

วงจรถบายควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ 3 เฟส
INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 3 PHASE

นาย ชูวานนท์
Mr. THUWANON

ฉันทวongซานนท์
SINTHUWONGSANONT

นาย วิจิตรพล
Mr. WICHITPON

พินธ์ไชย
PANTHACHAI

นาย วีระศักดิ์
Mr. WEERAAT

ทาบโลกา
THABLOGA

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

วงจรถบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ 3 เฟส
INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 3 PHASE



นาย รุวานนท์ Mr. Thuwanon	สินธุวงศานนท์ Sinthuwongsanont
นาย วิชิตพล Mr. Wichitpon	พันธ์ไชย Pantachai
นาย วีรอัฒม์ Mr. Weeraat	ทาบโลกา Thabloga

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ 3 เฟส
INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 3 PHASE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ 3 เฟส

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 3 PHASE

ผู้จัดทำ	1. นาย รุวานนท์	สินธุวงศานนท์	รหัสประจำตัว 53010769
	2. นาย วิชิตพล	พันธ์ไชย	รหัสประจำตัว 53011473
	3. นาย วีรวัฒน์	ทาบโลกา	รหัสประจำตัว 53011509

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ.พลผดุง ผดุงกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ แบบ 3 เฟส

นายธรวานนท์ สิ้นรุ่งศานนท์ รหัส 53010769

นายวิชิตพล พันธไชย รหัส 53011473

นายวีรวิทย์ ทาบโลกา รหัส 53011509

ผศ.พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

ปฏิญานี้พจนนี้้นำเสนออินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสด้วยวิธีเปลี่ยนความถี่และขนาดของศักย์ดาของไฟฟ้ากระแสสลับของทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ โดยอาศัยหลักการของค่าอัตราส่วนของศักย์ดาต่อความถี่ที่มีค่าคงที่ และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4520 ทำการป้อนข้อมูลให้กับ dsPIC เบอร์ 30F2010 เพื่อทำการสร้างสัญญาณ PWM

INVERTER CONTROL SPEED OF AC MOTOR 3 PHASE

Mr. Thuwanon Sinthuwongsanont No.53010769

Mr. Wichitpon Pantachai No.53011473

Mr. Weeraat Thabloga No.53011509

Asst.Prof. Polphadung Phadungkul

Academic year : 2013

Abstract

This project present an inverter for controlling speed of three phase induction motor by changing the frequency and voltage of AC signal output port of inverter and by using fixed ratio between voltage and frequency techniques. And using Microcontroller PIC18F4520 and transfer data to dsPIC 30F2010 for generate desired PWM

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ 3 เฟส จะสำเร็จไม่ได้หากขาดความช่วยเหลือ และความกรุณาจาก ผศ.พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือต่างๆในการทำงานจนประสบความสำเร็จ ลุล่วงด้วยดีมาตลอดการทำงาน ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ สำหรับกำลังใจและกำลังใจทรัพย์ที่มอบให้เสมอมา เพื่อมาใช้ในการทำงานจนประสบความสำเร็จ

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเสมอมา จนโครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงมาได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ประเภทของมอเตอร์.....	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	4
2.3 หลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	6
2.4 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	7
2.5 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่าชนิดเฟสเดียว (voltage doublers).....	9
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	10
บทที่ 3 การออกแบบวงจรและโปรแกรมควบคุม.....	15
3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆของ Inverter.....	15
3.2 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆของ Controller.....	17
3.3 Flow Chart การทำงานของ 18F4520.....	19
3.4 Flow Chart การทำงานของ dsPIC30F2010.....	21
บทที่ 4 การทดสอบและการทำงานของวงภาคควบคุม Inverter.....	23
4.1 รูปสัญญาณหาค่า Dead time ที่ขา PWM1H กับ PWM1L วัดโดยผ่าน IGBT gate drive.....	23
4.2 รูปขบวนสัญญาณดูความต่างเฟสที่ขา PWM1H กับ PWM2H วัดโดยผ่าน IGBT gate drive ไม่ผ่าน filter.....	24
4.3 รูปสัญญาณที่ขา PWM1H กับ PWM2H โดยวัดจาก IGBT gate drive ผ่าน low pass filter.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
4.4 รูปสัญญาณ PWM วัดโดยใช้ Probe x100.....	27
4.5 การวัดความเร็วรอบโดยใช้ Digital Tachometer รุ่น TM-300.....	30
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	33
เอกสารอ้างอิง.....	34
ภาคผนวก	



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.5.1 แสดงการเปรียบเทียบ ความเร็วรอบของโรเตอร์ กับ ความเร็วเชิงโคโรนัส.....32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบมอเตอร์ไฟฟ้า.....	4
2.2 วงจรสมมูลของมอเตอร์ที่เหนี่ยวนำที่พิจารณาจากด้าน Stator.....	6
2.3 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	7
2.4 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter).....	8
2.5 กระบวนการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในสภาวะการใช้ไฟสำรอง.....	8
2.6 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่าชนิดเฟสเดียว.....	9
2.7 การทำงานของวงจร voltage doublers circuit.....	10
2.8 PIC18F4520.....	12
2.9 Block Diagram of Motor Control PWM.....	13
3.1 วงจรไฟเลี้ยงสำหรับ Drive Gate IGBT และ วงจร Controller.....	15
3.2 วงจร Voltage Doublers.....	16
3.3 วงจร Inverter แบบ 3 กิ่ง พร้อม Gate Drive	16
3.4 วงจร Controller 18F4520 เชื่อมต่อกับ LCD, KEYPAD, UART.....	17
3.5 วงจร Controller dsPIC30F2010 เชื่อมต่อกับ Gate drive, UART.....	18
3.6 Flow chart การทำงานของ PIC18F4520.....	20
3.7 Flow chart การทำงานของ dsPIC30F2010.....	22
4.1 Dead time ที่ 300 rpm.....	23
4.2 Dead time ที่ 1500 rpm.....	23
4.3 ความต่างเฟส ที่ 300 rpm.....	24
4.4 ความต่างเฟส ที่ 1500 rpm.....	24
4.5 สัญญาณ sine wave ที่ 300 rpm.....	25
4.6 สัญญาณ sine wave ที่ 600 rpm.....	25
4.7 สัญญาณ sine wave ที่ 900 rpm.....	26
4.8 สัญญาณ sine wave ที่ 1200 rpm.....	26
4.9 สัญญาณ sine wave ที่ 1500 rpm.....	27
4.10 สัญญาณ PWM LINE U เทียบ LINE V ที่ 600 rpm oscilloscop 200v/div 50ms/div.....	27
4.11 สัญญาณ PWM LINE U เทียบ LINE V ที่ 1200 rpm oscilloscop 200v/div 50ms/div.....	28
4.12 สัญญาณ PWM LINE V เทียบ LINE W ที่ 600 rpm oscilloscop 200v/div 50ms/div.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
4.13 สัญญาณ PWM LINE V เทียบ LINE W ที่ 1200 rpm oscilloscop 200v/div 50ms/div.....	29
4.14 วัดความเร็วรอบที่ 300rpm.....	30
4.15 วัดความเร็วรอบที่ 600rpm.....	30
4.16 วัดความเร็วรอบที่ 900rpm.....	31
4.17 วัดความเร็วรอบที่ 1500rpm.....	31



บทที่ 1 บทนำ

Inverter control speed of ac motor 3 phase

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันได้มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในครัวเรือน หรือในระบบอุตสาหกรรมต่างๆมากมาย เพื่อให้เกิดความสะดวกและความรวดเร็วในการทำงาน เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้มีการพัฒนาให้มียุคประกอบในการทำงานมากขึ้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้น และมีขนาดเล็กลง สำหรับการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะทำงานควบคู่กันไปกับวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวควบคุมการนำกระแสที่ส่งมาให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะส่งผลให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส เปลี่ยนไป

มอเตอร์ 3 เฟส ในปัจจุบันมีราคาที่ถูกกว่า มอเตอร์ 1 เฟส มาก และในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ก็ไม่สามารถทำได้ แต่ในการใช้ มอเตอร์ 3 เฟส ก็จำเป็นต้องมีระบบไฟฟ้า 3 เฟส ด้วย ซึ่งก็เป็นเรื่องที่ต้องใช้ทุนจำนวนมากในการขอไฟฟ้า 3 เฟส ดังนั้น การทำวงจร inverter เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดต้นทุน แล้วยังสามารถที่จะควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของมอเตอร์แบบ 3 เฟส
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการสร้างวงจรอินเวอร์เตอร์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 แรงดันเอาต์พุต ตามทฤษฎี V/F
- 1.3.2 แรงดันอินพุต 220 Vac
- 1.3.3 สามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ความรู้ทางด้าน Power electronics
- 1.4.2 ลักษณะการทำงานของ มอเตอร์ 3 เฟส
- 1.4.3 การออกแบบวงอิเล็กทรอนิกส์
- 1.4.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหลักการทำงานของวงจร Inverter 3 phase

1.5.2 เรียนรู้และศึกษาโปรแกรมของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4520 และ dsPIC30F2010

1.5.3 เขียนโปรแกรม ควบคุม LCD, Key pad, UART, Motor control PWM

1.5.4 ทำการทดสอบโปรแกรมส่วนต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) สามารถจำแนกชนิดตามการใช้กระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิด คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) มอเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม นั่นคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพราะมีคุณสมบัติเด่นคือ ในด้านการปรับความเร็ว ซึ่งได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงความเร็วสูงสุด

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งตามลักษณะการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กได้ 3 แบบ คือ

1. มอเตอร์แบบขนาน (Shunt Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)
3. มอเตอร์แบบผสม (Compound Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อดีคือมีความเร็วรอบคงที่ และตัวหมุน (Rotor) ส่วนมากจะมีขดลวดพันอยู่จึงไม่มีอันตรายจากประกายไฟฟ้าเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง นำไปใช้ได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในโรงงานที่มีแก๊สหรือที่มีวัตถุไวไฟ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส แบ่งออกได้ 5 แบบ คือ

1. Split-phase Motor
2. Capacitor Motor
3. Repulsion Motor
4. Universal Motor
5. Shaded-pole Motor

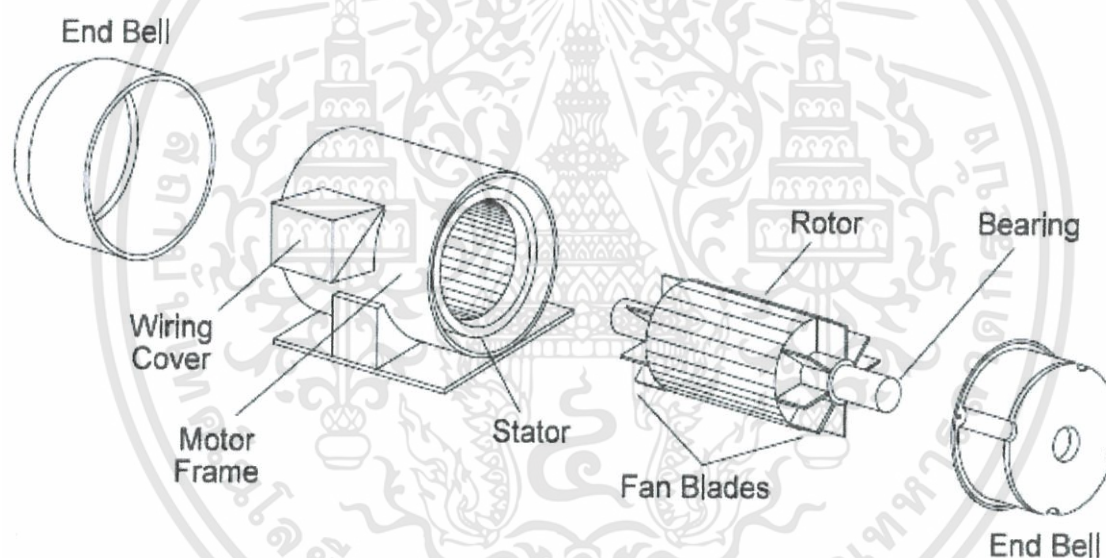
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ สามารถแบ่งตามลักษณะของตัวหมุนได้เป็น 2 ชนิด คือ
 - 1.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก
 - 1.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่มีโรเตอร์แบบขดลวด

2. มอเตอร์ซิงโครนัส สามารถแบ่งออกได้ 6 ชนิด คือ

- 2.1 มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดตัวหมุนพันขดลวด
- 2.2 มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร
- 2.3 มอเตอร์ซิงโครนัสรีลักซ์แทนซ์
- 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน
- 2.5 สเต็ปป์มอเตอร์
- 2.6 สวิตซ์รีลักซ์แทนซ์มอเตอร์

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือ ขดลวดในสเตเตอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุน (Rotor) ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในสเตเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆสเตเตอร์ เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไป สนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรถัดหรือขดลวดกรงกะรอกของตัวหมุน ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัวหมุน ก็จะทำให้ตัวหมุนเกิดพลังงานกลสามารถนำไปใช้กับภาระที่ต้องการหมุนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor)

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. สเตเตอร์ หรือ ส่วนที่อยู่กับที่

สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ใช้หลักการเดียวกันกับของซิงโครนัสมอเตอร์ หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โดยทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนเข้าด้วยกัน และทำเป็นช่องไว้บรรจุขดลวด และจำนวนขั้วแม่เหล็กจะเป็นตัวกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อเราจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดลวดที่สเตเตอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ค่าหนึ่ง และสนามแม่เหล็กนี้จะหมุน ด้วยความเร็วที่เรียกความเร็วซิงโครนัสสนามแม่เหล็กที่หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าขึ้นในโรเตอร์

2. โรเตอร์ หรือ ส่วนที่หมุน

โรเตอร์แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

ก. โรเตอร์แบบกรงกระรอก

มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้ คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก โรเตอร์ชนิดนี้เป็นชนิดที่ทำได้ง่ายและทนทานที่สุด ประกอบด้วยแผ่นเหล็กบางๆอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกรงกระรอก และถูกทำเป็นช่องให้เพื่อสำหรับบรรจุตัวโรเตอร์ ช่องของโรเตอร์จะไม่อยู่ในลักษณะที่ขนานกับเฟลา แต่จะวางให้มีลักษณะเฉียงเล็กน้อยเพื่อให้เกิดประโยชน์ได้ 2 ทาง

1. จะช่วยให้มอเตอร์หมุนได้อย่างรวดเร็ว โดยการลดการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กฮัม (Magnetic Hum)
2. จะช่วยในการลดการเกิดยึดหรือลื้อคของโรเตอร์อันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กที่ตกค้างอยู่ที่พื้น ของสเตเตอร์กับโรเตอร์ทั้งสอง

ข. โรเตอร์แบบพันขดลวดหรือเฟลวาวด์โรเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้โรเตอร์ชนิดนี้จะพบมากในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และมีการพันแบบขดลวดสองชั้นเหมือนกับขดลวดสองชั้นเหมือนกับขดลวดที่ใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ โรเตอร์ชนิดนี้จะต่อแบบสตาร์ และมีปลายสายออกมา 3 ปลายต่อเข้ากับสลีปรึงที่ติดกับเฟลาของโรเตอร์นั้น และสามารถที่จะนำความต้านทานที่ต่อแบบสตาร์ เพื่อเป็นการเพิ่มแรงบิดช่วยในการเริ่มหมุนของโรเตอร์ แต่เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนไปแล้ว สลีสปรึงจะถูกลัดวงจรกลายเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอก

2.3 หลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในมอเตอร์เมื่อได้รับการจ่ายแรงดันไฟสลับ ที่สมดุล 3 เฟส ที่มีความถี่ f จำนวนขั้วแม่เหล็ก P จะมีผลให้เกิดกระแสไหลอย่างสมดุลในขดลวดแต่ละเฟส โดยกระแสที่ไหลจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่ช่องอากาศ ที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า Synchronous speed ดังต่อไปนี้

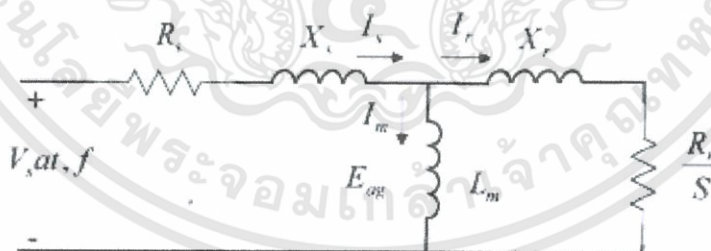
$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (\text{rpm}) \quad (2.1)$$

ซึ่งสนามแม่เหล็กหมุนนี้ จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและกระแสไหลในโรเตอร์ ทำให้มีแรงบิดพาให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่งซึ่งต่ำกว่าความเร็ว Synchronous เล็กน้อย ซึ่งความเร็วในการหมุนของโรเตอร์ (N_r) จะหมุนช้ากว่าความเร็ว Synchronous (N_s) อยู่เท่ากับ $N_s - N_r$ และเรียกความเร็วที่แตกต่างกันนี้ว่าความเร็วลื่นไถล ซึ่งมักถูกแสดงในรูปของ perunit slip ดังนี้

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (2.2)$$

หรือมอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็ว

$$N_r = N_s(1 - S) \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของมอเตอร์ที่เหนี่ยวนำที่พิจารณาจากด้าน Stator

จากวงจรสมมูลในรูปที่ 2.2 จะไม่นำค่า R_c (ค่าความต้านทานสมมูลแทนการสูญเสียในแกนเหล็ก) มาพิจารณาร่วมด้วยเพราะมีค่าสูงมาก ทำให้กระแสไหลผ่านได้น้อย เมื่อเทียบกับ Stator Resistance (R_s) และ Rotor Resistance (R_r) ในขณะที่กระแส I_m หรือ Magnetizing Current ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระแสป้อนมอเตอร์ (I_s) จะมีค่ามาก โดยกระแส I_m นี้ถือว่าเป็นกระแสที่สร้าง Resultant airgap flux หรือ ϕ_{ag}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรสมมูลที่ได้ จึงสามารถเขียนความสัมพันธ์ของแรงดันป้อนเข้าได้ดังนี้

$$V_s = E_{ag} + I_s(R_s + jX_s) \quad (2.4)$$

จากทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีแรงบิดเกิดขึ้นที่มอเตอร์คือ

$$T_{em} = k_t I_r \phi_{ag} \sin \delta \quad (2.5)$$

โดย δ คือมุมต่างเฟสระหว่าง แรงเคลื่อนที่แม่เหล็กจากโรเตอร์ (Rotor mmf) และ Resultant airgap flux สมการแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดขึ้นที่ Stator เป็นดังนี้

$$E_{ag} = k_2 f \phi_{ag} \quad (2.6)$$

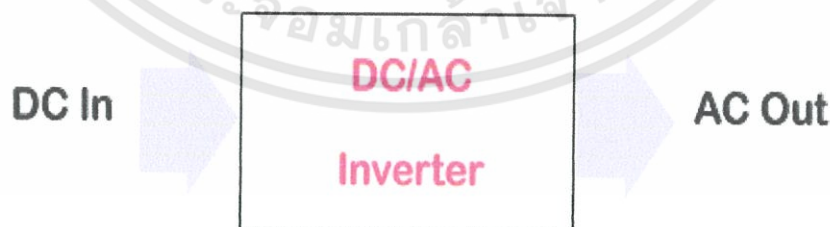
และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่เกิดขึ้นที่ Rotor เมื่อพิจารณาทาง Stator

$$E_r = R_r I_r + S X_r I_r \quad (2.7)$$

2.4 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์

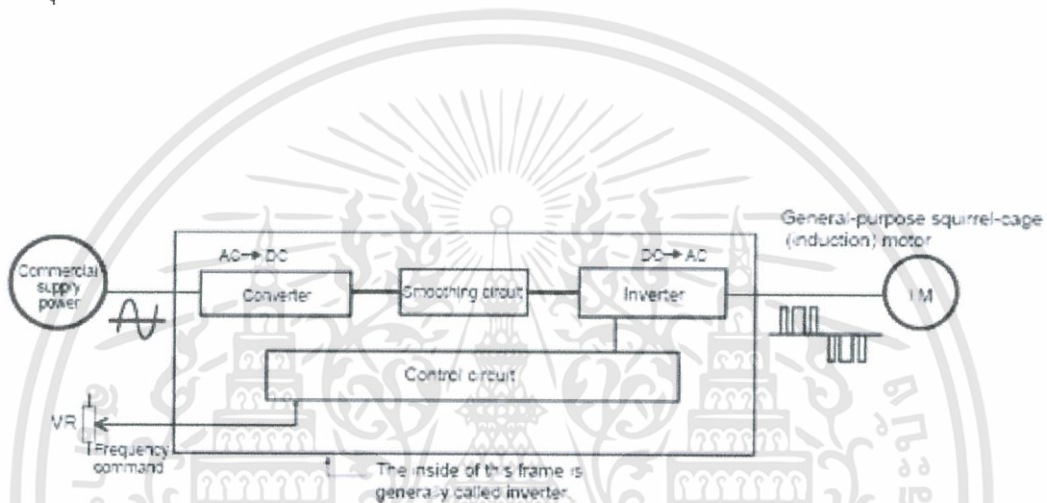
โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

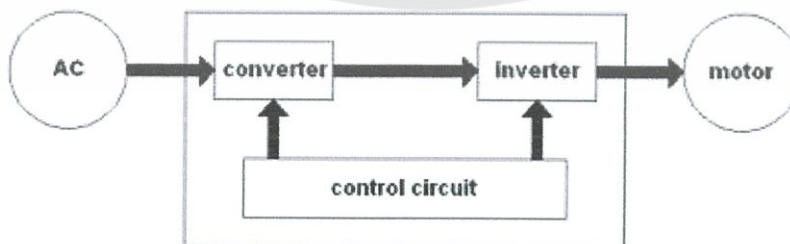
โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์

1. ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ AC power supply (50 Hz) ให้เป็นไฟตรง (DC Voltage)
2. ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้
3. ชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ซึ่งทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ และชุดอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่พบเห็นได้ในปัจจุบัน ได้แก่ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อจ่ายไฟสำรอง หรือที่เรียกว่า UPS (Uninterruptible Power Supply) เพื่อแก้ปัญหาไฟเกิน, ไฟตก, ไฟดับ และคลื่นรบกวน ช่วยป้องกันการเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า โดยไฟฟ้าที่สำรองไว้จะเก็บในแบตเตอรี่



รูปที่ 2.5 กระบวนการทำงานของอินเวอร์เตอร์ในสภาวะการใช้ไฟสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ถูกนำมาใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ, ตู้เย็น, โทรทัศน์ และระบบเซอร์โวควบคุมมอเตอร์ (Servo Motor) เนื่องจากความต้องการลดการสูญเสียกำลังงานที่สูงโดยเฉพาะขณะเริ่มต้นทำงาน และจากการสูญเสียในแกนเหล็ก และในตัวขดลวด (สำหรับเครื่องเชื่อมแบบมือหมุน และมอเตอร์) ซึ่งการสูญเสียกำลังงานหรือค่าไฟฟ้าเป็นดังนี้คือ

เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำงาน จะมีค่ากระแสเริ่มทำงาน I (Start) สูงกว่า ขณะเดินปรกติถึง 4 – 6 เท่าตัว เช่น มอเตอร์เครื่องปรับอากาศ ที่มีขนาด 220 V, 1 A

$$P_{normal} = 220V \cdot 1A = 220W$$

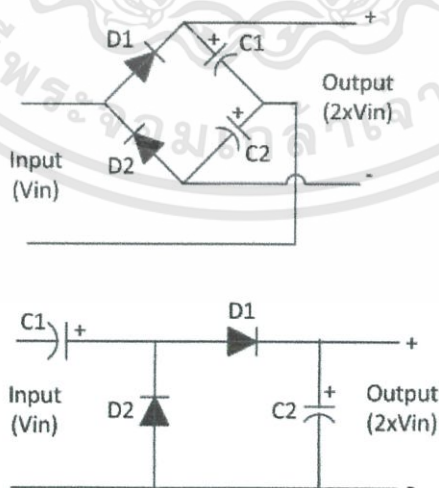
ขณะเริ่มต้นมอเตอร์หรือหม้อแปลงจะดึงกระแสเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กอย่างน้อย 4 เท่าของขณะปกติ

$$P_{start} = 220V (4 \times 1A) = 880W$$

ทำให้ระบบเดิมที่ไม่มีการใช้อินเวอร์เตอร์จะต้องเสียค่าไฟสูงมาก และทำให้ระดับของแรงดันไฟฟ้าในสายไม่เสถียร (Stable) รวมถึงทำให้เกิดแรงดันสไปค์ ขณะหยุดการทำงานซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหาย หรือบั่นทอนอายุการใช้งานให้สั้นลง

2.5 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่าชนิดเฟสเดียว (voltage doublers)

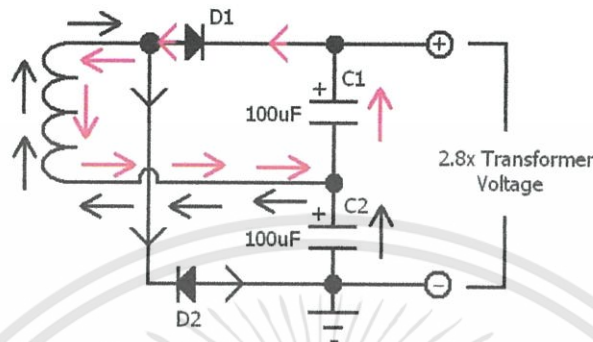
วงจรเรียงกระแสส่วนใหญ่ขนาดของแรงดันในสายกำลังมักจะมีขนาดเพียงพอต่อการสร้างไฟตรงทางด้านขาออก ที่สำคัญกว่านั้นเครื่องมือบางประเภทเราอาจต้องการให้สามารถใช้งานได้ที่แรงดันของแหล่งจ่ายสองระดับ ดังนั้นเราจึงนำวงจรเรียงกระแสแบบแรงดันสองเท่า มาใช้งานเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้หม้อแปลงเปลี่ยนระดับแรงดัน



รูปที่ 2.6 วงจรเรียงกระแสแรงดันสองเท่าชนิดเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 ผลการทำงานจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่า $2 V_m$ ที่ด้านเอาต์พุตโดยมีหลักการทำงานดังรูปที่ 2.7



Red arrows indicate direction of positive current flow

Black arrows indicate direction of negative current flow

รูปที่ 2.7 การทำงานของวงจร voltage doublers circuit

จากรูปที่ 2.6 ด้านซ้ายในขณะที่ยอดบนของขดลวดทุติยภูมิเป็นบวก (+) จะทำให้ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไบแอสไปหน้า ไดโอด D1 จึงทำงานและมีผลให้ตัวเก็บประจุ C1 จะเก็บประจุไว้มีค่าเท่ากับ V_m ในขณะที่ไดโอด D2 จะหยุดทำงาน ในครึ่งไซเคิลลบ (Negative half-cycle)

ตามรูปที่ 2.6 ด้านขวา เมื่อด้านบนของขดลวดทุติยภูมิเป็นลบ (-) จะทำให้ไดโอด D1 ได้รับแรงดันไบแอสย้อนกลับ ไดโอด D1 จึงหยุดทำงาน แต่ขณะนี้ไดโอด D2 ได้รับแรงดันไบแอสไปหน้า ไดโอด D2 จึงทำงานและมีผลให้ตัวเก็บประจุ C2 จะเก็บประจุไว้มีค่าเท่ากับ V_m ดังนั้นเมื่อนำมารวมค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุ C1 และตัวเก็บประจุ C2 เป็นแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต จึงมีค่าเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าเท่ากับ $2V_m$ พร้อมจ่ายโหลดต่อไป

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

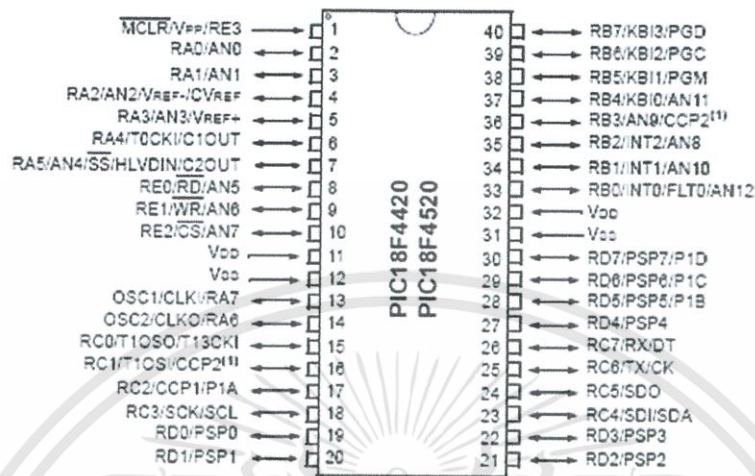
ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน

2.6.1 โครงสร้าง

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกระดานชดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำ (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Mempry) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง
3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะใช้การกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

2.6.2 PIC



รูปที่ 2.8 PIC18F4520

PIC คือ microcontroller อีกตระกูลหนึ่ง ย่อมาจากคำว่า Peripheral Interface Controller ซึ่ง concept ของเจ้า microcontroller ตระกูลนี้ก็คือ พยายามรวมเอาทุกอย่างเอาไว้ในตัวของมันไม่ว่าจะเป็น PROGRAM MEMORY, RAM, EEPROM, SERIAL, I2C, PWM, A/D ฯลฯ โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์เสริมจากภายนอก ในตัวของ PIC จะมีฟังก์ชันที่ใช้ในการประมวลผล รวมทั้งหน่วยความจำ ซึ่งให้มันเหมือนกัน CPU ตัวหนึ่งเลยก็เลย

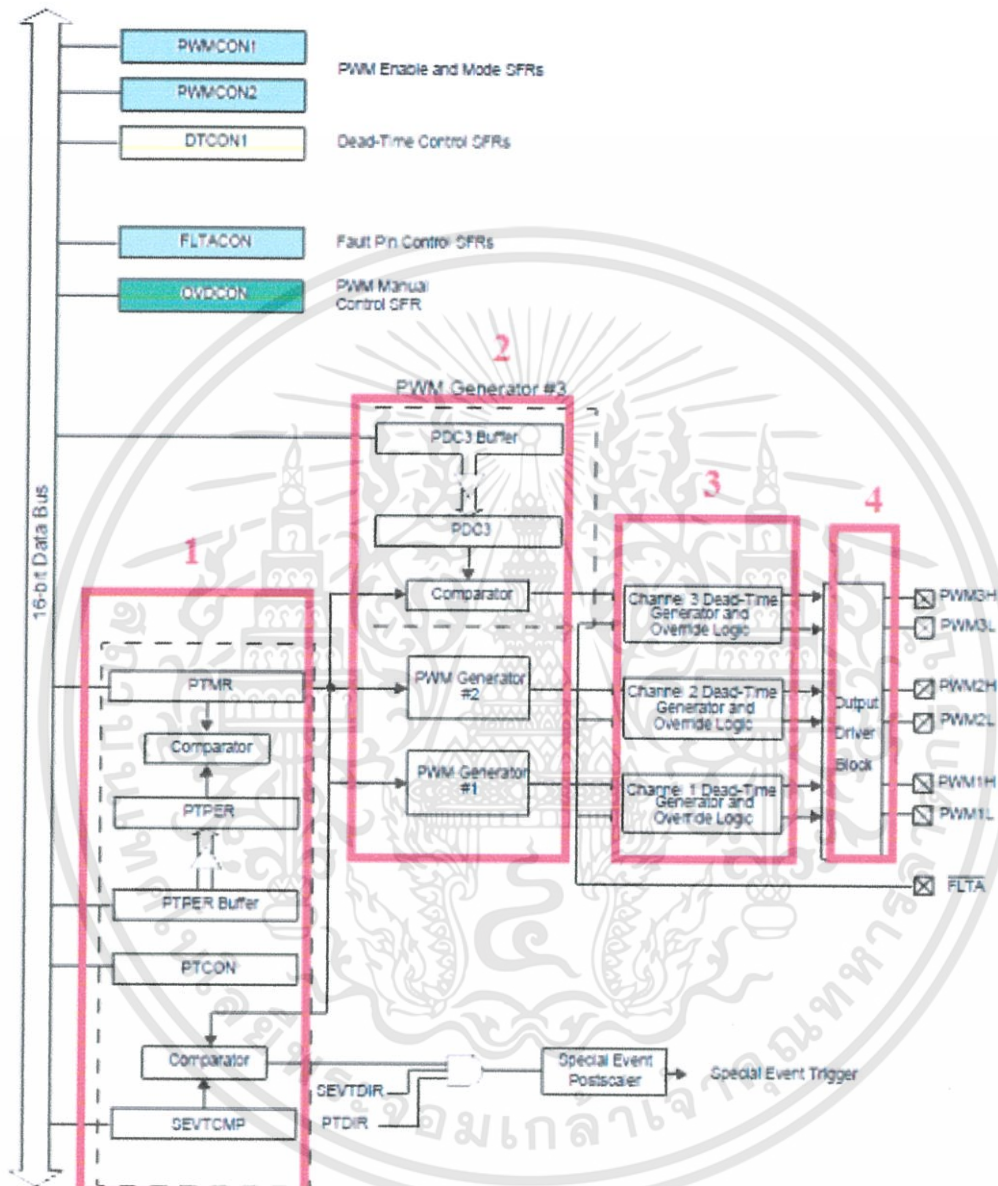
ความเร็วของ PIC ภาคของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 uSec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จาก microchip และได้สร้าง chip ที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีก

หน่วยความจำของ PIC ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 words ถึง 4K words แต่ในปัจจุบัน บริษัท microchip ซึ่งเป็นเจ้าของ PIC ได้พัฒนาจนทำให้ memory ของ PIC มีขนาดเป็นหลายสิบกิโลไบต์ และมีที่ท่าว่าจะขยายได้ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ในเรื่องของการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติ โดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 bits ดังนั้นเราจะเรียกว่า 1 word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่า มีหน่วยความจำ 1 K (ซึ่งหมายถึง 1 Kword ถ้าคำนวณให้ เป็นแบบ 1 byte = 8 bit จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ bits ดังนั้นก็คือ $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75K$ bytes นั่นเอง

2.6.3 โมดูลมอเตอร์ควบคุม PWM

MOTOR CONTROL PWM MODULE ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองการของวิศวกร ออกแบบสำหรับประยุกต์ในการสร้างสัญญาณควบคุมระบบที่เกี่ยวข้องกับพลังงานเป็นหลัก เช่น สร้างสัญญาณควบคุม DC TO DC CONVERTER , DC TO AC CONVERTER และ สนับสนุนการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างสัญญาณควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์เช่น AC INDUCTION MOTOR, Switched Reluctance (SR) Motor และ Brushless DC (BLDC) Motor เป็นต้น



รูปที่ 2.9 Block Diagram of Motor Control PWM

การที่เราจะใช้งานโมดูล MOTOR CONTROL PWM ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องเข้าใจภาพรวมการทำงานของโมดูลให้มากที่สุด จากรูป จะเห็นได้ว่าการแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

1 ส่วนของการกำหนดความถี่ของสัญญาณ PWM ประกอบด้วย REGISTERPTMR,PTPER,PTCON เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ส่วนของการกำหนด DUTY CYCLE คือ PDC1,PDC2 และ PDC3

3 ส่วนของการกำหนดค่า DEAD TIME และ DISABLE OR ENABLE สัญญาณ PWM

4 ส่วนของ BUFFER AND DRIVE สัญญาณ PWM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

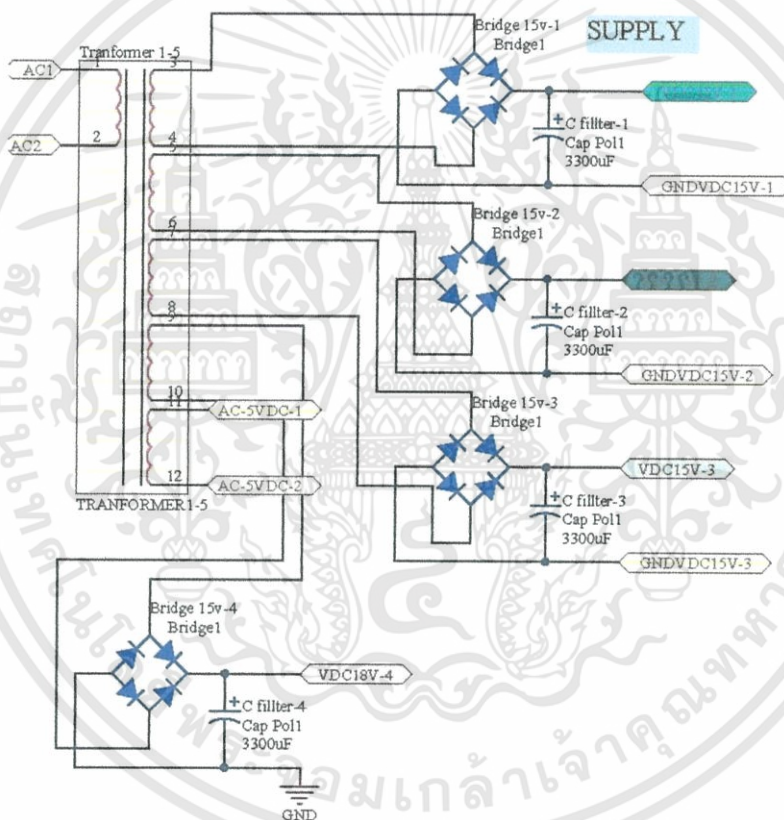
บทที่ 3

การออกแบบวงจรและโปรแกรมควบคุม

การดำเนินงานนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดอินเวอร์เตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

3.1 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆของ Inverter

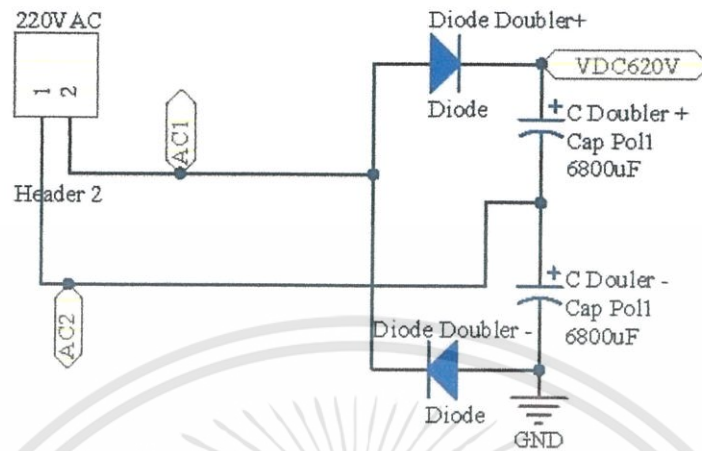
การทำงานของอินเวอร์เตอร์จะต้องทำวงจรไฟเลี้ยงเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนของ IGBT และไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยออกแบบหม้อแปลง 12Vac จำนวน 4 ขด 9Vac จำนวน 1 ขด โดยขด 12 Vac แต่ละขดผ่านวงจรเรียงกระแสและฟิลเตอร์ออกเป็น 15 Vdc ขด 9 Vac ผ่านวงจรเรียงกระแสและวงจรรักษาแรงดัน 5 Vdc ตามรูปที่ 3.1



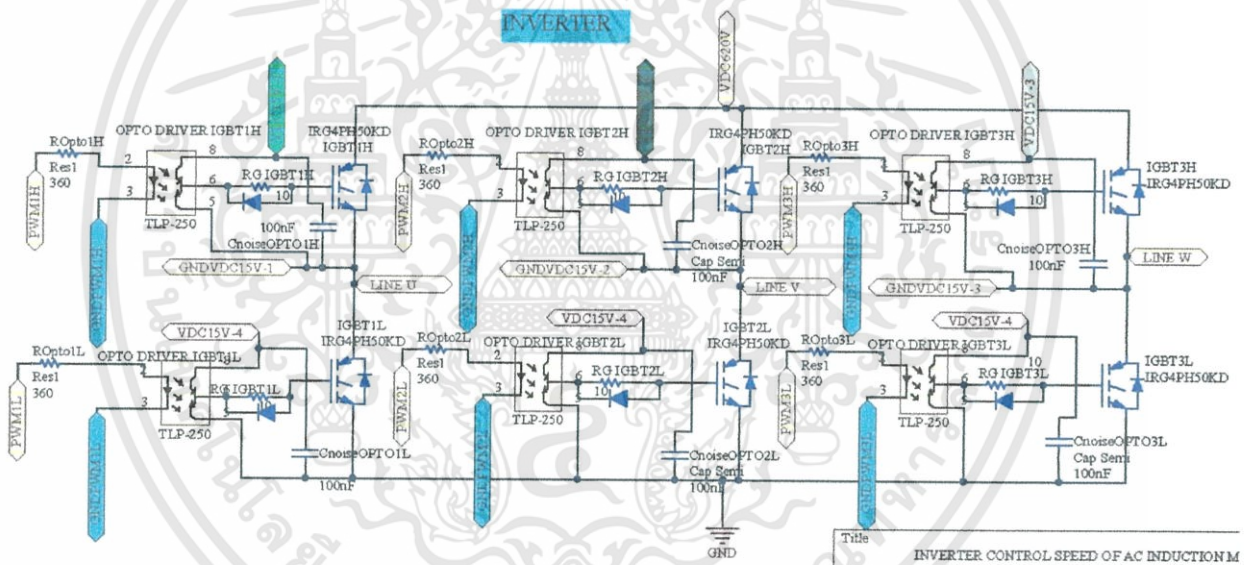
รูปที่ 3.1 วงจรไฟเลี้ยงสำหรับ Drive Gate IGBT และ วงจร Controller

อินเวอร์เตอร์แบบ Bipolar ต้องใช้วงจร Voltage doublers ตามรูปที่ 3.2 เพื่อให้ได้ DCLinkขนาด 620 Vdc ทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตอยู่ในช่วง 220 Vac

Voltage Doubler



รูปที่ 3.2 วงจร Voltage Doublers



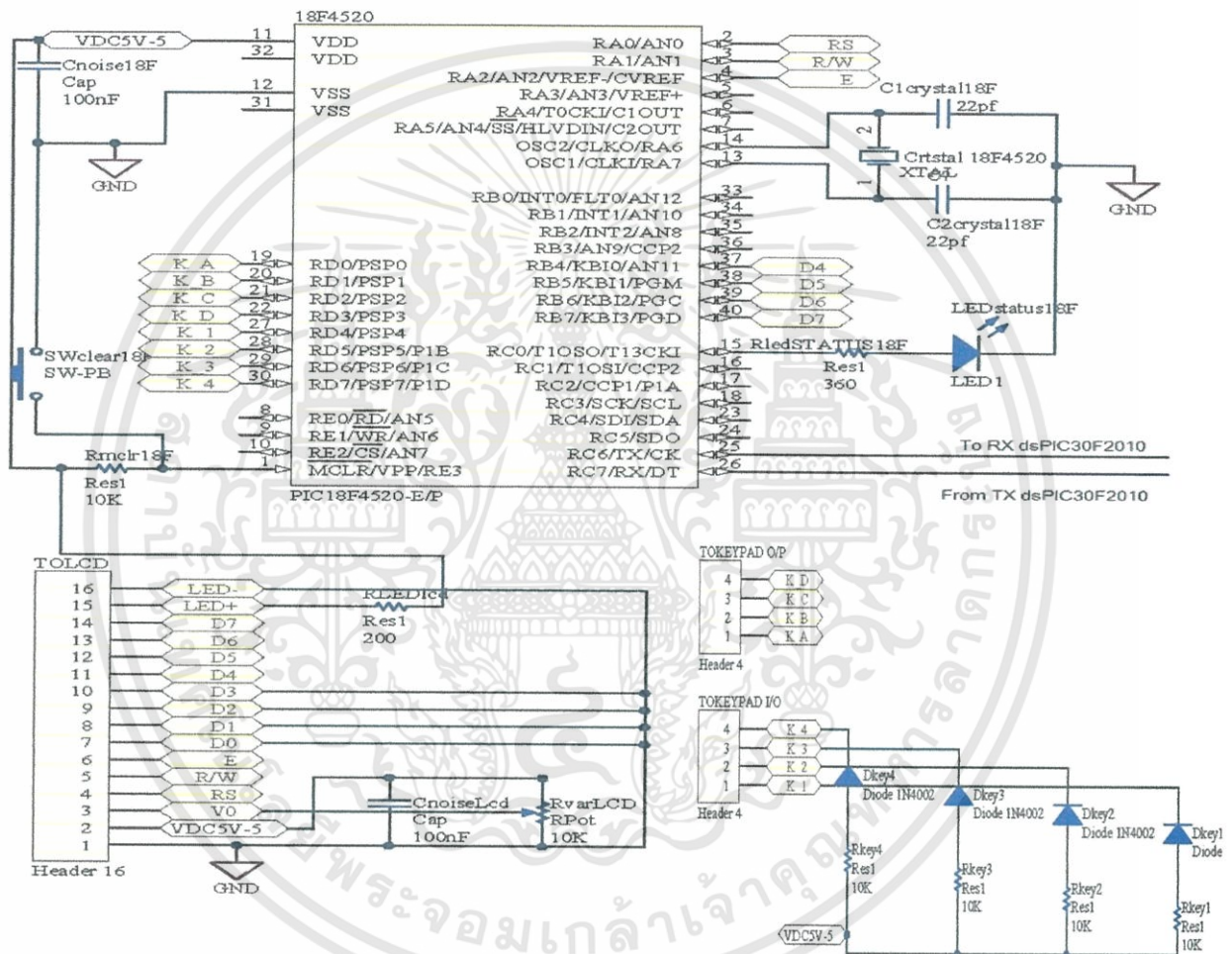
รูปที่ 3.3 วงจร Inverter แบบ 3 กิ่ง พร้อม Gate Drive

จากรูปที่ 3.3 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วย IGBT จำนวน 6 ตัว พร้อมกับ Gate Drive เบอร์ TLP-250 และได้ทำการต่อตัวต้านทานที่ขาเกตเพื่อลดค่า Overshoot ต่อไดโอดเพื่อลดค่า fall time

3.2 การออกแบบวงจรส่วนต่างๆของ Controller

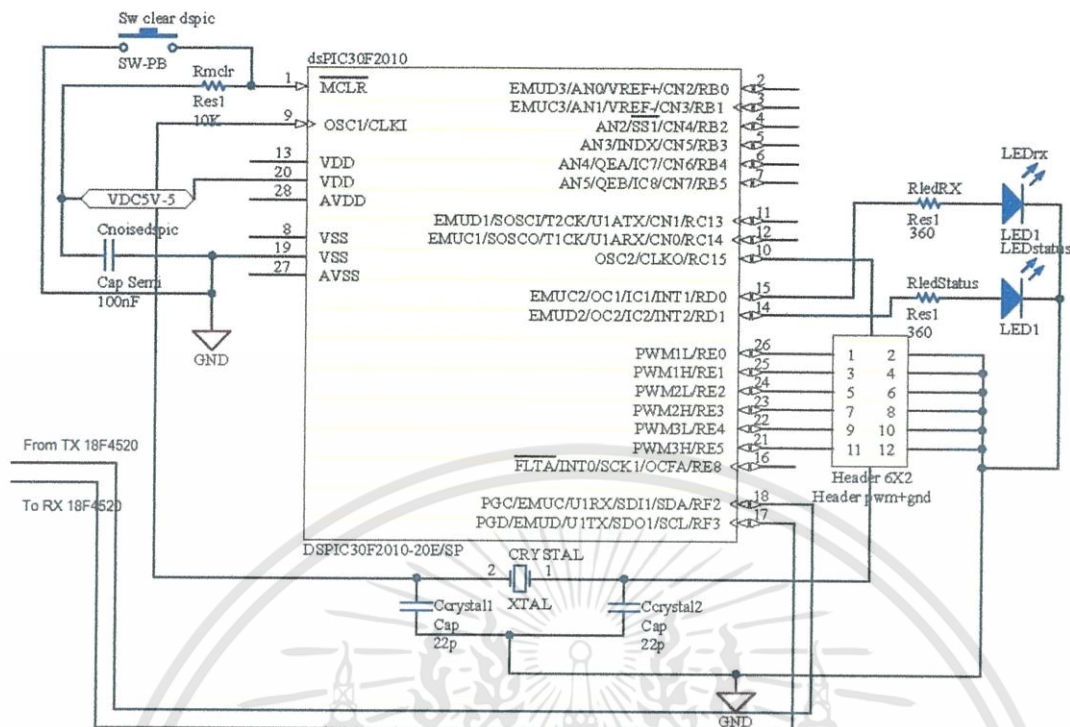
จากรูป 3.4 วงจรของ Controller 18F4520 แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. LCD โดยทำจุดเชื่อมต่อจำนวน 16 จุด
2. KEY PAD โดยทำจุดเชื่อมต่อจำนวน 8 จุด
3. UART ต่อกับ dsPIC30F2010
4. LED แสดงสถานะ



รูปที่ 3.4 วงจร Controller 18F4520 เชื่อมต่อกับ LCD,
KEYPAD, UART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

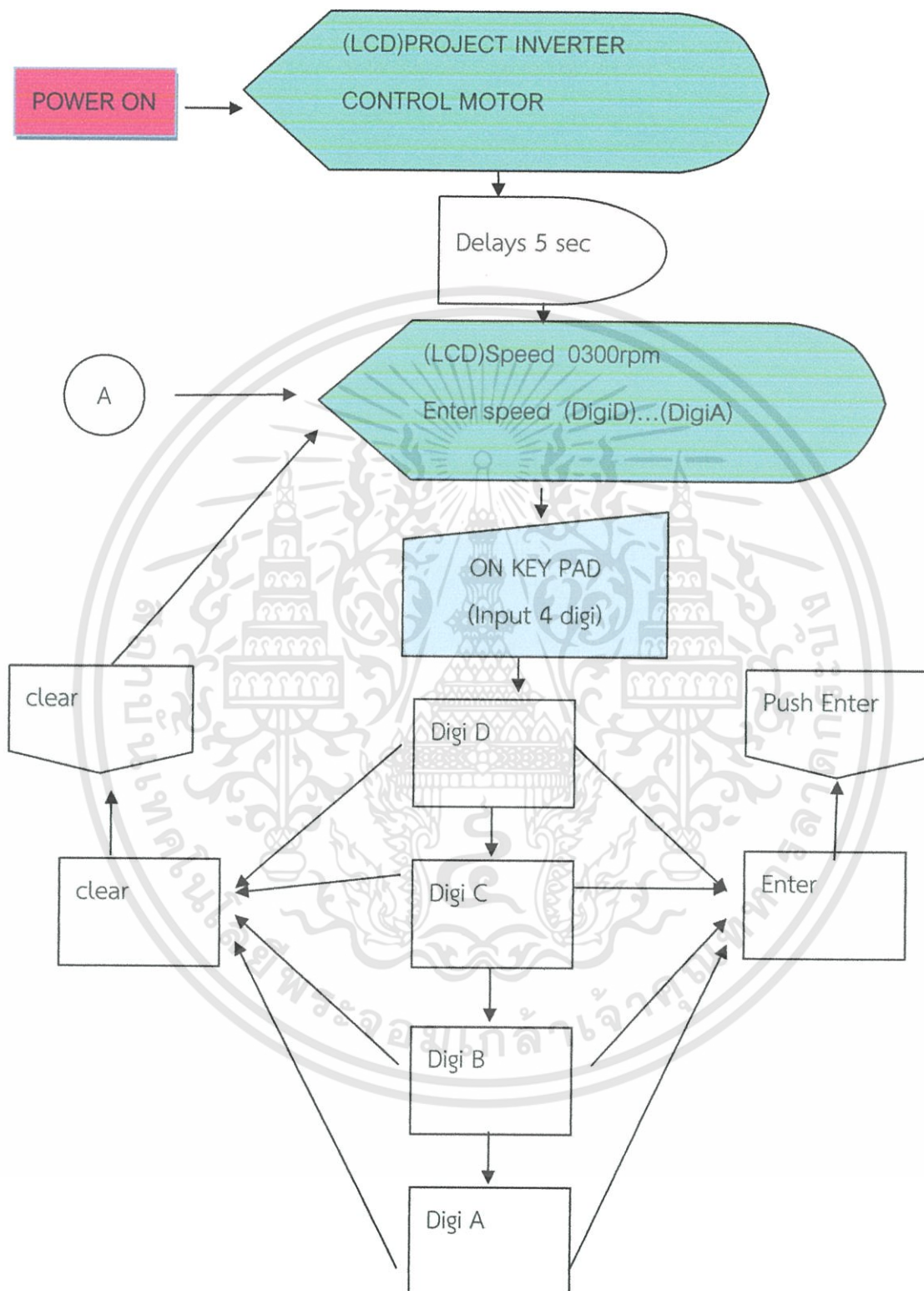


รูปที่ 3.5 วงจร Controller dsPIC30F2010 เชื่อมต่อกับ Gate drive, UART

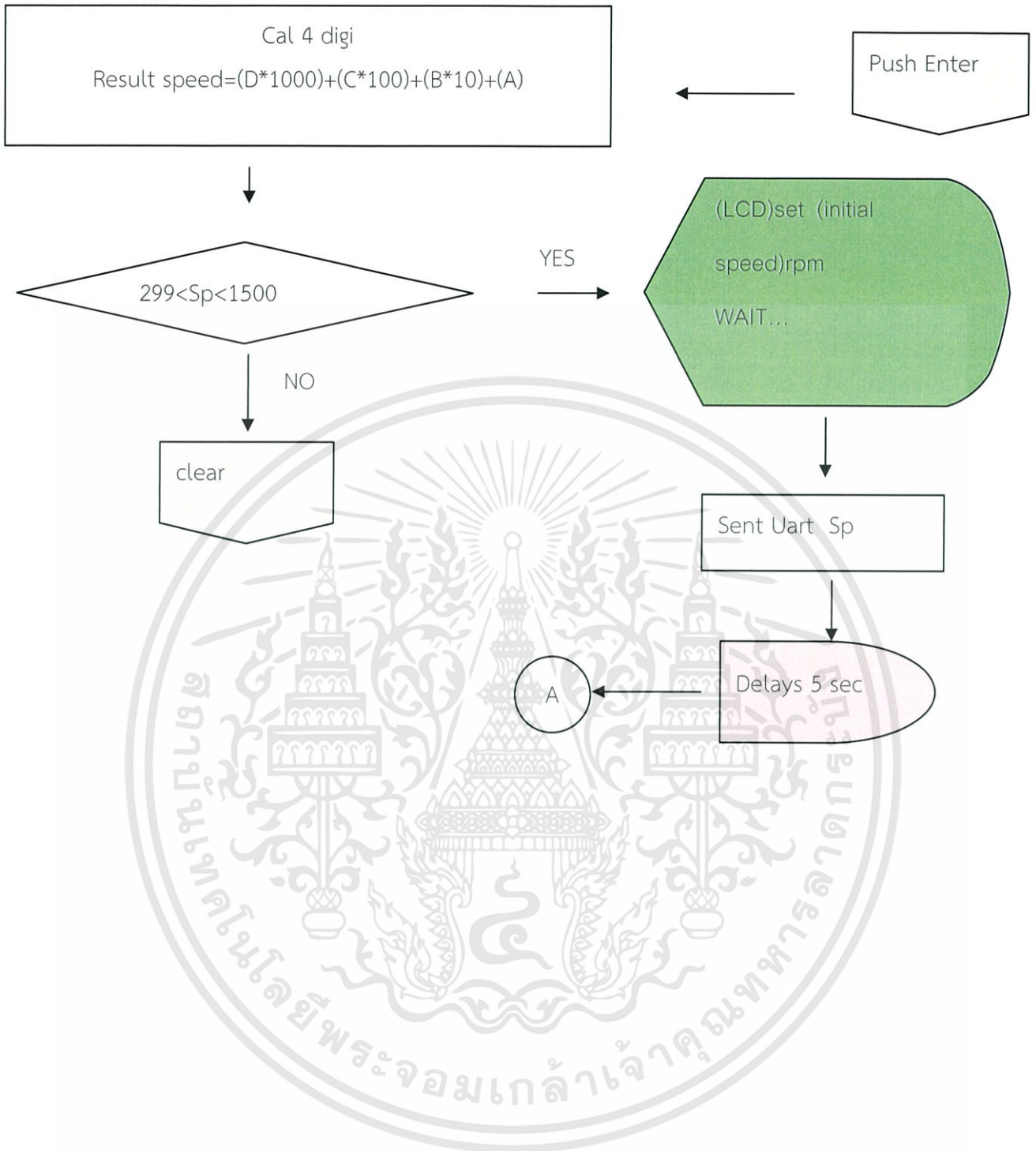
จากรูปที่ 3.5 Controller dsPIC30F2010 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. PWM จำนวน 6 จุด โดยไปเชื่อมต่อกับ Gate Drive แต่ละตัว
2. UART ต่อกับ PIC18F4520
3. LED แสดงสถานะ 2 หลอด

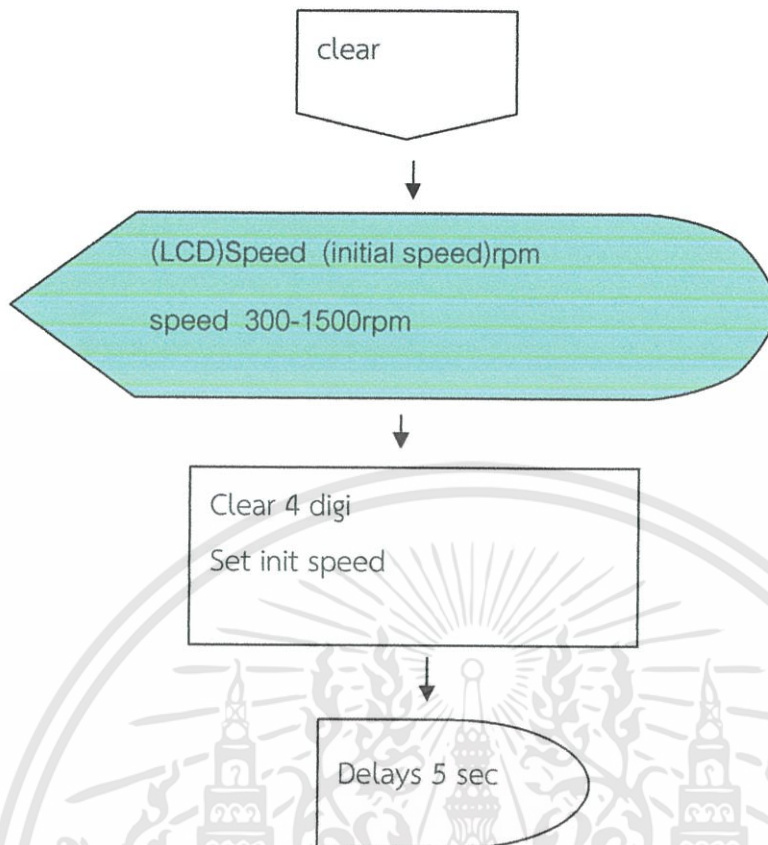
3.3 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของ Controller18F4520



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



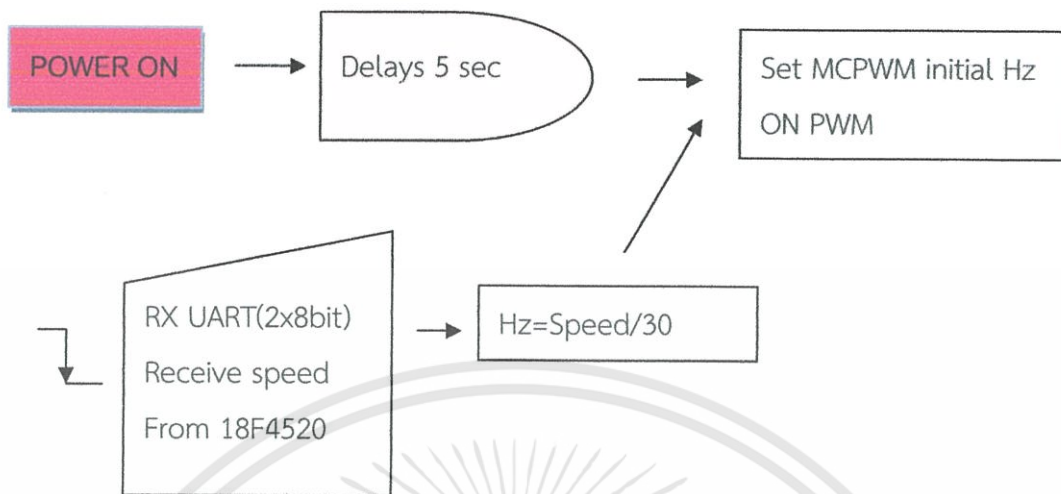
รูปที่ 3.6 Flow chart การทำงานของ PIC18F4520

จากรูปที่ 3.6 Controller18F4520 ใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งานโดยการตั้งค่าตัวแปรผ่านทางคีย์แพดเพื่อตั้งค่าความเร็วในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยแสดงผลของการตั้งค่าบนจอแอลซีดี ซึ่งค่าตัวแปรที่ทำการปรับตั้งค่าจะถูกส่งไปให้กับ dsPIC เพื่อใช้ในการคำนวณเพื่อสร้างสัญญาณ PWM โดยการติดต่อนั้นจะทำการสื่อสารแบบอนุกรมมีคุณสมบัติดังนี้ Band Rate = 9600 Bits/Sec, Data = 8 Bits, Stop Bit, Parity = none

3.4 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของ dsPIC30F2010

การทำงานของส่วน dsPIC จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณ PWM ตามคำสั่งที่รับมาจากส่วนของ Controller18F4520 ซึ่ง dsPIC ใช้เบอร์ 30F2010 ความถี่สัญญาณนาฬิกา 10 MHz dsPIC จะทำการสร้างสัญญาณจากความถี่ที่ได้รับมาจาก Controller18F4520 โดยสร้างสัญญาณจากโมดูล MCPWM สร้างสัญญาณ PWM ภายในตัว dsPIC โดยอาศัยการเกิดสัญญาณ Interrupt ของโมดูลเป็นตัวรับค่ามาคำนวณ duty cycle โดยการคำนวณค่า duty cycle จะนำค่าจากข้อมูลที่เก็บเป็นตาราง sin มาคำนวณ จากนั้นนำค่า duty cycle ที่คำนวณได้ไปใส่ใน Register PDC1-3 เพื่อนำค่าไปเปรียบเทียบกับฐานเวลาในโมดูลสร้างสัญญาณ PWM ที่นับค่าขึ้นลงอย่างต่อเนื่องในลักษณะสามเหลี่ยม โดยเมื่อค่าทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบมีค่าเท่ากันจะกำเนิดสัญญาณ SPWM ซึ่งเป็นสัญญาณ Sinosoidal ตามรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

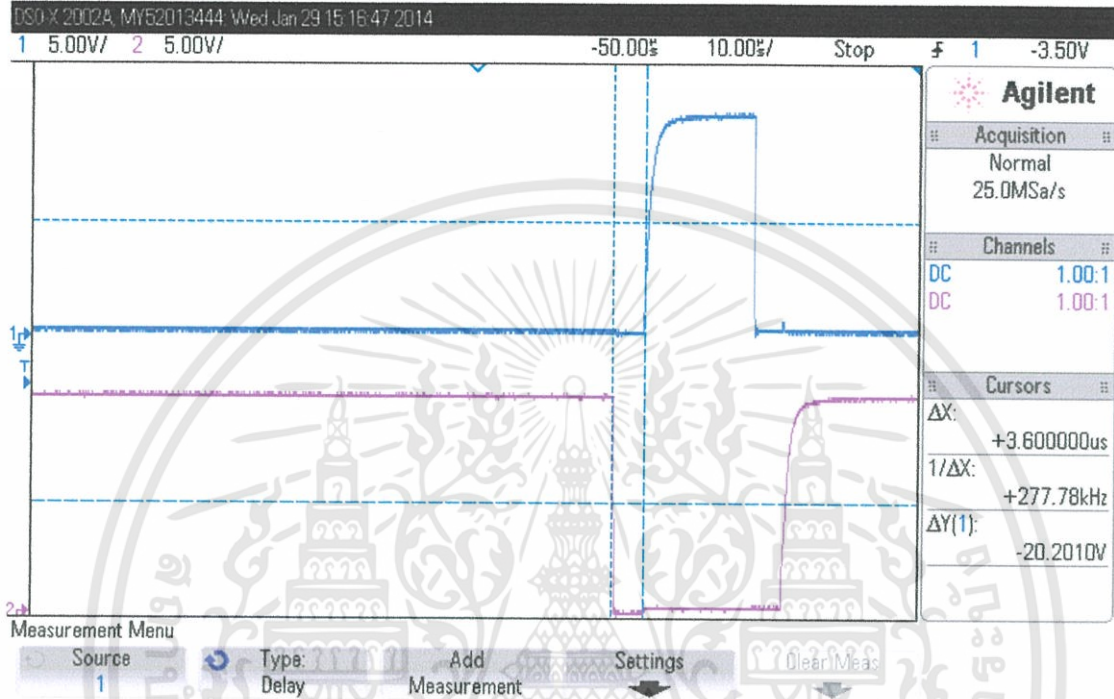


รูปที่ 3.7 Flow chart การทำงานของ dsPIC30F2010

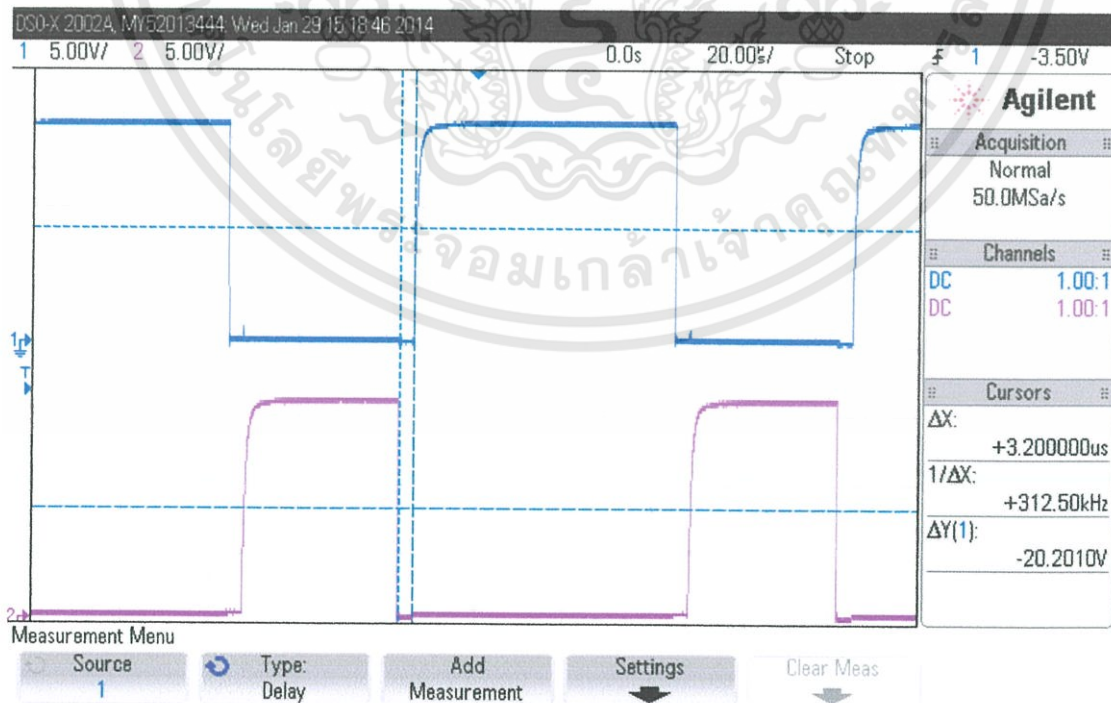
บทที่ 4

การทดสอบและการทำงานของวงภาคควบคุม Inverter

4.1 รูปสัญญาณหาค่า Dead time ที่ขา PWM1H กับ PWM1L วัตต์โดยผ่าน IGBT gate drive ต่อ RG50 ohm Diode UFS



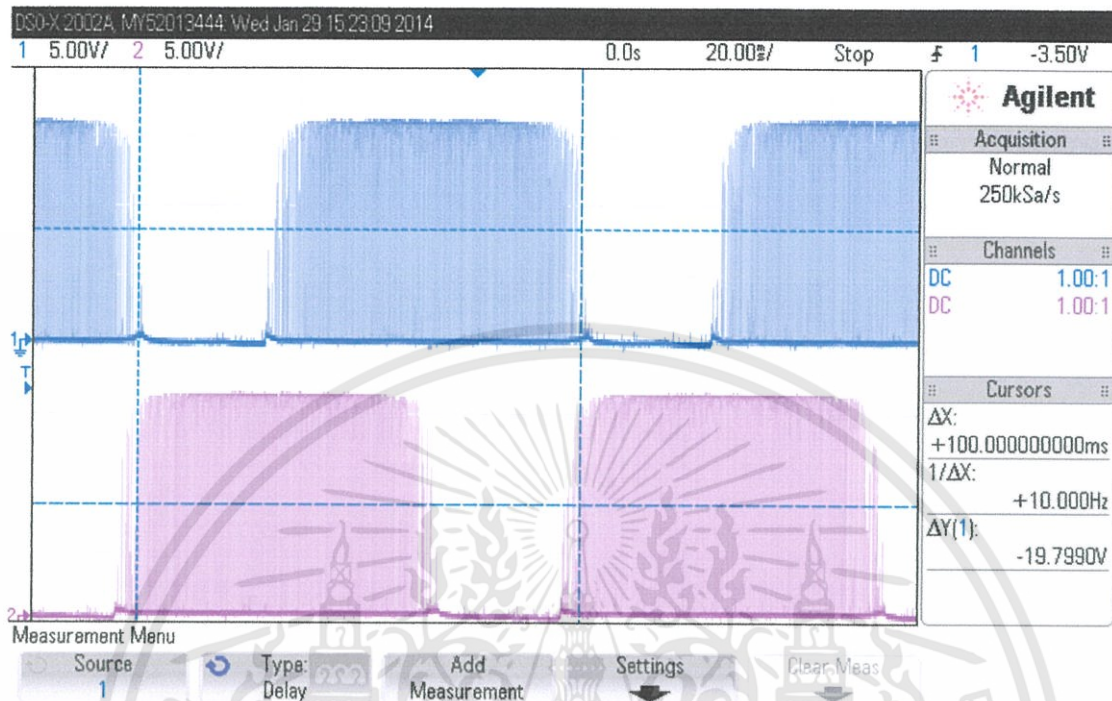
รูปที่ 4.1 Dead time ที่ 300 rpm



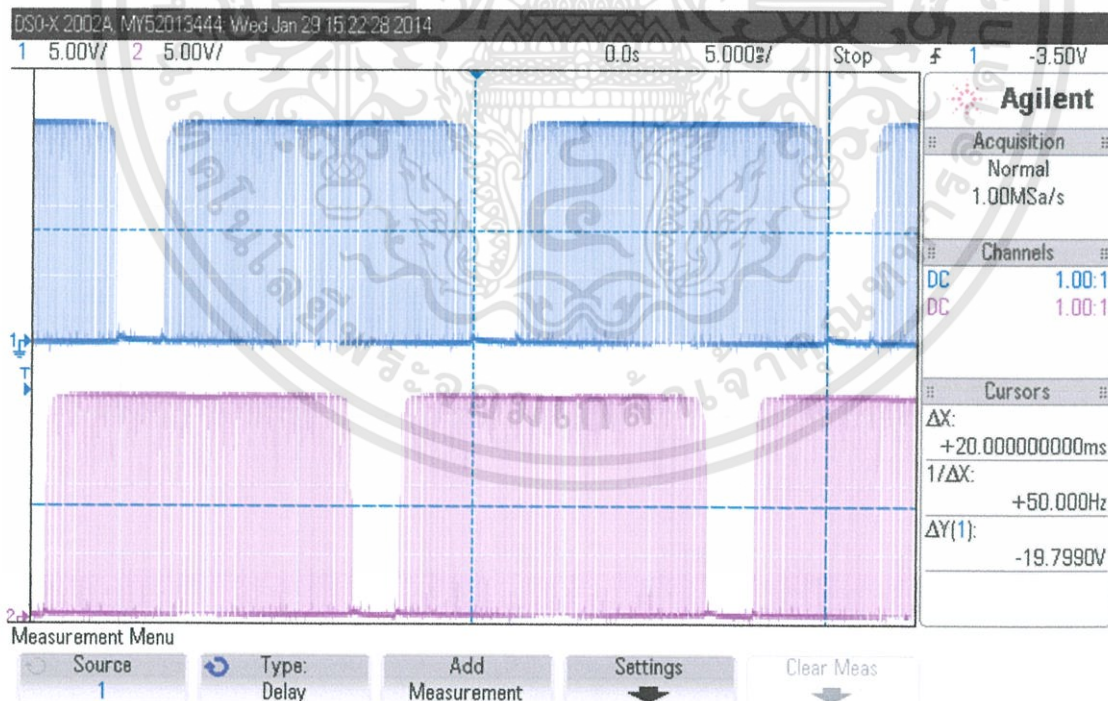
รูปที่ 4.2 Dead time ที่ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รูปขบวนสัญญาณความต่างเฟสที่ขา PWM1H กับ PWM2H วัดโดยผ่าน IGBT gate drive ไม่ผ่าน filter



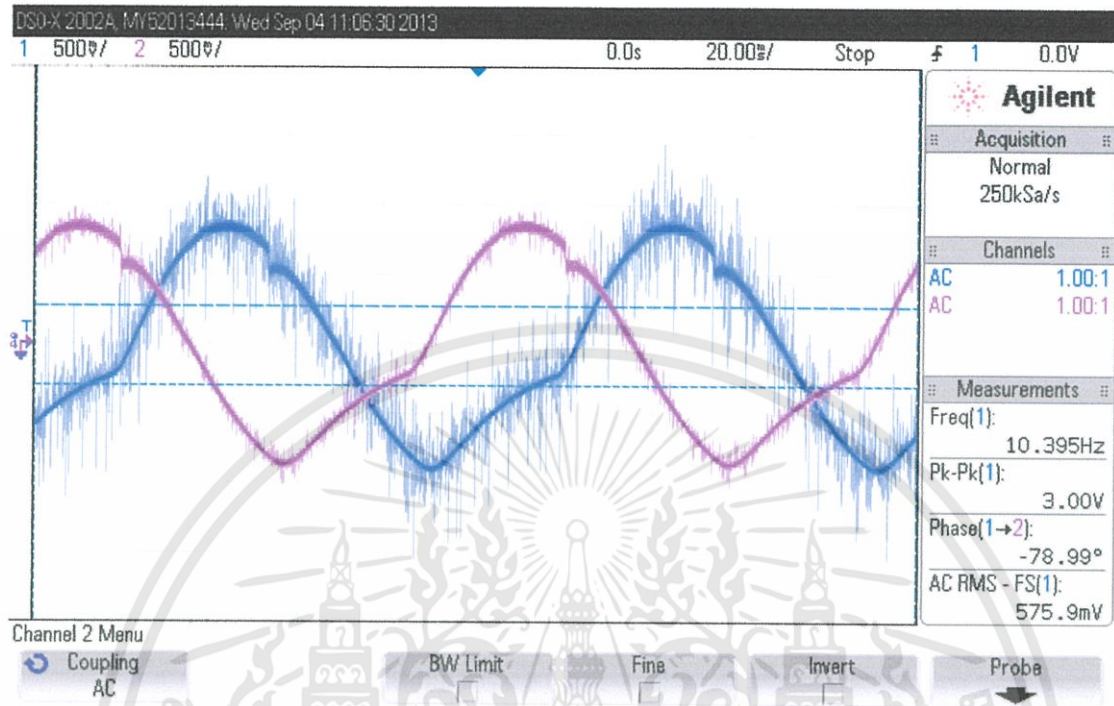
รูปที่ 4.3 ความต่างเฟส ที่ 300 rpm



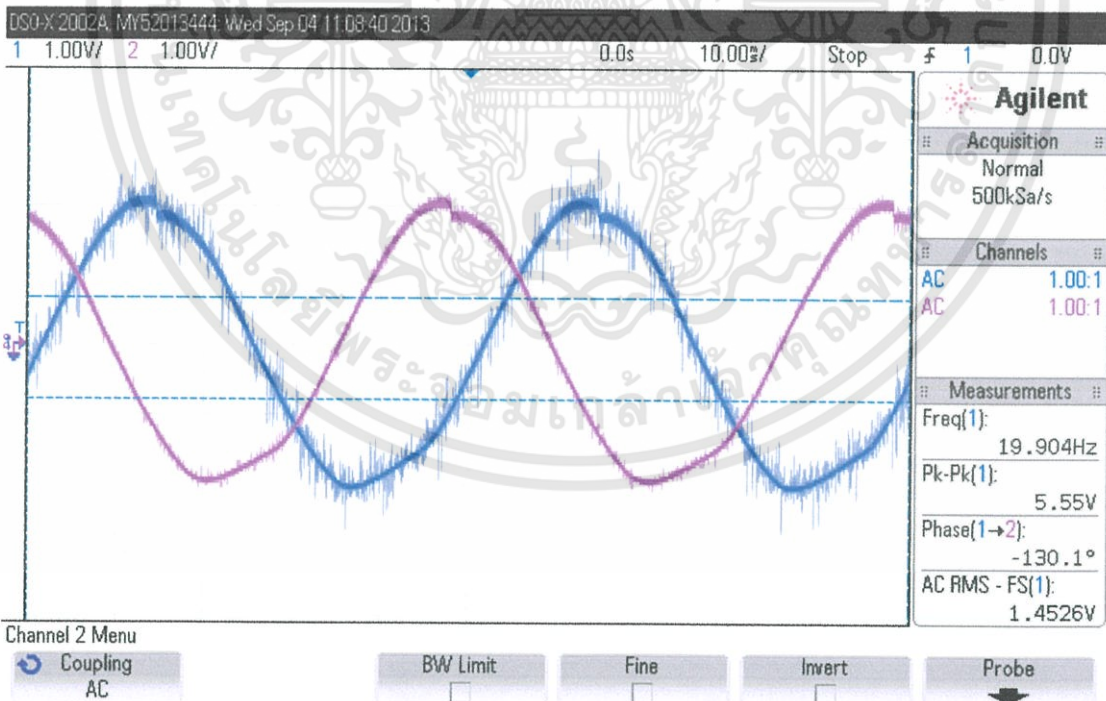
รูปที่ 4.4 ความต่างเฟส ที่ 1500 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รูปสัญญาณที่ขา PWM1H กับ PWM2H โดยวัดจาก IGBT gate drive ผ่าน low pass filter

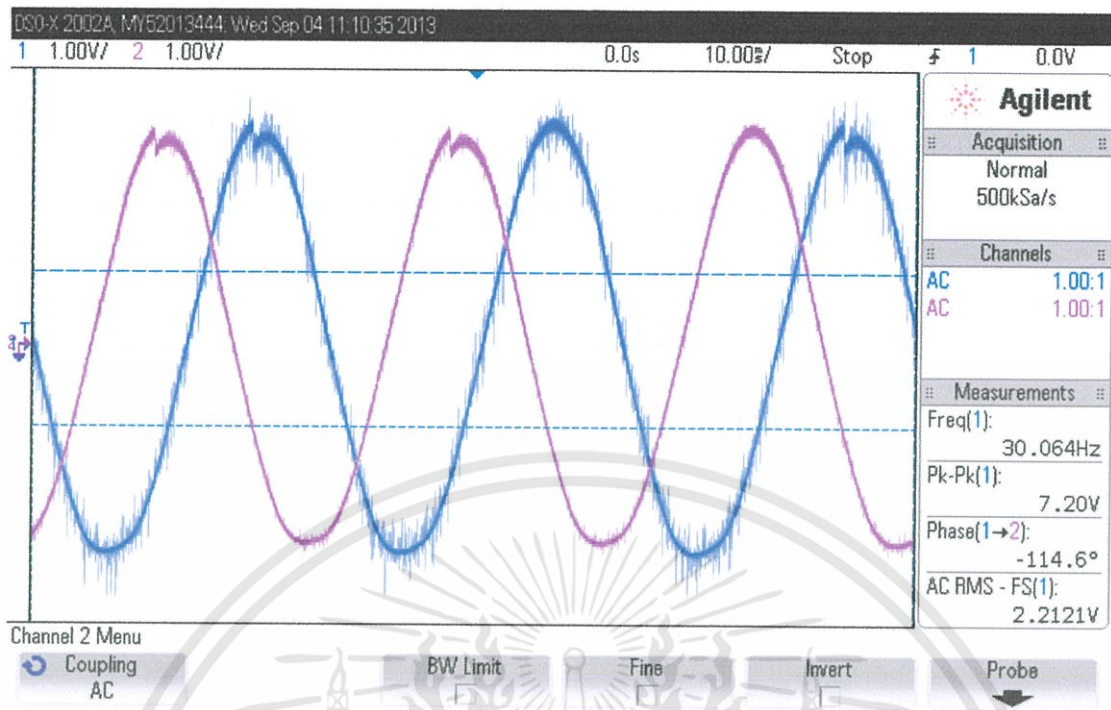


รูปที่ 4.5 สัญญาณ sine wave ที่ 300 rpm

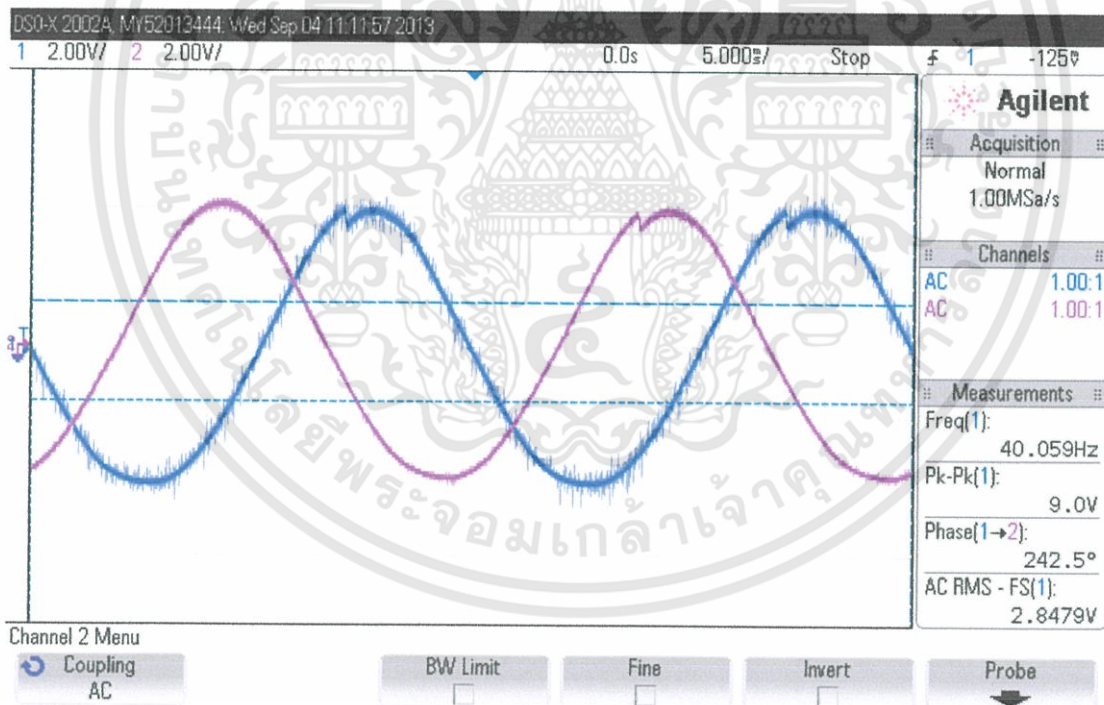


รูปที่ 4.6 สัญญาณ sine wave ที่ 600 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

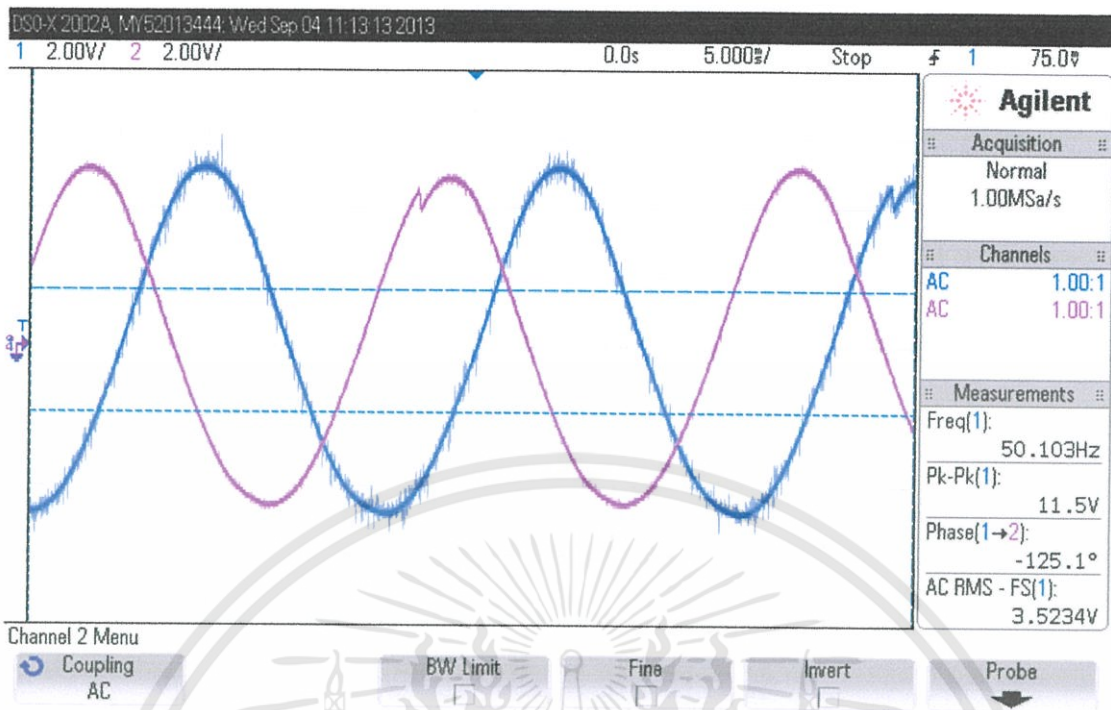


รูปที่ 4.7 สัญญาณ sine wave ที่ 900 rpm



รูปที่ 4.8 สัญญาณ sine wave ที่ 1200 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



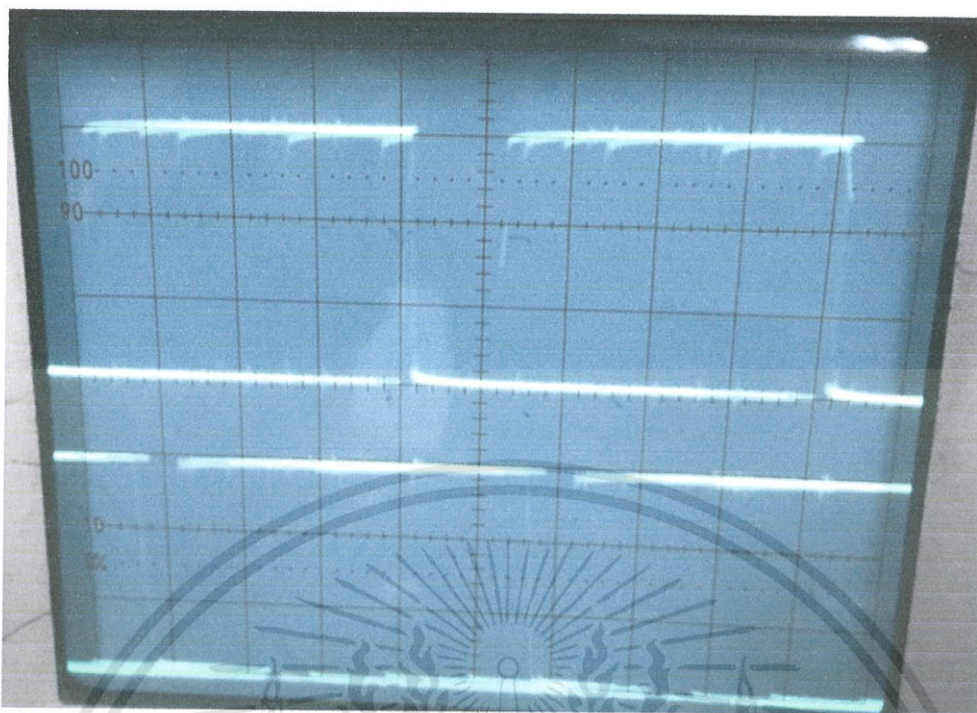
รูปที่ 4.9 สัญญาณ sine wave ที่ 1500 rpm

4.4 รูปสัญญาณ PWM วัดโดยใช้ Probe x100



รูปที่ 4.10 สัญญาณ PWM LINE U เทียบ LINE V ที่ 600 rpm oscilloscop 200v/div
50ms/div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

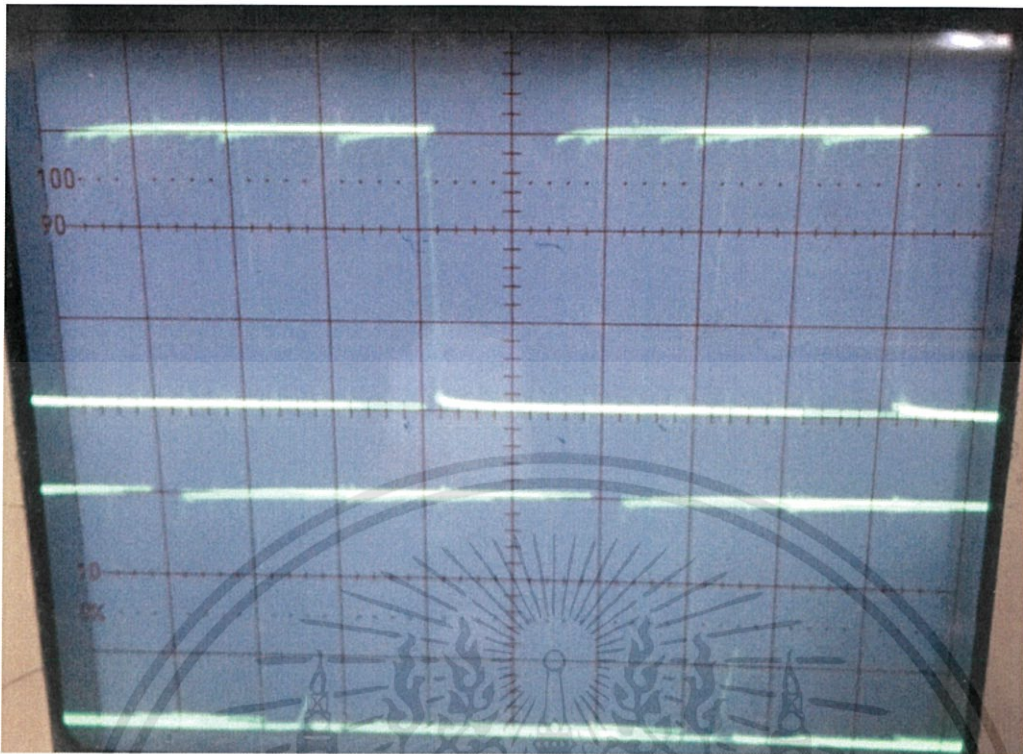


รูปที่ 4.11 สัญญาณ PWM LINE U เทียบ LINE V ที่ 1200 rpm oscilloscop 200v/div
50ms/div



รูปที่ 4.12 สัญญาณ PWM LINE V เทียบ LINE W ที่ 600 rpm oscilloscop 200v/div
50ms/div

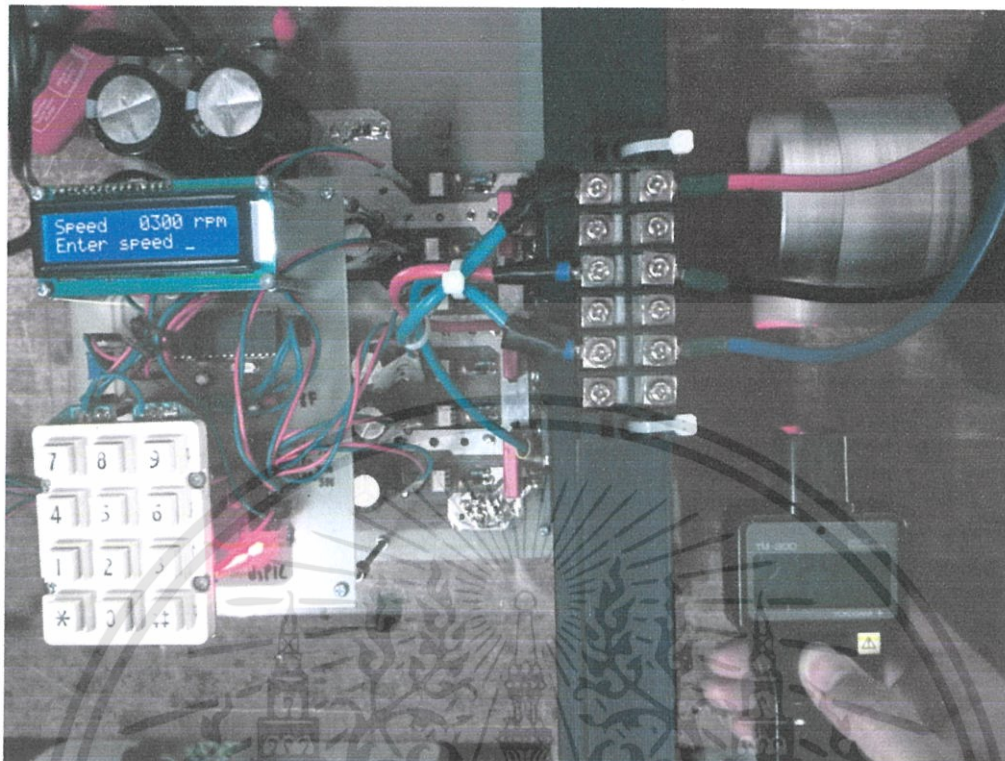
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



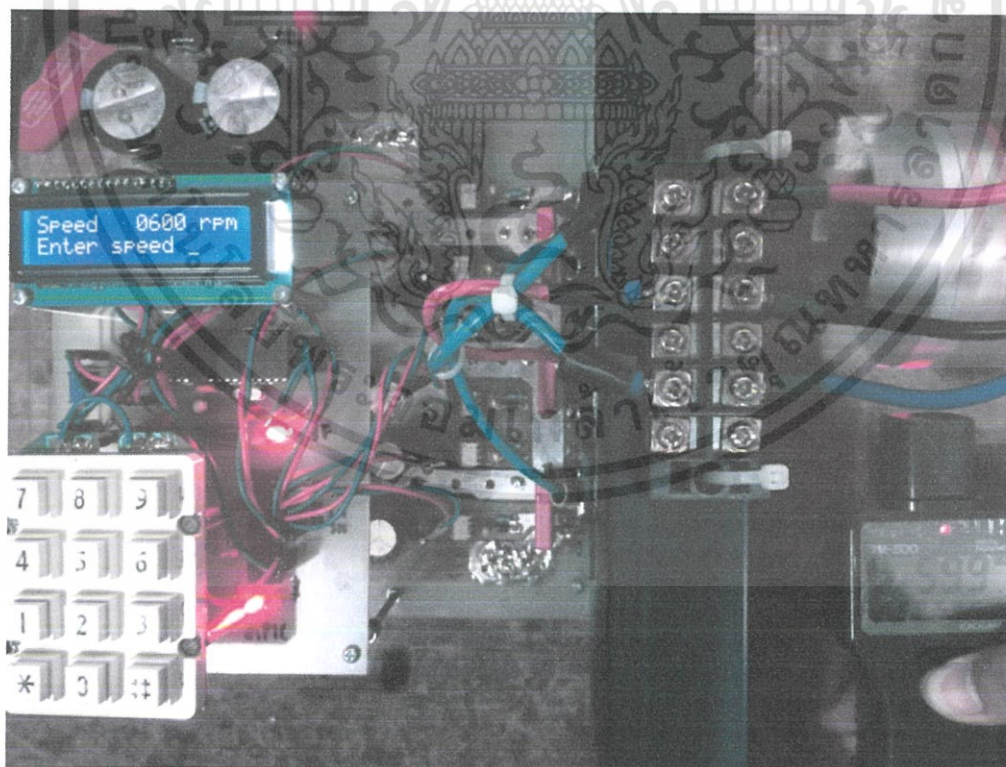
รูปที่ 4.13 สัญญาณ PWM LINE V เทียบ LINE W ที่ 1200 rpm oscilloscop 200v/div
50ms/div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวัดความเร็วรอบโดยใช้ Digital Tachometer รุ่น TM-300

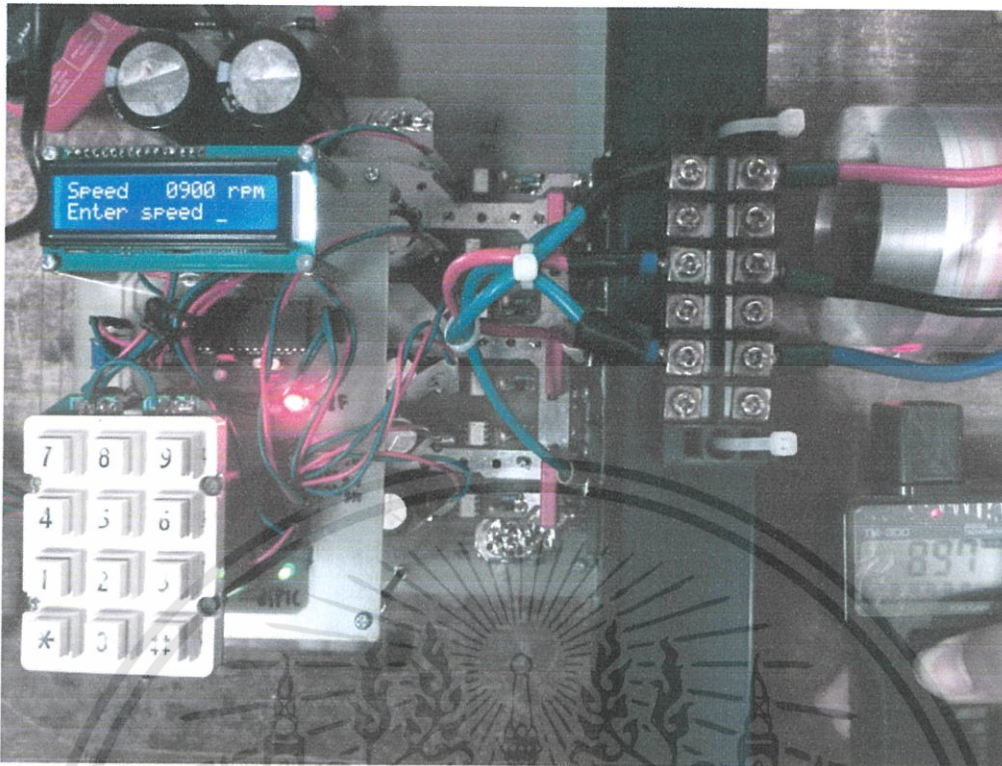


รูปที่ 4.15 วัดความเร็วรอบที่ 300rpm

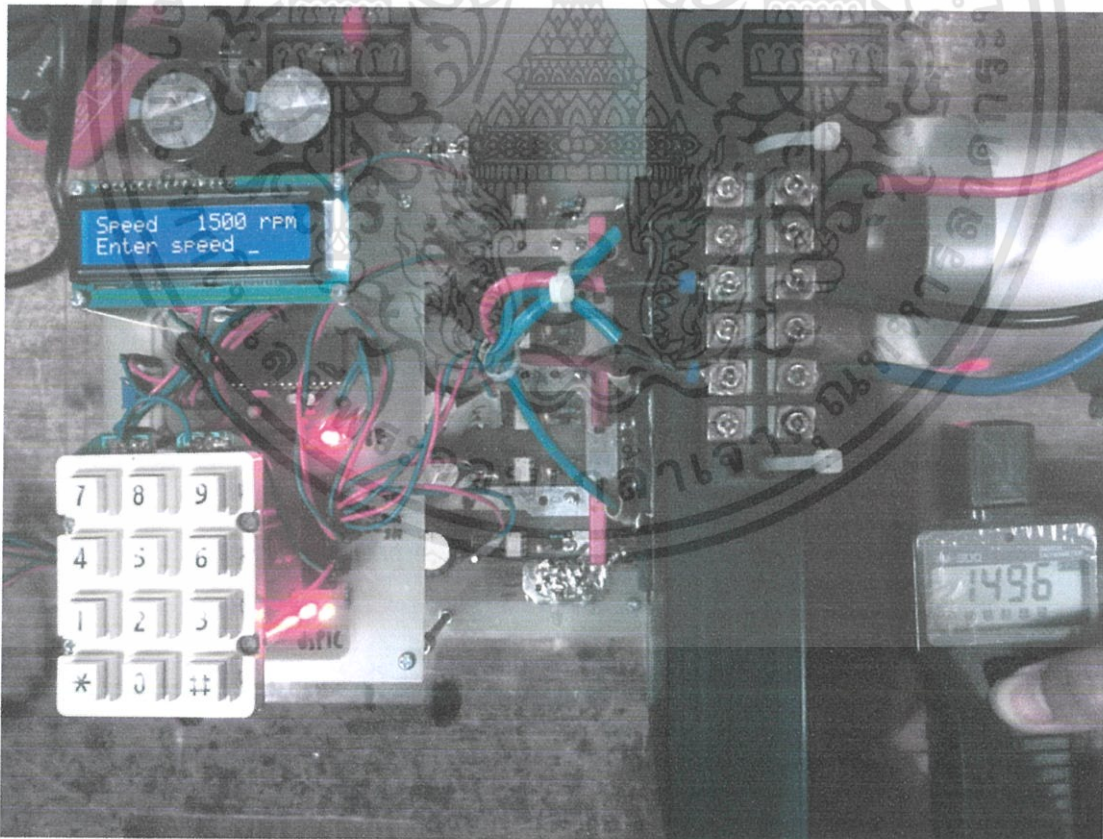


รูปที่ 4.16 วัดความเร็วรอบที่ 600rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 วัดความเร็วรอบที่ 900rpm



รูปที่ 4.18 วัดความเร็วรอบที่ 1500rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5.1 แสดงการเปรียบเทียบ ความเร็วรอบของโรเตอร์ กับ ความเร็วซิงโครนัส

การวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยที่มอเตอร์ไม่ได้ต่อโหลด และความเร็วรอบเริ่มที่ 300 รอบต่อนาที จนถึง 1500 รอบต่อนาที โดยเพิ่มทีละ 100 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของโรเตอร์(Nr) วัดโดยใช้ Digital Tachometer
ความเร็วซิงโครนัส(Ns) คัดจากสูตร ความเร็วรอบ=120xความถี่/โพล

Ns (rpm)	Nr (rpm)	เปอร์เซ็นต์ลื่นของมอเตอร์ % S= [(Ns-Nr)/Ns]x100
300	297	1.00
400	389	2.75
500	476	4.80
600	599	0.17
700	686	2.00
800	778	2.75
900	897	0.33
1000	989	1.10
1100	1075	2.27
1200	1199	0.08
1300	1286	1.08
1400	1377	1.64
1500	1496	0.27

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โครงการนี้ทำการสร้างอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับสามเฟสโดยอาศัยหลักการ V/F คงที่ โดยสร้างจากเทคนิค SINEPWM (Sine Wave Pulse Width Modulation) ใช้ dsPIC30F2010 เป็นตัวสร้างสัญญาณ โดยได้มีการทดสอบสัญญาณ Volt กับ ความถี่ จะสังเกตได้ว่า เมื่อเพิ่มความเร็วการหมุนของมอเตอร์ จาก 300 รอบต่อนาที ถึง 1500 รอบต่อนาที Voltage และ ความถี่ จะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ จึงสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มความเร็วการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ Voltage และ ความถี่เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อตรวจสอบ Death Time จะเห็นได้ว่า ทุกๆความเร็วของมอเตอร์ Dead Time จะอยู่ที่ 3.2 us และเมื่อทำการทดสอบความต่างเฟสแบบไม่ผ่าน Filter จะพบว่าทุกๆอัตราความเร็วของมอเตอร์ความต่างเฟสจะอยู่ที่ 120° ทุกๆความเร็วของมอเตอร์ จากรูปสัญญาณที่ ผ่าน Filter จะได้ Sine wave ที่มีรอยหยัก แต่เมื่อนำไปขับมอเตอร์ มอเตอร์รับสัญญาณพัลส์ได้

เมื่อนำวงจรที่สมบูรณ์แล้วมาต่อกับมอเตอร์ วัดสัญญาณ PWM ดังรูปที่ 4.10-4.13 หลังจากนั้นเปลี่ยนความเร็วรอบและใช้ Digital Tachometer วัดความเร็วรอบมอเตอร์ (Nr) เปรียบเทียบกับความเร็วที่คำนวณ (Ns) ได้ตามตารางที่ 4.5.1 เปอร์เซ็นต์สลิปของมอเตอร์ไม่เกิน 5 %

การพัฒนาในการนำไปใช้งานสามารถนำไปใช้ในระบบปรับอากาศโดยสามารถปรับความเร็วของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งการนำอินเวอร์เตอร์มาใช้งานในระบบของเครื่องปรับอากาศ จะสามารถช่วยให้ประหยัดค่ากระแสไฟฟ้า เนื่องจากปกติแล้วมอเตอร์ของเครื่องปรับอากาศจะทำงานแบบ หยุดกับทำงานเต็มพิกัด ซึ่งการทำงานแบบนี้จะทำให้กินกระแสสตาร์ทสูง แต่การนำอินเวอร์เตอร์มาประยุกต์ใช้จะทำให้ปรับรอบมอเตอร์ได้ อัตราการกินกระแสคงที่กว่า

เอกสารอ้างอิง


- [1] สันติ นุราช, อุกฤษฏ์ ตันทสุทธานนท์, “เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับภาษา C” .MRT
- [2] ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง, “PIC Microcontroller in C” .สมาร์ทเลิร์นนิ่ง
- [3] ประจัน พลังสันติกุลม, “การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F ด้วยคอมไพเลอร์ MPLAB C” .APPSOFTTECH
- [4] ประจัน พลังสันติกุลม, “การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F ด้วยคอมไพเลอร์ MPLAB C18” .APPSOFTTECH
- [5] Daniel W.Hart, “POWER Electronics” .McGraw-Hill
- [6] Gary J.Bronson, “C++ Programming Principles and Practices for Scientists and Engineers” .CENGAGE Learning
- [7] Jorge Zambada, “GS004 Driving an ACIM with the dsPIC DSC MCPWM Module” ,Microchip
- [8] Steve Bowling, “AN984 An Introduction to AC Induction Motor Control Using the dsPIC30F MCU” ,Microchip

ภาคผนวก

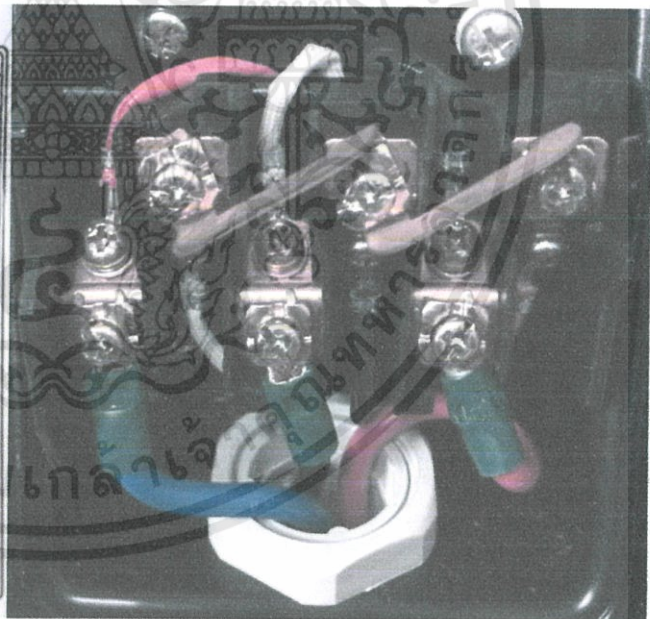
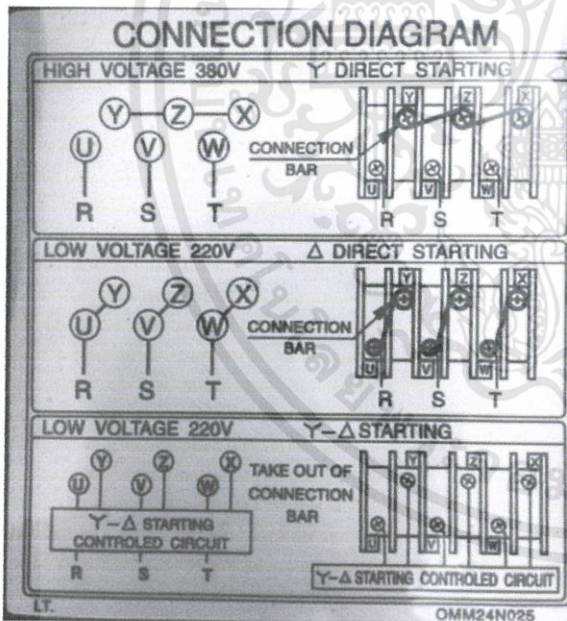


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAMEPLATE MOTOR

SUPER LINE						
THREE PHASE INDUCTION MOTOR						
Power (kW)	0.75		4 POLE	TYPE	SF-JR	
Hz	50	60			IP 55	
V	220	380	415	220	440	FRAME 80M
A	3.3	1.9	1.95	3.0	1.7	RATING CONT
r/min	1400	1400	1410	1700	1720	INS CLASS F
cos ϕ	0.80	0.80	0.74	0.85	0.78	AMB TEMP 40 °C
STD	IEC 34-1		JIS C 4004		MASS 11 kg/unit	
BEARING	6204ZZ		6303ZZ		SERIAL 405	
Licensed by  MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION						
ORIENTAL ELECTRIC INDUSTRIES CO., LTD. OMM24N118						

การต่อขั้วของมอเตอร์

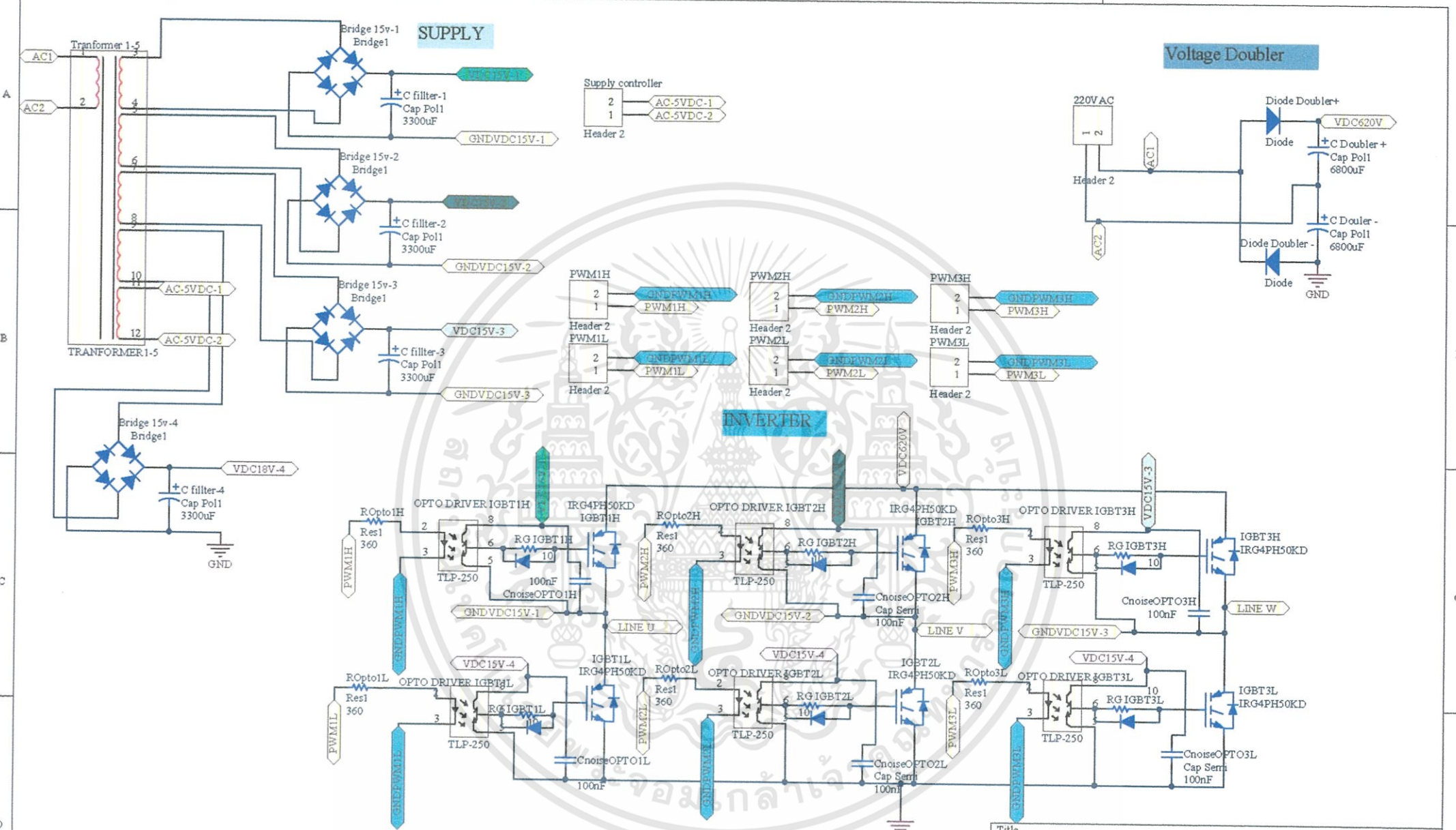


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TACHOMETER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title			INVERTER CONTROL SPEED OF AC INDUCTION MOTOR 3 PHASE		
Size	Number	Revision		4.2	
Date	9/9/2013	Sheet of			
File	C:\Users\Asch\inverter02.SchDoc	Drawn By		WEERAAT THABLOGA	

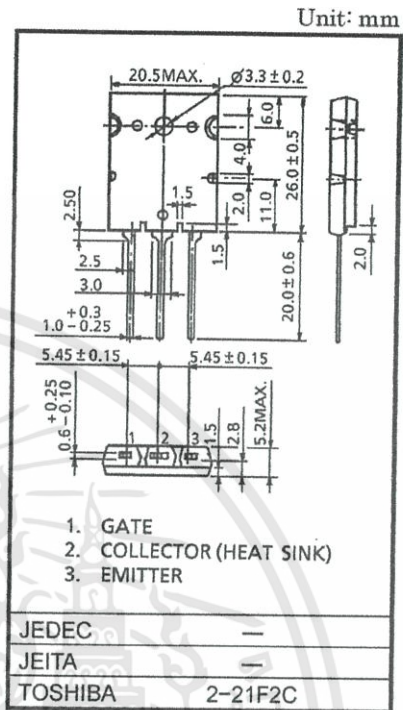
GT60M303

HIGH POWER SWITCHING APPLICATIONS

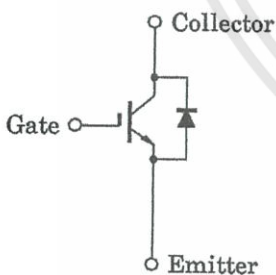
- Fourth generation IGBT
- FRD included between emitter and collector
- Enhancement mode type
- High speed IGBT : $t_f = 0.25\mu s$ (TYP.)
FRD : $t_{rr} = 0.7\mu s$ (TYP.)
- Low saturation voltage : $V_{CE(sat)} = 2.1V$ (TYP.)

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

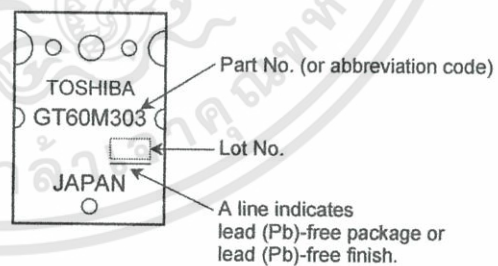
CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Emitter Voltage	V_{CES}	900	V
Gate-Emitter Voltage	V_{GES}	±25	V
Collector Current	DC	I_C	60
	1ms	I_{CP}	120
Emitter-Collector Forward Current	DC	I_{ECF}	15
	1ms	I_{ECFP}	120
Collector Power Dissipation (Tc = 25°C)	P_C	170	W
Junction Temperature	T_j	150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55~150	°C
Screw Torque	—	0.8	N·m



EQUIVALENT CIRCUIT



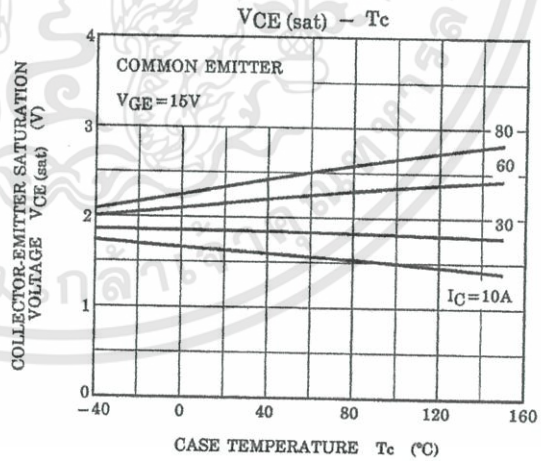
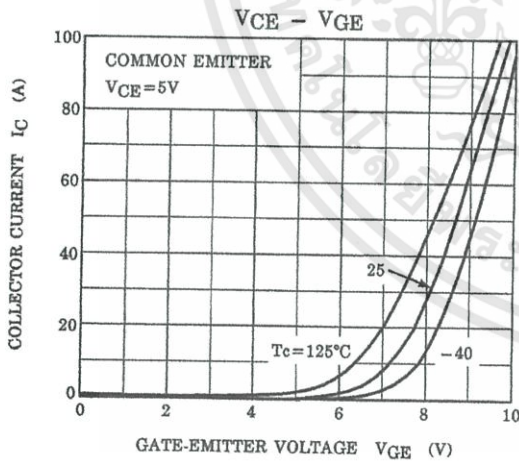
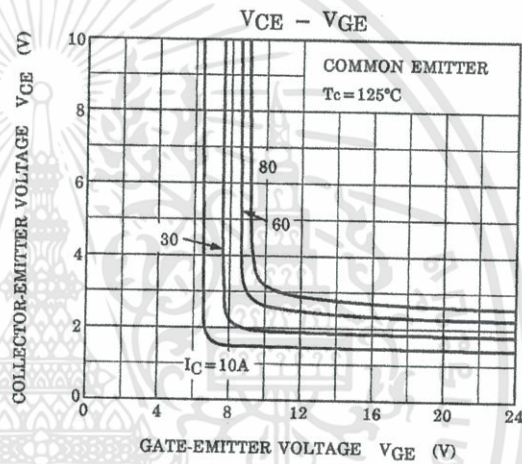
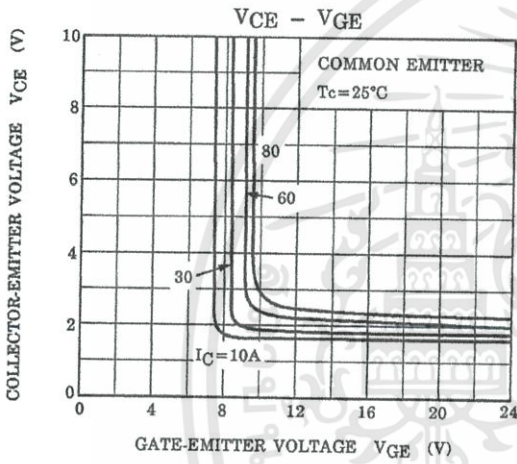
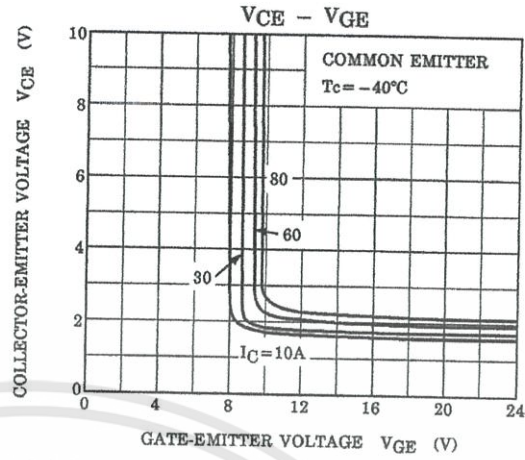
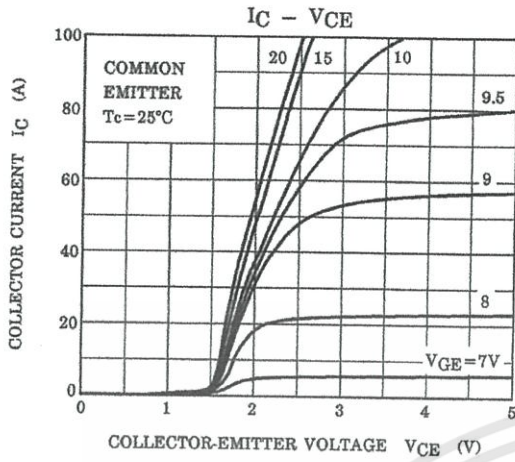
MARKING

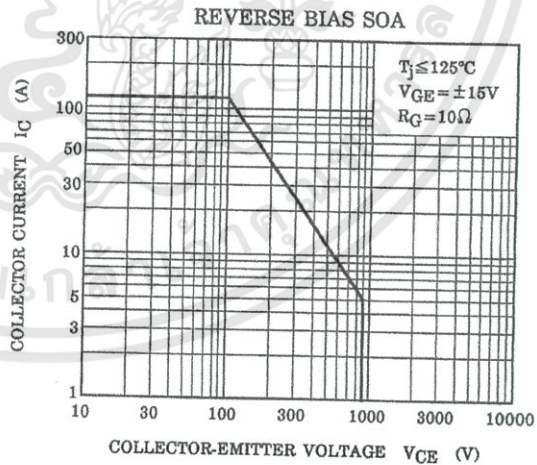
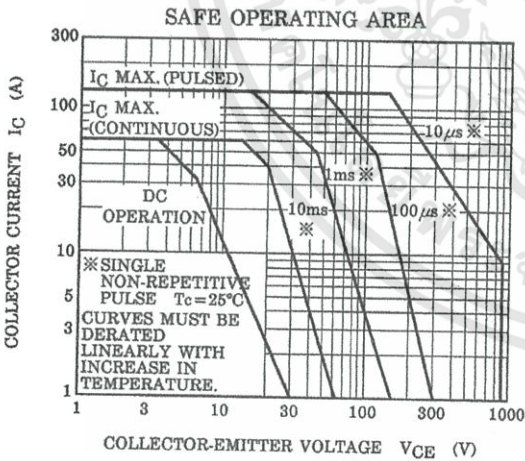
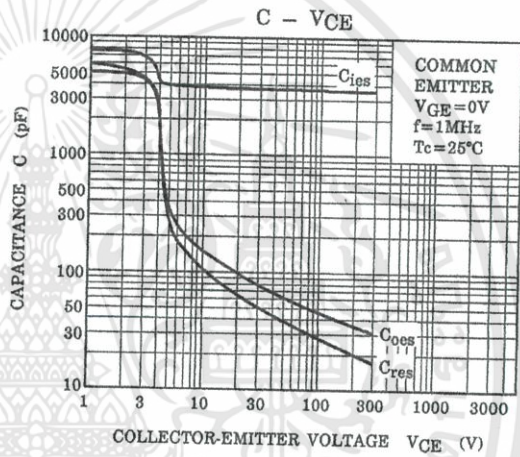
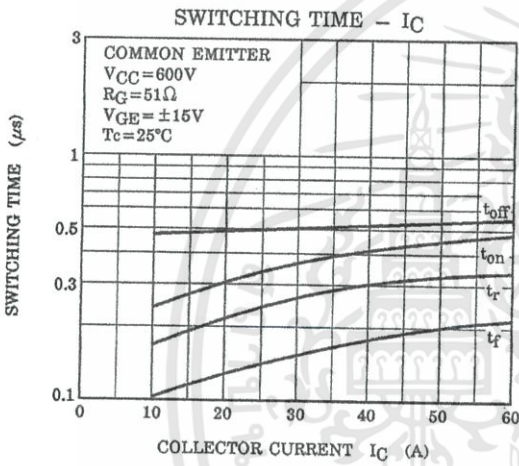
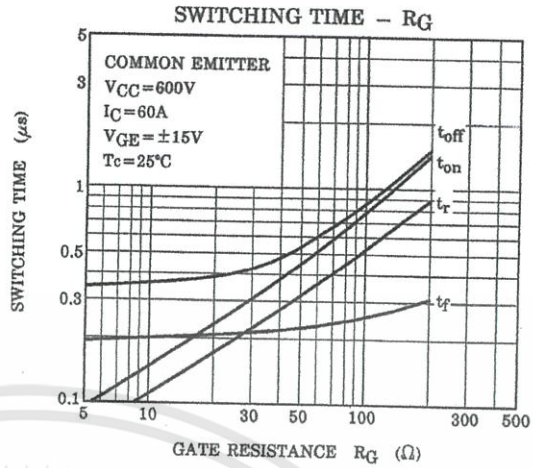
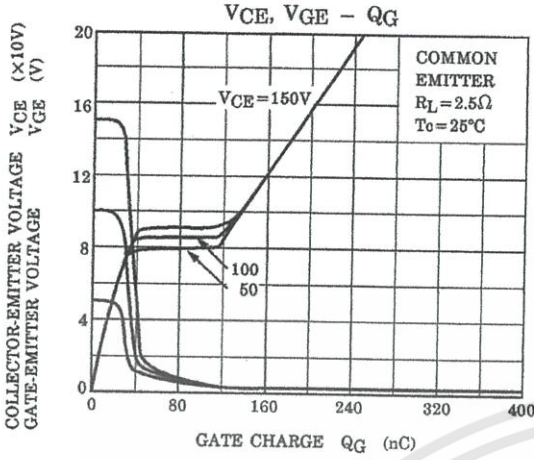


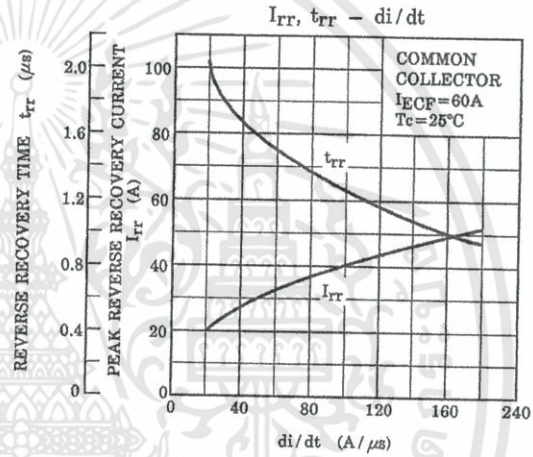
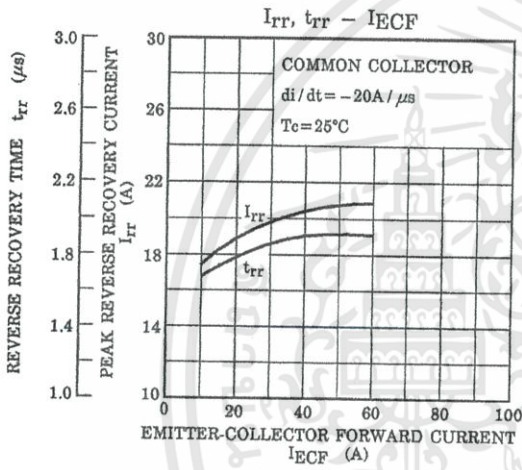
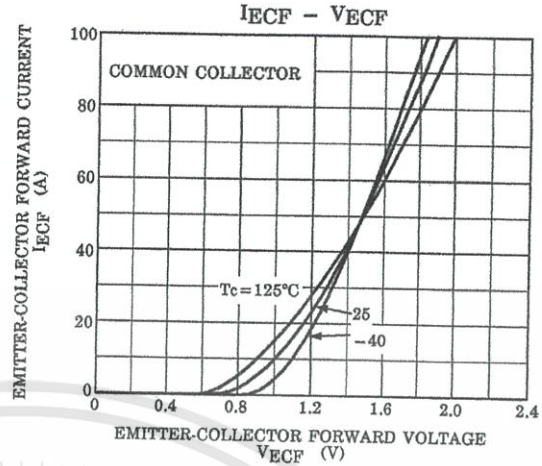
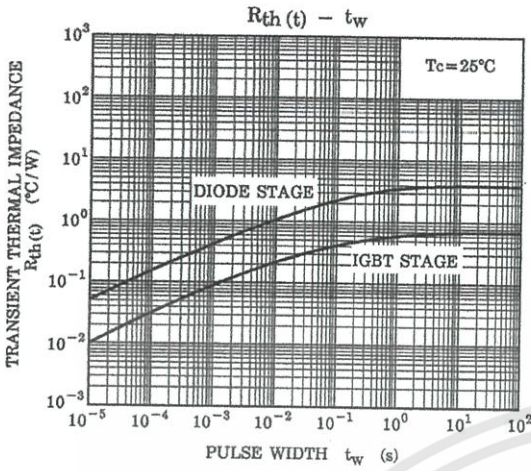
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT
Gate Leakage Current		I_{GES}	$V_{GE} = \pm 25V, V_{CE} = 0$	—	—	± 500	nA
Collector Cut-off Current		I_{CES}	$V_{CE} = 900V, V_{GE} = 0$	—	—	1.0	mA
Gate-Emitter Cut-off Voltage		$V_{GE(OFF)}$	$I_C = 60mA, V_{CE} = 5V$	3.0	—	6.0	V
Collector-Emitter Saturation Voltage		$V_{CE(sat)}(1)$	$I_C = 10A, V_{GE} = 15V$	—	1.6	2.2	V
Collector-Emitter Saturation Voltage		$V_{CE(sat)}(2)$	$I_C = 60A, V_{GE} = 15V$	—	2.1	2.7	V
Input Capacitance		C_{ies}	$V_{CE} = 10V, V_{GE} = 0, f = 1MHz$	—	3800	—	pF
Switching Time	Rise Time	t_r		—	0.35	0.60	μs
	Turn-On Time	t_{on}		—	0.46	0.75	
	Fall Time	t_f		—	0.25	0.40	
	Turn-Off Time	t_{off}		—	0.60	0.70	
Emitter-Collector Forward Voltage		V_{ECF}	$I_{EC} = 15A, V_{GE} = 0$	—	1.5	2.0	V
Reverse Recovery Time		t_{rr}	$I_F = 15A, V_{GE} = 0$ $di/dt = -20A/\mu s$	—	0.7	2.5	μs
Thermal Resistance		$R_{th(j-c)}$	IGBT	—	—	0.74	°C/W
Thermal Resistance		$R_{th(j-c)}$	Diode	—	—	4.0	°C/W









RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

030619EAA

- The information contained herein is subject to change without notice.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of TOSHIBA or others.
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc..
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- TOSHIBA products should not be embedded to the downstream products which are prohibited to be produced and sold, under any law and regulations.

TLP250

Transistor Inverter

Inverter For Air Conditionor

IGBT Gate Drive

Power MOS FET Gate Drive

The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and a integrated photodetector.

This unit is 8-lead DIP package.

TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

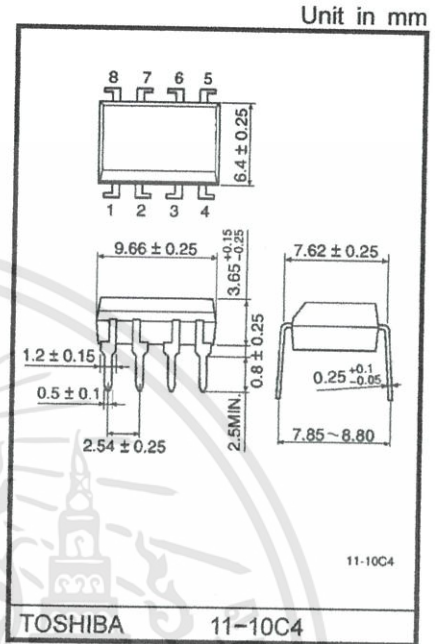
- Input threshold current: $I_F=5\text{mA}(\text{max.})$
- Supply current (I_{CC}): $11\text{mA}(\text{max.})$
- Supply voltage (V_{CC}): $10\text{--}35\text{V}$
- Output current (I_O): $\pm 1.5\text{A}(\text{max.})$
- Switching time (t_{pLH}/t_{pHL}): $1.5\mu\text{s}(\text{max.})$
- Isolation voltage: $2500V_{\text{rms}}(\text{min.})$
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- Option(D4)

VDE Approved : DIN EN60747-5-2

Maximum Operating Insulation Voltage : $890V_{\text{PK}}$

Highest Permissible Over Voltage : $4000V_{\text{PK}}$

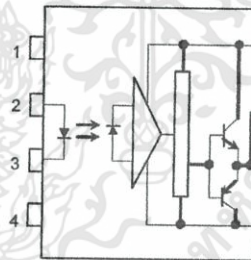
(Note):When a EN60747-5-2 approved type is needed,
Please designate "Option(D4)"



TOSHIBA 11-10C4

Weight: 0.54 g(Typ.)

Pin Configuration (top view)

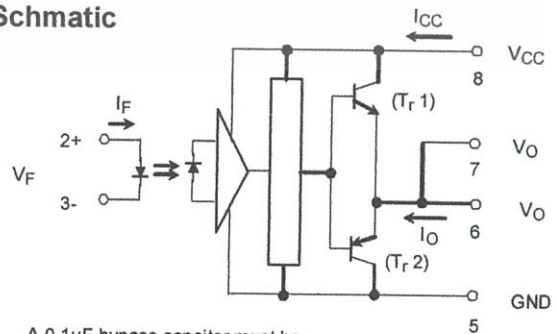


- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 : V_O (Output)
- 7 : V_O
- 8 : V_{CC}

Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

Schematic



A 0.1 μF bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).

Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristic		Symbol	Rating	Unit	
LED	Forward current	I _F	20	mA	
	Forward current derating (Ta ≥ 70°C)	ΔI _F / ΔTa	-0.36	mA / °C	
	Peak transient forward current (Note 1)	I _{FPT}	1	A	
	Reverse voltage	V _R	5	V	
	Junction temperature	T _J	125	°C	
Detector	"H" peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	I _{OPH}	-1.5	A	
	"L" peak output current (P _W ≤ 2.5μs, f ≤ 15kHz) (Note 2)	I _{OPL}	+1.5	A	
	Output voltage	V _O	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Supply voltage	V _{CC}	(Ta ≤ 70°C)	35	V
			(Ta = 85°C)	24	
	Output voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔV _O / ΔTa	-0.73	V / °C	
	Supply voltage derating (Ta ≥ 70°C)	ΔV _{CC} / ΔTa	-0.73	V / °C	
	Junction temperature	T _J	125	°C	
	Operating frequency (Note 3)	f	25	kHz	
Operating temperature range	T _{opr}	-20~85	°C		
Storage temperature range	T _{stg}	-55~125	°C		
Lead soldering temperature (10 s)	T _{sol}	260	°C		
Isolation voltage (AC, 1 min., R.H. ≤ 60%) (Note 4)	BV _S	2500	V _{rms}		

Note 1: Pulse width P_W ≤ 1μs, 300pps

Note 2: Exponential waveform

Note 3: Exponential waveform, I_{OPH} ≤ -1.0A (≤ 2.5μs), I_{OPL} ≤ +1.0A (≤ 2.5μs)

Note 4: Device considered a two terminal device: Pins 1, 2, 3 and 4 shorted together, and pins 5, 6, 7 and 8 shorted together.

Note 5: A ceramic capacitor(0.1μF) should be connected from pin 8 to pin 5 to stabilize the operation of the high gain linear amplifier. Failure to provide the bypassing may impair the switching property. The total lead length between capacitor and coupler should not exceed 1cm.

Recommended Operating Conditions

Characteristic	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Input current, on (Note6)	I _{F(ON)}	7	8	10	mA
Input voltage, off	V _{F(OFF)}	0	—	0.8	V
Supply voltage	V _{CC}	15	—	30 20	V
Peak output current	I _{OPH} /I _{OPL}	—	—	±0.5	A
Operating temperature	T _{opr}	-20	25	70 85	°C

Note 6: Input signal rise time(fall time)<0.5μs.

Electrical Characteristics (Ta = -20~70°C, unless otherwise specified)

Characteristic		Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.*	Max	Unit
Input forward voltage		V _F	—	I _F = 10 mA, Ta = 25°C	—	1.6	1.8	V
Temperature coefficient of forward voltage		ΔV _F / ΔTa	—	I _F = 10 mA	—	-2.0	—	mV / °C
Input reverse current		I _R	—	V _R = 5V, Ta = 25°C	—	—	10	μA
Input capacitance		C _T	—	V = 0, f = 1MHz, Ta = 25°C	—	45	250	pF
Output current	"H" level	I _{OPH}	1	V _{CC} = 30V (*1) I _F = 10 mA V ₈₋₆ = 4V	-0.5	-1.5	—	A
	"L" level	I _{OPL}	2		I _F = 0 V ₆₋₅ = 2.5V	0.5	2	
Output voltage	"H" level	V _{OH}	3	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, I _F = 5mA	11	12.8	—	V
	"L" level	V _{OL}	4	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _F = 0.8V	—	-14.2	-12.5	
Supply current	"H" level	I _{CCH}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 10mA Ta = 25°C	—	7	—	mA
				V _{CC} = 30V, I _F = 10mA	—	—	11	
	"L" level	I _{CCL}	—	V _{CC} = 30V, I _F = 0mA Ta = 25°C	—	7.5	—	
				V _{CC} = 30V, I _F = 0mA	—	—	11	
Threshold input current	"Output L→H"	I _{FLH}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O > 0V	—	1.2	5	mA
Threshold input voltage	"Output H→L"	V _{FHL}	—	V _{CC1} = +15V, V _{EE1} = -15V R _L = 200Ω, V _O < 0V	0.8	—	—	V
Supply voltage		V _{CC}	—		10	—	35	V
Capacitance (input-output)		C _S	—	V _S = 0, f = 1MHz Ta = 25°C	—	1.0	2.0	pF
Resistance(input-output)		R _S	—	V _S = 500V, Ta = 25°C R.H. ≤ 60%	1×10 ¹²	10 ¹⁴	—	Ω

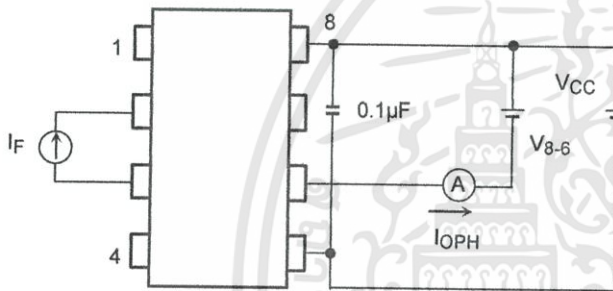
* All typical values are at Ta = 25°C (*1): Duration of I_O time ≤ 50μs

Switching Characteristics (Ta = -20~70°C , unless otherwise specified)

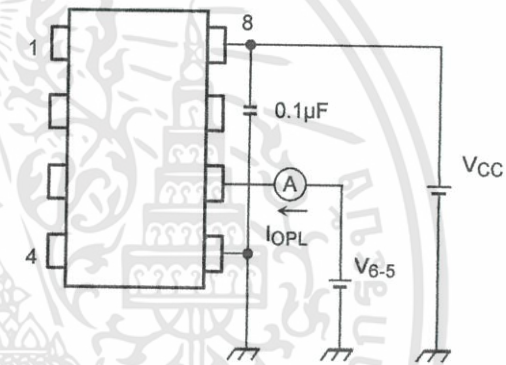
Characteristic	Symbol	Test Circuit	Test Condition	Min	Typ.*	Max	Unit
Propagation delay time	L→H	5	$I_F = 8\text{mA}$ $V_{CC1} = +15\text{V}, V_{EE1} = -15\text{V}$ $R_L = 200\Omega$	—	0.15	0.5	μs
	H→L			—	0.15	0.5	
Output rise time	t_r	—		—	—		
Output fall time	t_f	—		—	—		
Common mode transient immunity at high level output	C_{MH}	6	$V_{CM} = 600\text{V}, I_F = 8\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}, T_a = 25^\circ\text{C}$	-5000	—	—	V / μs
Common mode transient immunity at low level output	C_{ML}		$V_{CM} = 600\text{V}, I_F = 0\text{mA}$ $V_{CC} = 30\text{V}, T_a = 25^\circ\text{C}$	5000	—	—	V / μs

All typical values are at Ta = 25°C

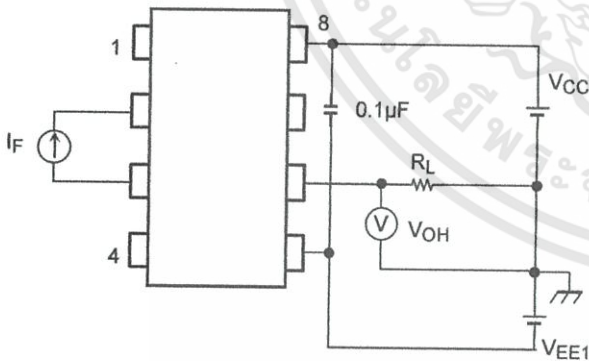
Test Circuit 1 : I_{OPH}



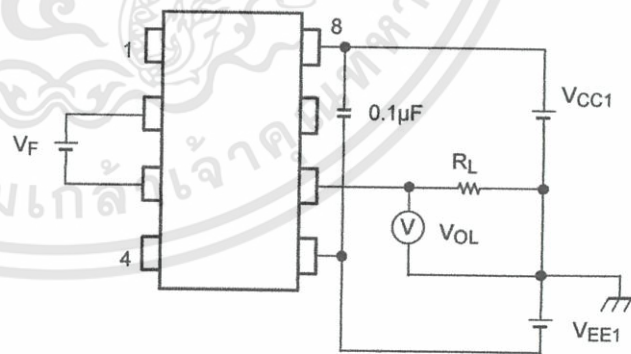
Test Circuit 2 : I_{OPL}



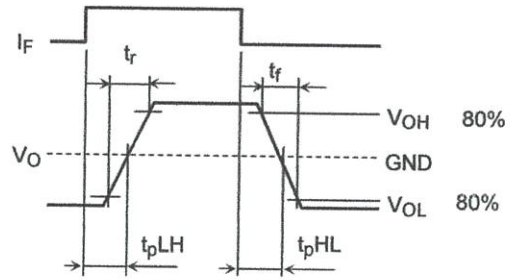
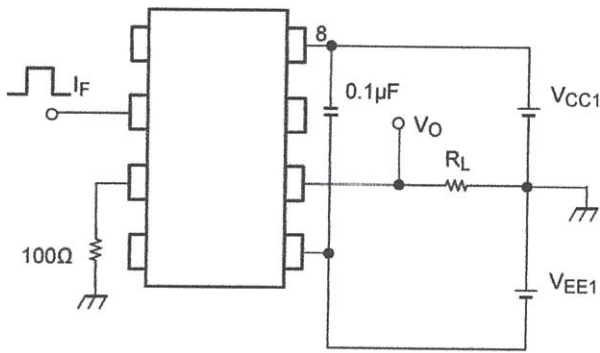
Test Circuit 3 : V_{OH}



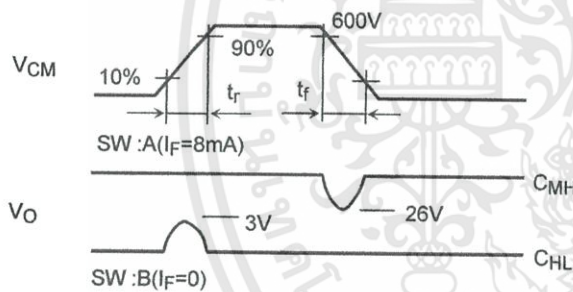
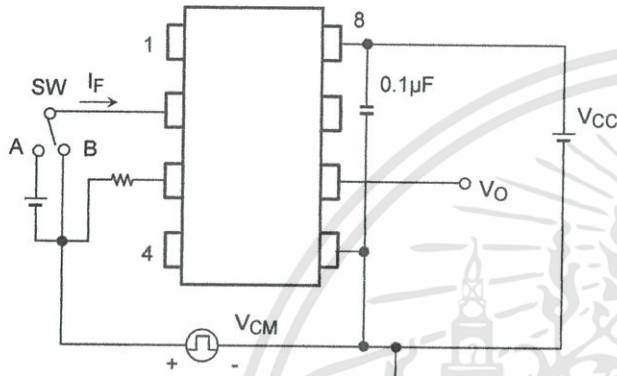
Test Circuit 4 : V_{OL}



Test Circuit 5: t_{pLH} , t_{pHL} , t_r , t_f



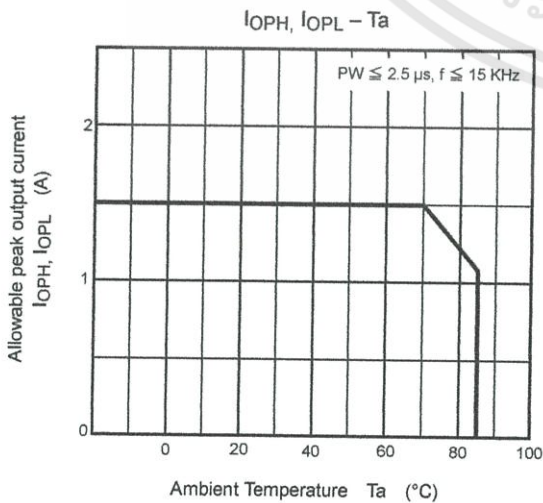
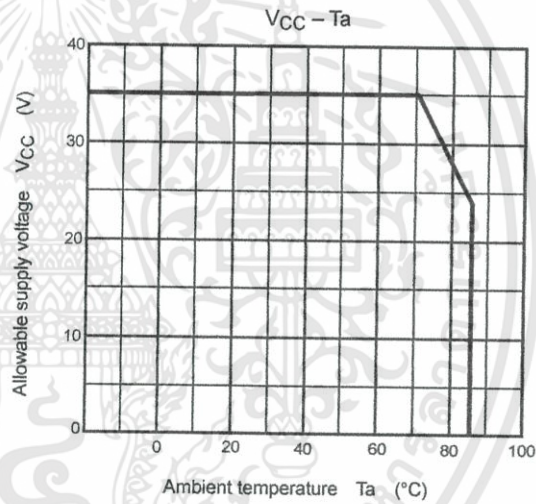
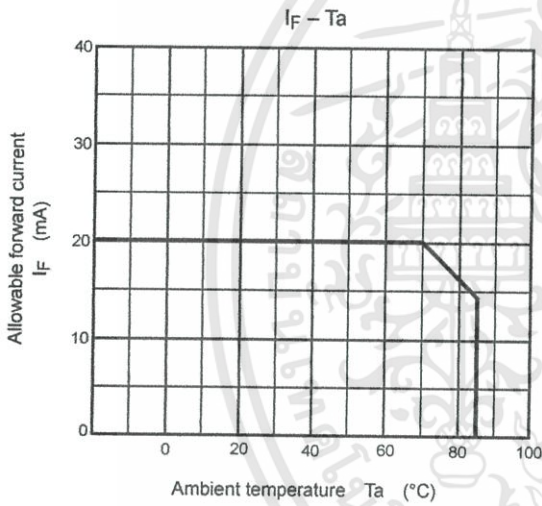
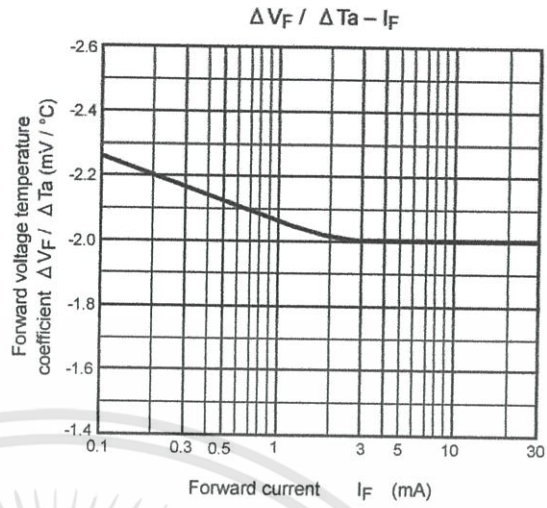
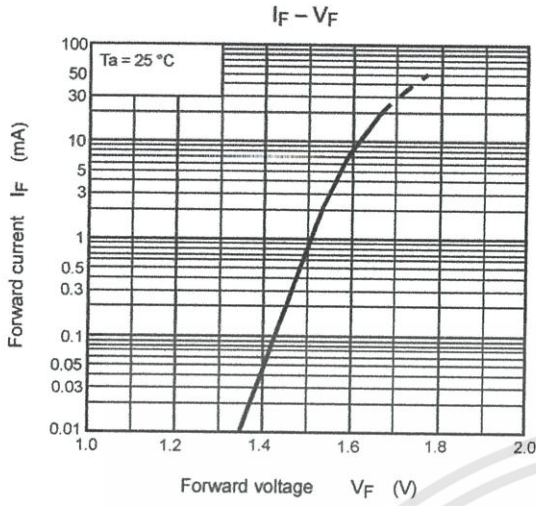
Test Circuit 6: C_{MH} , C_{ML}



$$C_{ML} = \frac{480 \text{ (V)}}{t_r \text{ (}\mu\text{s)}}$$

$$C_{MH} = \frac{480 \text{ (V)}}{t_f \text{ (}\mu\text{s)}}$$

$C_{ML}(C_{MH})$ is the maximum rate of rise (fall) of the common mode voltage that can be sustained with the output voltage in the low (high) state.



RESTRICTIONS ON PRODUCT USE

20070701-EN

- The information contained herein is subject to change without notice.
- TOSHIBA is continually working to improve the quality and reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to comply with the standards of safety in making a safe design for the entire system, and to avoid situations in which a malfunction or failure of such TOSHIBA products could cause loss of human life, bodily injury or damage to property.
In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent TOSHIBA products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the "Handling Guide for Semiconductor Devices," or "TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook" etc.
- The TOSHIBA products listed in this document are intended for usage in general electronics applications (computer, personal equipment, office equipment, measuring equipment, industrial robotics, domestic appliances, etc.). These TOSHIBA products are neither intended nor warranted for usage in equipment that requires extraordinarily high quality and/or reliability or a malfunction or failure of which may cause loss of human life or bodily injury ("Unintended Usage"). Unintended Usage include atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, medical instruments, all types of safety devices, etc.. Unintended Usage of TOSHIBA products listed in this document shall be made at the customer's own risk.
- The products described in this document shall not be used or embedded to any downstream products of which manufacture, use and/or sale are prohibited under any applicable laws and regulations.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA for any infringements of patents or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patents or other rights of TOSHIBA or the third parties.
- GaAs(Gallium Arsenide) is used in this product. The dust or vapor is harmful to the human body. Do not break, cut, crush or dissolve chemically.
- Please contact your sales representative for product-by-product details in this document regarding RoHS compatibility. Please use these products in this document in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances. Toshiba assumes no liability for damage or losses occurring as a result of noncompliance with applicable laws and regulations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่ 7 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 2005-08-18