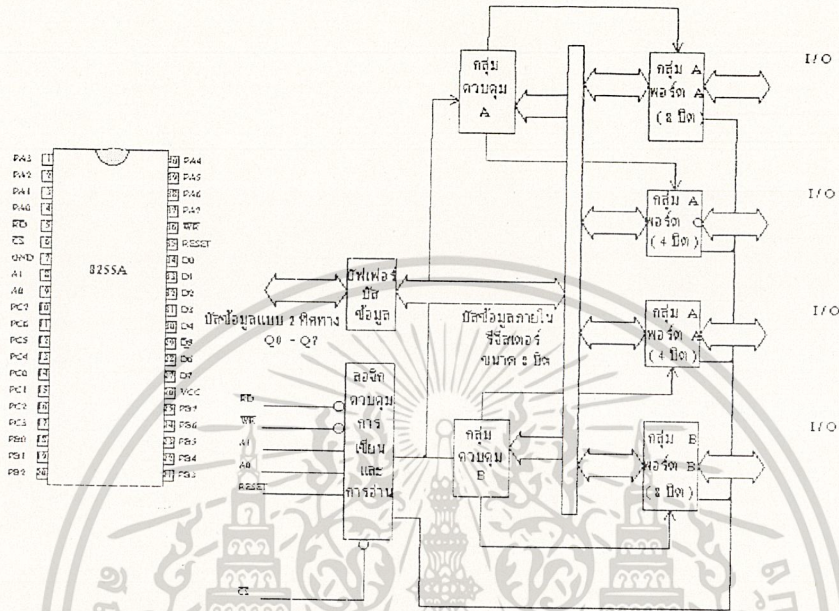


รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของ IC 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ 8255A

8255A มีโครงสร้างภายในดังรูปที่ 4.4 คือ



รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างภายในของ 8255A

การเรียกชื่อ port ของ 8255A จะเรียกชื่อพอร์ตว่า พอร์ต A,B และ port C แยกเป็น 2 ส่วนคือ PC0 – PC3 เรียก Port C ต่ำ และ PC4 – PC7 เรียกว่า Port C บน จากรูปที่ 4.4 สามารถอธิบายหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนได้ดังนี้

- Data bus buffer

ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ 8 bit สองทิศทาง 3 สถานะ (tri state) ใช้ในการอินเตอร์เฟสข้อมูลระบบ (system data bus) ข้อมูลจะถูกส่งหรือรับโดยผ่านทางบัฟเฟอร์ขึ้นอยู่กับการประมวลผลของ CPU ว่าจะให้ทำการส่งหรือรับข้อมูล

- Read/Write and Control Logic

ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการส่งผ่านข้อมูลและ Control และ Status ทั้งภายในและภายนอก ส่วนนี้ จะรับอินพุตจากแอดเดรสบัสควบคุมของ CPU แล้วนำมาถอดรหัสในการควบคุมพอร์ต โดย บล็อกนี้มีสายสัญญาณควบคุมจากภายนอกดังต่อไปนี้คือ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chip Select

เมื่อนานี้ได้รับ logic 0 จะทำให้ 8255A ต่อเข้ากับระบบบัสของ CPU เพื่อให้ CPU อ่านหรือเขียนข้อมูลผ่านพอร์ตได้

- Read

เป็นขาสัญญาณอินพุตที่ต้องส่งมาจาก CPU เมื่อสัญญาณนี้มี Logic 0 และ Chip Select เป็น 0 ด้วย CPU จะทำการอ่านข้อมูลจากบัสข้อมูลของ 8255A

- Write

ขาสัญญาณการเขียนจะ แยกตีฟเมื่อ Chip Select เป็น 0 และ Write เป็น 0 โดยสัญญาณนี้จะถูกส่งมาจาก CPU ทำให้ CPU สามารถเขียนข้อมูลบนบัสข้อมูลของ 8255A ได้

- Port Select 0 and Port Select 1 (A0 and A1)

สัญญาณอินพุตทั้งสองนี้จะต้องสัมพันธ์กับสัญญาณ Read, Write and Chip Select เพื่อใช้ในการเลือกพอร์ตใช้งาน

- Reset

แยกตีฟที่ลอจิก 1 สำหรับนานี้ เมื่อลอจิก 1 เข้ามาจะทำให้เกิดการเคลียร์รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Register) และทุกพอร์ตจะถูกเซตผู้ใหม่คอินพุต

- Group A and Group B Controls

แต่ละบด็อกจะรับคำสั่งมาจาก Read / Write Control Logic และรับ Control Word จากบัสข้อมูลภายในเพื่อให้ในการควบคุมพอร์ต

- Control Group A จะควบคุมพอร์ต A และ port C บน(PC4-PC7)

- Control Group B จะควบคุมพอร์ต B และ port C ล่าง(PC0-PC3)

Port A, B and C ของ 8255A ประกอบด้วย Port 8 bit 3 Port (Port A, B and C) ซึ่ง Port ทั้ง 3 นี้สามารถกำหนดรูปแบบการใช้งานได้ โดยอาศัย Software ช่วยจัดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของ 8255 A

การกำหนดโหมดการทำงาน จะต้องส่งข้อมูลคำสั่ง ไปโปรแกรมในพอร์ตควบคุมของ 8255A ซึ่งในที่นี้ใช้พอร์ตเลขหมาย 303H แต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งไปจะมีความหมายในตัวเอง ลักษณะความหมายของแต่ละบิตในรหัสควบคุมบิตต่างๆมีดังนี้

บิต D7 เป็นบิตที่แสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิตนี้เป็น 1 หมายถึงรหัสควบคุมนี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเซตโหมดต่างๆ ของ 8255

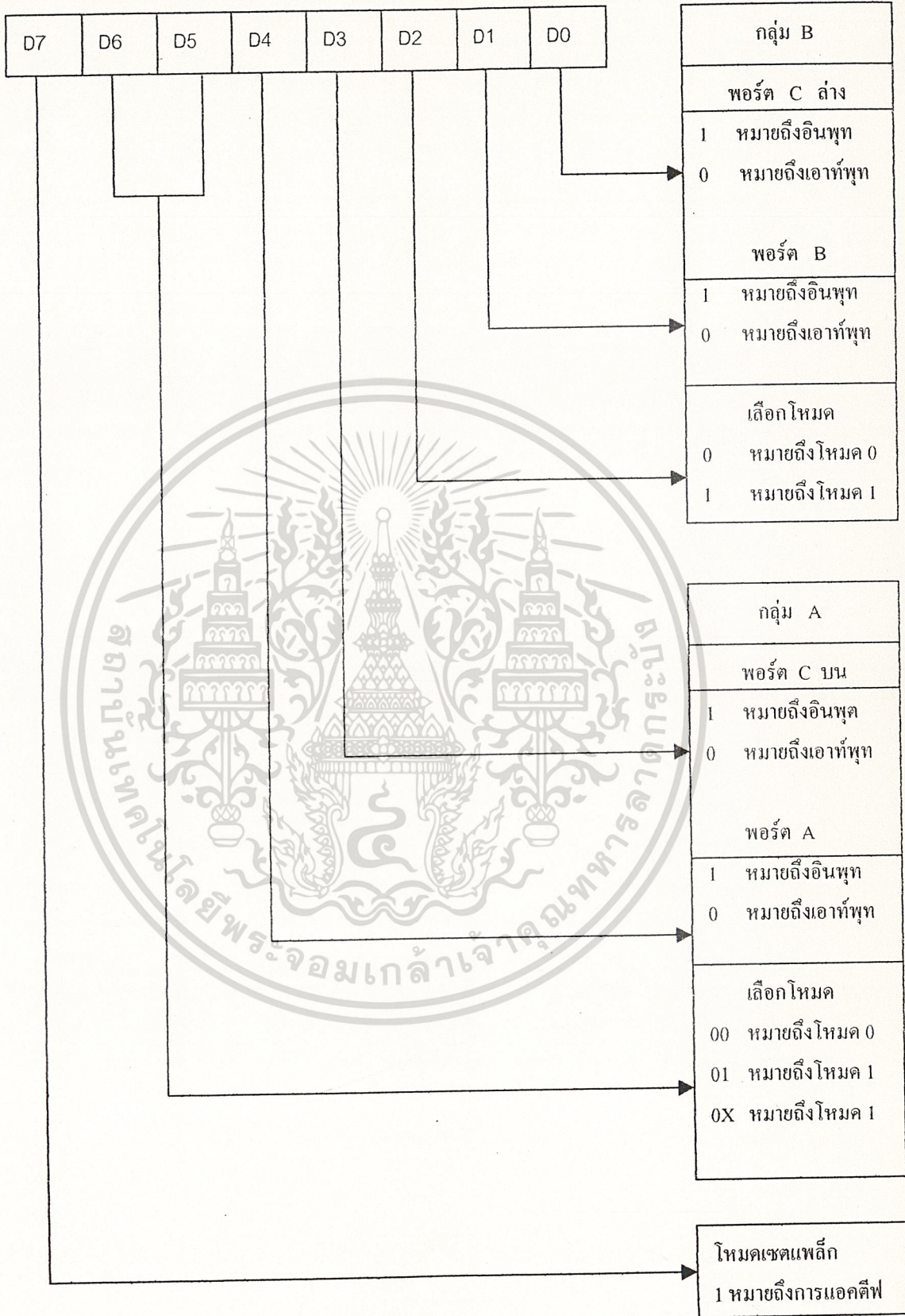
บิต D6 และ D5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ต A ซึ่งมี 3 โหมด คือ โหมด 0 โหมด 1 และ โหมด 2 ดังแสดงผังรูปที่ 4.5

บิต D4 ถ้ามีค่าเป็น 0 หมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นพอร์ตเอาต์พุตถ้ามีค่าเป็น 1 จะหมายถึงการกำหนดพอร์ต A เป็นอินพุต

บิต D3 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตโหมดของพอร์ต C บนถ้าเป็น 0 จะทำให้พอร์ต C บนเป็นเอาต์พุต

บิต D2 เป็นบิตที่บอกถึงการเซตโหมดของพอร์ต B ถ้าเป็น 0 หมายถึงการเลือกพอร์ต B เป็นโหมด 0 ถ้าเป็น 1 หมายถึงการเลือกโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.5 แสดงความหมายของบิตต่างๆ ในรหัสควบคุม
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต D1 เป็นการกำหนดอินพุทเอาต์พุทของพอร์ต B ถ้า เป็น 0 หมายถึงเอาต์พุทถ้า เป็น 1 หมายถึงอินพุท

บิต D0 เป็นการกำหนดอินพุทเอาต์พุทของพอร์ต C ถ้า เป็น 0 หมายถึงเอาต์พุท ถ้าเป็น 1 หมายถึงอินพุท

การโปรแกรม 8255 จะเริ่มจากการเซตค่าที่ต้องการแล้วเอาต์พุทไปยังพอร์ตควบคุม เช่น ถ้าต้องการ โปรแกรมให้พอร์ต A,B,C เป็นพอร์ตเอาต์พุททั้งหมด เราเลือก 8255 ให้อยู่ในโหมด 0 โดยมีรหัสควบคุมเป็น 1000000 หรือ 80H ดังนั้นจึงเขียนคำสั่งได้เป็น

LD A,80H หมายถึงกำหนดรหัสควบคุม

OUT (13H),A หมายถึงส่งไปยังพอร์ตควบคุม

หลังจากที่กระทำคำสั่ง OUT นี้ผ่านไปแล้ว พอร์ต A,B และ C จะเป็นพอร์ตเอาต์พุทหมด ซึ่งก็จะส่งข้อมูลจากซีพียูไปยังพอร์ตต่างๆ ได้ เช่น ถ้าต้องการส่งข้อมูล 8A H ไปยังพอร์ต A ข้อมูล 41H ไปยังพอร์ต B และข้อมูล 25 H ไปยังพอร์ต C คำสั่งที่ใช้คือ

LD A,8A H หมายถึงเลือกค่า 8A H

OUT(10H),A หมายถึงส่งให้พอร์ต A

LD A,41H หมายถึงเลือกค่า 41 H

OUT(11H),A หมายถึงส่งให้พอร์ต B

LD A,25H หมายถึงเลือกค่า 25 H

OUT(12H),A หมายถึงส่งให้พอร์ต C

เนื่องจากมีพอร์ตที่รับส่งข้อมูล 3 พอร์ต คือ พอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C ซึ่งพอร์ต C จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ต C ต่ำและพอร์ต C บนเราสามารถโปรแกรมให้ทั้ง 4 พอร์ตนี้เป็นอินพุทหรือเอาต์พุทก็ได้ เช่น ถ้าให้รหัสควบคุมเป็น 82 H จะทำให้พอร์ต B เป็นอินพุท พอร์ต A และพอร์ต C เป็นเอาต์พุท

เทคนิคการตีโค้ดแอดเดรส

วงจรถติโคดแอดเดรสถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการอินเตอร์เฟสระหว่าง เมนบอร์ดกับอุปกรณ์ไอ โอพอร์ต ซึ่งจะอยู่ร่วมกันทำหน้าที่ 2 อย่าง คือกำหนดให้ เป็นพอร์ตอินพุทอ่านข้อมูลหรือให้เป็นพอร์ตเอาต์พุทเขียนข้อมูลบนอุปกรณ์เอาต์พุทหรืออินพุท สัญญาณที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นตัวเลือก กระบวนการที่เหมาะสมที่ CPU จะติดต่อกับอุปกรณ์ อินพุท / เอาต์พุท หรืออุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุทติดต่อกับ CPU คือ แอดเดรส ใช้ตั้งแต่ A0 - A9 (10 บิต) สำหรับแอดเดรส พอร์ต IOR แอดเดรส ที่ล่อจิก "0" เพื่อบอกว่าขณะนี้เป็นการอ่านข้อมูลจากอินพุทพอร์ต IOW แอดเดรสไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ลอจิก“0” เพื่อบอกว่าขณะนี้เป็นการเขียนข้อมูล ไปยังเอาต์พอร์ท AEN แอคทีฟที่ลอจิก 1 เพื่อคิสเอเบิ้ลวงจรอื่น ๆ ขณะเกิดกระบวนการ DMA ในการคิโค้ด จะเป็น ลอจิก“0”

รูปที่ 4.6 แสดงถึงพื้นฐานของการ คิโค้ดซึ่งแยกออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการนำเอาแอดเดรส A0 - A9 มาทำการคิโค้ดสร้างสัญญาณ – ADDRESS SEL และนำสัญญาณนี้ไปรวมกับ AEN ได้สัญญาณ I/O SELECT เพื่อแยกว่าเป็นอุปกรณ์ I/O ถ้าเป็นสัญญาณที่ร่วมกับ IOR จะได้สัญญาณสำหรับเลือกอุปกรณ์ อินพุท IOW จะเป็นสัญญาณ สำหรับเลือกอุปกรณ์ เอาท์พุท



รูปที่ 4.6 แสดงถึงพื้นฐานของการคิโค้ด

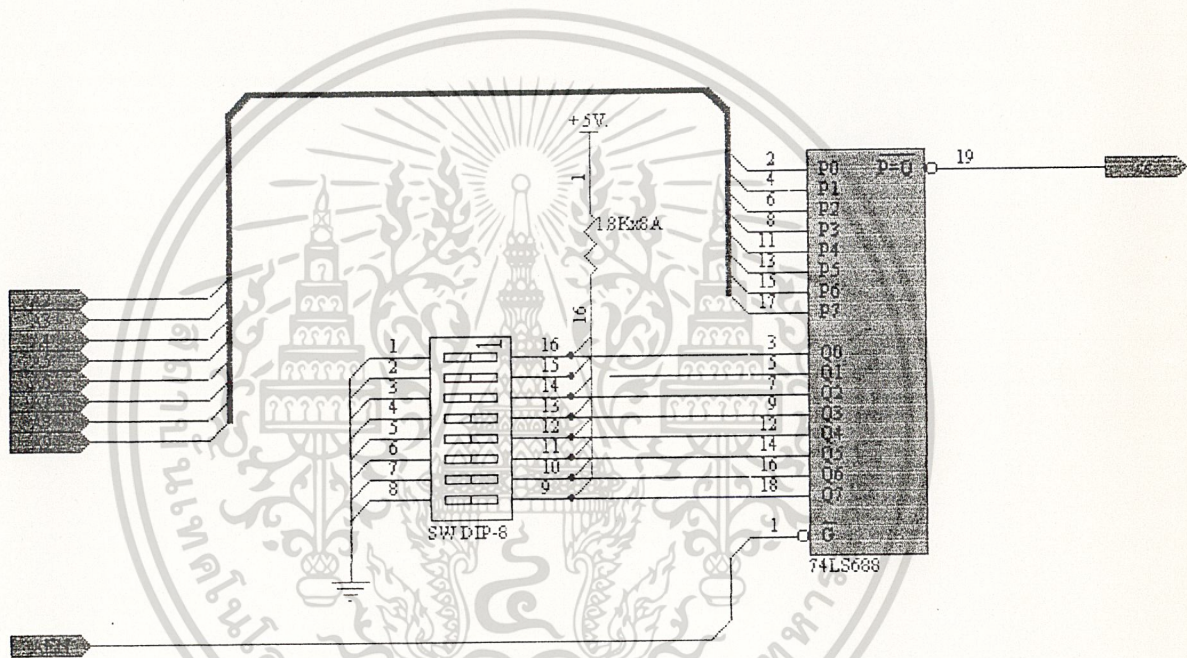
วงจรคิโค้ด

IC ที่เรานำมาคิโค้ดเป็น IC 74LS688 จะทำการคิโค้ดสัญญาณต่าง ๆ จากสล็อต ของ IBM PC มาใช้เพื่อเลือกแอดเดรสให้กับ 8255 A สัญญาณที่นำมาใช้ในการคิโค้ดมี A0-A9 แต่ 8255 A ต้องการสัญญาณจาก A0 และ A1 ไปควบคุมรีจิสเตอร์ภายในตัวมัน ดังนั้นสัญญาณแอดเดรสที่เรานำมาใช้จึงมีแค่ A3 - A9 เท่านั้น ส่วน A0 - A1 ถูกต่อเข้าไปที่ขาของ 8255A โดยตรง การคิโค้ดนี้ใช้แอดเดรส 10 บิต (A0-A9) เข้ามาทำการคิโค้ด ส่วนตำแหน่ง A10 - A15 นั้นไม่นำมาใช้ จากรูปที่ 4.7 เป็นการแสดงวงจรคิโค้ด ของอินเตอร์เฟส 8255A สังเกตได้ว่าเรานำสัญญาณ A0 - A9, AEN, IOR, IOW, RESET มาใช้เท่านั้น ส่วนสัญญาณอื่นไม่นำมาใช้เช่น IOCS16, SBHE เพราะใช้ 8255A ตัวเดียวส่งข้อมูล 8 บิต

การทำงานของ 74LS688 คือ IC ตัวนี้จะทำการเปรียบเทียบ สัญญาณอินพุท 2 ส่วน คือ P0 - P7 และ Q0 - Q7 จะให้เอาท์พุทออกมาเป็น 0 เมื่อ P=Q สัญญาณ Q จะถูกต่ออยู่กับ DIP switch ในการเลือกแอดเดรสของการ์ด เลือกโดยการเซตสวิทช์ ตัวอย่าง เช่นในโครงงานนี้จะใช้

แอดเดรสช่วง 300 - 31FH เมื่อมีแอดเดรส ค่า 300H มาเข้าที่ อินพุตของ 74LS688 (P) ที่ขา 19 ของ 74LS688 ให้เอาท์พุท 0 ทำให้ CS ของ 8255 เป็น 0 8255 ก็จะต่อค่าต่ำสุด เข้ากับค่าต่ำสุดของคอมพิวเตอร์ สำหรับแอดเดรสที่ใช้ในที่นี้มี 4 แอดเดรสคือ

- 300 H ควบคุมการทำงานของพอร์ต A
- 301 H ควบคุมการทำงานของพอร์ต B
- 302 H ควบคุมการทำงานของพอร์ต C
- 303 H ส่ง Control Word ให้กับ 8255



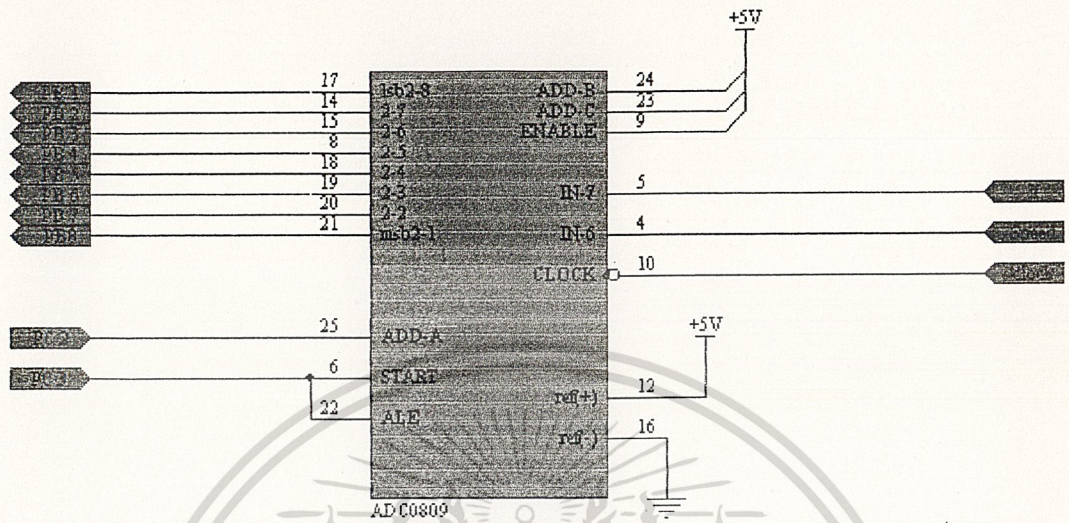
รูปที่ 4.7 วงจรดีโค้ด

วงจร A/D Converter

ในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเป็นหน้าที่ของ IC ADC 0809 ซึ่งเป็นชิปแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 8 bit ดังแสดงดังรูปที่ 4.78 ในส่วนของ IC ADC 0809 เป็น IC ที่รับ Input ได้ 8 Chanel ซึ่งแล้วแต่ว่าจะ Decode ที่ขา A,B,C ว่าจะได้รับอนาล็อก อินพุท จาก Chanel ที่เท่าไร ส่วน Output เป็นขนาด 8 bit โดย IC เบอร์นี้ใช้ Clock ขนาด 500 KHz โดยวงจรออกแบบให้ IC ADC 0809 รับสัญญาณ Input ขนาด 0-5 V มาทางด้าน Channel 6,7 โดยที่สัญญาณ Channel 6 เป็นสัญญาณที่รับมาจาก Tachometer ทำการแปลงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับโครงการงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

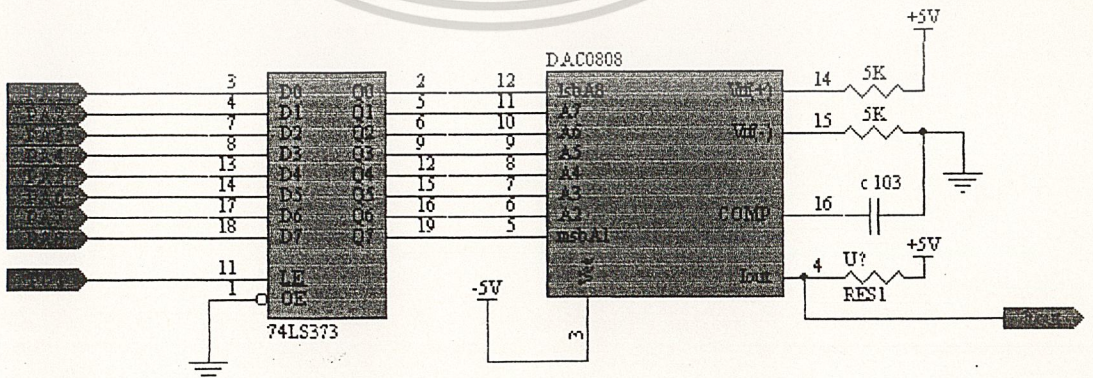
สัญญาณดิจิทัลเพื่อให้คอมพิวเตอร์รับรู้ระดับความเร็วของมอเตอร์ที่กำลังควบคุมอยู่ ส่วนที่ Chanel 7 จะเป็นระดับสัญญาณ 0-5 V ที่แปลงมาจากอัตราการไหลของกระแส Field



รูปที่ 4.8 วงจรในส่วนของ A / D converter

วงจร D / A Converter

ในส่วนนี้ใช้ IC เบอร์ DAC 0808 2 ตัว ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลที่ได้รับจากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ เพื่อส่งไปควบคุมการทำงานของวงจรขับเคลื่อนกระแส Field และ Amature โดยสัญญาณดิจิทัลจะถูกส่งมาทาง Port A ของ 8255 ให้กับ DAC 0808 โดย $V_{ref}(t)$ ของ DAC 0808 ตั้งไว้ที่ 5 V



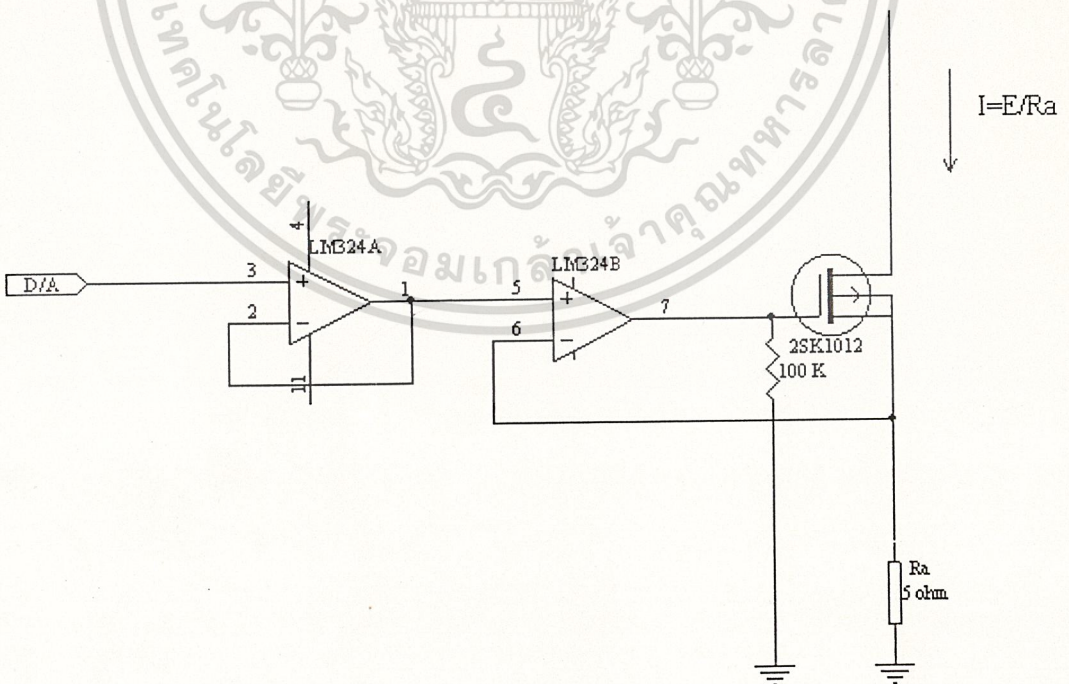
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4.9 แสดงวงจรในส่วนของ D / A Converter นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรถับมอเตอร์

จากวงจรส่วนที่กล่าวมาแล้วในข้างต้นเป็นส่วนของวงจรที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอรืเพื่อใช้รับสัญญาณไปประมวลผล และส่งผลออกมาควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ความเร็วต่างๆ และวงจรอีกส่วนหนึ่งที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ คือวงจรถับมอเตอร์ ในวงจรนี้จะเป็นตัวรับคำสั่งการควบคุมที่ได้จากคอมพิวเตอรืไปทำการจ่ายกระแสให้กับมอเตอร์ทั้งด้านกระแสไฟลด์และกระแสอาร์เมเจอร์ และจะต้องเป็นตัวส่งสัญญาณที่เป็นผลมาจากการควบคุมป้อนกลับไปให้คอมพิวเตอรืรับรู้ในลักษณะของ Feedback Control จะได้อธิบายเป็นส่วนๆดังนี้

การขับกระแส

วงจรถับกระแสให้มอเตอร์ที่ใช้ในวงจรนี้เป็นลักษณะของ linear Amplifier ขับกระแสโดยตรงไปให้มอเตอร์ จะประกอบด้วย OP-AMP เบอร์ LM 324 และ MOSFET เบอร์ 2SK1012 OP-AMP จะเป็นตัวรับสัญญาณค่านี มาเปลี่ยนเป็นการขับกระแส กระแสที่ได้รับจากวงจรนี้จะขึ้นอยู่กับค่า R ที่ต่ออยู่ในวงจร ตามกฎ $I = \frac{E}{R}$ ดังแสดงในรูป



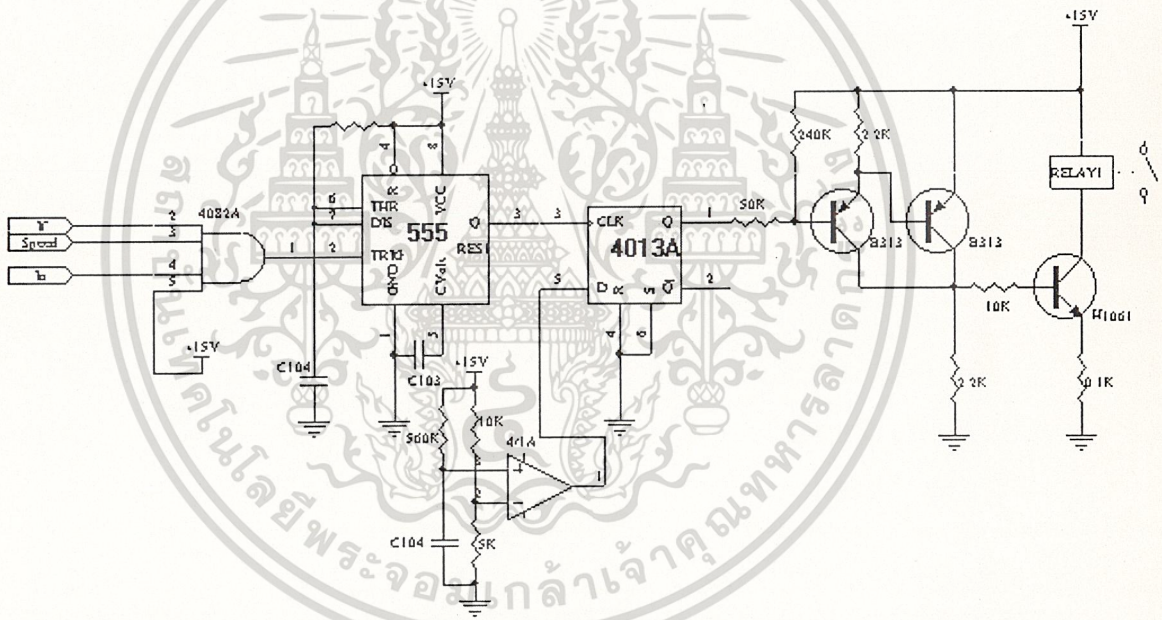
รูปที่ 4.10 วงจรถับกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขับกระแสนี้จะให้ขับทั้งกระแสฟิลด์และอาร์เมเจอร์ วงจรขับในแต่ละชุดจะรับ สัญญาณ 0-5 V มาจาก DAC 0808 คนละตัววงจรขับกระแส field จะใช้ Mosfet เพียงตัวเดียว เพื่อใช้จ่ายกระแสในระดับ 0.2,0.4,0.6,0.8 และ 1 Amp แล้วแต่ค่า R ที่เลือกในส่วนวงจรขับ กระแส Amature ใช้ Mosfet 5 ตัวขนานกัน เพื่อให้ได้กระแส 1,2,3,4 และ 5 Amp แล้วแต่การ เลือกใช้

วงจรป้องกัน

ในส่วนของวงจรป้องกันจะประกอบด้วยวงจรป้องกันกระแสเกินทั้ง Field และ Amature และอีกส่วนหนึ่งคือ ป้องกันความเร็วเกินพิกัดในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมได้ เป็นการป้องกันตัว มอเตอร์ไม่ให้เสียหายขณะที่ยังจรเกิดการ ทำงานผิดพลาด



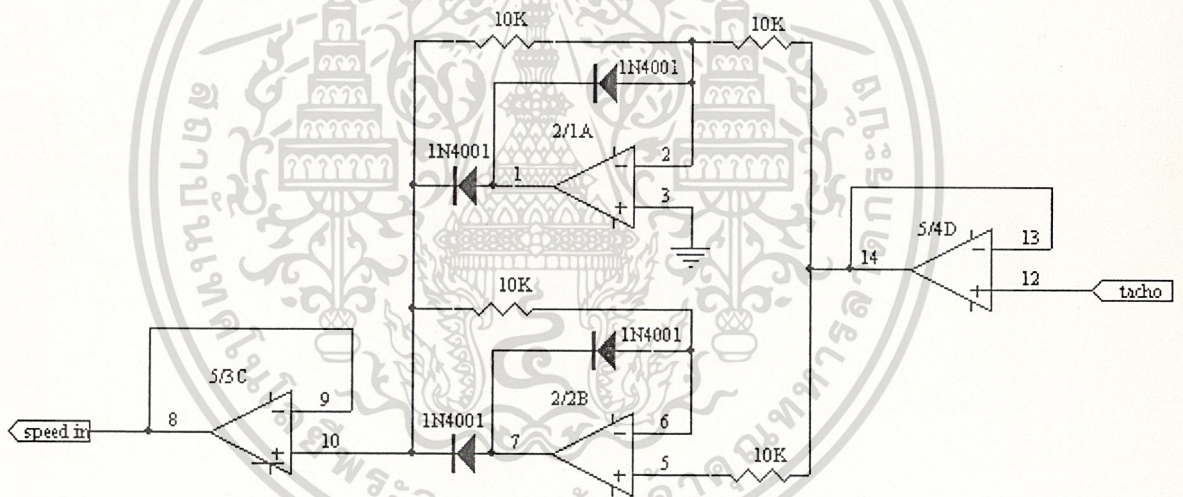
รูปที่ 4.11 แสดงส่วนของวงจรป้องกัน

จากรูป เราจะมีตัวตรวจจับความผิดพลาดที่กระแส field, Amature และที่ Speed ส่งสัญญาณมาที่ IC 4082 เป็น AND GATE 4 Input ในสภาวะปกติสัญญาณทางด้าน Input จะเป็น 1 ซึ่งทำให้ Relay 1 ต่อหน้า contact วงจรทำงานตามปกติและถ้าตัวตรวจจับการทำงานผิดพลาดตัวใดตัว หนึ่งส่งสัญญาณที่เป็น 0 ออกมา Output ของ IC 4082 จะเป็น 0 ส่งสัญญาณไปให้ IC 555 ซึ่ง ต่อวงจรเป็นแบบ โมโนสเตเบิล จะกำเนิดสัญญาณพัลส์ 1 ลูก ส่งไปกระตุ้นขา Clock ของ IC 4013 ซึ่งเป็น D FLIP-FLOP IC 4013 หยุดทำงาน Relay 1 ตัด Power Supply ออกจากวงจร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทุนที่ ส่วน IC 4/1 ซึ่งเป็น OP-AMP จะเป็นตัวกำหนดคสภาวะให้ขา D ของ IC 4013 โดยใน ใม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะเริ่มแรกจะให้สัญญาณ 0 เพื่อให้ Relay ต่อหน้า Contract และสถานะต่อไปจะเป็น 1 เพื่อพร้อมที่จะให้วงจรหยุดการทำงานทันทีที่เกิดความผิดพลาด

วงจรกลับแรงดันทางด้านบวก

วงจรมีจะต่ออยู่กับ Techometer ทำหน้าที่ในการกลับขั้วแรงดันที่ได้รับจาก Techometer ให้ไปอยู่ทางด้านบวกทั้งหมด เนื่องจากว่า Output ที่ได้ จาก Techometer จะเป็นไปได้ทั้งด้านบวกและด้านลบ ซึ่งก็แล้วแต่ว่ามอเตอร์หมุนไปทางไหนแต่ว่า IC ADC 0809 ซึ่งเป็นตัวรับสัญญาณนี้ไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์นั้นต้องการไฟบวกเท่านั้นจึงต้องมีวงจรที่ทำการกลับสัญญาณที่ได้ให้อยู่ในไฟบวกทั้งหมด ดังแสดงในรูป

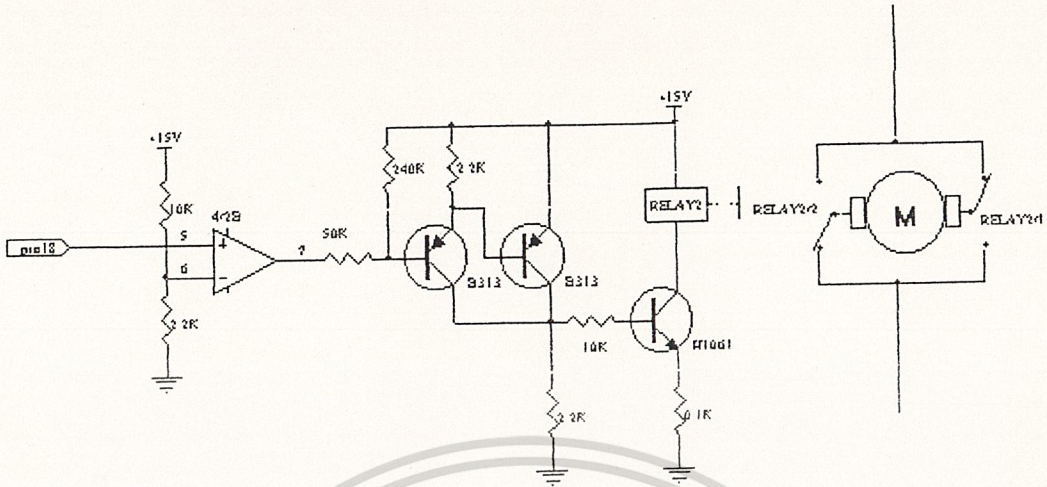


รูปที่ 4.12 วงจรกลับแรงดันด้านบวก

จากวงจรดังรูปสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Techometer จะเป็นได้ทั้งบวกและลบ เมื่อผ่านวงจรดังรูป Output จะเป็นบวกทั้งหมดจึงสามารถส่งต่อไปที่ ADC 0809 ได้ ข้อดีของวงจรในรูปคือ ให้อัตราการขยายเท่ากันทั้งทางด้านบวกและลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกลับทางหมุน



รูปที่ 4.13 วงจรกลับทางหมุนของมอเตอร์

จากรูป การกลับขั้วจะใช้สัญญาณจาก PC 4 ของ 8255 A เป็นตัวควบคุมการทำงานของ Relay 2 ซึ่งเป็น Relay 2 ทาง 2 หน้าสัมผัส Relay 2 จะเป็นตัวกลับขั้วการจ่ายกระแส Amature ให้กับมอเตอร์ ซึ่งถ้าจ่ายกระแสในทิศทางต่างกันก็จะหมุนไปในทิศทางที่ต่างกันซึ่งเป็นข้อดีอย่างหนึ่งของ DC Motor ที่สามารถกลับทางหมุนได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การควบคุมความเร็วมอเตอร์ แบบ Field Weakening

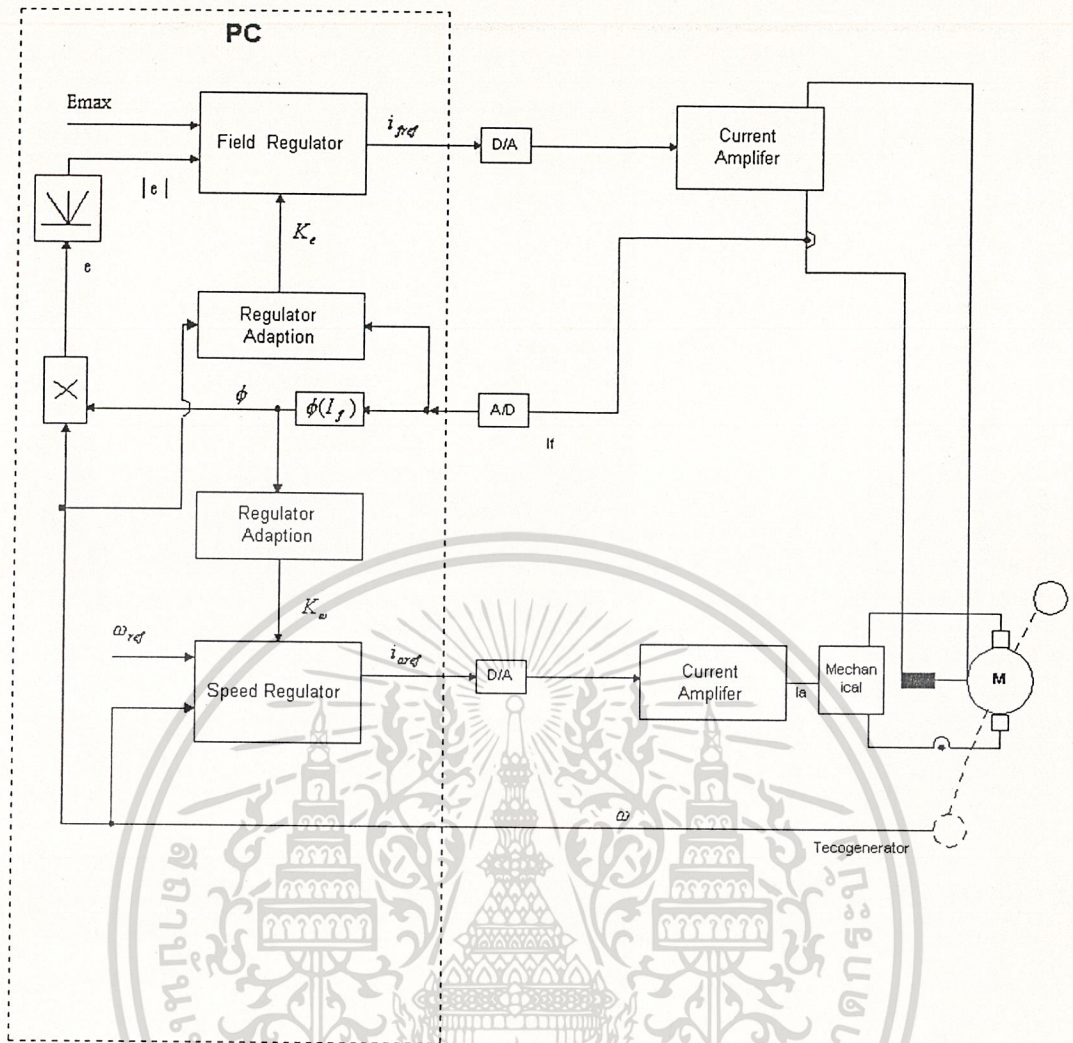
ในการทดลองนี้ได้เสนอรูปแบบการควบคุม ความเร็วมอเตอร์กระแสตรง (D.C Motor) แบบ Field Weakening เป็นการควบคุมแนวใหม่ ซึ่งการนำการเปลี่ยนแปลงของ Motor มาทำการคาดการณ์ล่วงหน้าว่าค่า Gain ที่เหมาะสมที่ใช้ในการควบคุมความเร็ว นั้นเป็นเท่าไร โดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของ Motor มาสร้างเป็นตัวแปรต่างๆของ Process นี้

ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง (D.C. Motor) ให้ได้ความเร็วตามที่ต้องการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในความเร็วในระดับของความเร็วที่แตกต่างกันมากๆ นั้นมีความยากมาก เช่น เมื่อความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบ Step และต้องการผลของ OverShoot น้อยๆและผลจากการปรับ ความเร็วให้เข้าสู่ค่าที่ต้องการเมื่อมีการป้อน Load ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้มีการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงการทำงานของมอเตอร์ให้ดีขึ้น

ในการทดลองนี้ได้ใช้ความรู้เกี่ยวกับ β I Regulator ซึ่งเป็นการควบคุมแบบใหม่ลักษณะการควบคุมนั้นจะตรงข้ามกับ PI Regulator ในการควบคุมแบบ PI Regulator นั้นจะให้ Field Flux ของมอเตอร์มีค่าคงที่ซึ่งทำให้ความเร็วมอเตอร์ที่ควบคุม แปรผันกับค่ากระแส อาร์เมเจอร์ (Amatur Current) ซึ่งเป็นไปตาม Characteristic curve ของมอเตอร์ แต่สำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง(D.C. Motor)แบบ Field Weakening นี้ใช้ β I Regulator มาช่วยในการคำนวณ จะทำให้ค่าของ Field Flux มีการเปลี่ยนแปลงและนำการเปลี่ยนแปลงของ Field Flux นี้ไปทำการคำนวณเป็นค่าของ กระแสฟิลด์ (Field Current)และกระแสอาร์เมเจอร์(Amature Current) คို့ไป

ก่อนที่จะทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์นั้น จำเป็นที่จะต้องรู้เทคนิคพื้นฐานที่จะใช้ในการคาดการณ์ล่วงหน้าของค่า Gain (Gain Scheduling) เสียก่อน การเปลี่ยนแปลงของค่า Gain จะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสฟิลด์(Field Current)และกระแสอาร์เมเจอร์ (Amature Current) ในการพิจารณาค่า Gain นั้นเป็นการยากที่จะบอกค่า Gain ค่าไหนให้ผลที่ดีที่สุด เพราะ Gain ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นค่าที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการเปลี่ยนแปลงของระบบอันเป็นผลมาจากการคำนวณในรูป β I Regulator นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1

Block Diagram แสดงการทำงานของ ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบ Field Weakening พิจารณาจากรูปที่ 5 ซึ่งในการควบคุมได้ใช้ มอเตอร์กระแสตรงแบบ Separate และควบคุมความเร็วโดยใช้ Mosfet โดยการปรับแต่งกระแสอาร์เมเจอร์และกระแสฟิลด์ของมอเตอร์เมื่อความเร็วเปลี่ยนไป ในการปรับแต่งส่วนหนึ่งนั้นจะปรับใน Block PI Regulator เพื่อจำกัดกระแสและแรงดันของระบบและอีกส่วนหนึ่งนั้นจะปรับใน Block β I Regulator เพื่อทำการป้อนกระแสฟิลด์และกระแสอาร์เมเจอร์แก่ระบบต่อไป

หลักการในการควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Field Weakening เป็นดังนี้คือ กำหนดให้ ω เป็นความเร็วในช่วงก่อนการเกิด Weakening Field และ ω^* เป็นความเร็วที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งถ้า $0 < \omega < \omega^*$ ค่าของ Field Flux จะมีค่าคงที่ แต่ถ้าค่าของ $\omega > \omega^*$ จะทำให้การควบคุมเข้าตู้ไปใช้

สถานะ Weakening เนื่องจากว่า ค่าของ Back EMF เป็นค่าคงที่ $e(t) = E_{max}$ ดังนั้นค่าของ Setpoint E_{max} จะเป็นตัวกำหนดค่าของ ω_c

ลักษณะการทำงานของมอเตอร์เมื่อกระแสฟีดกลับมีค่าคงที่ จะมีลักษณะเป็น Nonlinear ดังนั้นในการแก้ระบบจึงนำเอา Nonlinear Loss Model มาทำการแก้ไขเพื่อให้ระบบควบคุมได้ในความเร็วต่ำๆ สำหรับการควบคุมความเร็วรอบต่ำๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและ Load ในระบบก็จะทำให้ค่ากระแสอาร์เมเจอร์เป็น Nonlinear เช่นกัน แต่เมื่อความเร็วเพิ่มมากขึ้นและเข้าสู่ Field Weakening คือ $\omega_c < \omega$ ค่าของ E_{max} จะน้อยมาก ค่าตรงช่วงนี้จะนำมาวิเคราะห์และนำไปคำนวณต่อไป

สมการความเร็วมอเตอร์กระแสตรง เป็นดังนี้

$$T_m \frac{d\omega}{dt} = \phi * I_a - M\omega - Ml \quad \text{_____ 1}$$

เมื่อ T_m เป็นค่าคงที่ของเวลาที่เกิดขึ้นที่เกิดจาก moment of inertia ของ Motor และ load

ϕ Field Flux

I_a กระแสอาร์เมเจอร์ (Armature Current)

$M\omega$ แรงบิดที่สูญเสียในแกนเหล็ก

Ml แรงบิดที่สูญเสียทาง Mechanical

Ml แรงบิดของ Load

พิจารณากำลังที่สูญเสียในแกนเหล็ก P_{fe} มีค่าดังนี้

$$P_{fe} = C\omega^x \phi^2 \quad \text{_____ 2}$$

แรงบิดที่สูญเสียในแกนเหล็กเป็น

$$M\omega = C\omega^{x-1} \phi^2 \quad \text{_____ 3}$$

แรงบิดที่สูญเสียใน Mechanical (Ml)

$$Ml = M_0 + K\omega \quad \text{_____ 4}$$

ใน (3) และ (4) C, M_0, k และ อื่นๆค่าของตัวแปรเรียงตามลำดับคือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียของเหล็ก, แรงบิดที่สูญเสียเนื่องมาจาก Columb และค่าสัมประสิทธิ์ Viscous Damping และค่า x เป็นค่าตัวแปรที่เราไม่ทราบค่า สำหรับค่า $Ml = 0$ สถานะการทำงาน จาก (1),(2),(3) เป็น
 ไม่ว่ารณใดๆ ทั้งสิ้น $I_a = C\omega^{x-1} \phi + \frac{M_0}{\phi} + \frac{K\omega}{\phi}$ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา 5 นำไปใช้

กำหนดให้ $\theta = \theta_N$ ดังนั้น

$$Ia = C\omega^{x-1}\phi_N + \frac{M_0}{\phi_N} + \frac{K\omega}{\phi_N} \quad \text{_____} \quad 6$$

ในบริเวณ Field Weakening

$$\phi = \frac{E_{MAX}}{\omega} \quad \text{_____} \quad 7$$

เมื่อกำหนดให้ E_{MAX} เป็น Black EMF มีค่าคงที่ ดังนั้นสมการจะเป็น

$$Ia = CE_{MAX}\omega^{x-2} + \frac{M_0}{E_{MAX}}\omega + \frac{K}{E_{MAX}}\omega^2 \quad \text{_____} \quad 8$$

เมื่อ $E_{MAX} = 0.3$ _____ 9

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่า พารามิเตอร์ (M_0, C, X, K) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆของมอเตอร์ในบริเวณ Field Weakening ดังนั้นสร้าง Model ของ Nonlinear (1),(3),(4) ของมอเตอร์กระแสตรง เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วมอเตอร์จะเป็น

$$T_M \frac{d\omega}{dt} = f(\omega, Ia, \phi, Ml) \quad \text{_____} \quad 10$$

สมการใหม่จะเป็น

$$T_M \frac{d\Delta\omega}{dt} = -\Delta\omega + K_\omega \Delta I_{aref} - \frac{\Delta Ml}{\tau(\omega)} \quad \text{_____} \quad 11$$

เมื่อ

$$\tau(\omega) = C(x-2)E_{MAX}^2\omega^{x-4} + 2K + \frac{M_0}{\omega} \quad \text{_____} \quad 12$$

$$T_\omega = \frac{T_M}{\tau(\omega)} \quad \text{_____} \quad 13$$

$$K_\omega = \frac{E_{MAX}}{k_a\omega\tau(\omega)} \quad \text{_____} \quad 14$$

เมื่อพิจารณาที่กระแสฟิลด์(Field Current)สมการเป็นดังนี้

$$U_f = I_f \quad \text{_____} \quad 15$$

$$I_f = \frac{I_{fref}}{k_{if}} \quad \text{_____} \quad 16$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
โดยที่

U_f ค่าแรงดันที่ฟิลด์(Field Volage)

I_f ค่ากระแสที่ฟิลด์(Field Current)

เมื่อทำการ Open Loop สมการจะเป็น

$$T_e \frac{d\phi}{dt} = \frac{I_{fref}}{k_{if}} - I_f(\phi) \quad \text{_____} \quad 17$$

$$e = \phi\omega \quad \text{_____} \quad 18$$

T_f เป็นค่า Field Time Constant จากสมการ (17),(18) สมการเชิงเส้นของ back EMF ของระบบจะเป็น

$$T_e \frac{d\Delta e}{dt} = -\Delta e + K_e \Delta I_{fref} + \varepsilon \quad \text{_____} \quad 19$$

ที่ $T_e = T_f \frac{\partial \phi}{\partial I_f} \quad \text{_____} \quad 20$

$$K_e = \frac{\omega \partial \phi}{k_{if} \partial I_f} \quad \text{_____} \quad 21$$

$$\varepsilon = \phi \Delta \omega + T_e \frac{d\Delta \omega}{dt} \quad \text{_____} \quad 22$$

จาก Magnetization curve ประมาณค่าได้ว่า

$$\phi(I_f) = d_1 (1 - e^{-I_f/d_2}) \quad \text{_____} \quad 23$$

$$T_e = \frac{T_f d_1}{d_2} e^{-I_f/d_2} \quad \text{_____} \quad 24$$

$$K_e = \frac{d_1}{d_2 k_{if}} \omega e^{-I_f/d_2} \quad \text{_____} \quad 25$$

ดังนั้นในบริเวณ Field Weakening ค่าของกระแสฟิลด์จะเป็น

$$I_f = -d_2 \ln(1 - \frac{E_{MAX}}{d_1 \omega}) \quad \text{_____} \quad 26$$

Speed and Field Regulator

จากแนวความคิดในการควบคุมค่าของความเร็วและกระแสฟิลด์ได้นำมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบส่วนของการควบคุมซึ่งประกอบด้วยค่าของ Time Constants และค่า

ของ Gain ต่างๆเขียนเป็นสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยัง $y = \frac{K_p}{T_p s + 1} u + \frac{1}{T_p s + 1} \xi$ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี ξ นำไปใช้ 27

- เมื่อ y Output ที่ถูกควบคุม ($\Delta\omega, \Delta e$)
 u Input ที่ควบคุม ($\Delta I_{aref}, \Delta I_{fref}$)
 ξ Input ที่เป็นการรบกวนจากภายนอก (Load) ($-\Delta M_l / \tau_{(\omega)}, \varepsilon$)
 K_p Process Gain (K_ω, K_e)
 T_p Process Time Constant (T_ω, T_e)

จากสมการที่ (27) แสดงการเปลี่ยนแปลงความเร็วและกระแสฟิลด์ และบอกค่าการควบคุมที่อาจจะเป็นไปได้พร้อมกับทำการคำนวณค่า Output ของระบบในอนาคตกการควบคุม Output ที่เวลาใดๆ โดย βI Regulator

$$u(k) = u(k-1) + (b_1)^{-1} \{(\alpha_\beta + a_1 - 1)y(k) - a_1 y(k-1) + (1 - \alpha_\beta)y_{ref}(k)\} \quad 28$$

เมื่อ $a_1 = -e^{-\beta \Delta t / T_p}$ $b_1 = K_p(1 + a_1)$

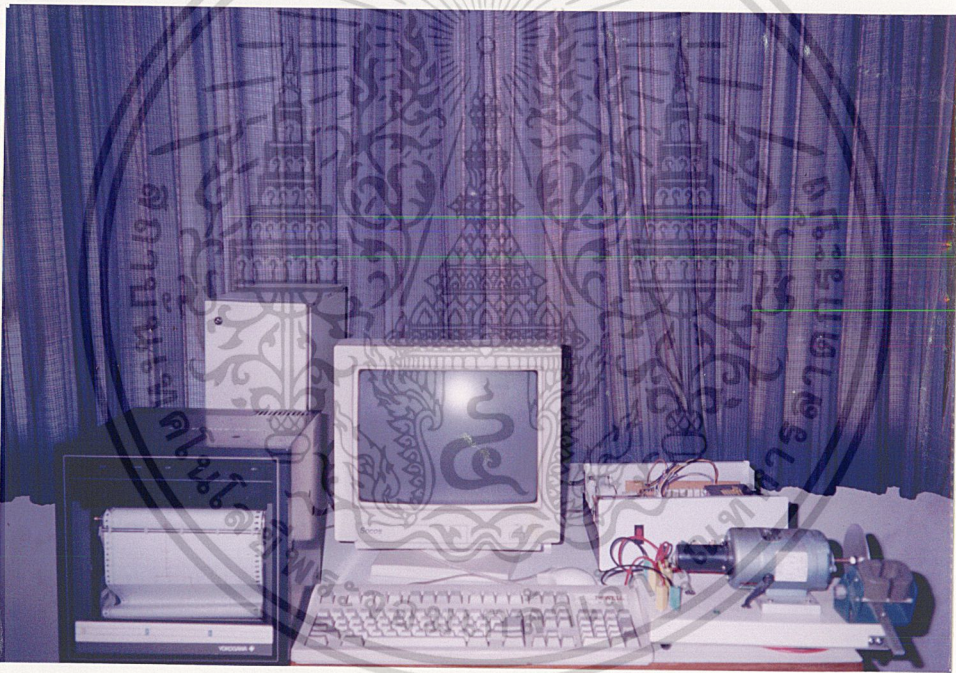
ที่ Δt เป็น Sampling Period ในสมการที่ 28 ค่าของ ความเร็ว (speed) $y_{ref}(k) = \omega_{ref}$ และกระแสฟิลด์ (Field Current) $y_{ref}(k) = E_{MAX}$ พิจารณาค่าของ βI เป็น $0 < \alpha_\beta < 1$ และ $\beta > 1$ ซึ่งเราสามารถปรับค่าเหล่านี้ได้โดยทำให้ Output ของระบบช้าหรือเร็วได้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

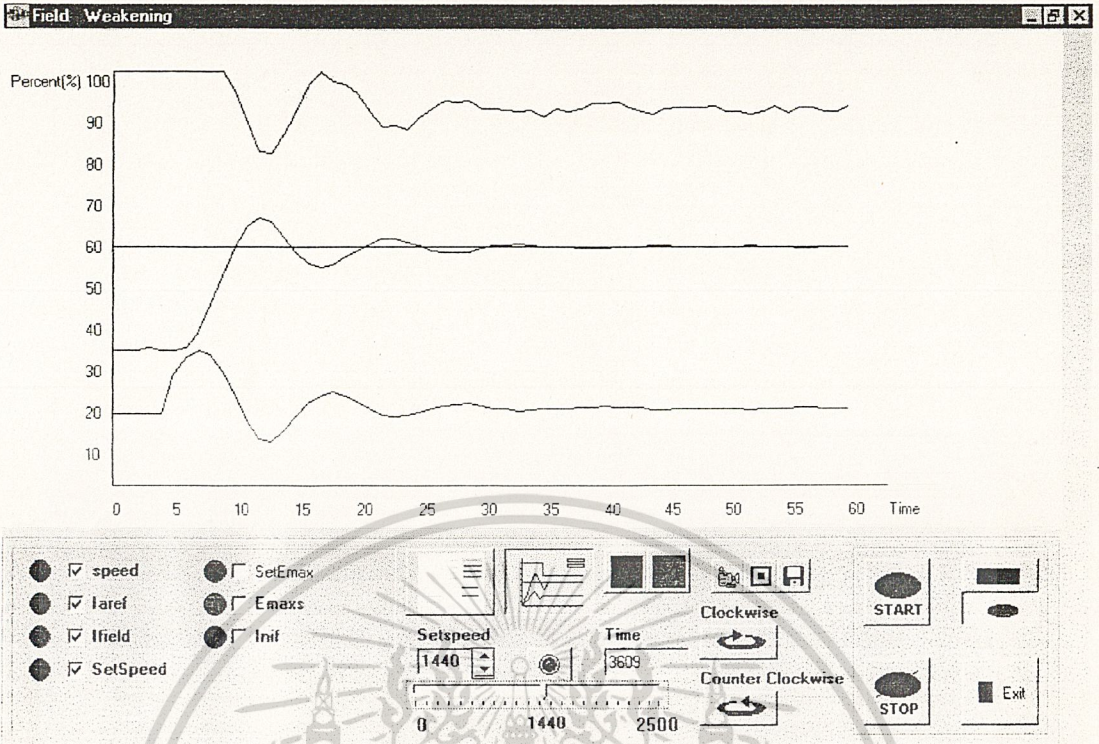
การทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

- MicroComputer
- ชุด Interface กับ Computer
- ชุดขับ D.C. Motor
- D.C. Motor ขนาด 50 V 1A
- Recorder YOGOKAVA uR 180

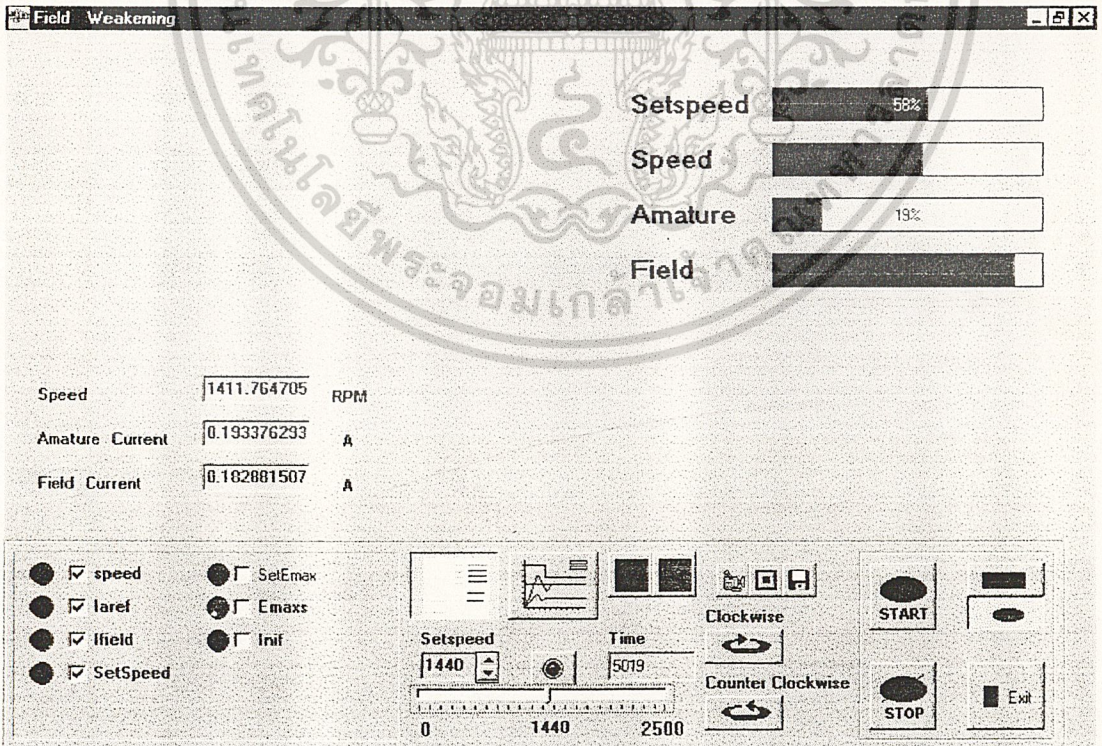


รูปที่ 6.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆในการควบคุมความเร็ว D.C. Motor แบบ Field Weakening โดยใช้ Microcomputer

จากหน้าจอกอมพิวเตอร์เราสามารถควบคุมความเร็วของ D.C. Motor ได้โดยการป้อนค่าความเร็วที่ต้องการในย่านที่กำหนดคือ 300-2500 รอบ และสามารถกำหนดทิศทางการหมุนของ Motor ได้จากการตั้งที่หน้าจอกอมพิวเตอร์ และในขณะเดียวกันคอมพิวเตอร์ก็ยังใช้เป็นตัวแสดงผลการควบคุมความเร็ว ค่าเป้าหมาย ค่ากระแสอาร์เมเจอร์และกระแสเฟลด์ โดยแบ่งการแสดงผลออกเป็นสองลักษณะคือ การแสดงผลแบบกราฟเส้นกับการแสดงผลแบบตัวเลขและกราฟแท่ง ดังไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้แสดงในรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3 ตามลำดับ



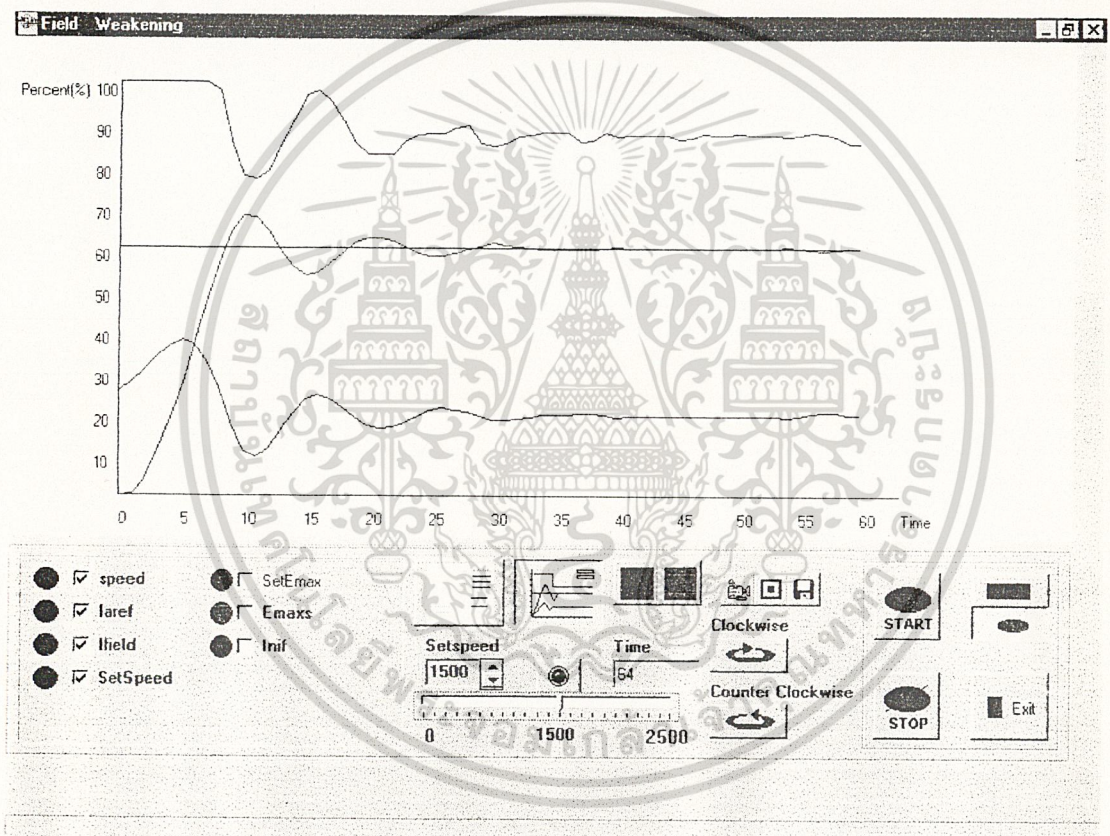
รูปที่ 6.2 การแสดงผลทางหน้าจอโดยใช้กราฟเส้น



นอกจากนี้เป็นเทคโนโลยีสำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทน โดยเน้นการนำพลังงานทดแทนมาใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งรูปที่ 6.3 การแสดงผลทางหน้าจอ โดยใช้กราฟแท่งและตัวเลข สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

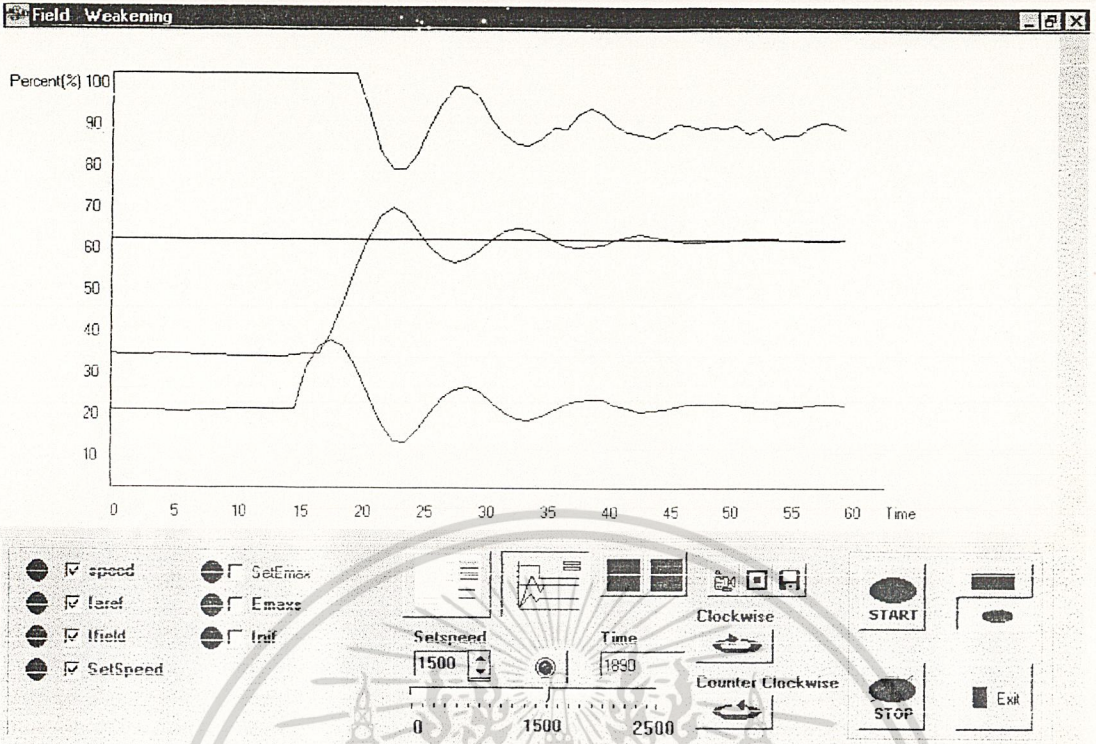
ผลการทดลองจากหน้าจอคอมพิวเตอร์

ในการทดลองจะใช้วิธีแสดงผลในแบบกราฟเส้น เพื่อความเข้าใจที่ง่ายสำหรับการมอง พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงผลการควบคุมความเร็วของ D.C. Motor ในเวลาใดเรียกกัน โดยจะทำการทดลองควบคุมความเร็ว D.C. Motor ในขณะที่ Start การเปลี่ยนแปลงความเร็วขึ้นและลง การใส่โหลดและการปลดโหลด และความเร็วเข้าสู่ค่าเป้าหมายดังแสดงในรูปที่ 6.4-6.9 ดังนี้คือ

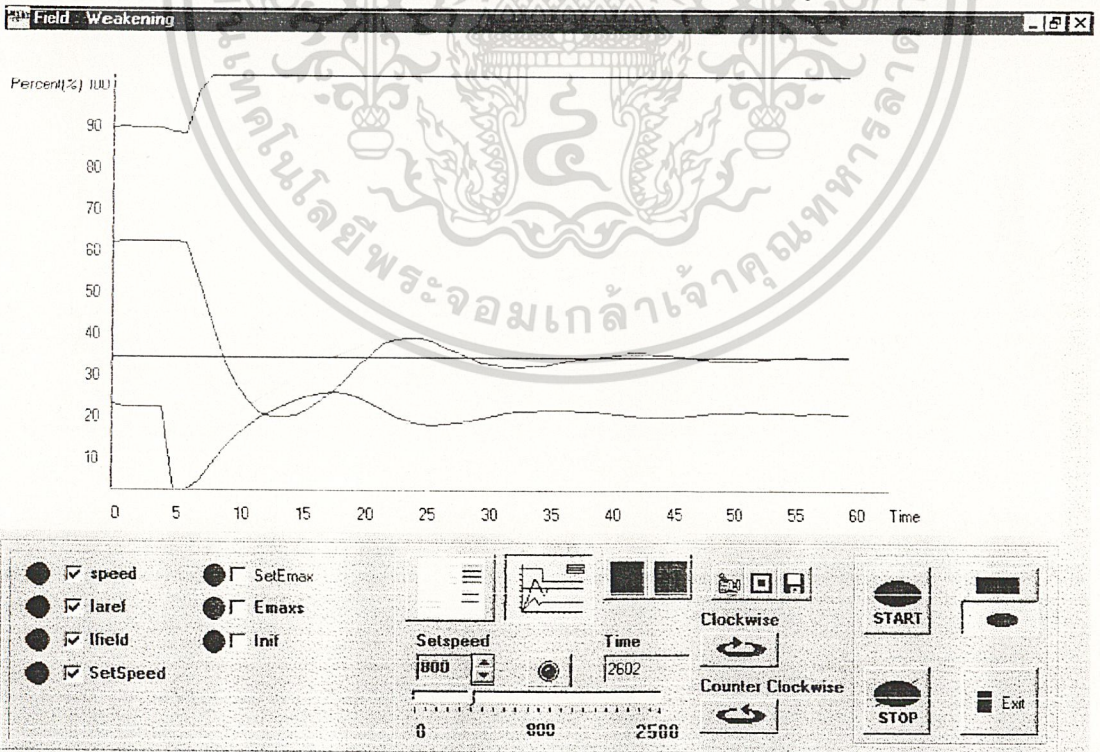


รูปที่ 6.4 การ Start Motor จากความเร็วที่ 0- 1500 rpm

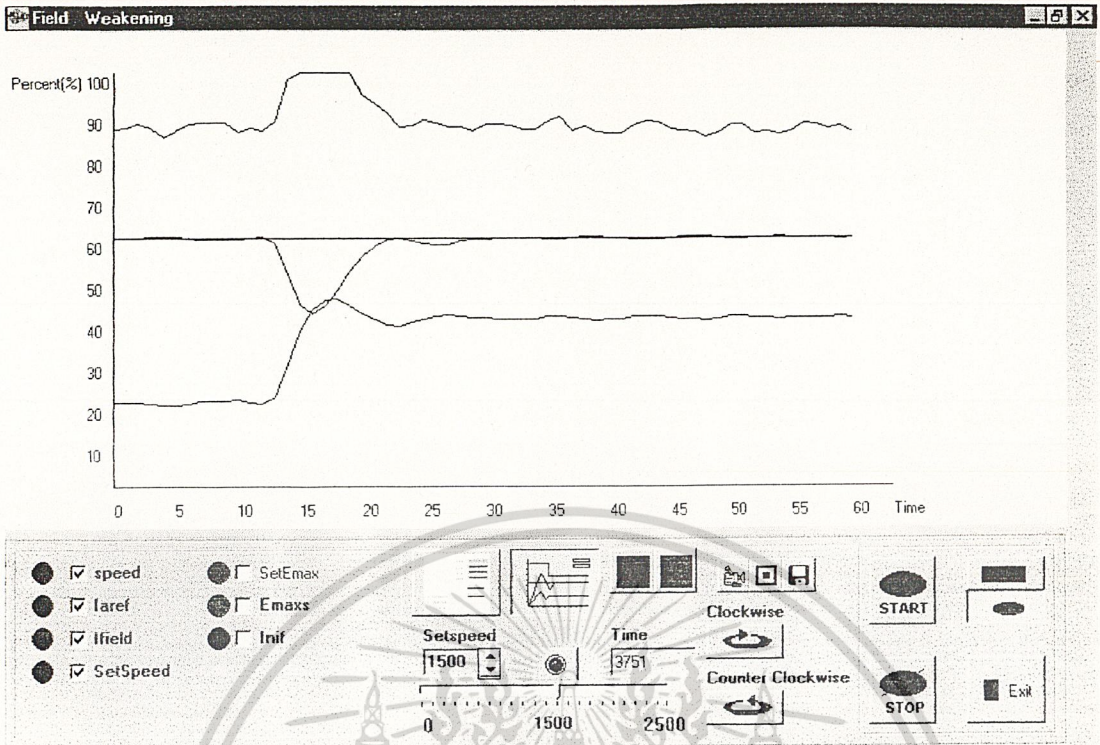
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



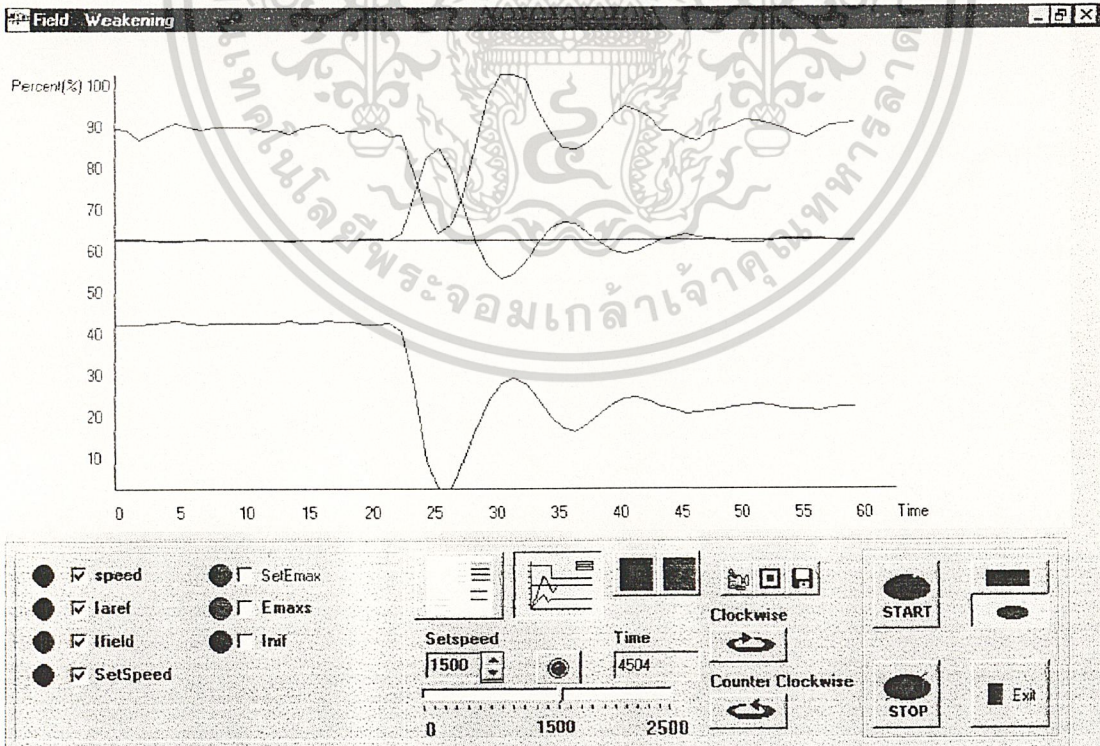
รูปที่ 6.5 การเปลี่ยนความเร็วจาก 800 rpm ไปสู่ 1500 rpm



เอกรูปที่ 6.6 การเปลี่ยนแปรลดความเร็วจาก 1500 rpm ไปสู่ 800 rpm ทุกครั้งที่มีการนำใบใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งรูปที่ 6.5 การเปลี่ยนความเร็วจาก 800 rpm ไปสู่ 1500 rpm

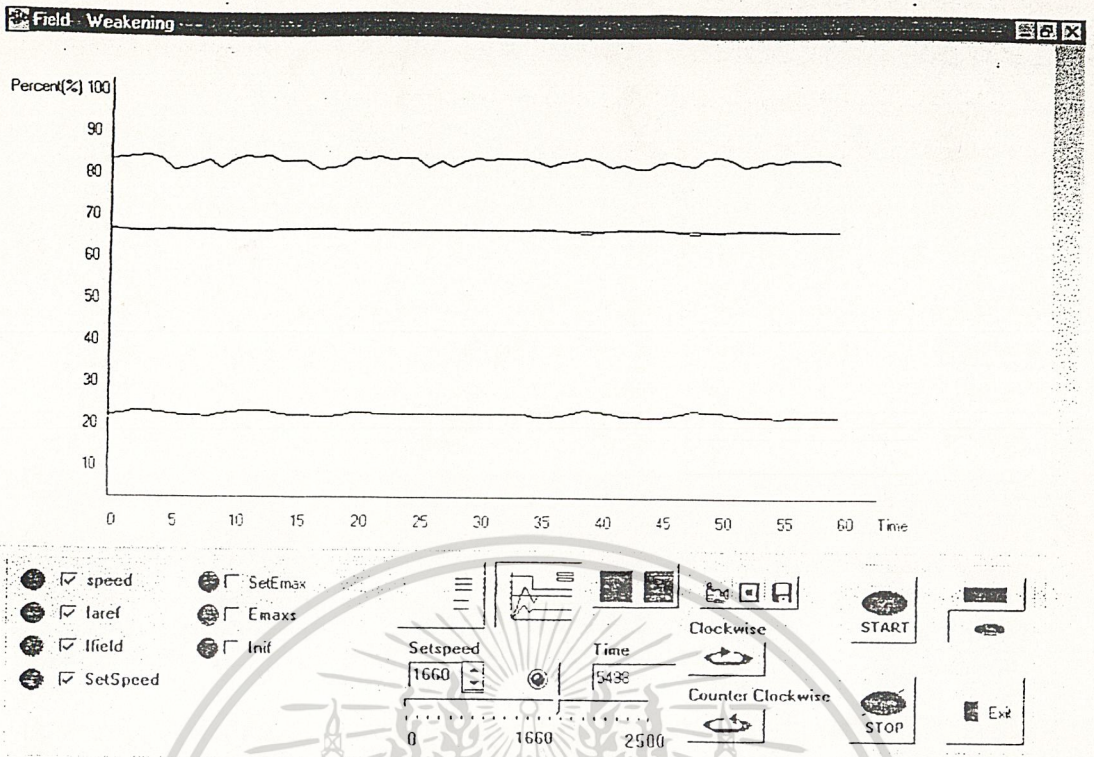


รูปที่ 6.7 ผลตอบสนองที่ความเร็ว 1500 rpm ขณะได้โหลด



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้นรูปที่ 6.8 ผลตอบสนองที่ความเร็ว 1500 rpm ขณะปลดโหลด ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



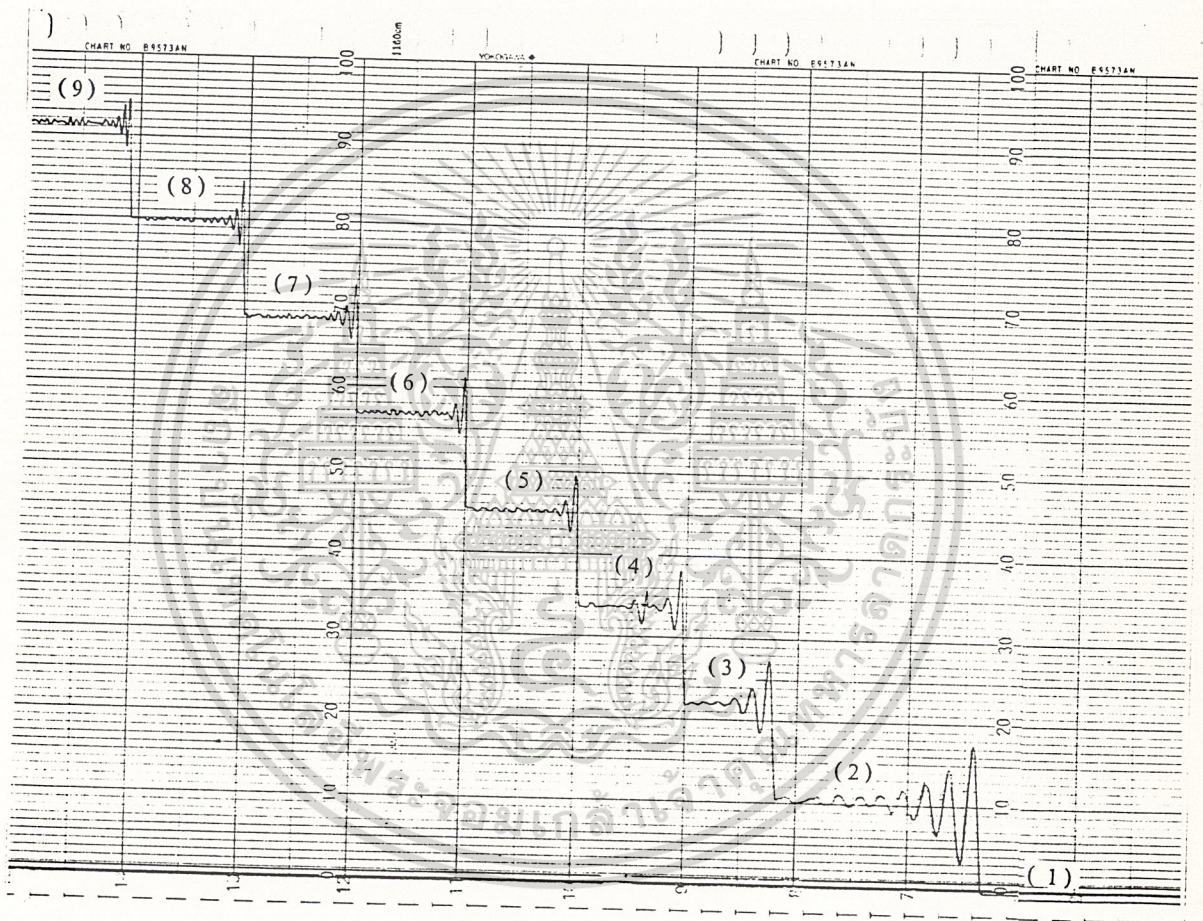
รูปที่ 6.9 การเข้าสู่ Setpoint ที่ความเร็ว 1660 rpm

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมความเร็วของ D.C. Motor ให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้ทุกสถานะการณ์ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ทั้งการ Start จากความเร็วที่เป็นศูนย์ การเปลี่ยนแปลงความเร็ว และการเปลี่ยนแปลงของโหลด แม้จะมีการแกว่งก่อนเข้าสู่ค่าเป้าหมายบ้างก็ตาม และจุดที่จะกล่าวต่อไปนี้คือการเปลี่ยนแปลงกระแสฟีดล์ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเท่านั้นที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสฟีดล์ เพื่อศึกษาระดับของแรงดัน Back EMF ให้คงที่ขณะเข้าสู่ย่าน Field Weakening จากรูปที่ 6.7 และ 6.8 จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสฟีดล์ขณะที่ทำการเปลี่ยนแปลงโหลด แต่แท้ที่จริงเป็นเพราะการเปลี่ยนโหลดทำให้ความเร็วของมอเตอร์เปลี่ยนแปลง เมื่อความเร็วของมอเตอร์กลับสู่ค่าเป้าหมาย กระแสฟีดล์ก็จะกลับสู่ค่าเดิม ซึ่งต่างจากกระแสอาร์เมเจอร์ที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใส่โหลดและมีค่าลดลงเมื่อปลดโหลดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองจาก Recorder

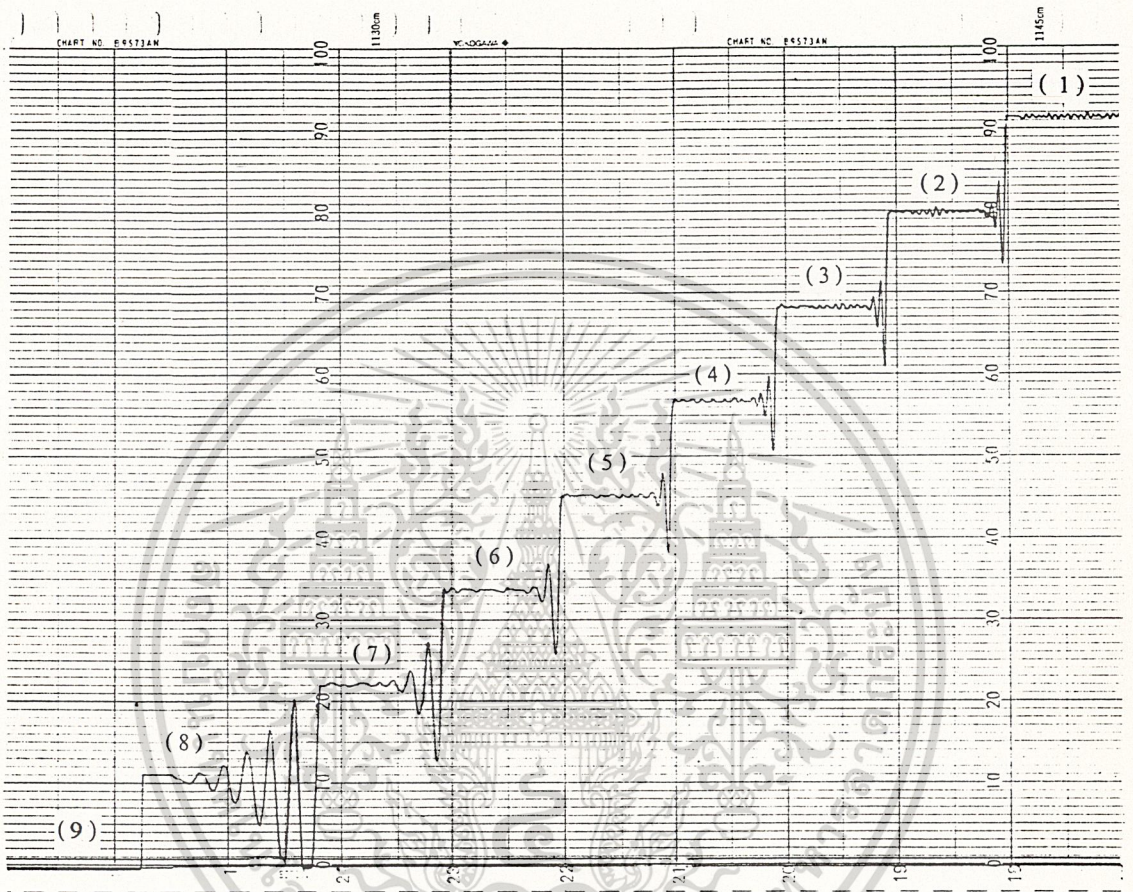
เนื่องจากการแสดงผลจากทางหน้าจอคอมพิวเตอร์จะเป็นการแสดงผลการควบคุมได้ใน ช่วงระยะเวลาสั้นๆ ไม่สามารถนำผลการควบคุมในช่วงระยะเวลายาวนานมาเปรียบเทียบกันได้ การเก็บข้อมูลดังกล่าวเข้ามาไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์จะมีขีดจำกัดที่ขนาดของหน่วยความ จำและเป็นการไม่คุ้มค่า ดังนั้นจึงได้นำเอา Recorder เข้ามาช่วยในการบันทึกค่า ซึ่งจากการ ทดลองใช้ Recorder YOGOKAVA uR 180 มาใช้ในการบันทึกใช้ความเร็ว Feed 6,000 mm/h Range 0-5 v Zone 0-180 mm ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 6.10 การเพิ่มความเร็วแบบเป็น Step

จากรูปที่ 6.10 เป็นการทดลองปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์เป็น Step จาก (1)-(9) โดยเริ่มตั้งแต่ 0 และเพิ่มขึ้นไปครั้งละ 300 rpm จนถึงความเร็วสูงสุดที่ระดับ (9) ซึ่งมีความเร็วเท่ากับ 2400 rpm

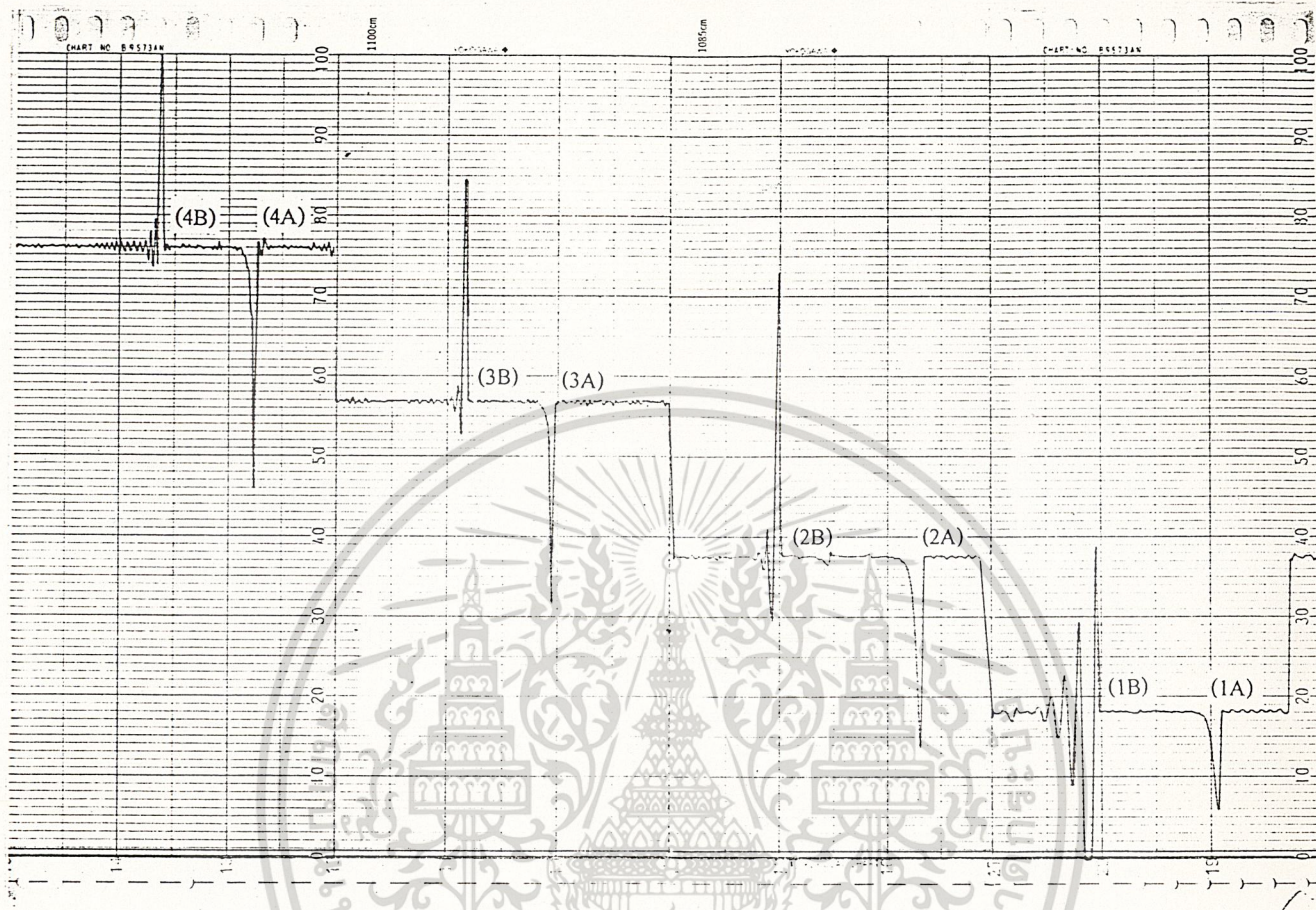
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.11 การลดความเร็วแบบเป็น Step

จากรูปที่ 6.11 เป็นการทดลองในทางกลับกันกับการทดลองในรูปที่ 6.10 คือการลดความเร็วลงเป็น Step จากระดับ (1)-(9) โดยเริ่มจากความเร็วสูงสุดที่ 2400 rpm และลดลงครั้งละ 300 rpm จนถึงระดับ (9) คือที่ความเร็วเท่ากับ 0 rpm หรือมอเตอร์หยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.12 ผลตอบสนองต่อการใส่โหลดและการปลดโหลดที่ความเร็วต่างๆ

จากรูปที่ 6.12 เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงโหลดในขณะช่วงความเร็วต่างๆ 4 ระดับ จาก (1)-(4) คือที่ความเร็ว 500,1000,1500 และ 2000 rpm โดยที่จุด (A) เป็นการใส่โหลด และที่จุด (B) เป็นการปลดโหลดออกซึ่งจากการทดลองการกลับเข้าสู่เป้าหมายของการใส่โหลดจะเป็นแบบราบเรียบ ส่วนการเข้าสู่เป้าหมายหลังจากการปลดโหลดออก จะมีการแกว่งอยู่บ้างเนื่องจากมอเตอร์จะมีการตอบสนองที่รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์เมเจอร์และการแกว่งก่อนการเข้าสู่ค่าเป้าหมายของมอเตอร์จะมีค่ามากขึ้นที่ความเร็วต่ำๆ เนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นที่ความเร็วรอบต่ำๆ ซึ่งมอเตอร์จะมีผลตอบสนองที่ดีขึ้นเมื่อความเร็วมากกว่า 500rpm

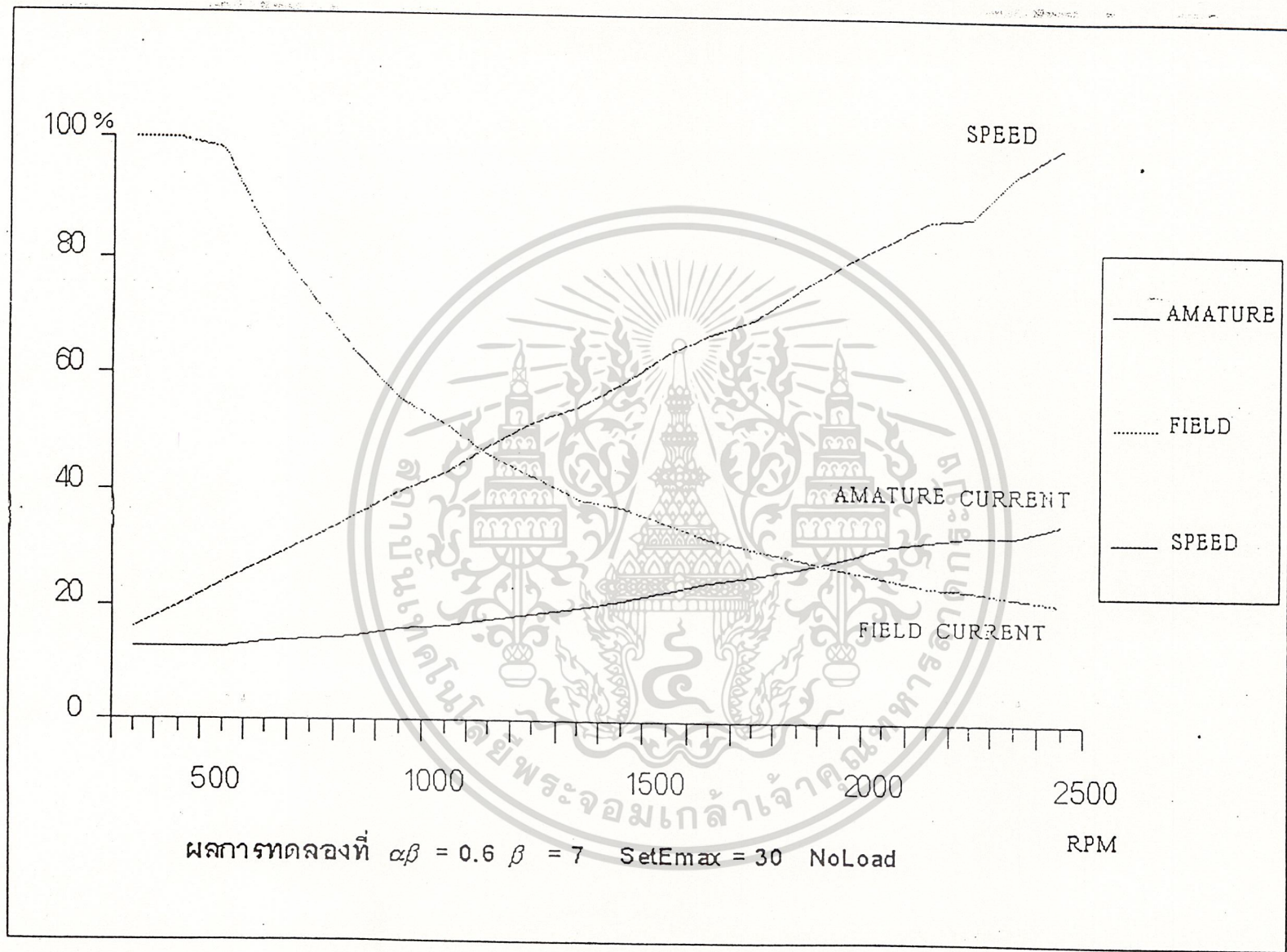
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสฟิลด์กระแสแอมเจอร์และความเร็ว

Setspeed	Speed	Amature Current (Ia)	Field Current (If)
400	400	0.127	0.2
500	500	0.127	0.2
600	600	0.13	0.197
700	700	0.136	0.168
800	800	0.145	0.147
900	900	0.152	0.127
1000	1000	0.162	0.112
1100	1078	0.17	0.103
1200	1200	0.178	0.093
1300	1300	0.192	0.086
1400	1372	0.205	0.078
1500	1470	0.216	0.075
1600	1598	0.231	0.069
1700	1689	0.246	0.065
1800	1748	0.262	0.061
1900	1878	0.27	0.058
2000	1998	0.29	0.054
2100	2078	0.314	0.052
2200	2178	0.326	0.049
2300	2200	0.33	0.047
2400	2378	0.33	0.045
2500	2498	0.35	0.043

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6$, $\beta = 7$,SetEmax = 30 Noload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



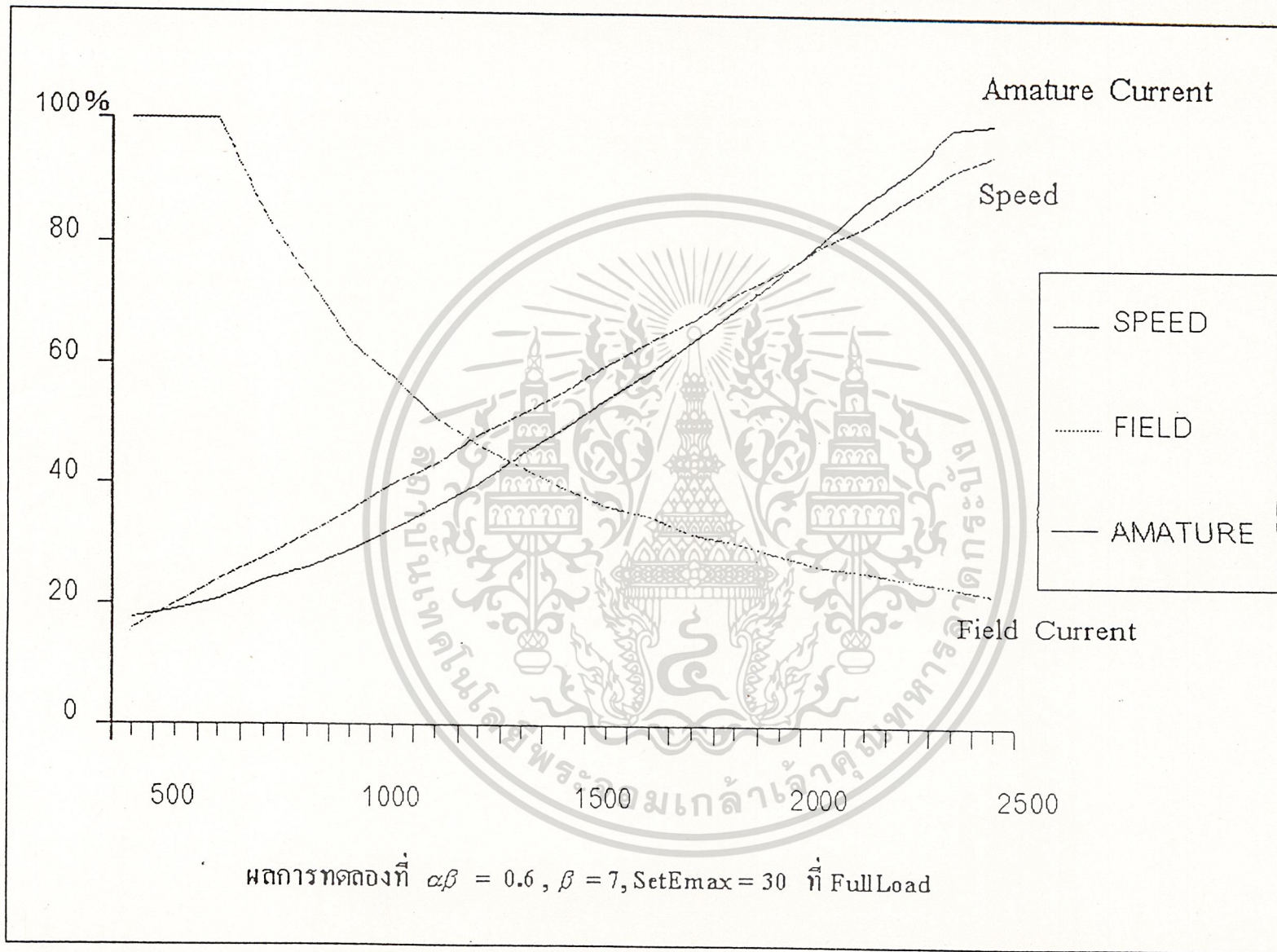
รูปที่ 6.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสฟิลด์ กระแสอาร์เมเจอร์ และความเร็วที่

NoLoad

Setspeed	Speed	Amature Current (Ia)	Field Current (If)
400	398	0.178	0.2
500	500	0.194	0.2
600	598	0.21	0.2
700	696	0.241	0.169
800	494	0.265	0.147
900	892	0.291	0.127
1000	1000	0.326	0.115
1100	1078	0.363	0.102
1200	1200	0.403	0.093
1300	1300	0.45	0.0856
1400	1390	0.497	0.079
1500	1490	0.546	0.073
1600	1600	0.59	0.07
1700	1690	0.64	0.064
1800	1800	0.69	0.062
1900	1890	0.75	0.057
2000	2000	0.81	0.054
2100	2080	0.87	0.052
2200	2200	0.918	0.049
2300	2300	0.99	0.047
2400	2380	1	0.045

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองที่ $\alpha\beta = 0.6$, $\beta = 7$, SetE_{max} = 30 ที่ FullLoad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสฟิลด์ กระแสอาร์เมเจอร์ และความเร็วที่

Fullload

บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการควบคุม DC Motor แบบ Field Weakening ซึ่งผลการทดลองได้แสดงให้เห็นในบทที่ผ่านมาสรุปได้ว่า ผลจากการลดกระแสฟลักต์ลงมาขณะที่ความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ย่านที่ดึงเอาไว้ คือช่วงความเร็วที่ทำให้เกิดแรงดัน Back Emf ในตัวมอเตอร์มีค่าเท่ากับค่าของ $SctE_{max}$ จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนความเร็วในช่วงห่างกันมากๆ หรือการใส่โหลดหรือปลดโหลดโดยทันทีทันใด เนื่องจากการปรับกระแสฟลักต์เข้าช่วย นอกเหนือจากการควบคุมแบบเดิมที่ใช้การปรับเปลี่ยนกระแสอาร์มเจอร์เพียงอย่างเดียว แต่ในการตั้งค่า $SctE_{max}$ จะต้องตั้งให้เหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ ถ้าตั้ง $SctE_{max}$ มีค่ามากเกินไป ระบบจะไม่แสดงผลการควบคุมแบบ Weakening หรือแสดง แต่แสดงในช่วงความเร็วที่มีค่าสูงมากๆ แต่ถ้าทำการตั้งค่า $SctE_{max}$ ไว้ที่ค่าต่ำเกินไป ระบบจะไม่มีเสถียรภาพในการควบคุม

ข้อดีของการควบคุมแบบ Field Weakening คือความสามารถในการรับโหลดของมอเตอร์จะลดลงไป โดยดูจากสมการแรงบิดของมอเตอร์ แรงบิดจะแปรผันโดยตรงกับกระแสอาร์มเจอร์และ ฟลักต์ เนื่องจากว่าเรามีการลดกระแสฟลักต์จึงทำให้ฟลักต์มีค่าลดลง ระบบจะทำการชดเชยค่าแรงบิดที่สูญเสียไปจากการที่ฟลักต์ลดลงโดยการเพิ่มกระแสอาร์มเจอร์ แต่ก็ทำได้เพียงแค่ฟลักซ์ของมอเตอร์เท่านั้น ดังนั้นระบบการควบคุมแบบ Field Weakening จึงสามารถทำให้ความเร็วของมอเตอร์เข้าสู่ค่าเป้าหมายได้เร็วขึ้นแต่ให้ค่าแรงบิดต่ำกว่าฟลักซ์ที่แท้จริงของมอเตอร์ นอกจากนี้ในการป้อนค่า Gain ที่ใช้ในการควบคุม เราใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในตัวมอเตอร์มาทำการคำนวณเพื่อกำหนดค่า Gain ที่จะจ่ายเข้าตัวควบคุมให้มีความเหมาะสมในแต่ละย่านความเร็ว (Gain Scheduling) ซึ่งส่งผลให้สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในช่วงกว้างๆ มากได้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองนั้นเป็นการทดลองโดยทำการปรับค่า $C, K, X, Mo, d1, Ka, Kif$ และ $d2$ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า จึงเป็นการยากในการที่จะปรับ ค่าเหล่านี้ได้ โดยที่ในการใช้งานสำหรับมอเตอร์แต่ละชนิดค่าต่างๆ ดังที่กล่าวมานี้ จะเหมาะสมกับมอเตอร์แต่ละตัวเท่านั้น ซึ่งถ้าเราทำการเปลี่ยนมอเตอร์แล้วเราจะต้อง ทำการเลือกค่านี้ใหม่นั้นเอง ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองนี้นั้นเป็นค่าที่ได้ทำการปรับแต่งจนได้ผลการควบคุมที่ดีที่สุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการนำไปใช้งานนั้นการควบคุมแบบนี้ จะสังเกตว่ามีการปรับทั้งกระแส ฟีดแบ็คและ อาร์เมเจอร์ ดังนั้น ค่าพลังงานที่ใช้จึงมีค่าน้อยซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนในกรณีที่มอเตอร์มีขนาดใหญ่มากๆ แต่ไม่สามารถรับโหลดมากๆได้ ดังนั้นการควบคุมแบบนี้จึงเหมาะสำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์ขณะ No-load จึงจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน เช่น ขณะ Start Motor เราใช้การควบคุมแบบ Field Wakening และเมื่อมีการ Take Load จะเปลี่ยนการควบคุมเป็นแบบ PID Control



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Miroslav R. matausek , “ Gain Scheduling Control of DC Motor Drive With Field Weakening ”, IEEE Transactions on Industrial Electronics , Vol. 43 , No1 , February 1996.

Peter F. Ryff , “ Electric Machinery ”, Prentice Hall , Englewood Cliffs , New Jersey 07632 , 1998

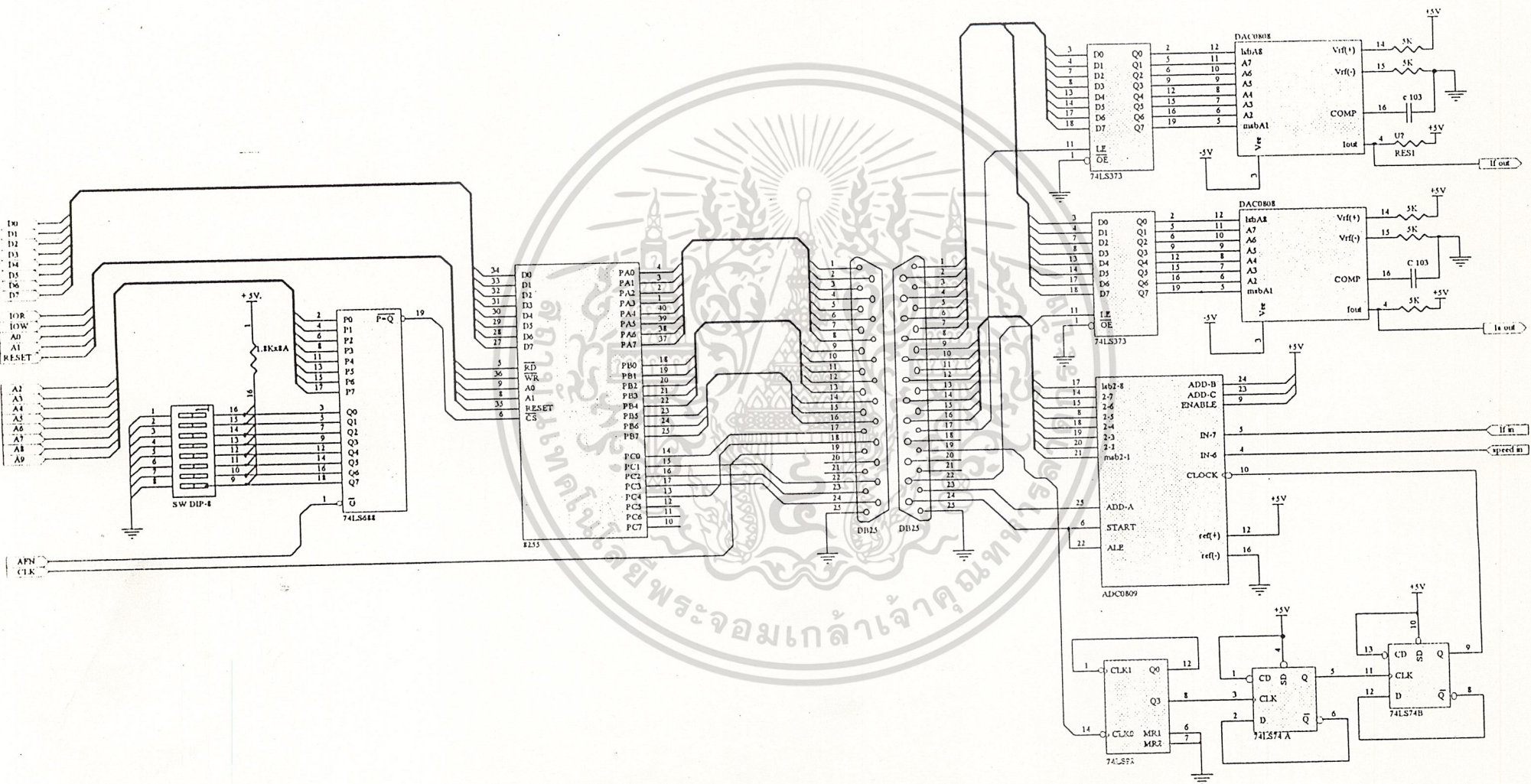
โยชิน เปรมปราณีรัชต์ , “ วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ ” , ภาควิชาระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

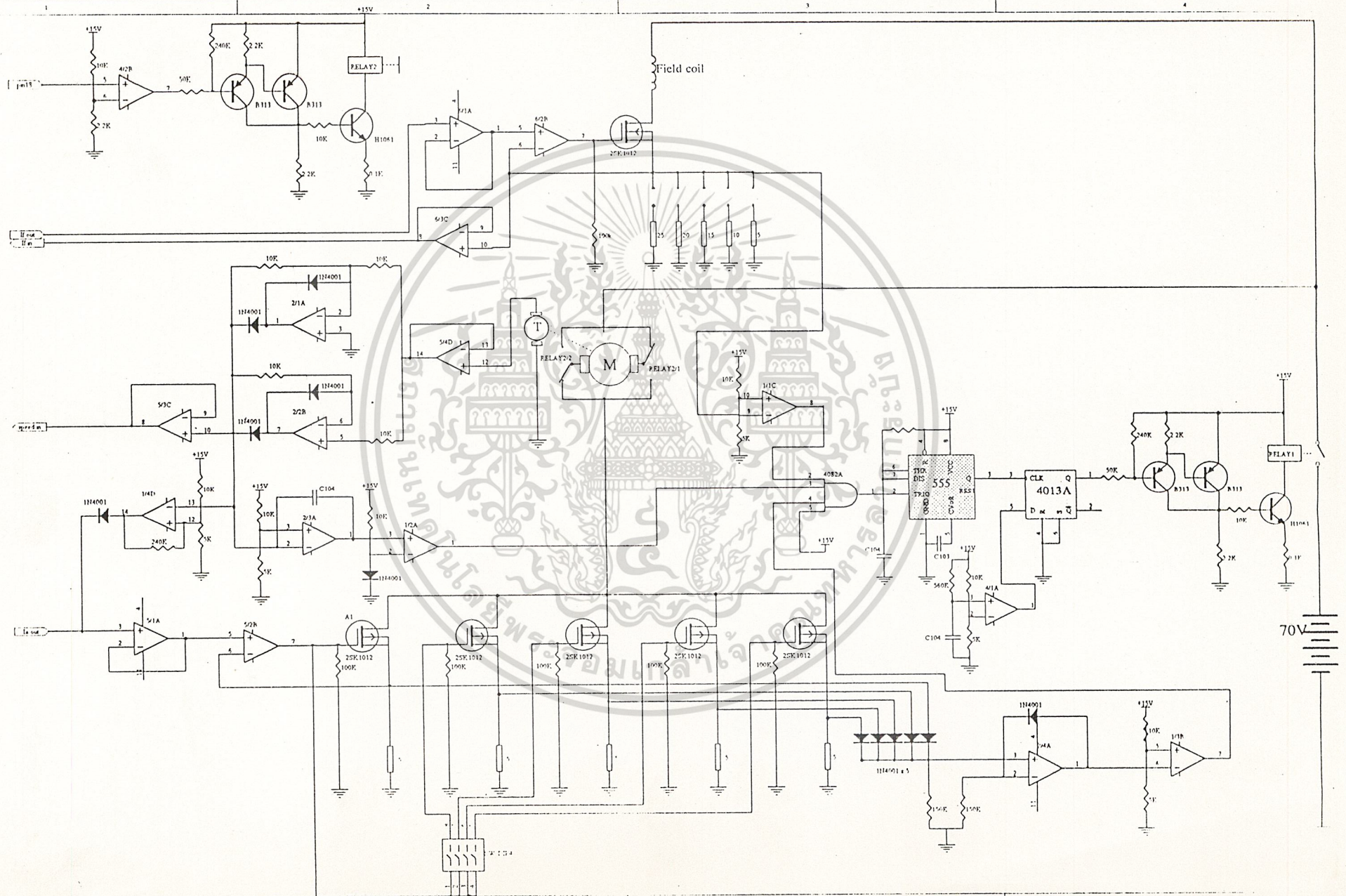
วิโรจน์ อัสวรังสี , “ การใช้งาน ออปแอมและลิเนียร์ไอซี ” , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร . พ.ศ. 2536

บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศ , “ เริ่มเรียนเขียนโปรแกรมบนวินโดวส์ด้วย Delphi 1.0 และ 2.0 ” , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) กรุงเทพมหานคร , พ.ศ. 2539

ทองศักดิ์ บรรจงมณี , “ แรกเริ่มเรียนรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมด้วย Delphi ” , บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน) , กรุงเทพมหานคร . พ.ศ. 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range
- 40 Pin DIP Package or 44 Lead PLCC
 - (See Intel Packaging Order Number: 231369)

The Intel 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.

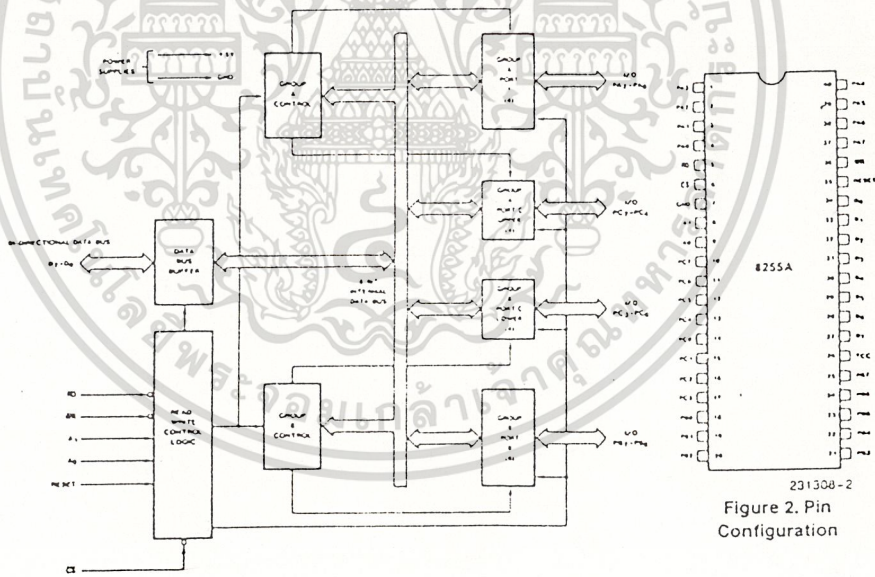


Figure 1. 8255A Block Diagram

Figure 2. Pin Configuration

September 1987
Order Number: 231308-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the

CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

(\overline{CS})

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

(\overline{RD})

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

(\overline{WR})

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A_0 and A_1)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A_0 and A_1).

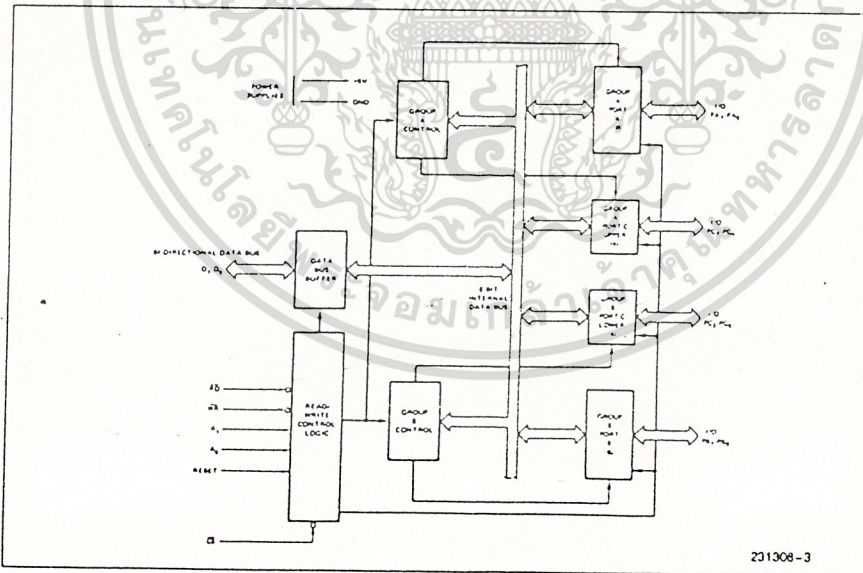


Figure 3. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A BASIC OPERATION

A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
					Output Operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus → 3-State
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Data Bus → 3-State

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7–C4)
Control Group B—Port B and Port C lower (C3–C0)

The Control Word Register can Only be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

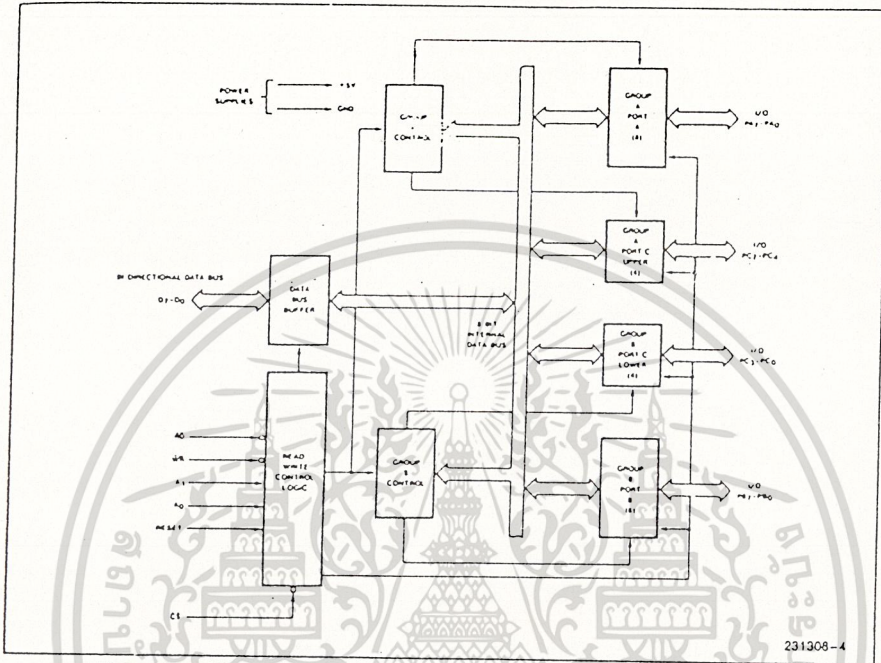
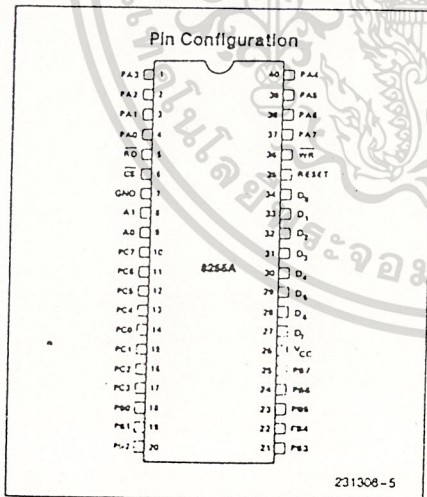


Figure 4. 8255A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



Pin Names	
D ₇ -D ₀	Data Bus (Bi-Directional)
RESET	Reset Input
CS	Chip Select
R _D	Read Input
W _R	Write Input
A0, A1	Port Address
PA ₇ -PA ₀	Port A (BIT)
PB ₇ -PB ₀	Port B (BIT)
PC ₇ -PC ₀	Port C (BIT)
V _{CC}	+ 5 Volts
GND	0 Volts

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

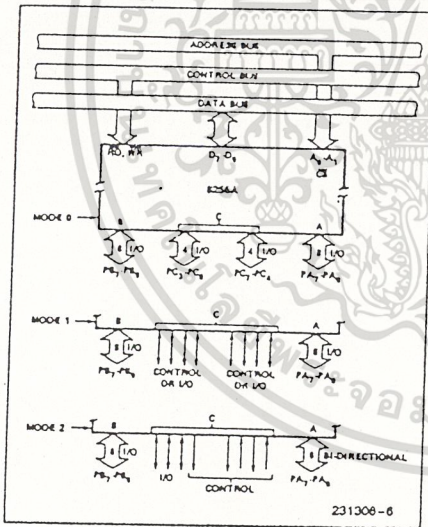


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

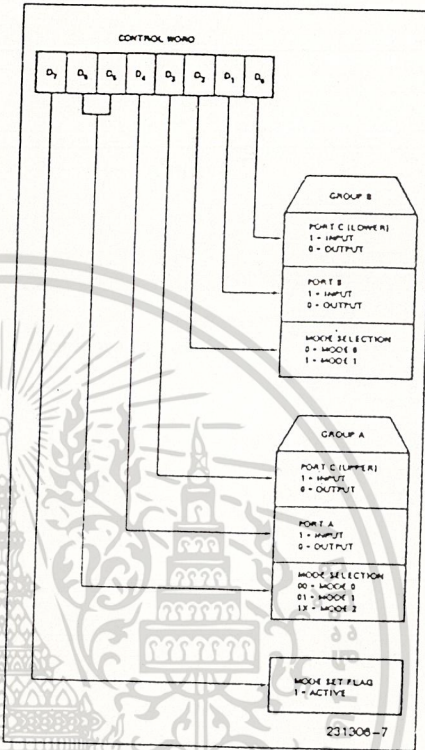


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTPUT instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

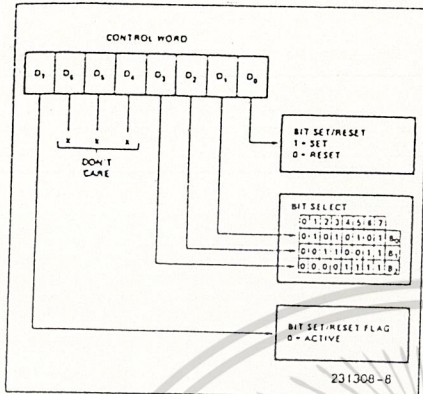


Figure 7. Bit Set/Reset Format

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

Interrupt Control Functions

When the 8255A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is set—Interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

NOTE:

All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

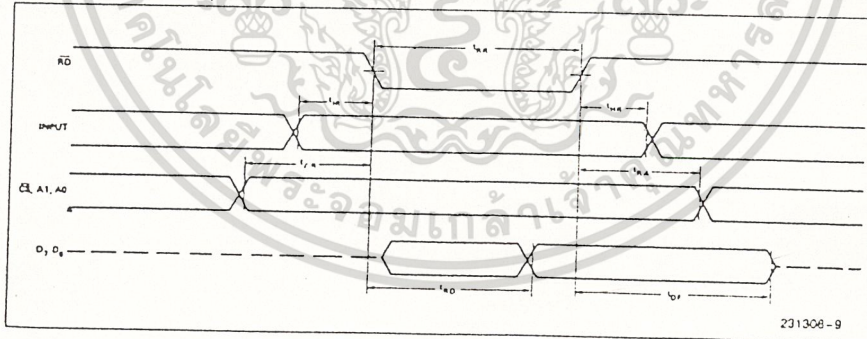
Operating Modes

MODE 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

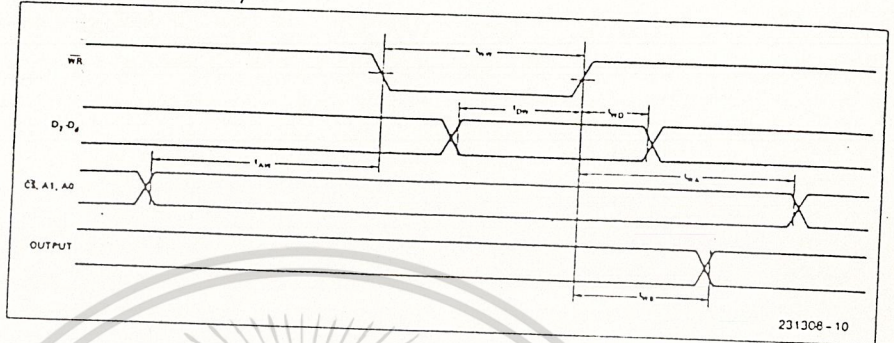
Mode 0 Basic Functional Definitions:

- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

MODE 0 (BASIC INPUT)



MODE 0 (BASIC OUTPUT)



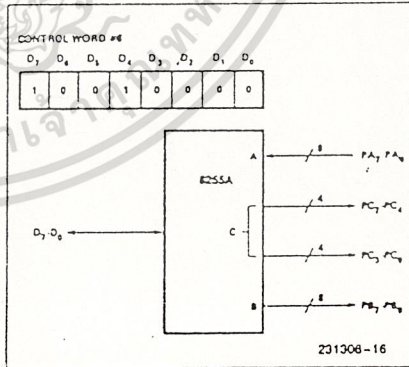
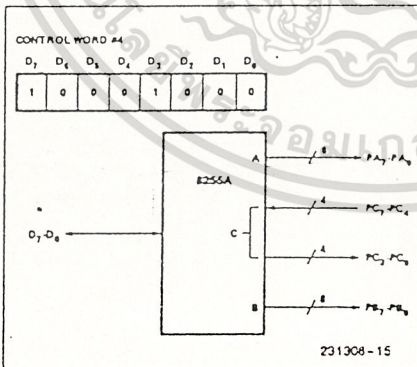
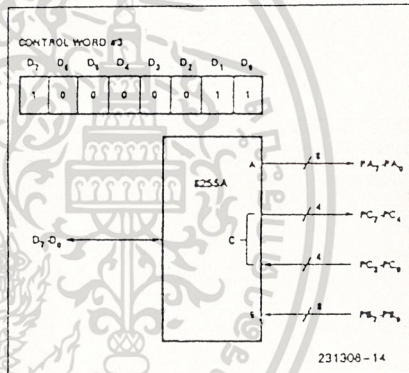
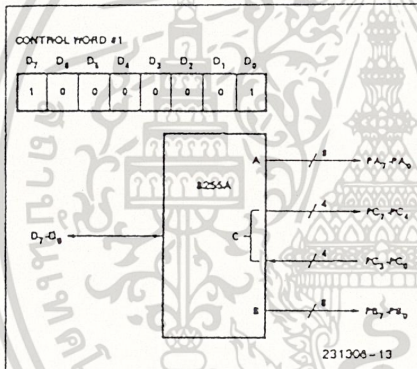
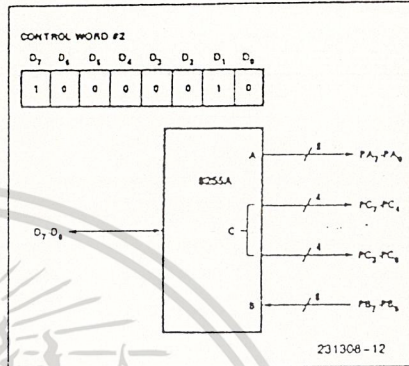
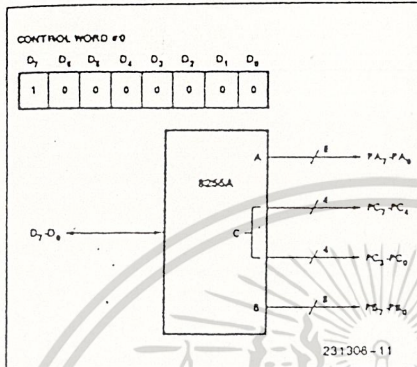
231308 - 10

MODE 0 PORT DEFINITION

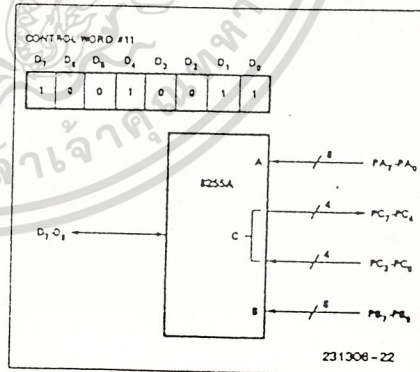
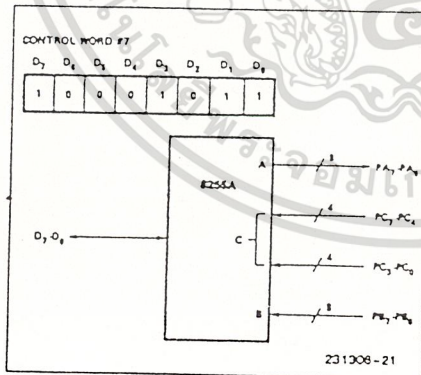
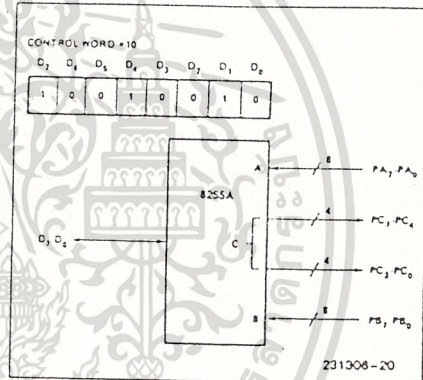
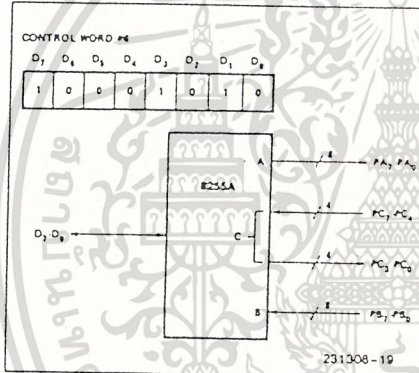
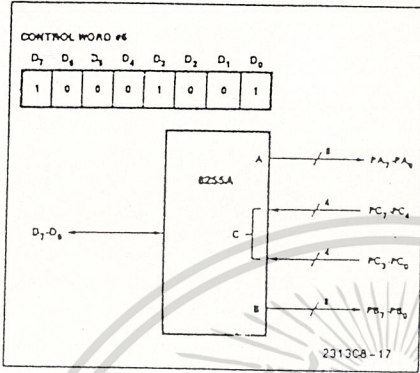
A		B		Group A			Group B	
D ₄	D ₃	D ₁	D ₀	Port A	Port C (Upper)	#	Port B	Port C (Lower)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

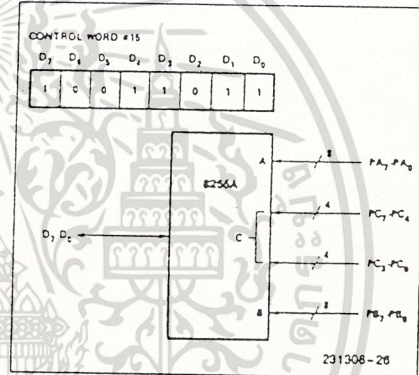
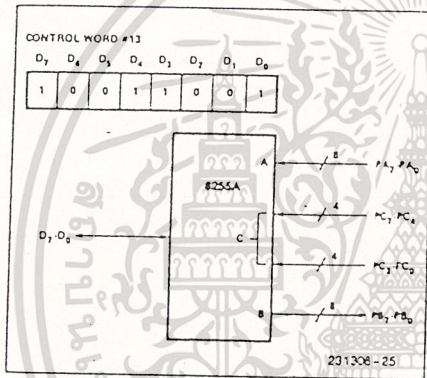
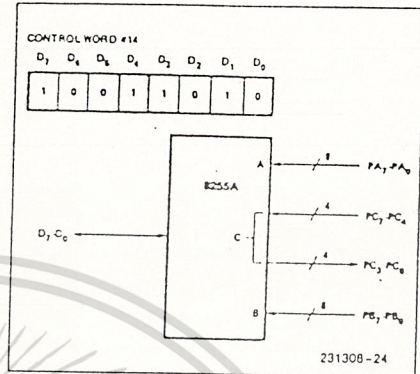
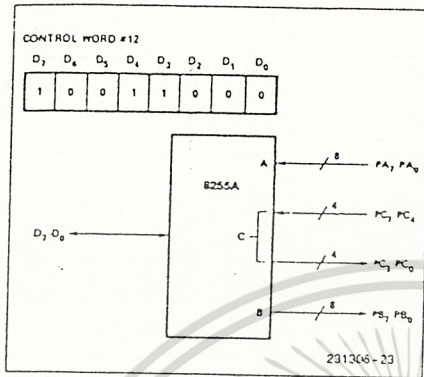
MODE CONFIGURATIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, port A and port B use the lines on port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic Functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B)
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

Input Control Signal Definition

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the STB is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of RD. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC₄.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC₂.

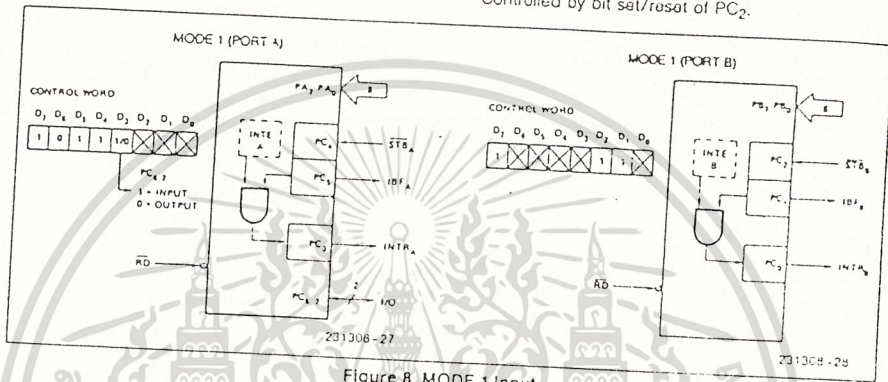


Figure 8. MODE 1 Input

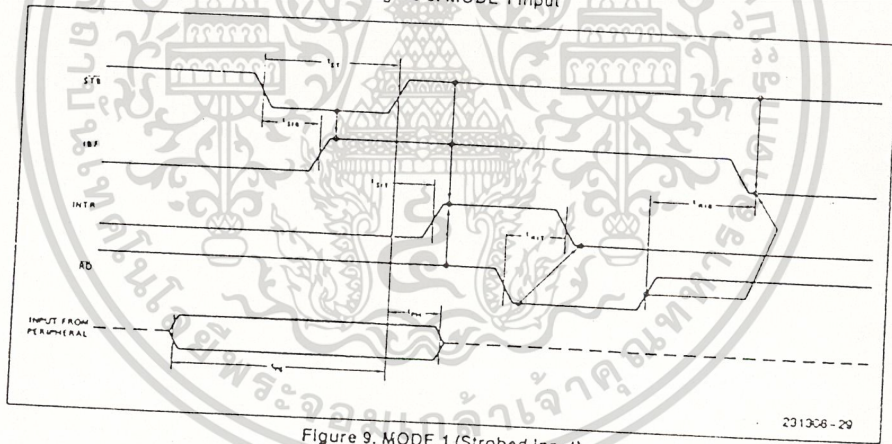


Figure 9. MODE 1 (Strobed input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Control Signal Definition

\overline{OBF} (Output Buffer Full F/F). The \overline{OBF} output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The \overline{OBF} F/F will be set by the rising edge of the \overline{WR} input and reset by \overline{ACK} input being low.

\overline{ACK} (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 8255A that the data from port A or port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output

device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when \overline{ACK} is a "one", \overline{OBF} is a "one", and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of \overline{WR} .

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_6 .

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2 .

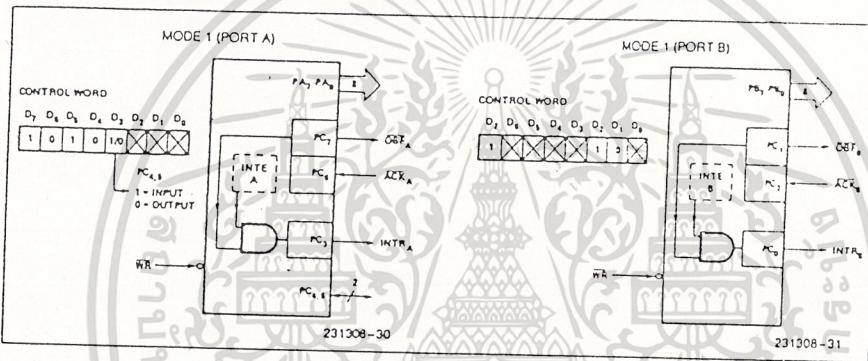


Figure 10. MODE 1 Output

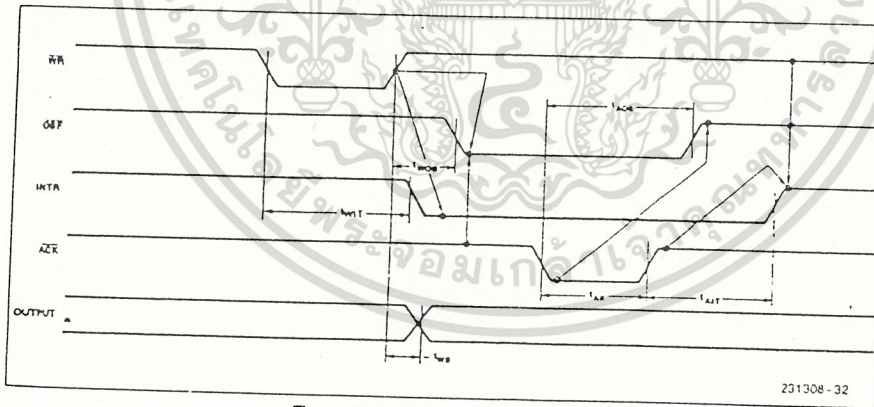


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

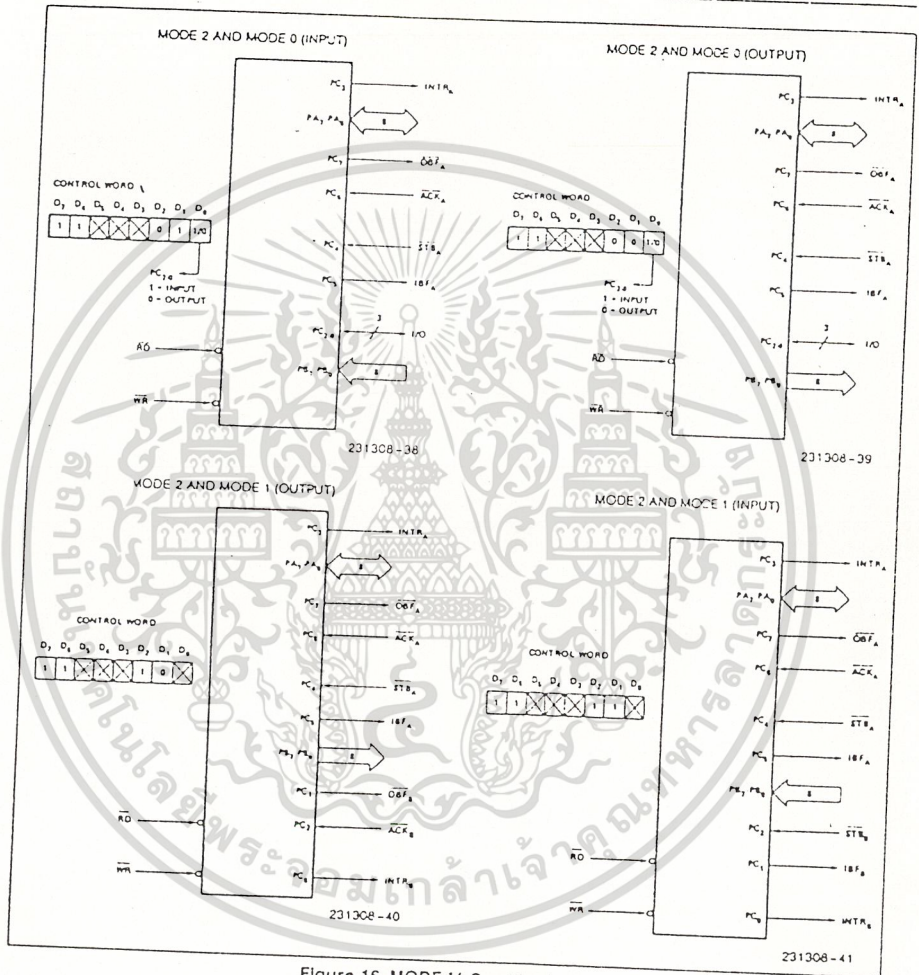


Figure 16. MODE 1/4 Combinations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY
PA ₀	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₁	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₂	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₃	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₄	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₅	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₆	IN	OUT	IN	OUT	↔
PA ₇	IN	OUT	IN	OUT	↔
PB ₀	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₁	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₂	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₃	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₄	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₅	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₆	IN	OUT	IN	OUT	—
PB ₇	IN	OUT	IN	OUT	—
PC ₀	IN	OUT	INTR _B	INTR _B	I/O
PC ₁	IN	OUT	IBF _B	OBFB	I/O
PC ₂	IN	OUT	STB _B	ACK _B	I/O
PC ₃	IN	OUT	INTR _A	INTR _A	INTR _A
PC ₄	IN	OUT	STB _A	I/O	STB _A
PC ₅	IN	OUT	IBF _A	I/O	IBF _A
PC ₆	IN	OUT	I/O	ACK _A	ACK _A
PC ₇	IN	OUT	I/O	OBFA	OBFA

MODE 0
OR MODE 1
ONLY

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes when not all of the bits in Port C are used for control or status. The remaining bits can be used as follows:

If Programmed as Inputs—

All input lines can be accessed during a normal Port C read.

If Programmed as Outputs—

Bits in C upper (PC₇–PC₄) must be individually accessed using the bit set/reset function.

Bits in C lower (PC₃–PC₀) can be accessed using the bit set/reset function or, accessed as a three-some by writing into Port C.

This feature allows the 8255 to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 8255 is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

Source Current Capability on Port B and Port C

Any set of eight output buffers, selected randomly from Ports B and C can source 1 mA at 1.5 volts.

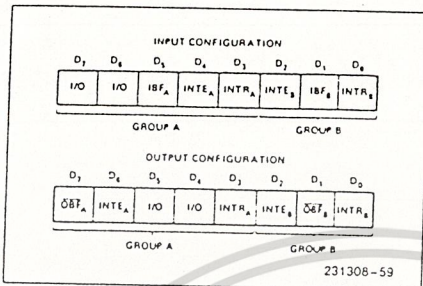


Figure 17. MODE 1 Status Word Format

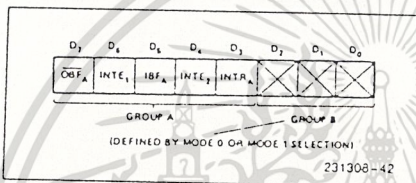


Figure 18. MODE 2 Status Word Format

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 represent a few examples of typical applications of the 8255A.

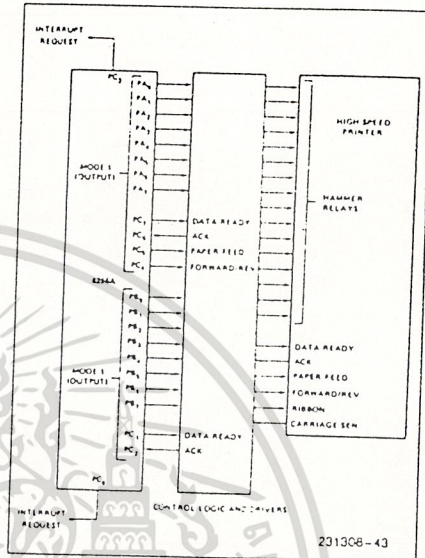


Figure 19. Printer Interface

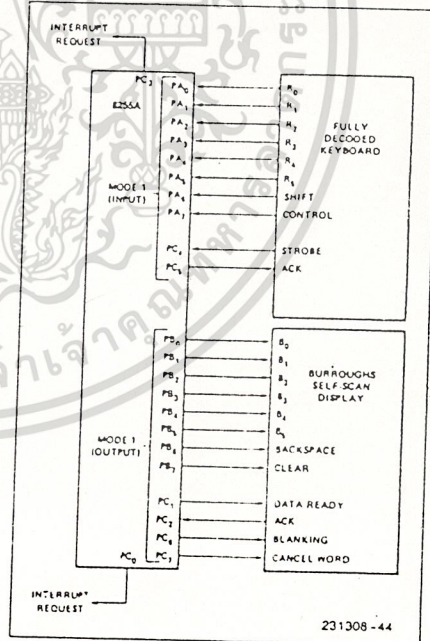


Figure 20. Keyboard and Display Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

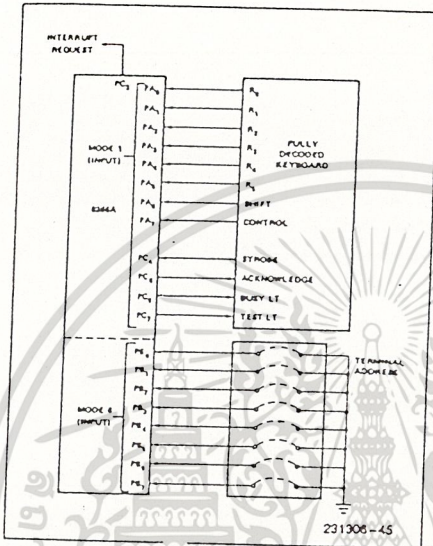


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

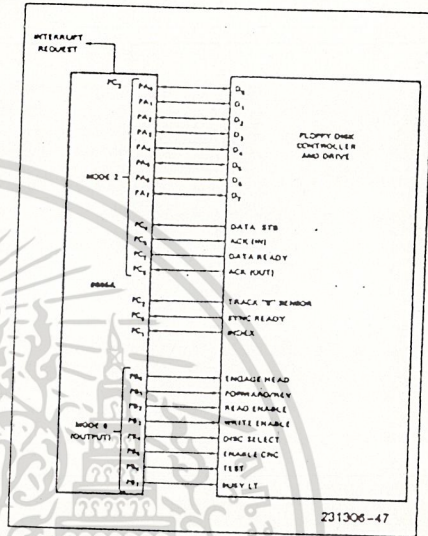


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

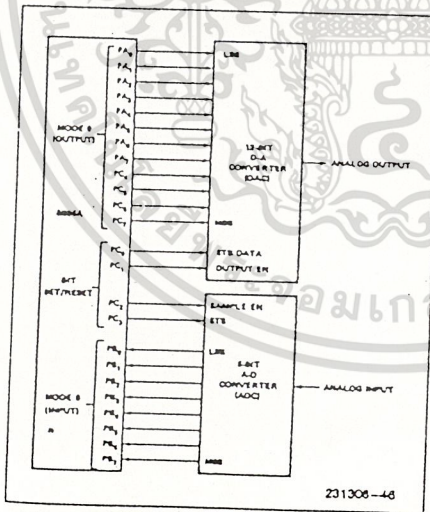


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

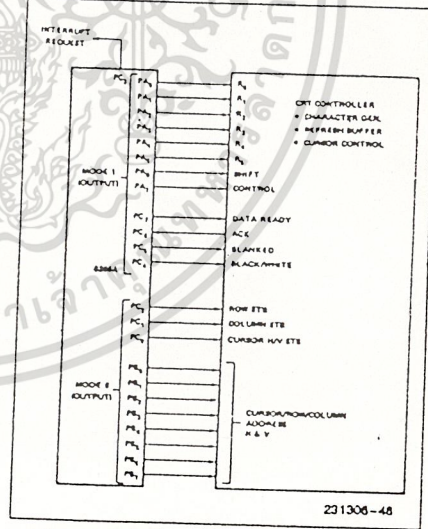


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



National Semiconductor Corporation

ADC0808, ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

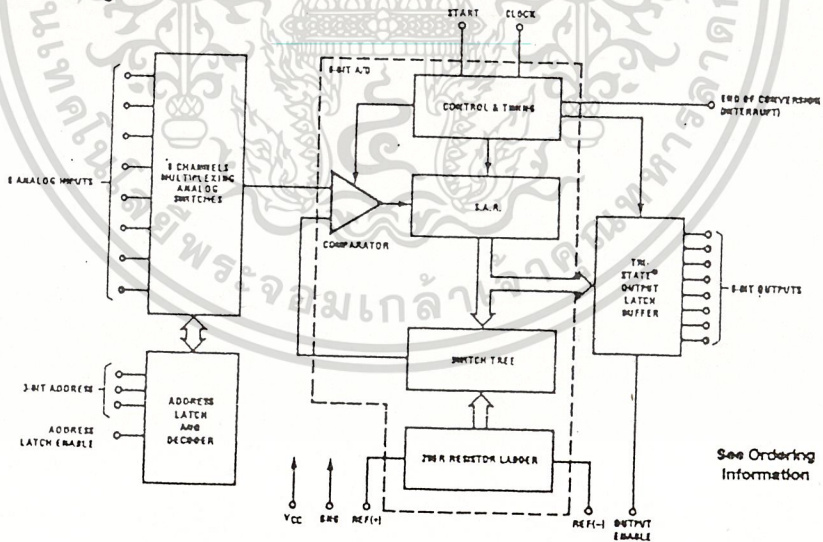
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{CC} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package

Key Specifications

- Resolution 8 Bits
- Total Unadjusted Error $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Single Supply 5 V_{CC}
- Low Power 15 mW
- Conversion Time 100 μ s

Block Diagram



See Ordering Information

TLH/5672-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DAC0800/DAC0801/DAC0802 8-Bit Digital-to-Analog Converters

General Description

The DAC0800 series are monolithic 8-bit high-speed current-output digital-to-analog converters (DAC) featuring typical settling times of 100 ns. When used as a multiplying DAC, monotonic performance over a 40 to 1 reference current range is possible. The DAC0800 series also features high compliance complementary current outputs to allow differential output voltages of 20 V_{p-p} with simple resistor loads as shown in Figure 1. The reference-to-full-scale current matching of better than ±1 LSB eliminates the need for full-scale trims in most applications while the nonlinearities of better than ±0.1% over temperature minimizes system error accumulations.

The noise immune inputs of the DAC0800 series will accept TTL levels with the logic threshold pin, V_{LC}, grounded. Changing the V_{LC} potential will allow direct interface to other logic families. The performance and characteristics of the device are essentially unchanged over the full ±4.5V to ±18V power supply range; power dissipation is only 33 mW with ±5V supplies and is independent of the logic input states.

The DAC0800, DAC0802, DAC0803C, DAC0801C and DAC0802C are a direct replacement for the DAC-08, DAC-08A, DAC-08C, DAC-08E and DAC-08H, respectively.

Features

- Fast settling output current 100 ns
- Full scale error ±1 LSB
- Nonlinearity over temperature ±0.1%
- Full scale current drift ±10 ppm/°C
- High output compliance -10V to +10V
- Complementary current outputs
- Interface directly with TTL, CMOS, PMOS and others
- 2 quadrant wide range multiplying capability
- Wide power supply range ±4.5V to ±18V
- Low power consumption 33 mW at ±5V
- Low cost

Typical Applications

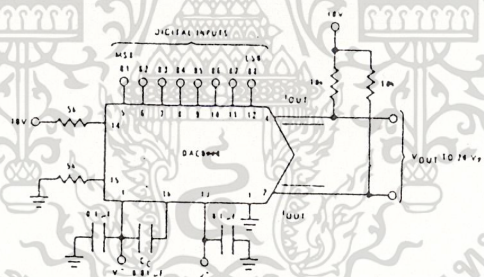


FIGURE 1. ±20 V_{p-p} Output Digital-to-Analog Converter (Note 4)

Ordering Information

Non-Linearity	Temperature Range	Order Numbers				
		J Package (J16A)*		N Package (N16A)*		SO Package (M16)
±0.1% FS	-55°C ≤ T _A ≤ +125°C	DAC0802LJ	DAC-08AO	DAC0802LCN	DAC-08EP	DAC0802LCM
±0.1% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0802LCJ	DAC-08HO	DAC0802LCN	DAC-08EP	DAC0802LCM
±0.19% FS	55°C ≤ T _A ≤ +125°C	DAC0800LJ	DAC-08EO	DAC0800LCN	DAC-08EP	DAC0800LCM
±0.19% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0800LCJ	DAC-08EO	DAC0800LCN	DAC-08EP	DAC0800LCM
±0.39% FS	0°C ≤ T _A ≤ +70°C	DAC0801LJ	DAC-08CO	DAC0801LCN	DAC-08EP	DAC0801LCM

*Devices may be ordered by using either order number.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DAC0808, DAC0807, DAC0806 8-Bit D/A Converters

General Description

The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of $255 I_{REF}/256$. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than $4 \mu A$ provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

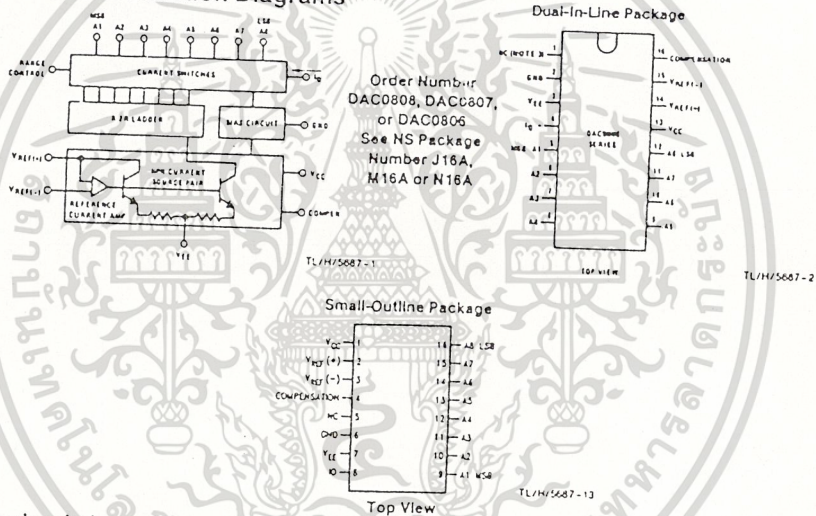
The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the

MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error maximum (DAC0808)
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- 7 and 6-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: $8 \text{ mA}/\mu\text{s}$
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: $33 \text{ mW} \pm 5V$

Block and Connection Diagrams



Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS				
		J PACKAGE (J16A)*		N PACKAGE (N16A)*		SO PACKAGE (M16A)
8-bit	$-55^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$	DAC0808LJ	MC1508L8	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
8-bit	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +75^{\circ}\text{C}$	DAC0808LCJ	MC1408L8	DAC0807LCN	MC1408P7	DAC0807LCM
7-bit	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +75^{\circ}\text{C}$	DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0806LCN	MC1408P6	DAC0806LCM
6-bit	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +75^{\circ}\text{C}$	DAC0806LCJ	MC1408L6			

*Note: Devices may be ordered by using either order number

DAC0808/DAC0807/DAC0806

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. วิทยา ทิพย์สุวรรณพร และท่านอาจารย์ ใสว พงศ์สวัสดิ์ คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านในภาควิชา เทคโนโลยีการ วิศวกรรมทางอุตสาหกรรม ขอขอบคุณ นาย สรรเพชร เชื้อแก้ว ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียน โปรแกรม ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ ตลอดมา มา ณ. ที่นี้ด้วย ซึ่งหากมีข้อบกพร่องและความผิดพลาดของโครงการนี้ คณะผู้จัดทำขอ น้อมรับผิดและขอภัยมาไว้ ณ. ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้