

เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SINGLE PHASE
PULSE WIDTH MODULATED INVERTER

นายจำเนียร	สร้อยเสน	รหัส 41362088
นายชัยชนะ	หนูคำหอม	รหัส 41362104
นายณรงค์ศักดิ์	บรรจบ	รหัส 41362138
นายวิเศษ	จุลติลก	รหัส 41362302

16039587

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ... 3/0 พ.ย. 2544
เลขทะเบียน... 0๗. 4400574
เลขเรียกหนังสือ... TK
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๗8๗๐.๗
๓๗๕๓

๒๕๔๔ C.2

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2544



ใบรับรองโครงการวิจัย

หัวข้อโครงการ เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
ผู้นำเสนอโครงการ นายจำเนียร สร้อยเสน รหัส 41362088
นายชัยชนะ หนูคำหอม รหัส 41362104
นายณรงค์ศักดิ์ บรรจบ รหัส 41362138
นายวิเศษ จุลติลก รหัส 41362302
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุพรรณิกา ยังอยู่
สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2544

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง)

..... กรรมการ

(อาจารย์สุชาติ เข้มเม่น)

..... กรรมการ

(อาจารย์สมชาย โชคมาวิโรจน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ชนศิริ ขำเพชร)

..... กรรมการ

(อาจารย์สุพรรณิกา ยังอยู่)

หัวข้อโครงการ	เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
ผู้ดำเนินโครงการ	นายจำเนียร สร้อยเสน รหัส 41362088
	นายชัยชนะ หนูคำหอม รหัส 41362104
	นายณรงค์ศักดิ์ บรรจง รหัส 41362138
	นายวิเศษ จุลติลก รหัส 41362302
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุพรรณิภา ยังอยู่
สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

อินเวอร์เตอร์ 1 เฟสนี้คือเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีการออกแบบรูปคลื่นพัลส์วิดโมดูเลชัน เพื่อนำไปใช้สำหรับควบคุมอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส โครงการนี้จะมีการเปรียบเทียบเทคนิคการสวิตช์แบบพัลส์วิด โมดูเลชัน โครงการนี้เป็นการศึกษา และ พัฒนาเครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพ เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับนี้เราเรียกกันว่า "อินเวอร์เตอร์" ซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่ได้ศึกษาและพัฒนาอยู่นี้เป็น "อินเวอร์เตอร์" ชนิดจ่ายแรงดันประเภท PULSE WIDTH MODULATE ในส่วนของแรงดันดีซีลิงค์สามารถใช้เรกติไฟเออร์ที่เป็นไดโอดทำให้แรงดันของดีซีลิงค์มีค่าคงที่ซึ่งเราไม่สามารถควบคุมแรงดันดีซีได้และไม่สามารถลดขนาดของ LC ฟิเตอร์ให้เล็กลงได้ ดังนั้นความถี่และแรงดันเอาต์พุตของแรงดันมูลฐานสามารถควบคุมได้โดยใช้เทคนิคของ PWM ซึ่งอยู่ในส่วนของอินเวอร์เตอร์เทคนิค PWM นี้จะทำให้แรงดันเอาต์พุตที่มีองค์ประกอบของฮาร์โมนิคอันดับต่างๆลดน้อยลงได้จะทำให้ "อินเวอร์เตอร์" มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Project Title	Design and construction of single phase pulse width		
Name	Mr.Jumnian Sroysen	ID	41362088
	Mr.Chaichana Nukamhom	ID	41362104
	Mr.Narongsak Banjob	ID	41362138
	Mr.Wiset Junladilok	ID	41362302
Project Adviser	Mr.Somyot Kaitwanidvilai		
Co-Project Adviser	Miss Supannika Youngyou		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic Year	2001		

ABSTRACT

The major purpose of this project is to design the Pulse Width Modulation Wave form (PWM) which is used for controlled inverter 1 phase.

This project is developed "Design and construction of single phase pulse width modulated inverter" for high efficiency. It is called "Inverter" The inverter developed a kind of PWM inverters. The construction of PWM inverters in the part of D.C. link is to have rectifier diodes not only kept level constant voltage but also controlled D.C. voltage. Then it is made little LC filter. So we can control output voltage and frequency by using technique of PWM that inverts. The technique has low component sequence of harmonic; however, it had sequence switching this process had losses in circuit from switching.

กิตติกรรมประกาศ

เนื่องจากการทำโครงการนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่ายเพื่อการทำโครงการจึงจะประสบความสำเร็จ ในส่วนของผู้นำเสนอโครงการต้องขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือกับผู้เสนอโครงการไม่ว่าจะเป็นข้อมูลหรือจะเป็นเงินทุนที่ทางคณะได้มีส่วนสนับสนุนเพื่อที่จะได้ช่วยให้ผู้นำเสนอโครงการได้นำเงินทุนในส่วนนี้ไปซื้ออุปกรณ์ในการทำโครงการ

นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์สมยศ เกียรติวนิชวิไล และท่านอาจารย์สุพรรณิกา ยังอยู่ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้คอยดูแลควบคุมในการดำเนินงาน และเป็นส่วนที่ช่วยผลักดันให้โครงการนี้สำเร็จได้



นายจำเนียร	สร้อยเสน
นายรัชนะ	หนูคำหอม
นายณรงค์ศักดิ์	บรรจบ
นายวิเศษ	จตุลติก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ตารางปฏิบัติงาน.....	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 งบประมาณที่ใช้.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์.....	4
2.1 อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส.....	4
2.2 อินเวอร์เตอร์เพื่อการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	5
2.3 PWM อินเวอร์เตอร์.....	7
2.4 อินเวอร์เตอร์แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม.....	7
2.5 SINUSOIDAL PULSE-WIDTH MODULATION (SPWM).....	11
2.6 SIX STEP VOLTAGE WAVE FORM.....	16
2.7 วงจรหน่วยกระแส.....	17
2.8 เพาเวอร์มอสเฟต.....	18
2.9 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์สัญญาณ.....	24
3.1 ขั้นตอนการหาข้อมูลและการออกแบบ.....	24
3.2 การออกแบบและการสร้างวงจรตามลำดับ.....	24
3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปคลื่นสัญญาณ.....	25
3.4 ค่า TOTAL HARMONIC DISTORTION.....	28
3.5 ค่า R.M.S ขององค์ประกอบความถี่มูลฐาน.....	29
3.6 ค่า DISTORTION FACTOR.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	41
เอกสารอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก ก โปรแกรม.....	43
ภาคผนวก ข วงจร.....	46
ประวัติผู้เขียนโครงการ.....	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางปฏิบัติงาน.....	3
3.1 นิยามดัชนีและค่าปริมาณที่กำหนดคุณสมบัติและคุณภาพรูปคลื่นเอ๊าท์พุท.....	28



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส.....	5
2.2 SPWM แบบ FULL BRIDGE.....	12
2.3 SPWM แบบ FULL BRIDGE เมื่อ S_1 และ S_4 TURN ON	12
2.4 SPWM แบบ FULL BRIDGE เมื่อ S_2 และ S_3 TURN ON.....	12
2.5 วงจรเพาเวอร์มอสเฟต.....	18
3.1 วงจรสร้างรูปคลื่น Sine	29
3.2 วงจรสร้างรูปคลื่น Triangle	29
3.3 วงจรสร้างรูปคลื่น Pulse Width Modulation.....	30
3.4 วงจร Deadtime จ่ายเข้าสู่ IR 2110 Q_2 และ Q_4 TURN ON.....	30
3.5 วงจร Deadtime จ่ายเข้าสู่ IR 2110 Q_1 และ Q_3 TURN ON	31
4.1 รูปคลื่น Sine ก่อนที่จะเข้าสู่ส่วน Compare.....	33
4.2 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นแรงดัน Sine ถึงลำดับที่ 50.....	33
4.3 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นแรงดัน Sine ถึงลำดับที่ 250	34
4.4 รูปคลื่น Triangle ก่อนเข้าสู่ Compare.....	35
4.5 สัญญาณ Pulse Width Modulation ที่ได้จากการ Compare	35
4.6 สัญญาณ Pulse Width Modulation ก่อนเข้าสู่ Dead Time.....	36
4.7 สัญญาณ Dead Time ก่อนเข้าสู่ Driver	36
4.8 สัญญาณ Dead Time ที่ออกจาก Diver.....	37
4.9 สัญญาณแรงดัน Output ก่อนเข้าฟิวดเตอร์.....	37
4.10 รูปคลื่นแรงดัน Output ขณะไม่มีโหลด.....	38
4.11 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของแรงดันขณะไม่จ่ายโหลดถึงลำดับที่ 50	39
4.12 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของแรงดันขณะไม่จ่ายโหลด ถึงลำดับที่ 250	39
4.13 รูปคลื่นกระแสขณะจ่ายโหลด	40
4.14 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นกระแสขณะจ่ายโหลดมอเตอร์.....	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรือ “อินเวอร์เตอร์” ผู้เสนอโครงการมีความสนใจที่จะทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเพื่อที่จะพยายามพัฒนาอินเวอร์ที่มีราคาที่ถูกลงและถ้าเป็นไปได้จะพยายามพัฒนาอินเวอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นซึ่งในการพัฒนาดังกล่าวจะมีส่วนที่ช่วยให้ได้มีการศึกษาและค้นคว้าเพิ่มเติมในอนาคตแน่นอน อินเวอร์เตอร์สามารถจำแนกตามลักษณะของเอาต์พุตได้ 2 ประเภท คือเอาต์พุต 1 เฟส เช่น 120 V / 60 Hz, 220 V / 50 Hz, 115 V / 400 Hz

และเอาต์พุต 3 เฟส เช่น 220 / 380 / 50 Hz, 120 V / 208 / 60 Hz ในทางอุดมคตินั้นสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็นรูปคลื่นไซน์แต่ในทางปฏิบัตินั้นรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตไม่เป็นรูปคลื่นไซน์อย่างสมบูรณ์ ที่เป็นเช่นนั้นเพราะจะมีองค์ประกอบฮาร์โมนิกอยู่ด้วยซึ่งฮาร์โมนิกจะทำให้รูปคลื่นบิดเบี้ยวไปมีผลให้คุณภาพสัญญาณเอาต์พุตลดลงดังนั้นเอาต์พุตที่ได้จากวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ดีนั้นองค์ประกอบของฮาร์โมนิกลำดับต่ำจะต้องมีค่าน้อยที่สุดที่จะทำให้ในการลดองค์ประกอบฮาร์โมนิกอาจใช้วงจรฟิลเตอร์หรือใช้เทคนิคการสวิตซ์ที่ดี

เทคนิคการสวิตซ์มีหลายแบบด้วยกัน เช่น เทคนิคที่ดับเบิลยูเอ็มแบบชานัน์บูชอยดอล เทคนิคที่ดับเบิลยูเอ็มแบบสเปซเวกเตอร์ เทคนิคคิสคอนทิวนิวส์ที่ดับเบิลยูเอ็ม 120 องศาเทคนิคแบบเจนเนอเรทไรเซชันคิสคอนทิวนิวส์ที่ดับเบิลยูเอ็ม

ประโยชน์ที่ได้รับจากวงจรอินเวอร์เตอร์ส่วนใหญ่จะใช้ในทางอุตสาหกรรม เช่น ควบคุมความเร็วมอเตอร์เอชี่ เครื่องทำความร้อนชนิดเหนี่ยวนำ อุปกรณ์จ่ายไฟสำรอง (UPS) เปลี่ยนไฟดีซีจากโซลาเซลล์เป็นไฟเอชี่ หรือแม้กระทั่งทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปใช้งานกับแบตเตอรี่รถยนต์ได้ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เพื่อทำการสร้าง “อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส” ที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้กับโหลดที่เป็นมอเตอร์
2. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจทางด้าน “อิเล็กทรอนิกส์” เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีประโยชน์รวมทั้งพัฒนาในส่วนของ “อินเวอร์เตอร์” ด้วยเช่นกัน

3. เพื่อเป็นการเสริมสร้างประสบการณ์รวมทั้งนำความรู้ที่ได้ศึกษานำมาใช้ในการประยุกต์ในชีวิต
4. เพื่อศึกษาเทคนิคการควบคุมอินเวอร์เตอร์ด้วยวิธีพัลส์วิธมอดดูเลชั่นหรือที่ดับเบิ้ลยูเอ็มเพื่อนำไปทดลองกับวงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส โดยทำการเปรียบเทียบเทคนิคการสวิตช์แบบชายนันุชอยคอลลพัลวิธมอดดูเลชั่น

1.2 ขอบข่ายของการทำโครงการ

สามารถสร้าง “อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส” ที่มีความถี่ 4 KHz ขนาด 1 KVA แรงดันเอาต์พุต 220 Vrms เป็นกระแสสลับ กระแสมีค่าประมาณ 5 A โหลดที่ใช้เป็นมอเตอร์กระแสสลับ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานของ อินเวอร์เตอร์
2. ศึกษาวงจรต่างๆของ “อินเวอร์เตอร์”
3. พิจารณาข้อดีและข้อเสียของ “อินเวอร์เตอร์” ที่ผู้เสนอต้องการจะทำ
4. ทำการทดลองสร้างวงจรต่างๆ ดังนี้
 - สร้างวงจรกำเนิด Triangle ความถี่ 4 KHz , 5 V
 - สร้างวงจรกำเนิด Sine Wave ความถี่ 50 HZ
 - สร้างวงจร Dead Time
 - สร้างวงจร Comparator
 - สร้างวงจร Driver
 - สร้างวงจรป้องกัน

1.5 ตารางปฏิบัติงาน

เดือน/ปี	2543			2544							
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
กิจกรรม											
ศึกษาวงจรและ ทฤษฎีเกี่ยวข้อง	*****	*****	*****								
	*	*	*								
ทดสอบวงจร			*****	*****	*****						
			*	**	**						
ซื้ออุปกรณ์						*****					
						*					
ทำแผงวงจรแยก						*****	*****	*****			
						*	*	*			
ทดสอบการ ทำงานรวม							***	*****	*****		
								*	*		
สรุปผลการ ทำงาน									***	*****	*****
										*	*

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส ที่มีประสิทธิภาพสูงตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้งไว้และสามารถใช้งานได้จริง และสามารถใช้งานกับมอเตอร์ได้จริง

1.8 งบประมาณที่ต้องใช้

1,000 บาท / นิสิต / คน	เป็นเงิน	4,000 บาท
โดยมีรายละเอียดดังนี้		
1. วัสดุทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	เป็นเงิน	3,000 บาท
2. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	เป็นเงิน	1,000 บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น	4,000 บาท

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายขออนุมัติด้วยเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์

* การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ นิยมเรียกกันว่า อินเวอร์เตอร์ (INVERTER) ซึ่งสามารถแปลงและควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้ และนอกจากนี้ยังสามารถที่จะควบคุมความถี่ได้เราสามารถที่จะนำอินเวอร์เตอร์ไปใช้งานได้หลายอย่าง ได้แก่

1.) แหล่งจ่ายไฟกระแสสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า STAND-BY POWER SUPPLY หรือ UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES โดยเรียกกันย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรอง สำหรับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเกิดขัดข้อง TRANSFER SWITCH ทำงานเป็นเวลาเพียง 1/1000 วินาที จะต่อระบบอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับเครื่องมือที่มีความสำคัญโดยมีการประจุไฟฟ้ากระแสตรงไว้ขณะที่มีไฟฟ้ากระแสสลับ

2.) ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสูตร $N = 120/P$ โดยที่ N คือความเร็วรอบเป็นรอบต่อวินาที, f คือความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นไซเคิลต่อวินาที และ P คือจำนวนโพลของมอเตอร์ในการควบคุมนี้จะต้องรักษาให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่จ่ายเข้าสู่ขั้วของมอเตอร์จะต้องมีค่า คงที่ และสม่ำเสมอ เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แรงบิดที่คงที่ทุกๆ ความเร็วที่เปลี่ยนไป

3.) ใช้แปลงไฟฟ้าระบบกระแสตรงแรงสูงของระบบจำหน่ายเพื่อส่งไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า

4.) ใช้ในเตาหลอมเหล็กที่ใช้ความถี่สูง ซึ่งใช้หลักการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กทำให้เกิดความร้อนขึ้น (INDUCTION HEATING) * role1

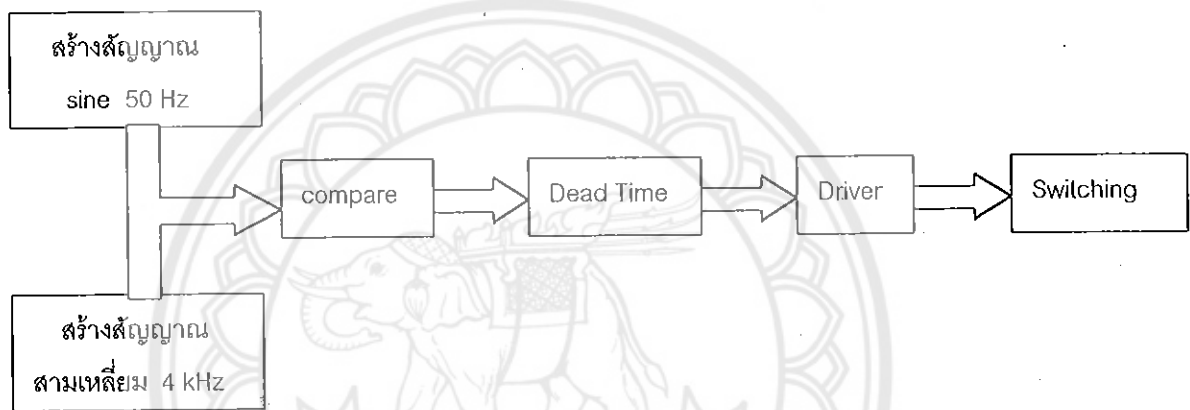
2.1 อินเวอร์เตอร์ 1 เฟส

“อินเวอร์เตอร์” เป็นอุปกรณ์สำคัญมากในการแปลงไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ “อินเวอร์เตอร์” ที่จะพัฒนาขึ้นนี้เป็นอินเวอร์เตอร์ประเภทจ่ายแรงดัน แบบพีคดับทิวเอ็ม อินเวอร์เตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมความถี่และแรงดันเอาต์พุท โดยใช้เทคนิคของ พีคดับทิวเอ็ม ซึ่งอยู่ในส่วนของอินเวอร์เตอร์อยู่แล้ว

“อินเวอร์เตอร์” ที่สร้างขึ้นนี้จะควบคุมแรงดันเอาต์พุทโดยใช้หลักการของการควบคุมความกว้างของพัลส์ เรียกว่า พัลส์วิธมอดูเลท ซึ่งจากหลักการดังกล่าวทำให้เราได้กระแสเอาต์พุทออกมามีลักษณะของสัญญาณที่ใกล้เคียงรูปคลื่นไซน์มาก (Sine Wave) แต่ปัญหาอีกอย่างก็คือ ยังมีสัญญาณรบกวน (Noise) เป็นจำนวนมากพอสมควร เราจำเป็นต้องมีวงจรที่ช่วยในการกรองสัญญาณรบกวนดังกล่าว อุปกรณ์ที่ช่วยในการกรองสัญญาณ LC FILTER

การทำงานของอินเวอร์เตอร์เอาต์พุตที่ออกมาเกิดจากการเปิดและปิดของสวิทช์ที่เหมาะสมซึ่งสวิทช์อาจจะเป็นทรานซิสเตอร์ไทรสเตอร์หรืออย่างอื่นก็ได้แต่สำหรับโครงการนี้จะใช้พาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์สวิทช์เพราะสามารถทำงานที่ความถี่สูงได้

ผู้นำเสนอโครงการมีความประสงค์จะพัฒนาอินเวอร์เตอร์ที่มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของการไฟฟ้าเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในอนาคตและช่วยเผยแพร่ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการประยุกต์อินเวอร์เตอร์และใช้ความรู้ความสามารถทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคตต่อไป



รูปที่ 2.1 วงจรอินเวอร์เตอร์ 1 เฟส

2.2 อินเวอร์เตอร์เพื่อการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในงานการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำจะต้องสามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างระบบจ่ายไฟและมอเตอร์ ดังนั้นอินเวอร์เตอร์ที่ดีต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานที่สอดคล้องกับความต้องการของมอเตอร์ดังต่อไปนี้

1. สามารถที่จะปรับความถี่ได้เป็นสัดส่วนกับความเร็วยวรอบที่ต้องการ
2. สามารถปรับแรงดันเอาต์พุตเพื่อรักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ (V/f) ให้คงที่ตลอดช่วงแรงบิดคงที่ตามต้องการ

3. สามารถจ่ายกระแสได้เต็มพิกัดที่ความถี่ใดๆ ซึ่งอยู่ในช่วงทอร์คคงที่ที่ต้องการ แสดงหลักการพื้นฐานซึ่งแหล่งจ่ายไฟเอซีจะถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันดีซี โดยการใช้เรกติไฟเออร์ที่สามารถควบคุมแรงดันได้ หรือควบคุมไม่ได้ก็ได้ (Controlled or Uncontrolled-Rectifier) และอินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟดีซีให้เอซีที่สามารถเปลี่ยนแรงดันและความถี่ได้ โดยทั่วไประบบอินเวอร์เตอร์ สามารถจำแนกออกตามชนิดของอินเวอร์เตอร์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

อินเวอร์เตอร์แบบจ่ายแรงดัน (Voltage-Source Inverter : VSI)

อินเวอร์เตอร์แบบกระแส (Current-Source Inverter : CSI)

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะอินเวอร์เตอร์แบบจ่ายแรงดันเท่านั้น

2.2.1 อินเวอร์เตอร์แบบจ่ายแรงดัน

โครงสร้างแรงดันสี่ขั้วลิ่งค์มีขนาดตัวเก็บประจุที่มีค่ามาก อาจกล่าวได้ว่าแรงดันอินพุทของอินเวอร์เตอร์มีค่าคงที่ ทำให้แรงดันเอาต์พุทของอินเวอร์เตอร์คงที่ไม่ขึ้นอยู่กับโหลด และโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ 6-Step อินเวอร์เตอร์ และ PWM อินเวอร์เตอร์ ข้อดีของโวลต์เตจซอร์สอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมแรงดันและความถี่ได้ง่าย ปรับความถี่ได้ในย่านกว้าง ส่วนข้อเสียมักมีปัญหาในเรื่องการลัดวงจรของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งในกรณีเดียวกันของอินเวอร์เตอร์ ในทางปฏิบัติใช้วงจรถูกเอาต์พุทที่มีการสร้างเดดไทม์ (Dead Time) เป็นส่วนช่วยในการป้องกัน

ในที่นี้จะขอกกล่าวถึงที่ดับบลิวเอ็ม (PWM) อินเวอร์เตอร์เท่านั้น ทั้งนี้เพราะในการศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างอินเวอร์เตอร์บนพื้นฐานของพีดับบลิวเอ็ม ซึ่งโดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้อินเวอร์เตอร์ชนิด 6-Step ทั้งนี้เพราะมีข้อเสียมากกว่าชนิดพีดับบลิวเอ็ม

2.2.2 อินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายกระแส (CURRENT SOURCE)

วงจรกำลังของแหล่งจ่ายกระแส (Current Source) อินเวอร์เตอร์จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์เรคตีฟายเออร์ที่สามารถควบคุมได้ โดยการควบคุมของเฟสของเอซีไลน์และยังมีอินดักเตอร์ขนาดใหญ่ต่ออนุกรมอยู่ แต่ไม่มีตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่ด้วย เพื่อสร้างแหล่งจ่ายกระแสให้กับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเป็นข้อแตกต่างของโครงสร้างทางวงจรจากโวลต์เตจซอร์สอินเวอร์เตอร์ และในส่วนของอินเวอร์เตอร์จะมีทรานซิสเตอร์เพื่อทำหน้าที่ควบคุมกระแสที่สามารถเปลี่ยนความถี่ได้เพื่อจ่ายให้กับแมชชีน รูปร่างของกระแสที่จ่ายออกทางด้านเอาต์พุทจะขึ้นอยู่กับแพพเทิร์นของการควบคุมที่อินเวอร์เตอร์ ซึ่งอาจจะเป็น 6 สเต็ป หรือ พีดับบลิวเอ็มก็ได้ แต่ลักษณะของแรงดันเอาต์พุทจะมีรูปร่างเข้าใกล้รูปไซน์ (ซึ่ง เป็นข้อแตกต่างจาก โวลต์เตจซอร์สในเรื่องของรูปคลื่น) นอกจากนี้แรงดันทางด้านเอาต์พุทจะยังเกิดขึ้นไปค้เนื่องจากการคอมมิวเตท

ถึงแม้ว่าจะมีข้อดีมากมายดังที่ได้กล่าวมาแล้วสำหรับอินเวอร์เตอร์ป้อนกระแส (Current fed inverter) แต่ก็ยังมีข้อจำกัดอีกมากคือ ช่วงความถี่ของอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับค่าได้ค่อนข้างต่ำและไม่สามารถทำงานได้ในสภาวะไร้โหลด ซึ่งต้องมีกระแสไหลค้อย่างน้อยที่สุดที่จะทำให้มีการคอมมิวเตทในอินเวอร์เตอร์ได้และนอกจากนี้ขนาดขั้วลิ่งค์อินดักค์แดนซ์และตัวเก็บประจุของการคอมมิวเตทจะใหญ่ ทำให้อินเวอร์เตอร์แบบนี้ค่อนข้างมีราคาแพง การตอบสนองของไครฟ์ค่อนข้างช้าและมีแนวโน้มที่จะมีปัญหาของการมีเสถียรภาพที่โหลดต่ำ

2.3. พีดีบีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์ (PWM INVERTER)

โครงสร้างของพีดีบีดับลิวิตเอ็มอินเวอร์เตอร์ในส่วนองแรงดันดีซีถึงค้สามารถไ้เร็คติฟายเออร์ที่ เป็นไดโอดทำให้แรงดันองดีซีถึงค้มีค่าคงที่ ซึ่งไม่สามารถควบคุมแรงดันดีซีได้ และถคขนาด LC ฟิลเตอร์ให้เล็กถง ค้งนั้นความถี่และแรงดันเอ๊าท์พุทองแรงดันมูลฐาน สามารถควบคุมไ้ใช้เทคนิค องพีดีบีดับลิวิตเอ็มซึ่งอยู่ในส่วนองอินเวอร์เตอร์ เทคนิคพีดีบีดับลิวิตเอ็มนี้จะให้แรงดันเอ๊าท์พุทที่มีองค้ ประกอบฮาร์โมนิคส์อันดับต่ำน้อยถง แต่จ้ำนวนครั้งองการสวิตช์ซึ่งสูงขึ้น ค้งนั้นจ้งมีปัญหองการ สูญเสียองการสวิตช์ซึ่ง แต่จะไ้ใช้งานไ้ดีไ้ในย่านความถี่ต่ำ ทำให้ทอร์คเริ่มดับสูงและถคปัญหาการ กระเพื่อมองทอร์คไ้เป็นองย่อดี

2.4 อินเวอร์เตอร์แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

อินเวอร์เตอร์แบบนี้เป็นการสวิตช์ที่ง่ายที่สุดในการสร้างคอนเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่นเพื่อผลิต เป็นแรงดันรูปสี่เหลี่ยมออกมาซึ่งสวิตช์จะต่อกับโพลและ V_{dc} เมื่อ S_1 และ S_2 จะปิดต่อกับ $+V_{dc}$ เมื่อ S_3 และ S_4 ปิดอยู่ค้บการสวิตช์องแรงดันระหว่าง $+V_{dc}$ และ $-V_{dc}$ จะสร้างแรงดันรูปคลื่นสี่- เหลี่ยมออกมาซึ่งแรงดันแบบนี้จะไ้เป็น ไซนูลชอลคคแต่ในบางครั้งก็พอเพียงที่จะนำไปประยุกต์ไ้ ในงานบางองย่อดี

กระแสไฟฟ้ที่ไหลไปยังโพลนั้นจะขึ้นกับองค้ประกอบองโพลนั้นคือ ถ้โพลเป็นดับดับ านรูปแบบองกระแสก็เหมือนกับแรงดัน ถ้โพลเป็นแบบดับเหนียวนำกระแสจะมีคุณภาพเป็น ไซ- นูลชอลคคมากกว่าแรงดันเนื่องจคคุณสมบัติการกรององดับเหนียวนำนั้นเอง ถ้สำหรับ โพลที่เป็น แบบดับดับ านอนุกรมกับดับเหนียวนำและแรงดันแบบคลื่นสี่เหลี่ยมสมมุติว่า S และ S ปิดกันที่ $t = 0$ แรงดันที่โพลมีค่าเป็น $+V$ ค้งนั้นกระแสที่ S และที่โพลจะมีค่ามากขึ้นกระแสจะเป็นผลรวมอง ผลตอบสนองแรงและผลตอบสนองตามธรรมชาติ

$$i_o(t) = \frac{V_{dc}}{R} + Ae^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (2.1)$$

เมื่อ A เป็นค่าคงที่ที่สภาวะเริ่มดับและ $\tau = \frac{L}{R}$

ที่เวลา $T/2$ S และ S ปิดแต่ S และ S ปิด แรงดันที่คคกร่อมโพลแบบนี้จะเป็น

$$i_o(t) = \frac{-V_{dc}}{R} + Be^{-\frac{(t-T)}{\tau}} \Rightarrow \frac{T}{2} \leq t \leq T \quad (2.2)$$

เมื่อ B เป็นสภาวะจากการเริ่มต้น

เมื่อวงจรถูกกระตุ้นครั้งแรกและกระแสมีค่าเป็นศูนย์ สภาวะทรานเซียนจะเกิดขึ้นก่อนที่กระแสของโหลดจะเข้าสู่สภาวะสแตตคี่เสถียรซึ่งที่สภาวะนี้ I_0 จะมีลักษณะเป็นคาบเวลาและสมมาตรในแกนศูนย์ เราจะเรียกกระแสในสมการนี้ว่าเป็น I_{\min} และเรียกค่ากระแสในสมการที่ 2.2 ว่าเป็น I_{\max}

จากสมการ 2.1 ที่เวลาเท่ากับศูนย์

$$i_o(0) = \frac{V_{dc}}{R} + Ae^0 = I_{\min} \Leftrightarrow A = I_{\min} \left(\frac{-V_{dc}}{R} \right) \quad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.2 ที่เวลา T/2

$$i_o\left(\frac{T}{2}\right) = \frac{-V_{dc}}{R} + Be^0 = I_{\min} \Leftrightarrow B = I_{\max} + \frac{V_{dc}}{R} \quad (2.4)$$

ที่สภาวะสแตตคี่เสถียรรูปแบบของกระแสจะอธิบายโดยสมการ 2.1 และ 2.2 ได้

$$i_o(t) = \frac{V_{dc}}{R} + \left(I_{\min} - \frac{V_{dc}}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow FOR, 0 \leq t \leq \frac{T}{2}$$

$$i_o(t) = -\frac{V_{dc}}{R} + \left(I_{\min} + \frac{V_{dc}}{R} \right) e^{-\frac{\left(t - \frac{T}{2}\right)}{\tau}} \Rightarrow FOR, \frac{T}{2} \leq t \leq T \quad (2.5)$$

จะหาค่า I_{\max} โดยใช้สมการแรกในสมการ 2.5 ที่เวลา T/2 ได้

$$i_o\left(\frac{T}{2}\right) = I_{\max} = \frac{V_{dc}}{R} + \left(I_{\min} - \frac{V_{dc}}{R} \right) e^{-\frac{1}{2\tau}} \quad (2.6)$$

เมื่อสมมาตรโดย

$$I_{\min} = -I_{\max} \quad (2.7)$$

เมื่อแทนค่าลงในสมการ 2.6 สามารถหาค่า I_{\max} ได้

$$i_{\max} = -i_{\min} = \frac{V_{dc}}{R} \left(\frac{1 - e^{-\frac{T}{2\tau}}}{1 + e^{-\frac{T}{2\tau}}} \right) \quad (2.8)$$

ดังนั้นเราใช้สมการ 2.4.5 และ 2.4.8 ในการอธิบายกระแสที่เกิดขึ้นในโหลดประเภทนี้ที่สภาวะสแตตีสเตต เมื่อเราจ่ายแรงดันที่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม แสดงผลของกระแสที่เกิดขึ้นในโหลด แหล่งจ่ายและสวิตช์ ถ้าสวิตช์เป็นแบบอุดมคติกำลังงานที่จ่ายมาจากโหลดจะต้องเท่ากับกำลังงานที่โหลดดูดซับไปกำลังงานที่มาจากแหล่งจ่าย ไฟฟ้ากระแสตรงเราจะพิจารณาจาก

$$P_{dc} = V_{dc} I_1 \quad (2.9)$$

กระแสสวิตช์ แสดงสวิตช์ที่ใช้ในวงจรเต็มคลื่นต้องสามารถนำกระแสทั้งกระแสไฟฟ้าลบ และกระแสไฟฟ้าบวกได้ สำหรับโหลดประเภทตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำนี้แต่ในความเป็นจริงแล้วอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์จะนำกระแสเพียงทิศทางเดียวเท่านั้นซึ่งเราจะแก้ปัญหานี้โดยนำไดโอดต่อขนานกับสวิตช์แต่ละตัวระหว่างเวลา interval กระแสในสวิตช์จะเป็นลบซึ่งไดโอดจะนำกระแสไฟฟ้าลบนี้ไปและไดโอดจะเป็นรีเวอร์สไบอัสเมื่อกระแสไฟฟ้าในสวิตช์มีค่าเป็นบวกการสวิตช์ในวงจรเต็มคลื่นโดยใช้ทรานซิสเตอร์และไดโอด กระแสที่ทรานซิสเตอร์และไดโอดโดยใช้แรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเมื่อทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 ปิด ในกระแสโหลดจะต้องยังคงต่อเนื่องจะไหลไปสู่ไดโอด D_3 และ D_4 ทำให้แรงดันออกมาเป็น $-V$ ซึ่งผลนี้จะทำให้เปิดเส้นทางของสวิตช์ 3 และ 4 จากนั้นทรานซิสเตอร์ Q_3 และ Q_4 ต้องเปิดก่อนที่กระแสโหลดจะตกเป็นศูนย์

2.4.1 การวิเคราะห์ฟูเรียร์

ทฤษฎีของฟูเรียร์เป็นวิธีการที่สำคัญมากในการวิเคราะห์กระแสของโหลดและกำลังงานที่โหลดดูดซับไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อโหลดมีความซับซ้อนมากกว่าโหลดที่เป็นตัวต้านทานอนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ เราจะใช้วิเคราะห์อินเวอร์เตอร์โดยจัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของโหลดให้อยู่ในรูปแบบของอนุกรมฟูเรียร์ โดยต้องไม่มีส่วนประกอบของไฟฟ้ากระแสตรงปะปนอยู่ในส่วนเอาต์พุท

$$v_o(t) = \sum_{n=1}^{\infty} V_n \sin(n\omega_0 t + \theta_n) \quad (2.10)$$

$$i_o(t) = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sin(n\omega_0 t + \phi_n) \quad (2.11)$$

กำลังงานที่โหลดดูดซับไปซึ่งต่อตัวต้านทานอนุกรมอยู่จะพิจารณาจาก $(I_{rms})^2 R$ ซึ่งกระแส I_{rms} สามารถหาได้จากกระแสที่เป็นส่วนประกอบในแต่ละส่วนของอนุกรมฟูเรียร์และ Z_n เป็นส่วนประกอบที่เป็นความต้านทานของโหลดที่ฮาร์โมนิกลำดับที่ n กำลังงานที่ตัวต้านทานดูดซับไปเราสามารถที่จะพิจารณาได้จากความถี่ของอนุกรมฟูเรียร์เราสามารถหาพลังงานรวมได้โดยใช้สมการที่ 2.12

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} P_n = \sum_{n=1}^{\infty} I_{nrms}^2 R \quad (2.12)$$

2.4.2 ค่า TOTAL HARMONIC DISTORTION ของอินเวอร์เตอร์แบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

เมื่อเราใช้อินเวอร์เตอร์แบบจ่ายแรงดัน DC เพื่อไปจ่ายกระแสสลับจึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องพิจารณาคุณภาพของไฟที่กระแสสลับในด้านแรงดันและกระแสไฟฟ้าคุณภาพของสัญญาณที่ไม่เป็น sinusoidal wave จะพิจารณาในรูปแบบของ THD โดยสมมุติว่าไม่มีส่วนประกอบของกระแสตรงอยู่ในส่วน out put โดย THD ของกระแส จะแทนค่าแรงดันด้วยกระแสในสมการข้างต้น ค่า THD ของกระแสโหลดจะมีความสำคัญมากกว่าแรงดัน การพิจารณาค่า THD จะใช้ทฤษฎีของอนุกรมฟูเรียร์

2.5 SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION (SPWM)

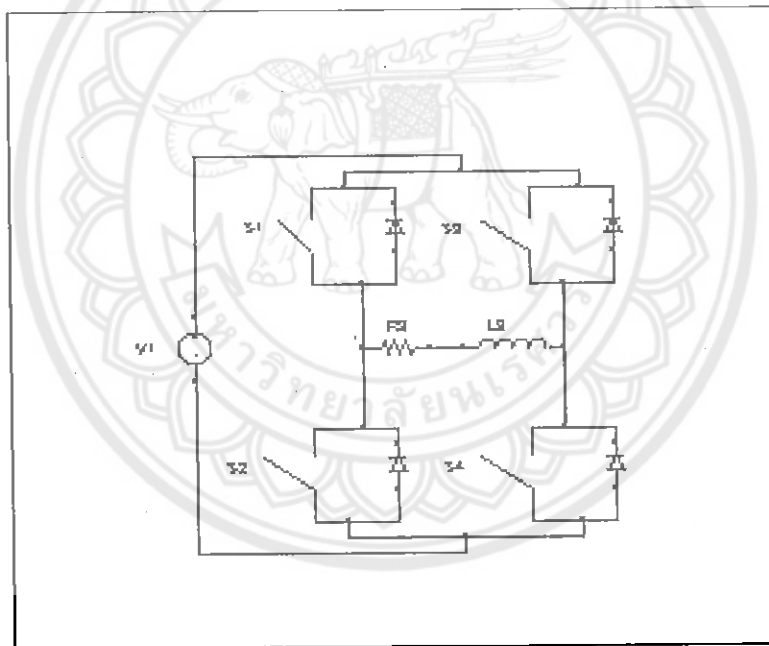
ลักษณะของรูปคลื่นเอาต์พุตจะมีทั้งรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตทั้งทางด้านพัลส์บวกและแรงดันเอาต์พุตทางด้านพัลส์ลบหรือลักษณะของรูปคลื่นจะมีลักษณะของแรงดันครึ่งลูกคลื่นของแรงดันกระแสสลับทุกๆ ครึ่งลูกคลื่นความหนาแน่นของพัลส์จะมีความกว้างของพัลส์มากที่สุดที่บริเวณตรงกลางและความกว้างของพัลส์จะมีความกว้างลดลงเรื่อยๆตามระยะห่างจากจุดกึ่งกลางจำนวนหรือปริมาณของฮาร์โมนิกจะมีปริมาณมากขึ้นเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกันที่สำคัญขึ้นอยู่กับจำนวนของพัลส์ต่อครึ่งลูกคลื่นลำดับของฮาร์โมนิกที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของสัญญาณมากขึ้น ถ้าหากว่าในครึ่งลูกคลื่นใดๆมีพัลส์ที่มีความกว้างอยู่เป็นจำนวนมากก็จะทำให้มีความถี่ของฮาร์โมนิกเป็นจำนวนมากตามไปด้วยในการใช้งานของอินเวอร์เตอร์เราต้องการสัญญาณที่มีลักษณะขาขึ้นที่มีความบริสุทธิ์สำหรับแรงดันเอาต์พุตใดๆดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการกรองฮาร์โมนิกออกจากสัญญาณเอาต์พุตโดยอาศัยค่าของ อินดักแตนซ์และคาปาซิแตนซ์น้อยๆ

2.5.1 SPWM USING THE HALF-BRIDGE TOPOLOGY

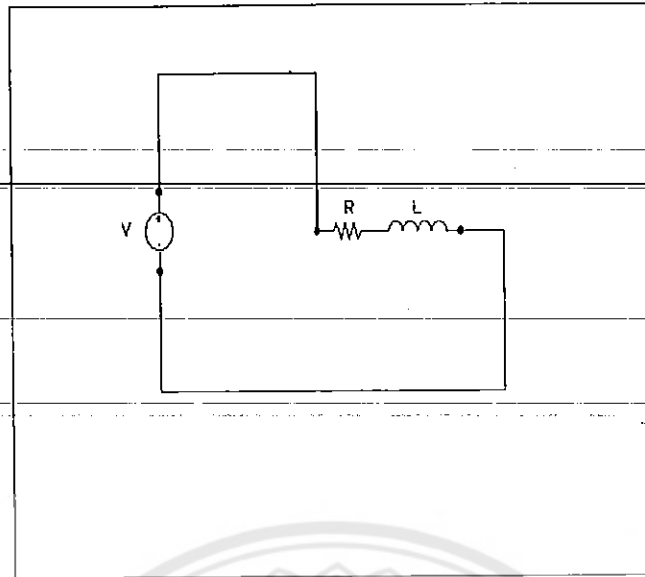
สัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะมีลักษณะของถูกคลื่นพัลส์บวกและพัลส์ลบตลอดแรงดันเอาต์พุต จากสัญญาณเอาต์พุตหากเราพิจารณาที่ครึ่งถูกคลื่นบวกของรูปคลื่นเราจะพิจารณาเห็นว่าความกว้างของพัลส์นั้นจะมีความกว้างมากที่บริเวณตรงกลางของรูปคลื่นและจะค่อยๆลดลงตามระยะของความห่างจากจุดกึ่งกลาง ส่วนพัลส์ที่มีค่าเป็นลบจะมีความแคบของพัลส์มากที่สุดที่ตรงกลางของรูปคลื่นและจะค่อยๆเพิ่มความกว้างมากขึ้นเมื่อระยะห่างจากจุดกึ่งกลางมากขึ้น

2.5.2 SPWM USING THE FULL BRIDGE CONFIGURATION

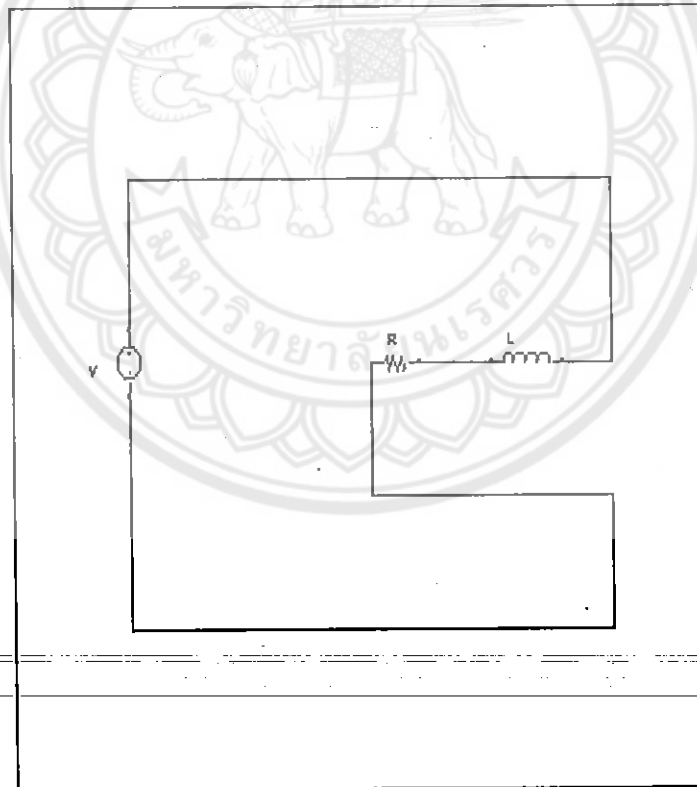
FULL BRIDGE จะมีการทำงานของไดโอดที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 4 ตัว ด้วยกันมักเรียกกันว่า FOUR SWITCHING BLOCKS จะมีการทำงานของไดโอดที่ละคู่ของสลับกันไปคือทำงาน ON และ OFF ที่ละคู่ นั่นคือเมื่อ S_1 และ S_3 ON ทั้งคู่แล้ว S_2 และ S_4 จะต้อง OFF ทั้งคู่ ดังรูป



รูปที่ 2.2 ลักษณะทิศทางกรไหลของกระแสของ SPWM แบบ FULL BRIDGE



รูปที่ 2.3 ลักษณะทิศทางการไหลของกระแส เมื่อ S_1 และ S_2 TURN ON



รูปที่ 2.4 ลักษณะทิศทางการไหลของกระแสของ เมื่อ S_2 และ S_3 TURN ON

2.5.3 THE R.M.S. VALUE OF SPWM VOLTAGE

เราสามารถที่จะพิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงดันถ้าค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ถูก PLOTTED ในเชิงมุม (θ)
เราสามารถที่จะหาพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละพัลส์ได้ดังสมการ $V^2 \sin\theta d\theta$

$\sin\theta d\theta$ เป็นค่าความกว้างของพัลส์
ดังนั้นพื้นที่ใต้กราฟในครึ่งคาบจะได้เป็น

$$\int_0^{\pi} V^2 \sin\theta d\theta = 2V^2$$

ดังนั้นค่า MEAN SQUARE ของแรงดันรวมเป็น $\left(\frac{2}{\pi}\right)V^2$ และค่า R.M.S. ของแรงดันรวมจะได้
เป็น

$$= \sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)V^2} = 0.7979$$

สำหรับ HALF BRIDGE ค่าแรงดัน R.M.S. มีค่าดังนี้

$$= 0.7979 \frac{V}{2} = 0.3990V$$

2.5.4 FUNDAMENTAL SINUSOIDAL COMPONENT

องค์ประกอบพื้นฐานของ SINUSOIDAL สามารถที่จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้อนุกรมฟูเรียร์ แสดง
ค่าแอมพลิจูด ได้โดยสมการของการวิเคราะห์ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม

$$= \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} V \sin\theta \sin\theta d\theta = V$$

$$= \frac{V}{\sqrt{2}} = 0.707V$$

ค่าแรงดันที่เป็นผลตอบสนองของ HALF BRIDGE จะเป็นครึ่งหนึ่งของสมการข้างต้นดังนั้นจะมี
ค่า R.M.S. ของแรงดันพื้นฐาน = $\frac{V}{2\sqrt{2}}$

2.5.5 TOTAL HARMONIC VOLTAGE AND TOTAL HARMONIC DISTORTION FACTOR (THD)

แรงดันฮาร์โมนิรวมสามารถพิจารณาได้จากค่า R.M.S. แรงดันรวมและค่า R.M.S. ของแรงดันพื้นฐานสำหรับ HALF BRIDGE ได้ดังสมการ

$$= 0.3990$$

$$= 0.3535V$$

ซึ่งจากสมการดังกล่าวทำให้แรงดันฮาร์โมนิรวมเป็น

$$= \sqrt{(0.3990V)^2 - (0.3535V)^2} = 0.1850V$$

$$= \frac{0.1850}{0.3990} = 0.4637 = 46.37\%$$

2.5.6 เปรียบเทียบรูปคลื่น SIX STEP กับ SPWM

การเปรียบเทียบ MAGNITUDE แรงดันระหว่างรูปคลื่น SIX STEP กับรูปคลื่น SPWM จะพบว่าแรงดันกระแสสลับที่ออกมาจาก SIX STEP INVERTER มีค่าสูงกว่าแรงดันของ SPWM ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มีค่าประมาณ 18 % และค่า THD ของ SPWM จะมีค่าน้อยกว่า SIX STEP INVERTER เช่นกัน

ค่าของรูปคลื่นของ SPWM ในอุดมคติซึ่งเมื่อพิจารณาจะพบได้ว่าเมื่อมีจำนวนพัลส์มากๆ ทำได้ก็ตามจะสามารถที่จะบอกได้ว่าจะต้องมีคลื่นพาหะมากเท่ากับจำนวนของพัลส์นั้นๆ ด้วย

แต่ในความเป็นจริงหรือว่าจะพิจารณาดังความถูกต้องความถี่ของคลื่นพาหะจะมีจำนวนมากเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งว่ามีประสิทธิภาพเพียงใดลักษณะของคลื่นพาหะที่มีความนิยมนำมาใช้มักจะถูกอยู่ที่ความถี่ประมาณ 20 KHZ เมื่ออุปกรณ์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในการสวิตซ์ซึ่งเป็นมอเตอร์เฟดกำลัง หรือ ไอจีบีที ไทริสเตอร์ในวงจรและจีโอสามารถที่จะนำไปใช้กับกำลังไฟฟ้าสูงๆ ได้เป็นอย่างดีแต่ความถี่ของการสวิตซ์ซึ่งจะลดลงเป็นอย่างมากและความถี่พาหะก็จะถูกจำกัดเช่นกันซึ่งความถี่พาหะจะถูกจำกัดอยู่ที่ประมาณ 2-3 KHZ

จะสังเกตได้ว่าจำนวนขององค์ประกอบของความถี่พื้นฐานจะมีค่าน้อยในส่วนของ SPWM ข้อดีของรูปคลื่น SPWM ถ้าความถี่ของการสวิตซ์ซึ่งมีมากจะทำให้เกิดความถี่ของฮาร์โมนิกที่สูงมากแม้ว่า

ความถี่ของฮาร์โมนิคดังกล่าวจะเป็นส่วนประกอบของแรงดันฮาร์โมนิคแต่ฮาร์โมนิคดังกล่าวก็ยังมี ความถี่ที่สูงอยู่เช่นเดิม และจะพบอีกว่ามอเตอร์เป็นโหลดประเภทเหนี่ยวนำดังนั้นจะทำให้แก๊ปัญหาฮาร์ โมนิคได้มากให้มีปริมาณน้อยลงเนื่องจากที่แรงดันที่มีฮาร์โมนิคสูงจะทำให้มอเตอร์มีความต้านทานสูง กว่าปกติและจะส่งผลให้มอเตอร์มีลักษณะรูปคลื่นคล้ายรูปคลื่นซายน์มากขึ้นซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงอุดม คติมากในกรณีของ SIX STEP INVERTER ค่าของฮาร์โมนิคจะมีค่าที่ต่ำจะมีผลให้รูปคลื่นของ กระแสมีค่าไม่ใกล้เคียงรูปคลื่นซายน์

2.5.7 การควบคุมแรงดัน

SPWM สามารถที่จะปรับแรงดันกระแสลับที่ ทางด้านเอาต์พุตการปรับแรงดันเอาต์พุตเป็นถึง สำคัญเพื่อที่จะสามารถปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสลับได้นอกจากการปรับแรงดันของ มอเตอร์แล้วเราจะต้องปรับความถี่ด้วยในอินเวอร์เตอร์ชนิด SIX STEP และ SPWM นั้นเราสามารถที่จะ ปรับแรงดันได้โดยการปรับ MODULATION INDEX ซึ่งเราสามารถที่จะปรับค่าต่างๆ ได้แต่ที่สำคัญ นั้นเราจะปรับที่ค่าของ AMPLITUDE ของสัญญาณอ้างอิงคลื่น SINE การปรับความถี่ก็สามารถทำได้ เช่นกันโดยการปรับค่าความถี่ของสัญญาณอ้างอิงคลื่น SINE เช่นกัน

ในการประยุกต์ใช้ระบบต่างๆ ที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการนำอินเวอร์เตอร์ไปขับ MOTER แรงดัน ของ MOTER ที่จะเพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของความถี่เมื่อเรามีความต้องการที่จะทำการปรับ ความเร็วของ MOTER เพื่อที่จะทำการรักษาค่า FLUX ในแกนเหล็กให้มีค่าคงที่

ในอินเวอร์เตอร์แบบ SPWM ค่าของแรงดันเอาต์พุตจะมีค่าแรงดันสูงสุดที่ค่า MODULATION INDEX มีค่า 100% ซึ่งที่ค่า MODULATION INDEX มีค่าเท่ากับ 100% นี้เองที่ทำให้ค่าของ AMPLITUDE ของแรงดันของรูปคลื่นสัญญาณ SINE มีค่า AMPLITUDE เท่ากับรูปคลื่นสามเหลี่ยม ตามปกติการที่จะเพิ่มแรงดันให้มากขึ้นเพื่อที่จะมีความถี่และความเร็วถ้ารูปคลื่นอ้างอิงเพิ่มมากขึ้นพัลส์ตรง กลางจะลดลงๆ คือเริ่มหายไปทีบริเวณตรงกลางทำให้จำนวนพัลส์น้อยลง

2.6 การควบคุมแรงดัน

ค่าแรงดัน R.M.S. หรือค่าแอมพลิจูดของ SIX-STEP VOLTAGE WAVEFORM หาได้จากสมการ

$$\text{MEAN SQUARE VALUE} = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{V}{3} \right)^2 \times \pi \left(\frac{V}{3} \right)^2 \times \frac{\pi}{3} + \left(\frac{V}{3} \right)^2 \times \frac{\pi}{3} \right] = \frac{2V^2}{9}$$

ซึ่งจะทำให้ค่าแรงดัน R.M.S.

$$= \frac{\sqrt{2V}}{3} = 0.471V$$

เมื่อ เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของอินเวอร์เตอร์

2.6.1 FUNDAMENTAL SINUSOIDAL COMPONENT

FUNDAMENTAL SINUSOIDAL เป็นส่วนประกอบที่สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ได้จากอนุกรมฟูเรียร์ ของรูปคลื่นแรงดันแบบ SIX STEP

$$= \frac{2}{\pi} \left[\int_0^{\frac{\pi}{3}} \frac{V}{3} \sin\theta d\theta + \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \frac{2V}{3} \sin\theta d\theta + \int_{\frac{2\pi}{3}}^{\pi} \frac{V}{3} \sin\theta d\theta \right] = \frac{2V}{\pi}$$

ค่าแรงดัน R.M.S. ขององค์ประกอบพื้นฐาน

$$= \frac{\sqrt{2V}}{\pi} = 0.4502V$$

2.6.2 TOTAL HARMONIC VOLTAGE

ค่า R.M.S. ของแรงดันฮาร์โมนิคสามารถหาได้จากใช้ค่าแรงดัน R.M.S รวมกับค่า R.M.S ของแรงดันพื้นฐานดังสมการ

$$= \sqrt{(V_{1\text{ rms}}^2 - V_1^2)} = \sqrt{[(0.4714V)^2 - (0.4502V)^2]} = 0.1397V$$

$$\text{THD} = (\text{R.M.S. TOTAL HARMONIC VOLTAGE}) / (\text{R.M.S. TOTAL VOLTAGE})$$

สำหรับ SIX STEP INVERTER ตามทฤษฎีจะมีค่าประมาณ

$$= \frac{0.1398}{0.4714} = 0.2966 = 26.96\%$$

2.7. วงจรหน่วงกระแส (DEAD TIME)

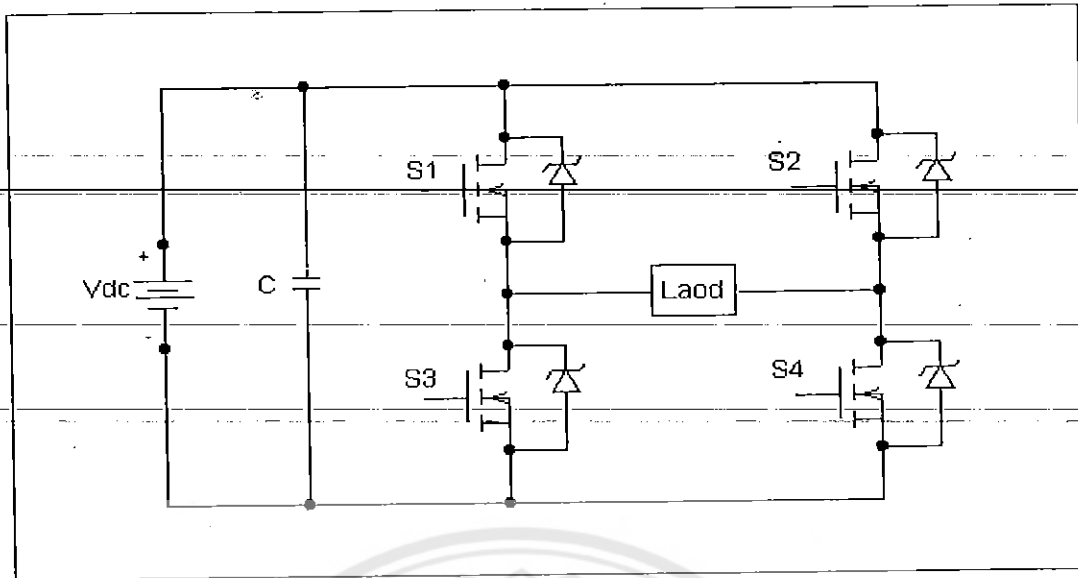
เป็นวงจรที่ใช้แยกสัญญาณที่จะนำไปควบคุม “มอสเฟต” ตัวบนและตัวล่างและตัวล่างในกิ่งเดียวกันของอินเวอร์เตอร์โดยสัญญาณที่จะควบคุมมอสเฟตแต่ละกิ่งในกิ่งเดียวกันนั้นจะกลับเฟสกันเพื่อให้มอสเฟตแต่ละตัวทำงานสลับกันไปซึ่งสัญญาณที่ไปควบคุมมอสเฟตแต่ละตัวต้องมีการสร้างเดดไทม์เพื่อไม่ให้มอสเฟตแต่ละตัวเกิดการ “ช็อตทรว” ในการเปลี่ยนสภาวะจากสภาวะนำกระแส (ON) ไปเป็นสภาวะหยุดนำกระแส (OFF) หรือในทางกลับกัน ของอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งโดยทั่วไปจะต้องใช้เวลาค่าหนึ่งซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าเวลาการสวิตซ์ซึ่งของอุปกรณ์นั้นๆ และในช่วงเวลาดังกล่าวค่ากระแสจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่อุปกรณ์ทั้งสองมีการเปลี่ยนสภาวะการนำกระแสโดยมีช่วงเวลาคาบเกี่ยวกัน จะทำให้มีกระแสไหลเป็นจำนวนมากและสามารถทำให้อุปกรณ์นั้นเสียหายได้ เพื่อป้องกันความเสียหายจากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องเผื่อค่าเวลาในการเปลี่ยนสภาวะการนำกระแสเพื่อไม่ให้คาบเกี่ยวกันหรือเรียกว่าค่าเวลา “เดดไทม์”

2.8. เพาเวอร์มอสเฟต

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งได้ ซึ่งมอสเฟตมีลักษณะเด่น คือ ขาเกทถูกแยกออกจากขาซอส และขาเดรน ดังนั้นจึงมีผลให้กระแสไหลไม่มากที่ขาเกท และมอสเฟตยังมีสวิตซ์ซึ่งไทม์ ดีกว่าทรานซิสเตอร์เมื่อเทียบที่ขนาดเดียวกัน ส่วนผลตอบสนองของเวลา ในเบื้องต้นจะถูกกำหนดโดยคาปาซิแตนซ์ ระหว่างขาเกทและขาซอสแม้ว่าในสภาวะเริ่มต้น กระแสอินพุทจะมีเพียงกระแสรั่วไหลซึ่งน้อยมาก ส่วนกระแสซาร์จและคิซาร์จจะไหลเนื่องจากเทร็นน้ออน และเทร็นน้อฟ ในช่วงเวลาที่แน่นอนจะมีผลกระทบต่อความเร็วในการสวิตซ์ซึ่ง

ข้อดีของมอสเฟต

- เป็นอุปกรณ์ ควบคุมแรงดัน
- สวิตซ์ซึ่งได้ดีที่ สัญญาณความถี่สูงได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 2.5 วงจรเพาเวอร์มอสเฟตพื้นฐาน

จากรูปที่ 2.5 เป็นอินเวอร์เตอร์ 1 เฟสซึ่งเป็นวงจรพื้นฐานที่ใช้เปลี่ยนไฟกระแสตรงให้เป็นกระแสลับ ซึ่งเอาต์พุตของกระแสลับนั้นได้จากการปิดและการเปิดสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ ความเหมาะสมของการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์จะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณและการกำหนดค่าเดดไทม์ให้เหมาะสม ดังรูปที่ 2.5 แสดงวงจรสวิตช์ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการสวิตช์อาจจะเป็นทรานซิสเตอร์, ไทริสเตอร์หรืออย่างอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของโครงการ แต่สำหรับโครงการนี้จะใช้เพาเวอร์มอสเฟตเป็นอุปกรณ์สวิตช์เพราะสามารถทำงานที่ความถี่สูงได้

2.9 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ (INDUCTION MOTOR DRIVER)

มอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอกจะเป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมเพราะว่าเป็นมอเตอร์ที่มีราคาถูกและโครงสร้างทนทานเมื่อต้องการให้มอเตอร์เหนี่ยวนำทำงานที่ความเร็วคงที่จะสามารถทำได้โดยป้อนแรงดันสาย (ซึ่งเป็นแรงดันที่คงที่ที่ความถี่ 60 Hz) แต่ในโครงการนี้จะใช้เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ คอนเวอร์เตอร์ (power electronic converters) มาควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำให้เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor drive) สามารถแบ่งตามลักษณะการนำไปใช้งานได้ 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. วงจรควบคุมขับเคลื่อนมอเตอร์แบบปรับความเร็วได้ (Adjustable-speed drives) ความสำคัญประการหนึ่งของชุดขับเคลื่อนนี้คือ จะนำไปใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้งานเป็นพัดลม คอมเพรสเซอร์ ปั๊ม และอื่นๆ

2. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์เซอร์โว (servo drives) เป็นการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำที่สลับซับซ้อน นั่นคือนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้งานเป็นมอเตอร์ชนิดเซอร์โวในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรกล-โรบอติกส์ในระบบที่แสดงในรูป (-การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้งานเป็นปั๊ม) พบว่าการลดลงของกำลังไฟฟ้าอินพุทเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความเร็วของมอเตอร์และอัตราการใช้พลังงานลดลงทำให้สามารถสรุปเป็นสมการคร่าวๆ ได้ว่า

$$\text{orque} \cong K_4 (\text{Speed})^2$$

เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่ปั๊มจากมอเตอร์จะมีค่าเป็น

$$\text{Power} \cong K_4 (\text{Speed})^3$$

เมื่อ k_1 และ k_2 เป็นค่าคงที่

จากตัวอย่างที่กล่าวมานั้น พบว่าในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะเกี่ยวข้องกับ เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ อินเวอร์เตอร์ (power electronic inverters) และยังสามารถควบคุมความเร็วในเกินกว่าความเร็วที่ปกติของมอเตอร์ได้อีกด้วย

2.9.1 หลักการพื้นฐานการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เนื่องจากในโครงการนี้จะเกี่ยวข้องกับมอเตอร์แบบกรงกระรอก ดังนั้นในการพิจารณาจะเฉพาะเจาะจงไปที่มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดกรงกระรอกเท่านั้น เนื่องจากที่สเตเตอร์จะประกอบไปด้วยขดลวดวางอยู่ในช่องสล็อต และส่วนของโรเตอร์แบบกรงกระรอกจะทำมาจากแท่งตัวนำหลายๆแท่ง โดยที่จุดปลายของแต่ละแท่งจะถูกมัดรวมเข้าด้วยกันโดยใช้วงแหวน short ring จาก โครงสร้างที่กล่าวมาอย่างคร่าวๆจะเห็นว่าง่าย ราคาถูก และมีความทนทาน ทำให้เป็นที่นิยมใช้กัน

เมื่อทำการจ่ายแรงดันที่สมดุลเข้ากับข่ออาร์เมเจอร์ในสเตเตอร์ จะทำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดและจะเกิดสนามแม่เหล็ก B_{ag} ในช่องอากาศซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้ (1) มีขนาดคงที่ และ (2) หมุนด้วยความเร็วคงที่ และเรียกความเร็วนี้ว่าความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) โดยความเร็วซิงโครนัสในมอเตอร์ที่มี P - ขั้วและมีความถี่ f จะสามารถหาได้จากสูตร

$$n_s = \frac{120f}{P}$$

สมการต่างๆที่มีความสำคัญสำหรับการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยการปรับความถี่ จะสามารถสรุปได้ดังนี้

$$\omega_s = K_7 f$$

$$S = \frac{(\omega_s - \omega_r)}{\omega_s}$$

$$f_r = S f$$

$$s = K_3 \Phi_{ag} f$$

$$s = K_4 \Phi_{ag} f_r$$

จากความสัมพันธ์ของสมการต่างๆ ดังกล่าวทำให้สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละค่าได้ดังนี้

1. ค่า SYNCHRONOUS SPEED เปลี่ยนแปลงตามการปรับค่าความถี่ของแรงดันที่จ่าย
2. ที่ความถี่ต่ำ ค่ากำลังงานสูญเสียที่เกิดจากความต้านทานภายในมอเตอร์และ slip frequency จะมิต่ำ เพราะฉะนั้นที่สภาวะ steady state ค่า slip frequency ควรมิต่ำไม่เกินพิกัดความถี่ที่ระบุไว้บน nameplate
3. ที่ slip frequency ต่ำๆ โดยความถี่ของแหล่งจ่ายคงที่ พบว่าค่า slip (S) จะมีค่าน้อยตาม slip frequency และการปรับความเร็วของมอเตอร์จะแปรผันอย่างเป็นเชิงเส้นกับความถี่ของแหล่งจ่าย
4. สำหรับแรงบิดของมอเตอร์จะมีค่าเท่ากับค่าที่พิกัด เมื่อความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์มีค่าเท่ากับ ความถี่ของแหล่งจ่ายและค่า Φ_{ag} ควรมิต่ำคงที่และเท่ากับค่าที่พิกัด

จากความสำคัญ 4 ข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการควบคุมความถี่ (f) ของแหล่งจ่ายไฟที่ให้แก่มอเตอร์ และฟลักซ์แม่เหล็กในช่องอากาศ (air gap flux Φ_{ag}) ควรทำให้มีค่าคงที่ที่พิกัดโดยการควบคุมขนาดของแรงดัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่เช่นเดียวกัน

2.9.2 ลักษณะของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่พิกัดความถี่และพิกัดแรงดัน

ลักษณะพื้นฐานของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ระบุอยู่ใน nameplate ทั้งค่าของความถี่และระดับแรงดัน แสดง (แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความเร็วรอบและแรงบิด) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความเร็วรอบและกระแส) ซึ่งจากกราฟสามารถอธิบายได้ว่า กราฟจะเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้นเมื่อค่า f , T_e และ I_r มีค่าต่ำ แต่เมื่อค่า f มีค่ามากขึ้นถึงจุดหนึ่ง ค่า T_e และ I_r จะไม่เปลี่ยนแปลงเป็นเชิงเส้นกับ f , เพราะว่าการที่ค่าของ I_r มีค่ามากขึ้นจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมค่าความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ซึ่งทำให้ค่า Φ_{ag} มีค่าลดลงในขณะที่ค่าของแรงดันและความถี่ที่แหล่งจ่ายยังคงที่ จากผลกระทบทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นผลทำให้กราฟของแรงบิดและกระแสที่ค่าความถี่มากถึงค่าหนึ่ง โดยจะเรียกจุดที่เกิดค่าแรงบิดสูงสุดนี้ว่า pull-out torque

2.9.3 การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่และแรงดันที่จ่ายให้กับสเตเตอร์

ความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถที่จะปรับได้ตามความถี่ที่ซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม SYNCHRONOUS SPEED นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมความเร็วของโรเตอร์ได้ถ้าสลิบมีค่าคงที่และในการควบคุมนั้นจะต้องรักษา Φ_{ag} ให้มีค่าคงที่ ซึ่งทำได้โดยการปรับระดับแรงดันให้เป็นเชิงเส้นกับความถี่ ดังนั้นการปรับความถี่และแรงดันของมอเตอร์เหนี่ยวนำจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ได้มีการนำวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำมาใช้งาน

2.9.4 ลักษณะแรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

Φ_{ag} มีค่าคงที่ความสัมพันธ์ระหว่าง e และ f_r จะเป็นเชิงเส้นในช่วงที่ค่า f_r มีค่าต่ำซึ่งสมการในช่วงนี้จะออกมาเป็น

$$e = K_g f_r$$

สมการข้างต้นเนื่องจากความถี่ f เป็นฟังก์ชันของ SLIP SPEED (ω_r) ทำให้ e เป็นฟังก์ชันกับ (ω_r) ด้วยเช่นเดียวกันตามสมการ

$$\omega_r = \frac{\left(\frac{f_r}{f}\right)}{\omega_s} = \frac{4\pi f_r}{P}$$

$$= K_{10} \omega_R$$

เมื่อนำสมการระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบมา plot โดยเปลี่ยนความถี่ไปเรื่อยๆ ซึ่งเท่ากับ

เปลี่ยน (ω_r) ด้วยเช่นเดียวกันจะได้กราฟออกมา

พิจารณาที่ความถี่ 2 ระดับคือ f_1 และ f_2 ดังนั้นความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนจะเป็น (ω_{s1}) และ

(ω_{s2}) ถ้าแรงบิดที่โหลดมีค่าเท่ากันทั้ง 2 ระดับความถี่ จากสมการข้างต้นพบว่า $(\omega_{s1}) = (\omega_{s2})$

ดังนั้นเส้นกราฟที่มีค่าแรงบิดที่โหลดและ slip speed เท่ากันแต่เปลี่ยนระดับของความถี่ไป จะได้เส้นกราฟเหมือนกันแต่จะขนานกัน

นั่นคือถ้าแรงบิดที่โหลดมีค่าคงที่ ค่า (ω_s) ก็จะคงที่ด้วยแต่เนื่องจากเมื่อความถี่ลดลงค่าของ slip จะเพิ่มขึ้นทำให้การสูญเสียกำลังงาน โรเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตาม f มีค่าลดลงเพื่อลดความเร็วของมอเตอร์ แต่ค่าแรงบิดที่โหลดในมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้งานแบบต่างๆ จะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบยกกำลัง สองดังนั้นในกรณีที่การลดลงของ f มีค่าเท่ากันกับการลดลงของ slip ค่าความสูญเสียในโรเตอร์จะมีค่าน้อยลง

2.9.5 อินเวอร์เตอร์แบบสเปซเวกเตอร์ของแรงดัน

จากบทที่ผ่านมามาดูจะเห็นว่าอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการควบคุมแบบเวกเตอร์จะเป็นแบบควบคุมแรงดัน (Voltage Control) ซึ่งเป็นการง่ายที่จะทำโดยใช้หลักการของเวกเตอร์แรงดัน ซึ่งจะอธิบายดังต่อไปนี้ เป็นชุดอินเวอร์เตอร์ที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง U_{dc} และสวิตช์กำลังตัวซึ่งสามารถจะสร้างเวกเตอร์แรงดันได้ 8 แบบกล่าวคือ เวกเตอร์ศูนย์ V_0, V_7 และเวกเตอร์ V_1-V_6 ซึ่งมีขนาดโดยที่ตัวเลขในวงเล็บแสดงถึงลักษณะการปิดเปิดวงจรของสวิตช์ในเฟส a b และ c ตามลำดับ "0" หมายถึงสวิตช์ตัวบนเปิดวงจร "1" หมายถึงสวิตช์ตัวบนปิดวงจร เช่น ในกรณี $V_4 [100]$ จะเป็นกรณีที่สวิตช์หมายเลข 1 6 และ 2 ปิดวงจรจะได้แรงดันระหว่างสายดังต่อไปนี้

บทที่ 3

การออกแบบและวิเคราะห์สัญญาณ

3.1 ขั้นตอนการหาข้อมูลและการออกแบบ

ศึกษาการทำงานของ “อินเวอร์เตอร์”

ศึกษาวงจรต่างๆของ “อินเวอร์เตอร์”

ออกแบบ

- สร้างวงจรกำเนิด Triangle ความถี่ 4 KHZ , 5 V
- สร้างวงจรกำเนิด Sine Wave ความถี่ 50 HZ
- สร้างวงจร Comparator
- สร้างวงจร Dead Time
- สร้างวงจร Driver
- สร้างแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงบวกและไฟเลี้ยงลบ
- สร้างวงจรระบบป้องกันอื่นๆประกอบด้วย
- วงจรป้องกันกระแสเกิน
- วงจรป้องกันกระแสอินรัชหรือกระแสกระชาก (Inrush Current Protection)

3.2 ขั้นตอนการหาข้อมูลและการออกแบบ

- สร้างวงจรกำเนิด Triangle ความถี่ 4 KHZ , 5 V โดยใช้ IC สำเร็จรูปเบอร์ 8038 สาเหตุที่ใช้ IC สำเร็จรูปก็เนื่องมาจากลดต้นทุนและลดความซับซ้อนของวงจร ซึ่งวงจรกำเนิด Triangle สามารถดูได้จากรูปที่ 3.2

- สร้างวงจรกำเนิด Sine ความถี่ 50 HZ โดยใช้ IC สำเร็จรูป สาเหตุที่ใช้ IC สำเร็จรูปก็เนื่องมาจากลดต้นทุนและลดความซับซ้อนของวงจร ซึ่งวงจรกำเนิด Sine สามารถดูได้จากรูปที่ 3.1

- สร้างวงจร Comparator เป็นวงจรที่ใช้เปรียบเทียบสัญญาณ Sine และ สัญญาณ Triangle ซึ่งวงจร Comparator สามารถดูได้จากรูปที่ 3.3

- สร้างวงจรหน่วงกระแส (Dead Time) เป็นวงจรที่ใช้แยกสัญญาณที่จะนำไปควบคุม มอสเฟตตัวบนและตัวล่างและตัวล่างในกิ่งเดียวกันของอินเวอร์เตอร์ โดยสัญญาณที่จะควบคุมมอสเฟตแต่ละกิ่งในกิ่งเดียวกันนั้นจะกลับเฟสกันเพื่อให้มอสเฟตแต่ละตัวทำงานสลับกันไปซึ่งสัญญาณที่ไปควบคุมมอสเฟตแต่ละตัวต้องมีการสร้างเดดไทม์เพื่อไม่ให้มอสเฟตแต่ละตัวเกิดการ ช็อตทรู ซึ่งวงจร Dead Timeสามารถดูได้จากรูปที่ 3.4 และ 3.5

- สร้างวงจร Driver ใช้ IC สำเร็จรูป IR 2110 สาเหตุที่ใช้ IC สำเร็จรูปก็เนื่องมาจากลดต้นทุนและลดความซับซ้อนของวงจร สร้างเพื่อนำไป Drive มอเตอร์ ซึ่งวงจร Driver สามารถดูได้จากรูปที่ 3.6

- สร้างวงจรจ่ายไฟเลี้ยง ซึ่งจะต้องจ่ายให้กับวงจรต่างๆ ดังนี้ วงจรภาคคอนโทรล วงจรภาคเพาเวอร์ และวงจรภาคไดรเวอร์

3.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและคุณภาพของรูปคลื่นสัญญาณ *

การวิเคราะห์ในเรื่องของค่านีที่ใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุททั้งแรงดันและกระแสที่ใช้ในโครงการนี้จะใช้ทฤษฎีของอนุกรมฟูเรียร์ซึ่งเป็นอนุกรมที่สามารถใช้วิเคราะห์รูปคลื่นสัญญาณที่ไม่ใช่รูปไซน์ได้

จะสามารถเขียนให้อยู่ในอนุกรมได้ดังนี้

ฟังก์ชัน $f(t)$ ทั่วไปเขียนอธิบายได้ในรูปการกระจายของความสัมพันธ์ของฟังก์ชันให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t)] \quad (3.1)$$

$$v_o(t) = V_o(t + T)$$

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

$$v_o(\omega_0 t) = V_o(\omega_0 t + 2\pi)$$

$$v_o(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1,2,\dots}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

เมื่อ

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) dt$$

หรือ

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} V_0(\omega_0 t) d(\omega_0 t)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos(n\omega_0 t) d\omega_0 t$$

หรือ

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_0^{2\pi} V_0(\omega t) \cos(n\omega_0 t) d\omega_0 t \tag{3.2}$$

15039587
4400574
TX
7872 77
0753
2544 C.2

หรือ

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \sin(n\omega_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} V_0(\omega_0 t) \sin(n\omega_0 t) d\omega_0 t$$

ในส่วนของค่า a_n และ b_n จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบไซน์และโคไซน์ตามลำดับซึ่งจากการรวมสมการทางคณิตศาสตร์ สามารถเขียนสมการได้อีกรูปแบบหนึ่ง ได้ดังสมการ

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [C_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n)] \tag{3.3}$$

$$a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} \left[\frac{a_n}{\sqrt{(a_n^2 + b_n^2)}} \cos n\omega_0 t + \frac{b_n}{\sqrt{(a_n^2 + b_n^2)}} \sin n\omega_0 t \right]$$

$$\begin{aligned} a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t &= \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} [\sin \phi_n \cos n\omega_0 t + \cos \phi_n \sin n\omega_0 t] \\ &= \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} \sin(n\omega_0 t + \phi_n) \end{aligned}$$

$$C_n = \sqrt{(a_n^2 + b_n^2)} \quad (3.4)$$

$$\theta_n = \tan^{-1} \left(\frac{a_n}{b_n} \right)$$

เมื่อเรานำไปวิเคราะห์รูปคลื่นสัญญาณจะได้ค่าดัชนีต่างๆ ดังนี้แสดงดังตารางที่ 3.1



ตารางที่ 3.1 นิยามดัชนีและค่าปริมาณที่กำหนดคุณสมบัติและคุณภาพรูปคลื่นเอาท์พุท

ค่า	นิยาม %
THD_v	$100 \times \frac{\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2\right)}}{V_1}$
THD_i	$100 \times \frac{\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2\right)}}{I_1}$
V_{Irms}	$\frac{V_{\text{peak}}}{\sqrt{2}}$
$V_{2\text{rms}}$	$\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} V_n^2\right)}$
I_{Irms}	$\frac{I_{\text{peak}}}{\sqrt{2}}$
$I_{2\text{rms}}$	$\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2\right)}$
DF_1	$100 \times \frac{\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{V_n^2}{n^2}\right)}}{V_1}$
DF_2	$100 \times \frac{\sqrt{\left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{V_n^2}{n^4}\right)}}{V_1}$

เมื่อ V_n^2 คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่มีลำดับฮาร์โมนิกที่ n (r.m.s.)

I_n^2 คือ ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่มีลำดับฮาร์โมนิกที่ n (r.m.s.)

THD_v คือ ค่า Total Harmonic Distortion ของแรงดัน

THDi คือ ค่า Total Harmonic Distortion ของกระแส

DF₁ คือ ค่า ดิสทอร์ชันแฟกเตอร์ด้านฝั่งเอซี สำหรับที่มีการฟิลเตอร์ลำดับที่ 1

DF₂ คือ ค่า ดิสทอร์ชันแฟกเตอร์ด้านฝั่งเอซี สำหรับที่มีการฟิลเตอร์ลำดับที่ 2

3.4 ค่า Total Harmonic Distortion (THD)

ทั้งของแรงดัน (THD_v) และของกระแส (THDi) เป็นดัชนีที่ใช้ในการบ่งชี้คุณภาพของความคิดเห็นของรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตที่แตกต่างจากองค์ประกอบแรงดันหรือกระแสความถี่มูลฐานในการหาค่า THD นี้จะต้องอาศัยการวิเคราะห์ที่ใช้ทฤษฎีฟูเรียร์ เพื่อหาค่าองค์ประกอบความถี่มูลฐานและฮาร์โมนิกของรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุต จึงสามารถนำไปเข้าสู่ตรรกะและหาค่าออกมาได้เปอร์เซ็นต์ THD หากมีค่ามากแสดงว่ารูปคลื่นสัญญาณมีความคิดเห็นมาก

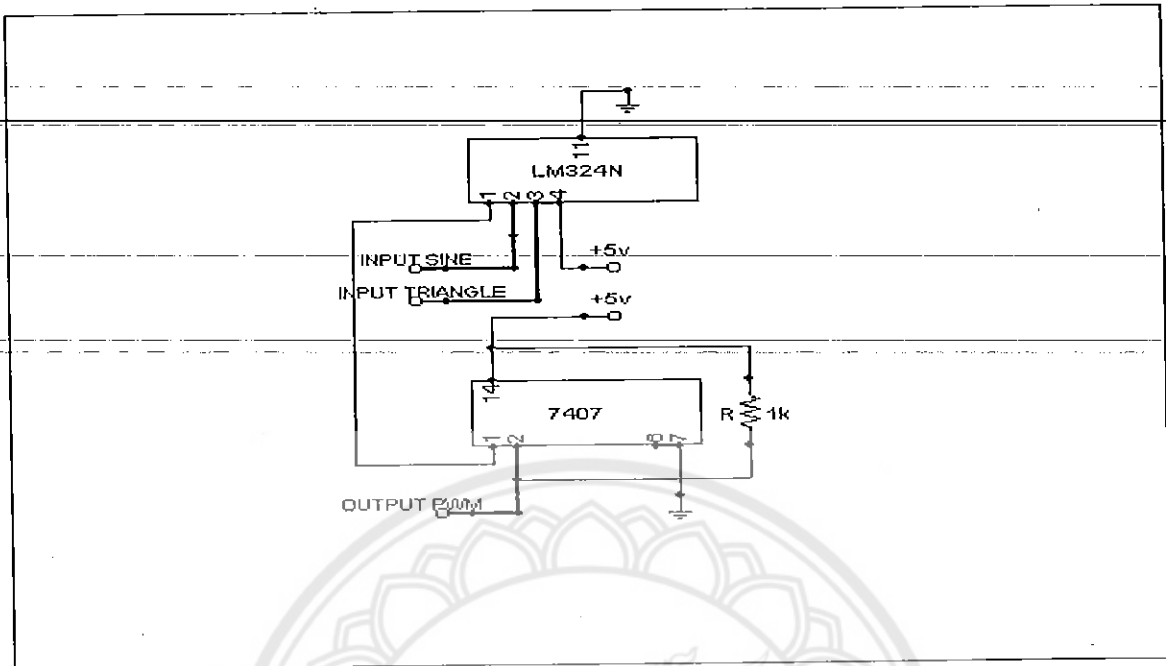
3.5 ค่า อาร์.เอ็ม.เอส ขององค์ประกอบความถี่มูลฐาน

ค่า อาร์.เอ็ม.เอส ขององค์ประกอบความถี่มูลฐาน ทั้งแรงดัน (V_{rms}) และกระแส (I_{rms}) เป็นค่าระดับแรงดันและกระแส อาร์.เอ็ม.เอส ที่ความถี่มูลฐานซึ่งเป็นความถี่ที่ใช้งานของอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์ องค์ประกอบนี้จะเป็นองค์ประกอบที่สร้างกำลังไฟฟ้าและเป็นองค์ประกอบที่ต้องการใช้งาน ค่า อาร์.เอ็ม.เอส ของแรงดัน (V_{rms}) และ กระแส (I_{rms}) เอาต์พุตเป็นค่าระดับแรงดันและกระแส อาร์.เอ็ม.เอส ของสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งเป็นค่ารวมขององค์ประกอบทุกตัวทั้งความถี่มูลฐานและฮาร์โมนิก

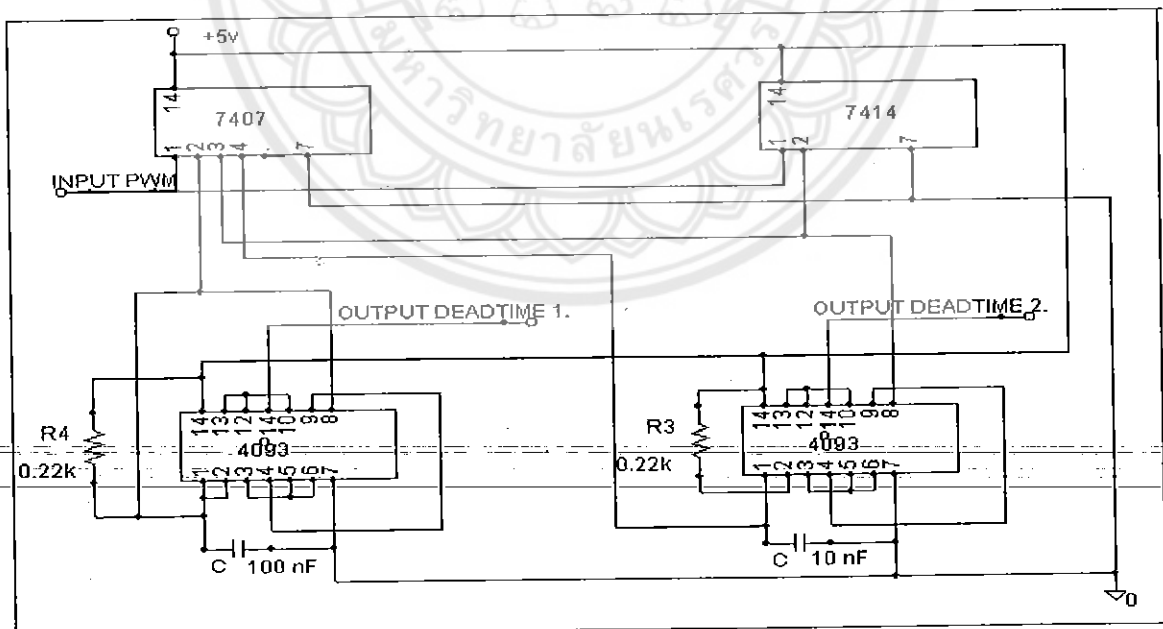
3.6 ค่าดิสทอร์ชันแฟกเตอร์

สำหรับค่า DF₂ ที่นิยมในโครงการนี้ เป็นค่าดิสทอร์ชันแฟกเตอร์ที่มีตัวหารลดทอนสัญญาณขนาดเท่ากับ h^2 เมื่อ h เป็นเลขลำดับของฮาร์โมนิก ค่านี้จะใช้การวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการต่อโหลดชนิดฟิลเตอร์แบบลำดับที่ 2 (Second-Order Filter) ตัวอย่างเช่นแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS) โดยมากมักมีวงจรฟิลเตอร์ LC ชนิดลำดับที่ 2 อยู่ระหว่างชุดอินเวอร์เตอร์กับ โหลด ซึ่งฟิลเตอร์ดังกล่าวจะมีผลการลดทอนฮาร์โมนิกแปรผันตามกำลังสองของลำดับฮาร์โมนิก (h) ทำนองเดียวกัน สำหรับโหลดชนิดฟิลเตอร์ลำดับที่ 1 เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำเอซี ซึ่งจะมีอินดักแตนซ์ที่ตัวฮาร์เมเจอร์และลิกนจ์ อินดัก-

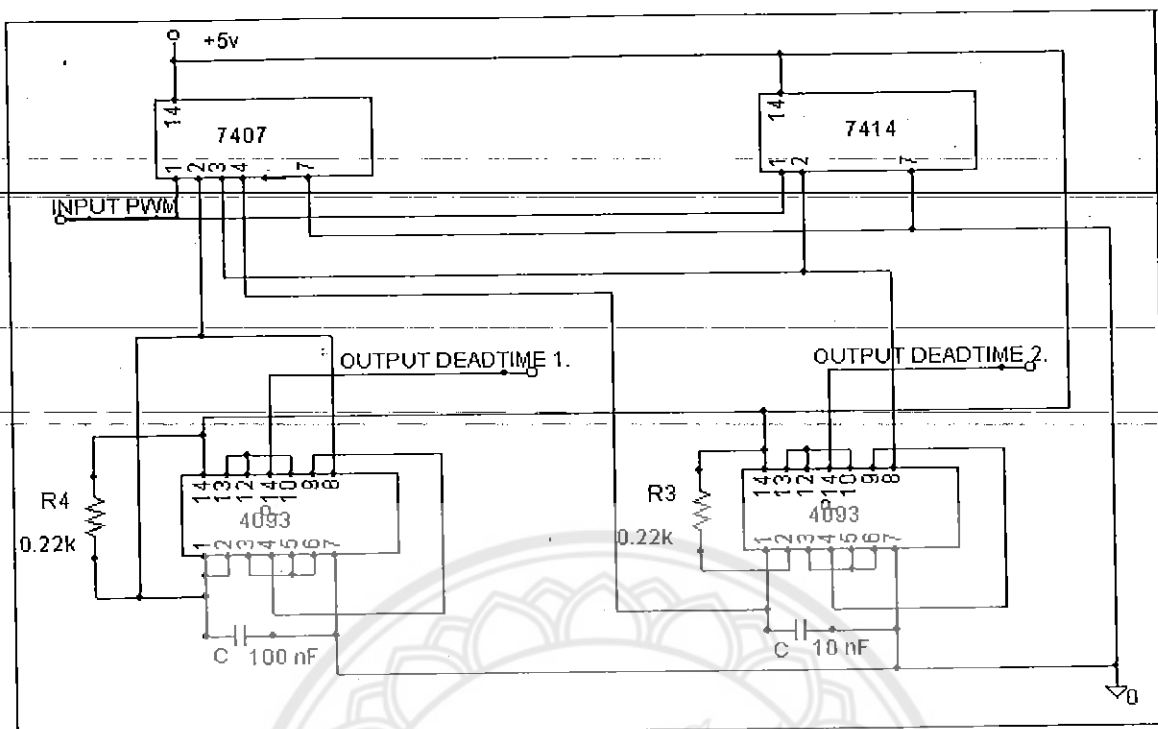
*



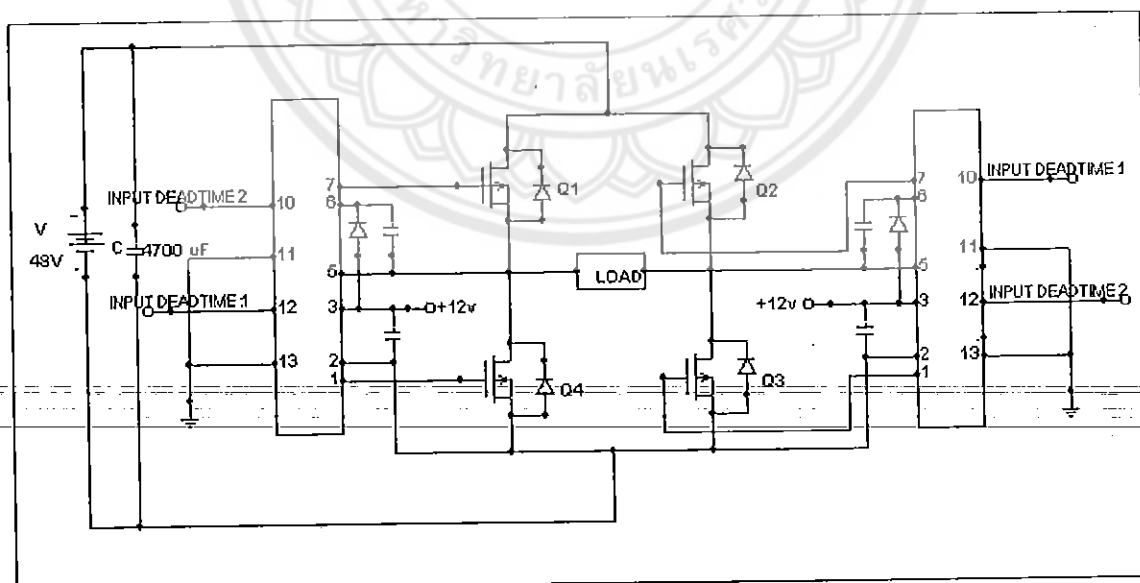
รูปที่ 3.3 วงจรที่ใช้สร้าง Pulse Width Modulation



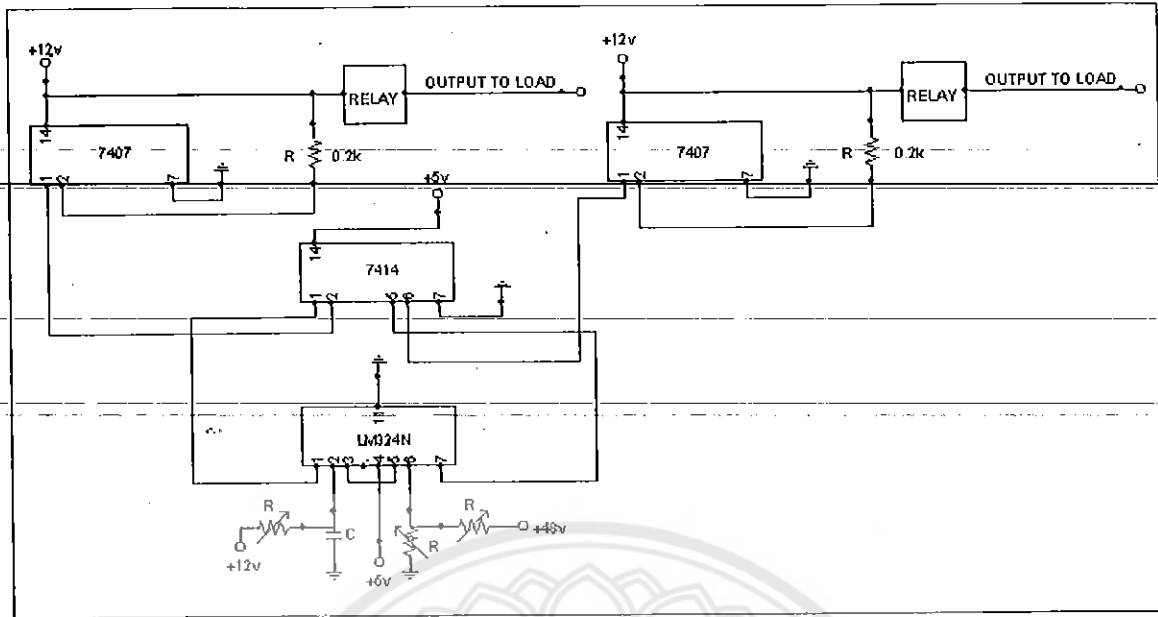
รูปที่ 3.4 วงจร DEADTIME ที่จ่ายเข้าสู่ IR 2110 เพื่อขับมอเตอร์ Q4 และ Q2



รูปที่ 3.5 วงจร DEADTIME ที่จ่ายเข้าสู่ IR 2110 เพื่อขับมอสเฟต Q1 และ Q3



รูปที่ 3.6 วงจรขับ Mosfet หรือวงจร Driver โดยใช้ IR 2110



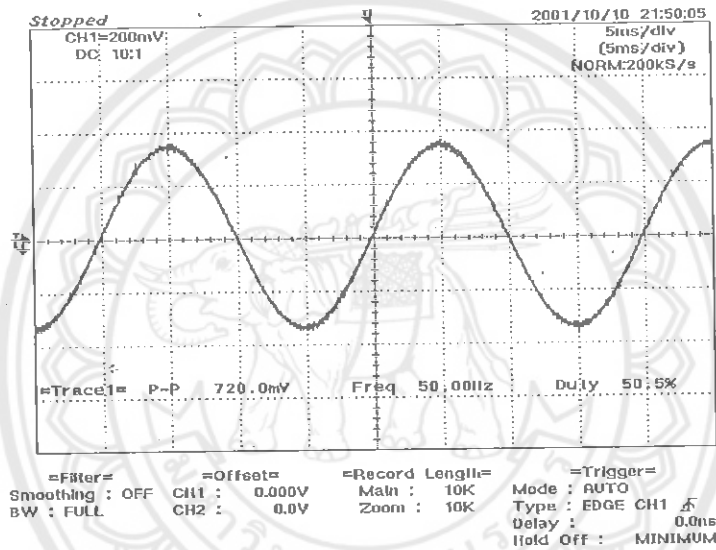
รูปที่ 3.7 วงจรระบบป้องกันแรงดันตก และป้องกันกระแสกระชาก



บทที่ 4

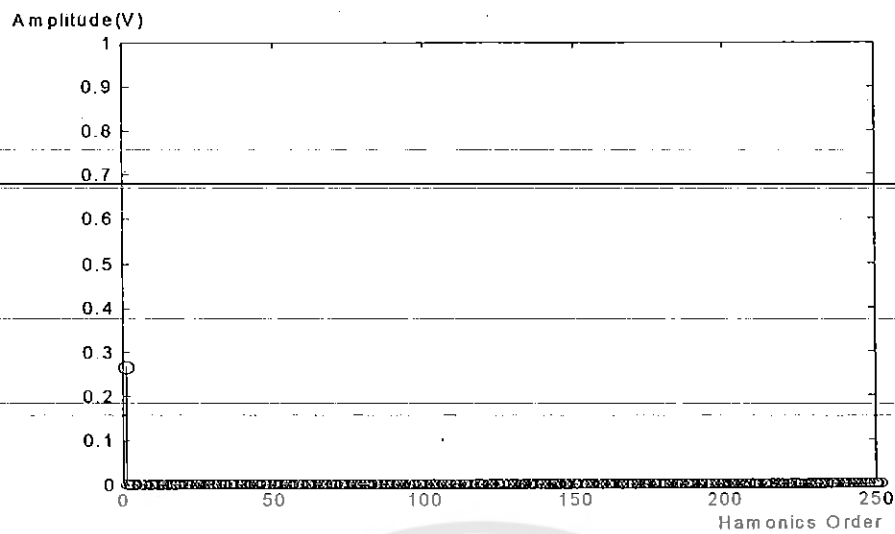
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

รูปที่ 4.1 เป็นรูปคลื่น Sine ที่ได้จากการทดลองจริง ความถี่ 50 Hz และแรงดันยอดสูงสุดเท่ากับ 720-mV จากการทดลองเราจะออกแบบให้สัญญาณ Sine มีแรงดันยอดสูงสุดที่มีค่าต่ำ เนื่องจากจะทำให้สัญญาณ Sine มีแรงดันคงที่และไม่มีสัญญาณฮาร์โมนิคครบถ้วน ซึ่งทำให้สัญญาณ Sine ที่ได้มีคุณภาพ และเสถียรภาพสูงสุด

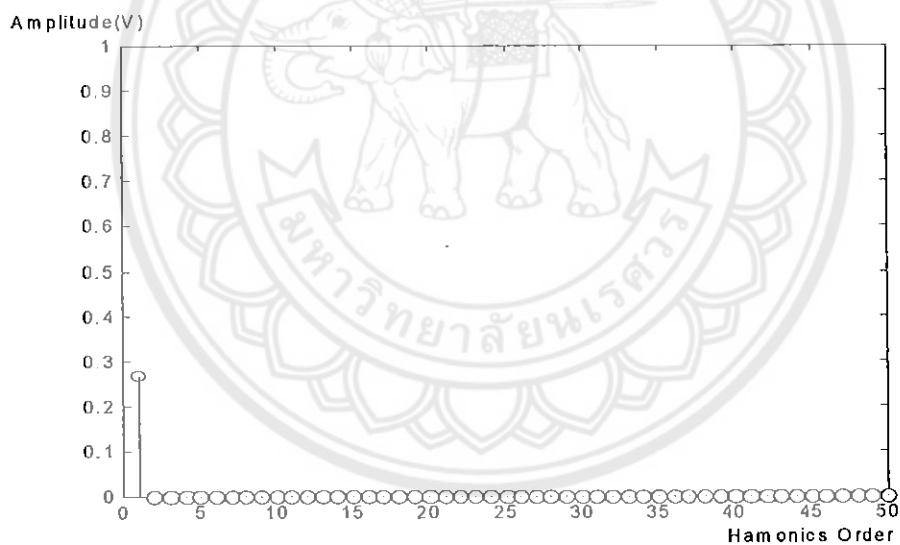


รูปที่ 4.1 รูปคลื่น Sine ก่อนที่จะเข้าสู่ส่วน Compare

รูปที่ 4.2 เป็นการวิเคราะห์ฮาร์โมนิคโดยใช้ Fast Fourier Transform ของรูปคลื่น Sine ที่ได้จากรูปที่ 4.1 พิจารณาจากลำดับที่ความถี่มูลฐานจนถึงลำดับที่ 250 และจากการวิเคราะห์จะเห็นว่าเกิดฮาร์โมนิคที่ความถี่มูลฐานลำดับเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสัญญาณไซน์ที่ได้มีคุณภาพมาก และจากรูปที่ 4.3 เป็นการวิเคราะห์สัญญาณรูปคลื่น Sine ที่ได้จากการทดลองจากรูปที่ 4.1 เช่นกัน แต่จะพิจารณาเพียงลำดับที่ความถี่มูลฐานถึงลำดับที่ 50 เท่านั้น เพื่อที่จะได้เห็นการเกิดฮาร์โมนิคได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

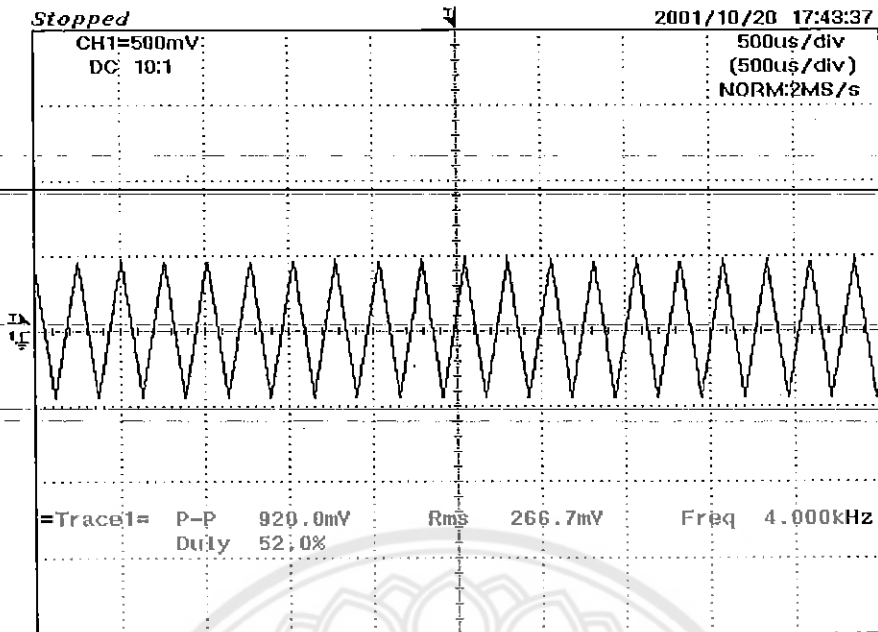


รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นแรงดัน Sine พิจารณาถึงลำดับที่ 250

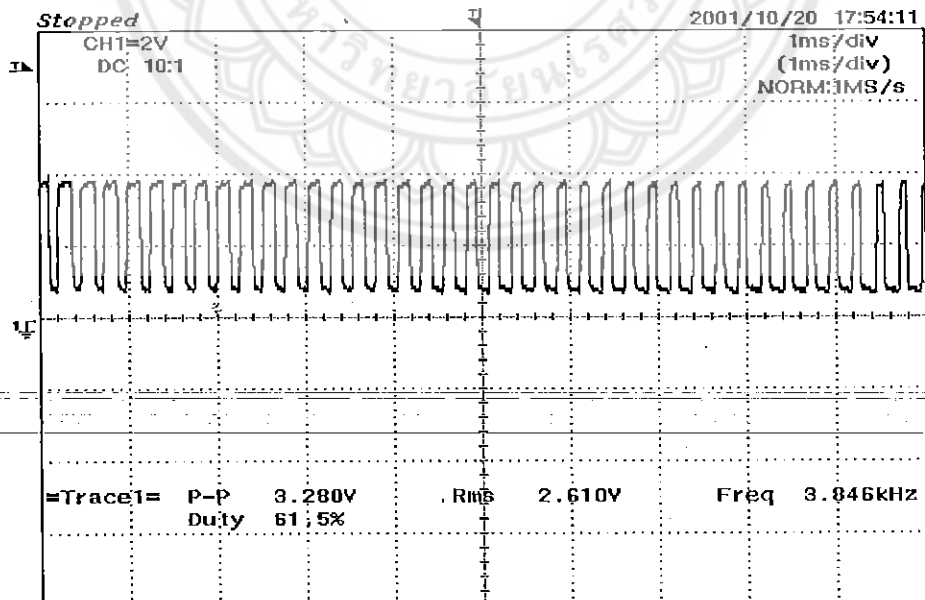


รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นแรงดัน Sine พิจารณาถึงลำดับที่ 50

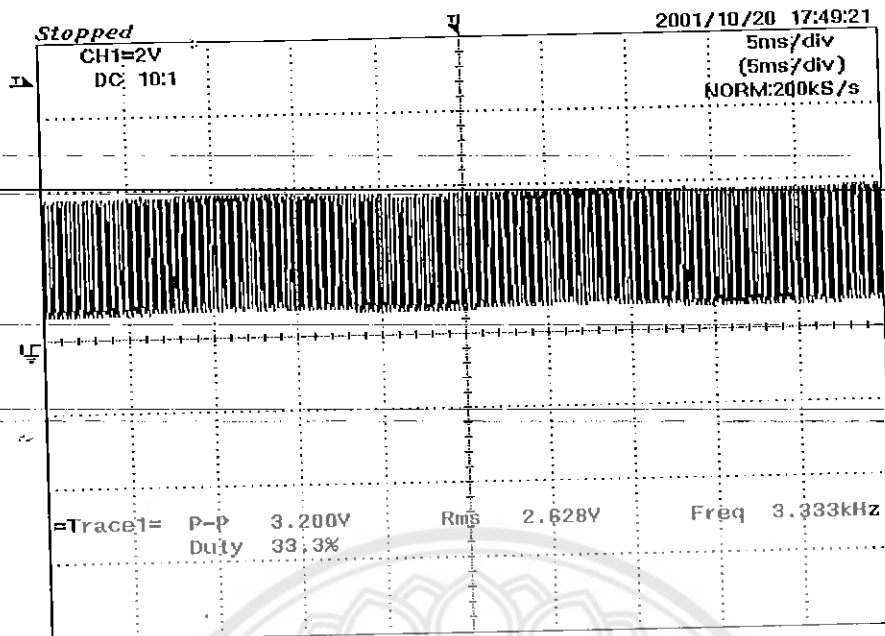
จากรูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณ Triangle ความถี่ 4 kHz แรงดันยอดสูงสุดเท่ากับ 1.10 mV ในการออกแบบค่ายอดสูงสุดของ Triangle จะต้องสัมพันธ์กับค่ายอดสูงสุดของ Sine ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง Sine กับ Triagle มีค่าประมาณ 0.8 จึงจะทำให้เอาท์พุทมีประประสิทธิภาพสูงสุด



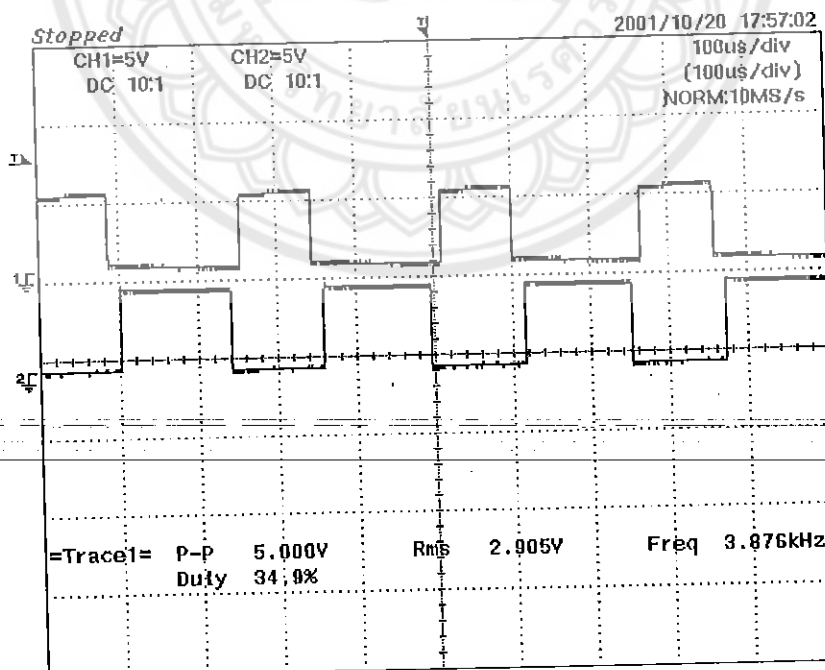
รูปที่ 4.4 รูปคลื่น Triagle ก่อนเข้าสู่ส่วน Compare



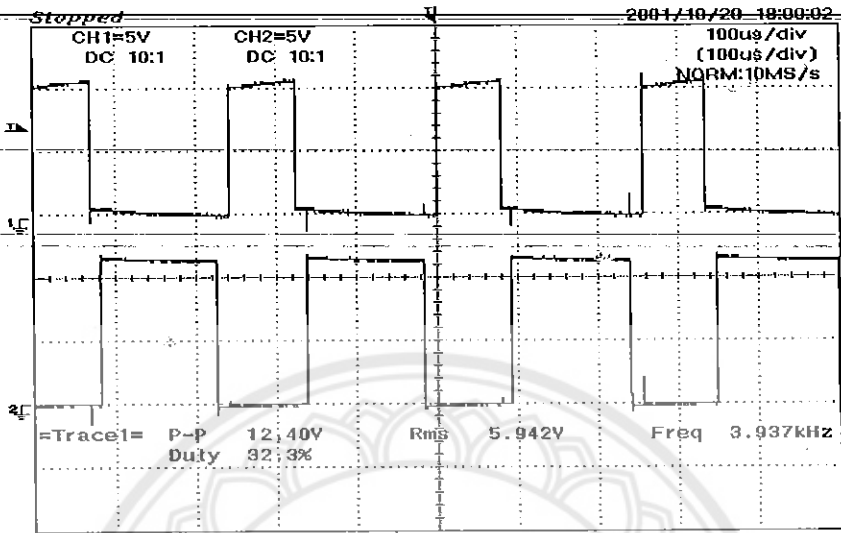
รูปที่ 4.5 สัญญาณ Pulse Width Modulation ที่ได้จากการ Compare



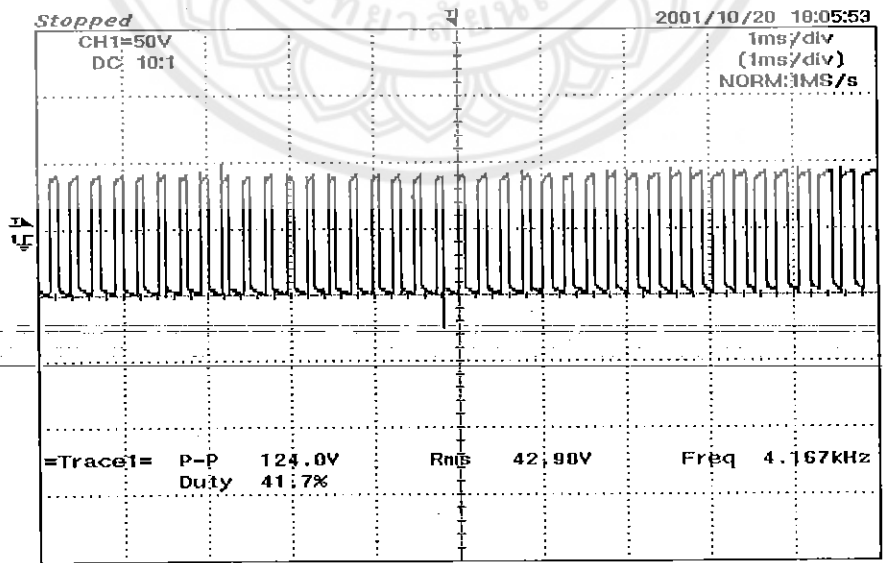
รูปที่ 4.6 สัญญาณ Pulse Width Modulation ก่อนเข้า Dead Time



รูปที่ 4.7 สัญญาณ Dead Time ก่อนเข้าสู่ Driver

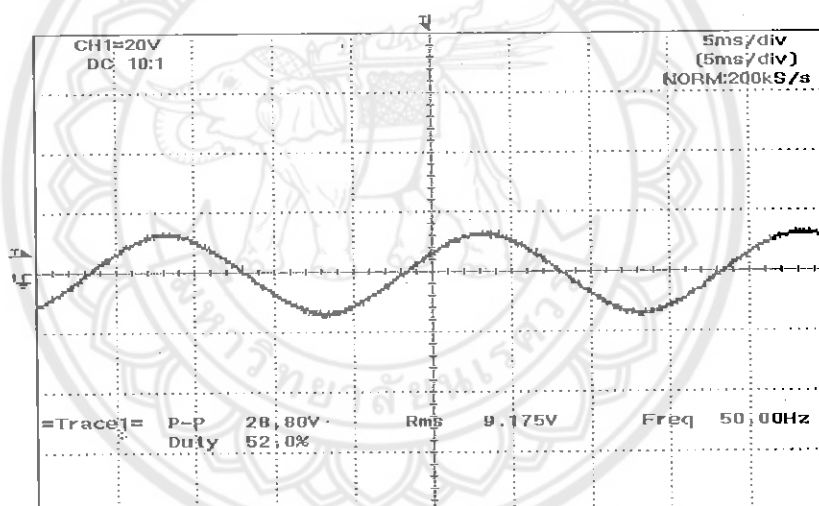


รูปที่ 4.8 สัญญาณ Dead Time ที่ออกจาก Driver

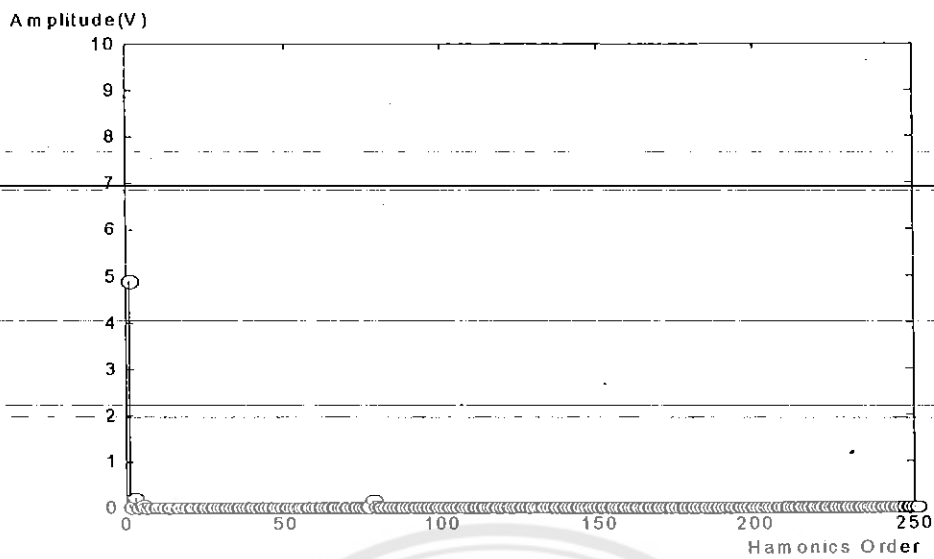


รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดัน Output ก่อนเข้าฟิลเตอร์

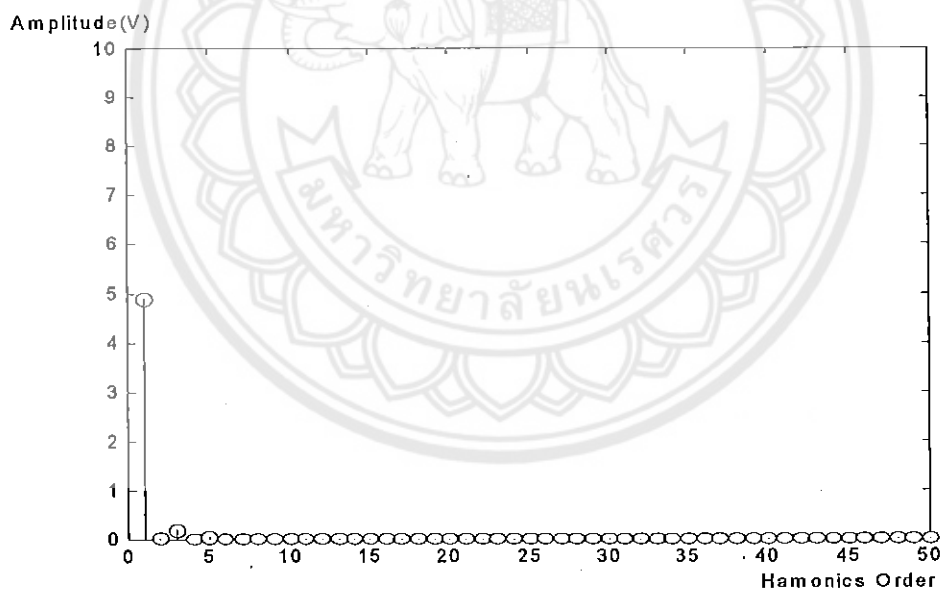
จากรูปที่ 4.5 เป็นรูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตขณะไม่ได้จ่ายโหลดที่มีความถี่ 50 Hz และจากการทดลองเมื่อนำสัญญาณแรงดันเอาต์พุตไปวิเคราะห์ฮาร์โมนิกโดยใช้ Fast Fourier Transform ซึ่งได้ผลตามรูปที่ 4.6 พิจารณาลำดับที่มีความถี่มูลฐานถึงลำดับที่ 250 จะเห็นว่าฮาร์โมนิกเกิดที่มีความถี่มูลฐานและลำดับที่ 80 ทำให้แรงดันที่ได้คุณภาพและเป็นไปตามทฤษฎีในรูปที่ 4.7 ก็เป็นการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของแรงดันเอาต์พุตเช่นกัน แต่วิเคราะห์เพียงลำดับที่มีความถี่มูลฐานถึงลำดับที่ 50 เท่านั้น เพื่อที่จะได้เห็นการเกิดฮาร์โมนิกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.10 รูปคลื่นแรงดัน Output ขณะที่ไม่มีโหลด

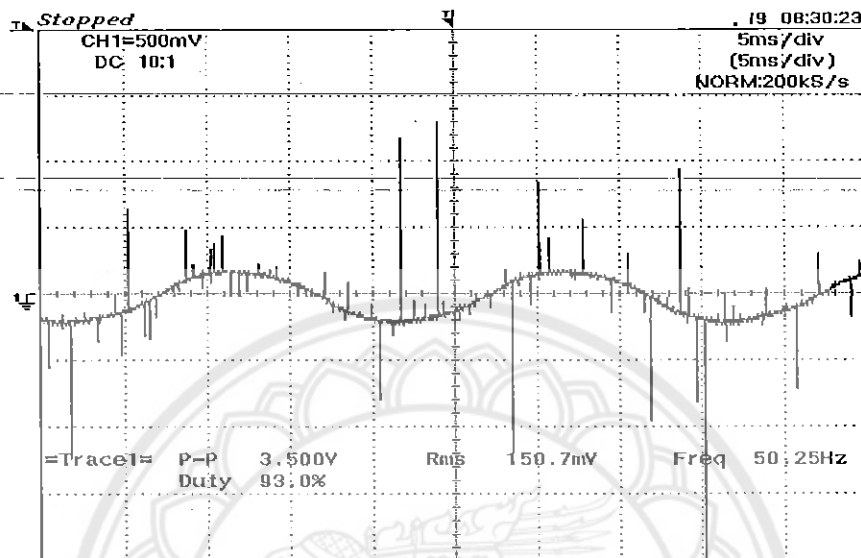


รูปที่ 4.11 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของแรงดันขณะไม่จ่ายโหลด พิจารณาถึงลำดับที่ 250

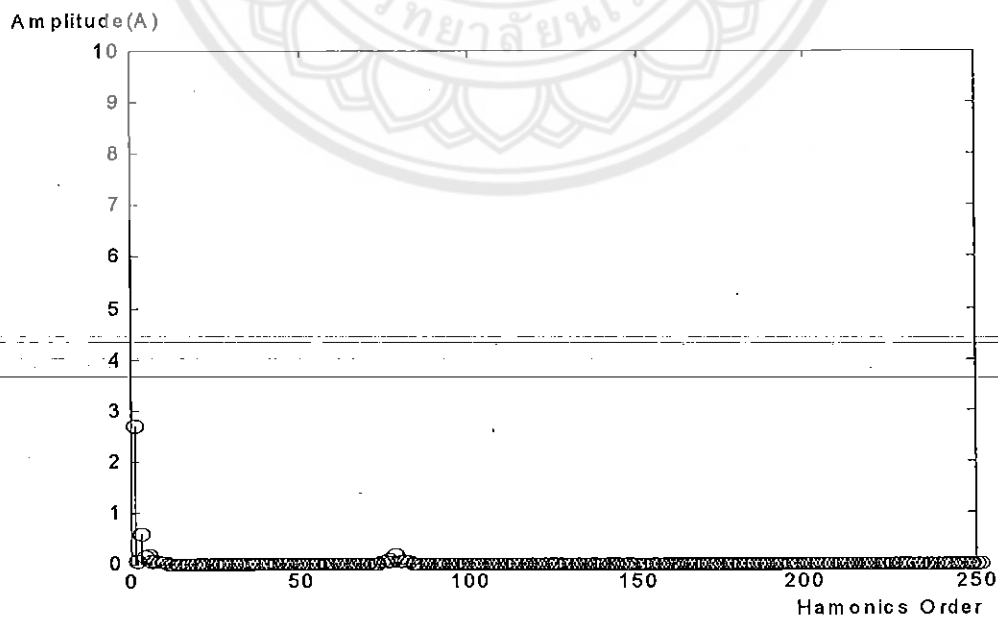


รูปที่ 4.12 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของแรงดันขณะไม่จ่ายโหลด พิจารณาถึงลำดับที่ 50

จากรูปที่ 4.8 เป็นรูปคลื่นกระแสความถี่ 50 Hz ขณะจ่ายโหลดมอเตอร์ และรูปที่ 4.9 เป็นการนำรูปคลื่นกระแสมาวิเคราะห์ฮาร์โมนิกโดยใช้ Fast Fourier Transform จะเห็นว่าฮาร์โมนิกเกิดที่ความถี่มูลฐานและลำดับที่ 80 ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎี



รูปที่ 4.13 รูปคลื่นกระแสเมื่อจ่าย โหลด



รูปที่ 4.14 การวิเคราะห์ฮาร์โมนิกของรูปคลื่นกระแสขณะจ่ายโหลด AC มอเตอร์ พิจารณาถึงลำดับที่ 250

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการวิเคราะห์โดยใช้ FAST FOURIER TRANSFORM ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ DISCREAT FUNCTION ฮาร์โมนิกลำดับใกล้เคียงกับพื้นความถี่ทดลองจำกัดไป
2. จากการวิเคราะห์โดยใช้ FAST FOURIER TRANSFORM จะเห็นว่าจะเกิดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีผลกระทบต่อคุณภาพของลูกคลื่นสัญญาณเอาท์พุทในแต่ละส่วนไม่ว่าจะเป็นในภาคคอนโทรลและภาคเพาเวอร์
3. ได้อินเวอร์เตอร์ 1 เฟสที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับทฤษฎีพอสมควรนั่นคือเมื่อนำสัญญาณ ไปขับโหลดสัญญาณของแรงดันที่ออกมามีค่าใกล้เคียง Sine เป็นอย่างมากและสามารถนำไปขับโหลดมอเตอร์ขนาดเล็กได้เช่น พัดลม เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไข

คุณภาพของอินเวอร์เตอร์ขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆมากมายโดยแนะนำเทคนิคในการใช้อุปกรณ์สวิตชิงที่ดี ดังนั้นเวลาเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ต้องพิจารณาเป็นอย่างดี

1. ในการทดสอบโหลดต้องมีการเตรียมพร้อมสำหรับการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ทำการทดลองเพราะการทดสอบโหลดถือได้ว่าสำคัญที่สุดและทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด
2. การวิเคราะห์คุณภาพจะได้มาจากการทดสอบโหลดและจับสัญญาณจากโหลดแล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมแมตซ์แล็บแต่ในการทดสอบโหลดเป็นสิ่งที่ทำยากมาก ดังนั้นถ้าต้องการคุณภาพที่ดีต้องเลือกทดสอบโหลดอย่างถูกต้อง
3. สำหรับโครงการนี้ยังไม่ได้วิเคราะห์ทางด้านคุณภาพและประสิทธิภาพเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของสัญญาณที่ออกมาทำให้กระแสไม่เพียงพอต่อการขับโหลดมอเตอร์ขนาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

[1] Ahmet M. Hava, Russel J. Kerkman, Thomas A. Lipo, **IEEE Transactions On Power Electronics**, VOL. 14, NO1., January 1999

[2] Mohan, Ned and Undeland, Tore; **Power Electronic**, John Wiley and Son, Inc., USA., 1989, 667P

[3] นภัทร วัจนเทพินทร์. คู่มือการทดลองการออกแบบวงจรพัลส์. กรุงเทพมหานคร : สกายบุ๊กส์, 2543.

[4] มงคล ทองสงคราม. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. กรุงเทพมหานคร : รามาการพิมพ์, 2541





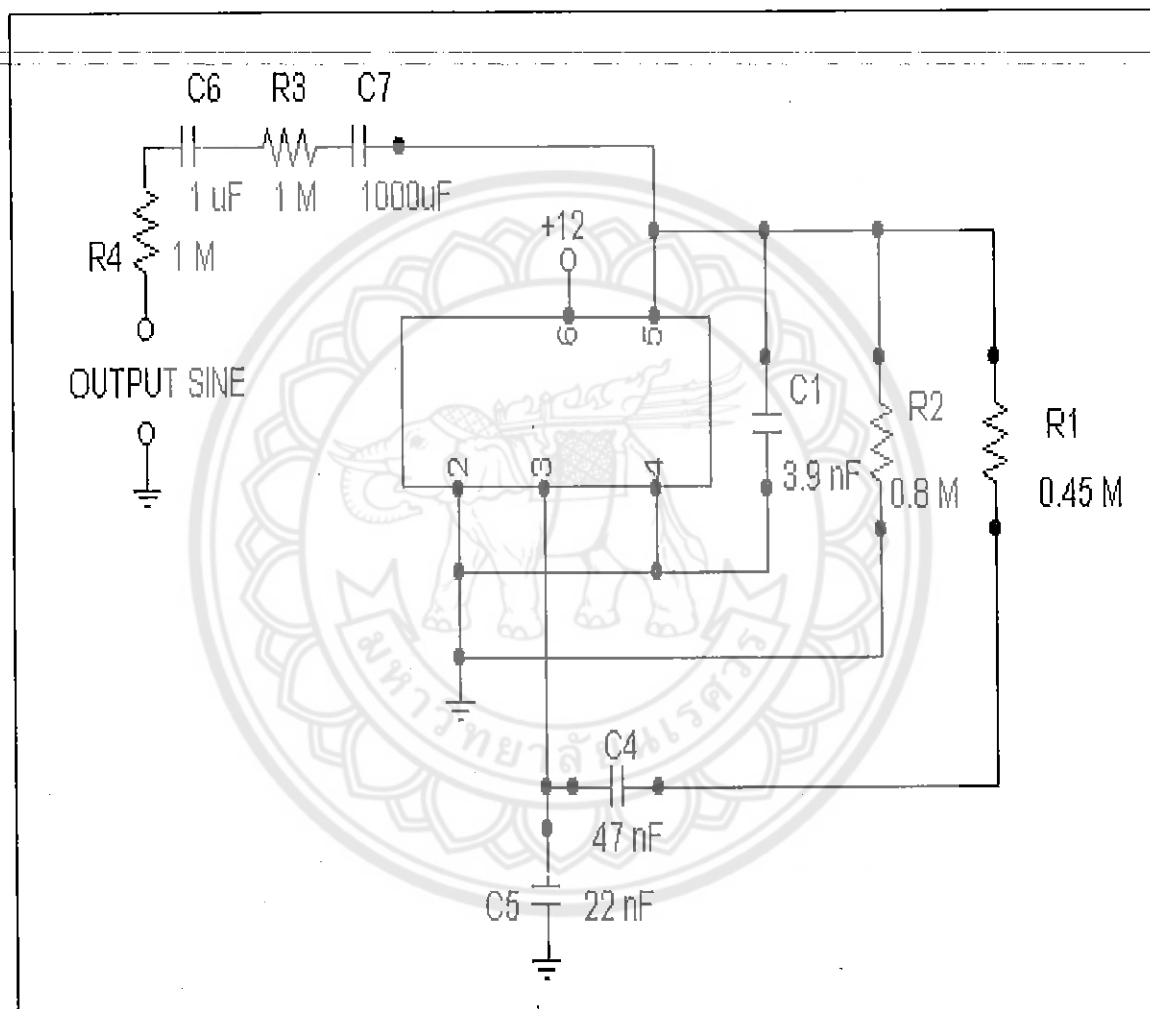


โปรแกรมวิเคราะห์ fast fourier transform, DF1 และวิเคราะห์ THD_v จากการทดลอง
จริง

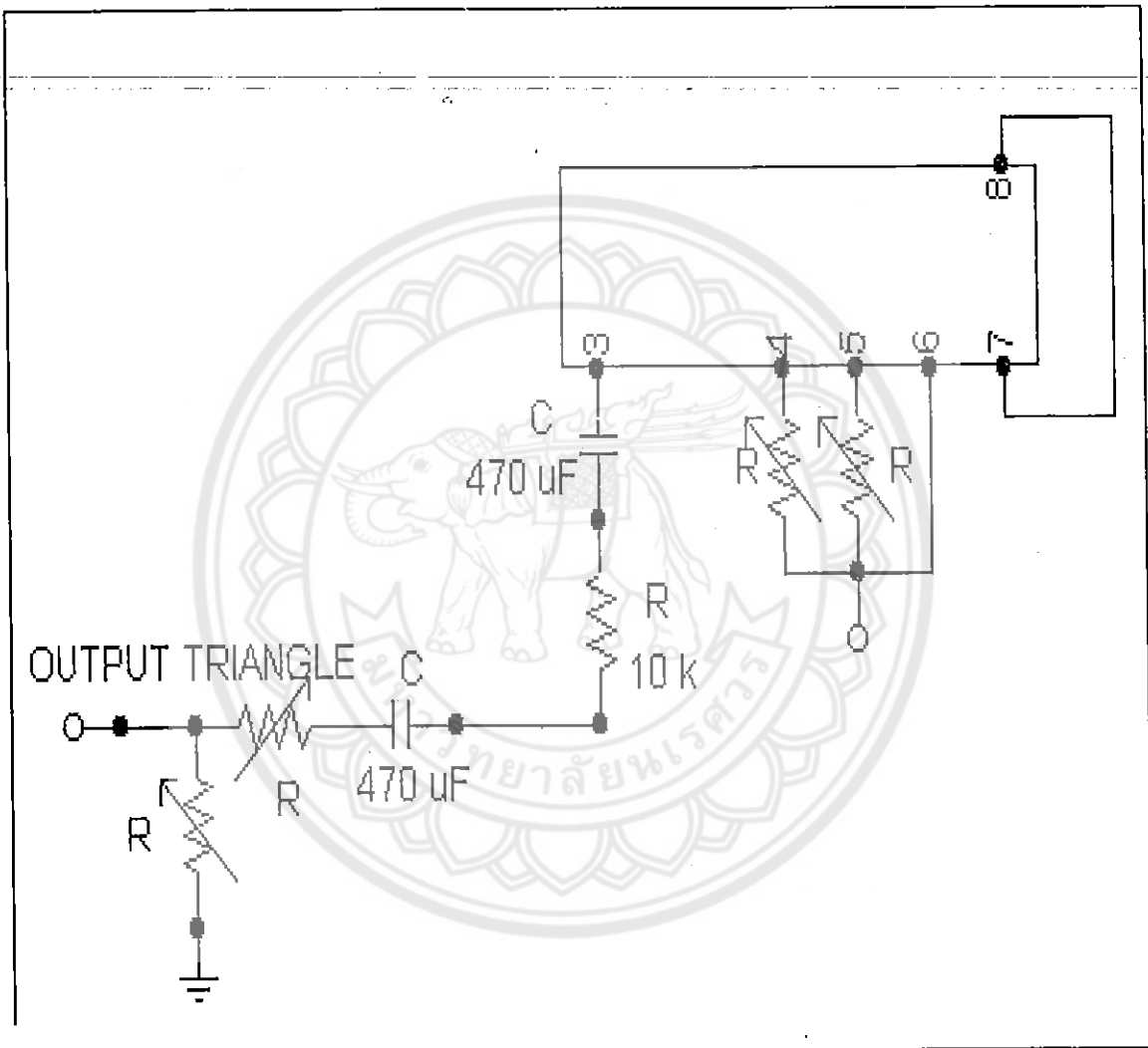
```
%fft analysis
data = dlmread ('C:\NIA\NCU\RR33.txt');
Vf1 = abs (fft(data)).*((sqrt(2))/(length(data)));
Figure (1) ;
Vt1 = Vf1 (2:100);
Stem (Vt1);
Axis ([0 50 0 1]);
%THDv analysis
THDv = 100*(sqrt(sum((Vt1).^2)))/Vf1(1,1);
Vrms = Vf1(2);
Vt1 = (1:100);
Vrms = (sqrt(sum(Vt1).^2));
```



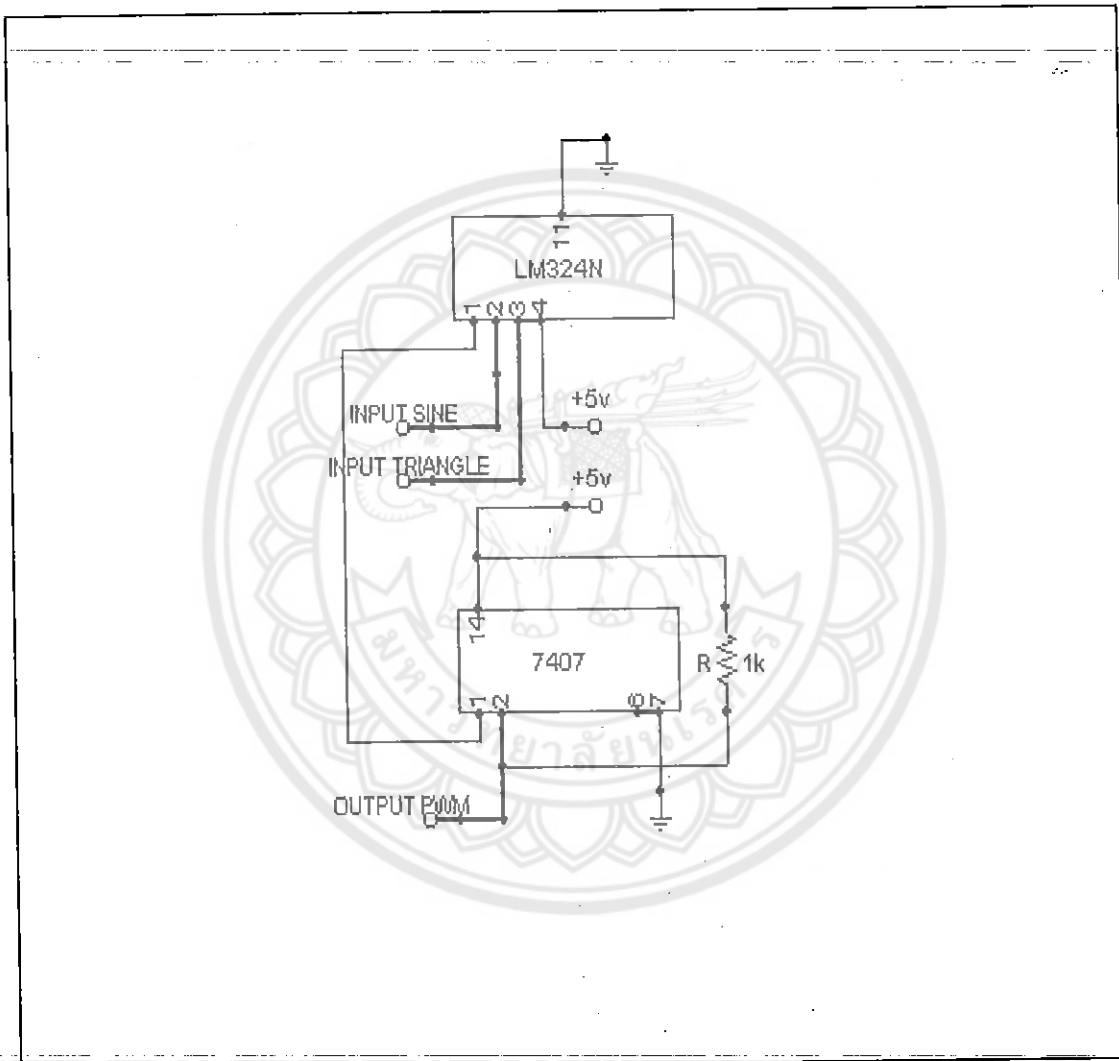




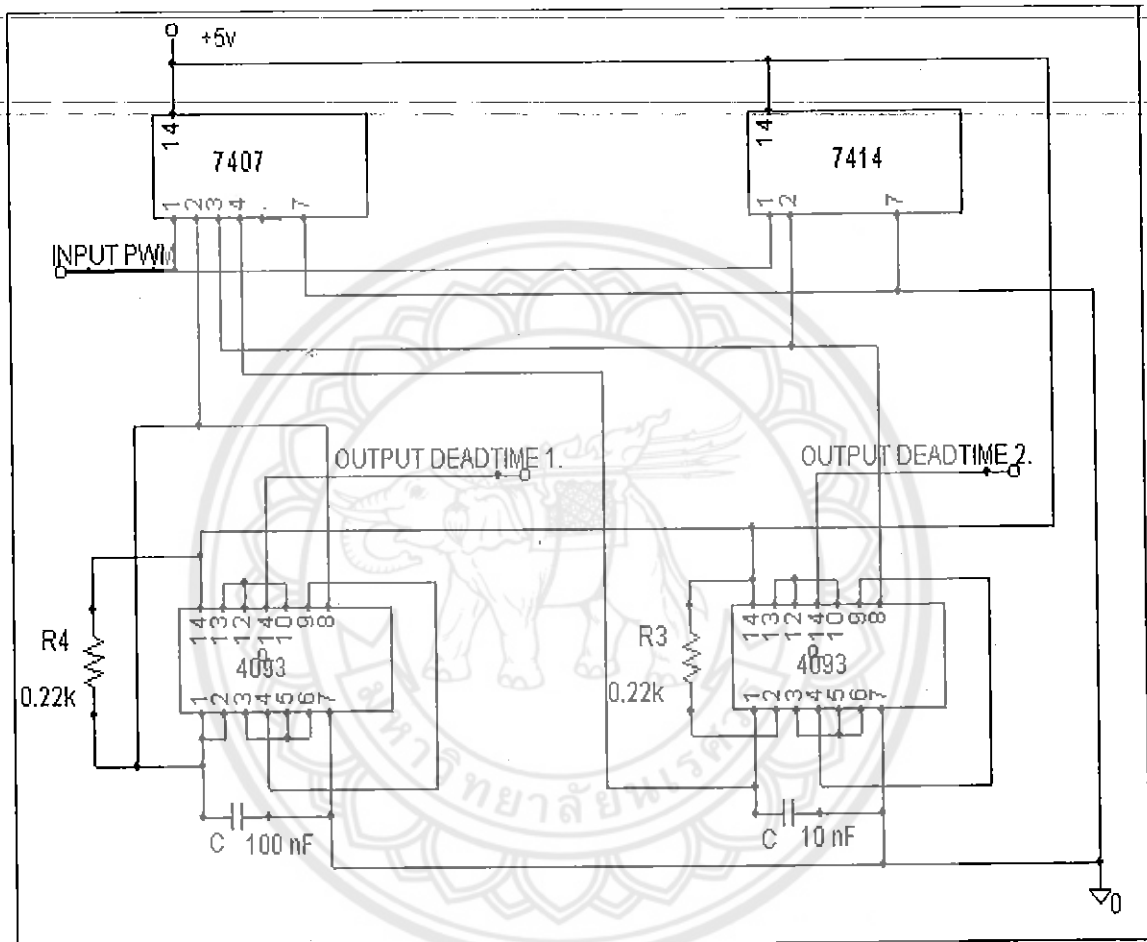
รูปที่ ข.1 วงจรที่ใช้สร้างลูกคลื่น Sine โดยใช้ LM 386



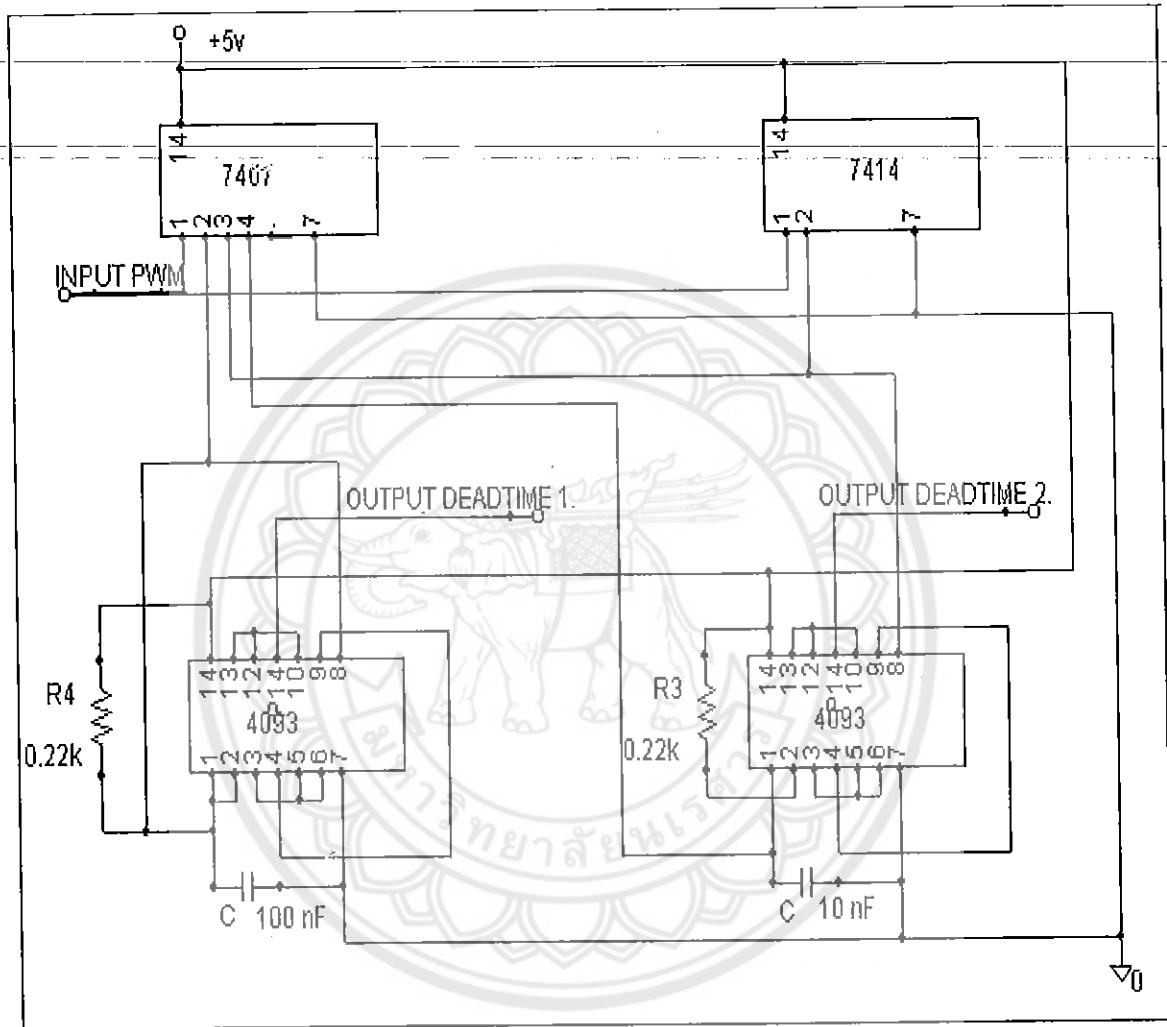
รูปที่ ข.2 วงจรที่ใช้สร้าง Triangle โดยใช้ ICL8038



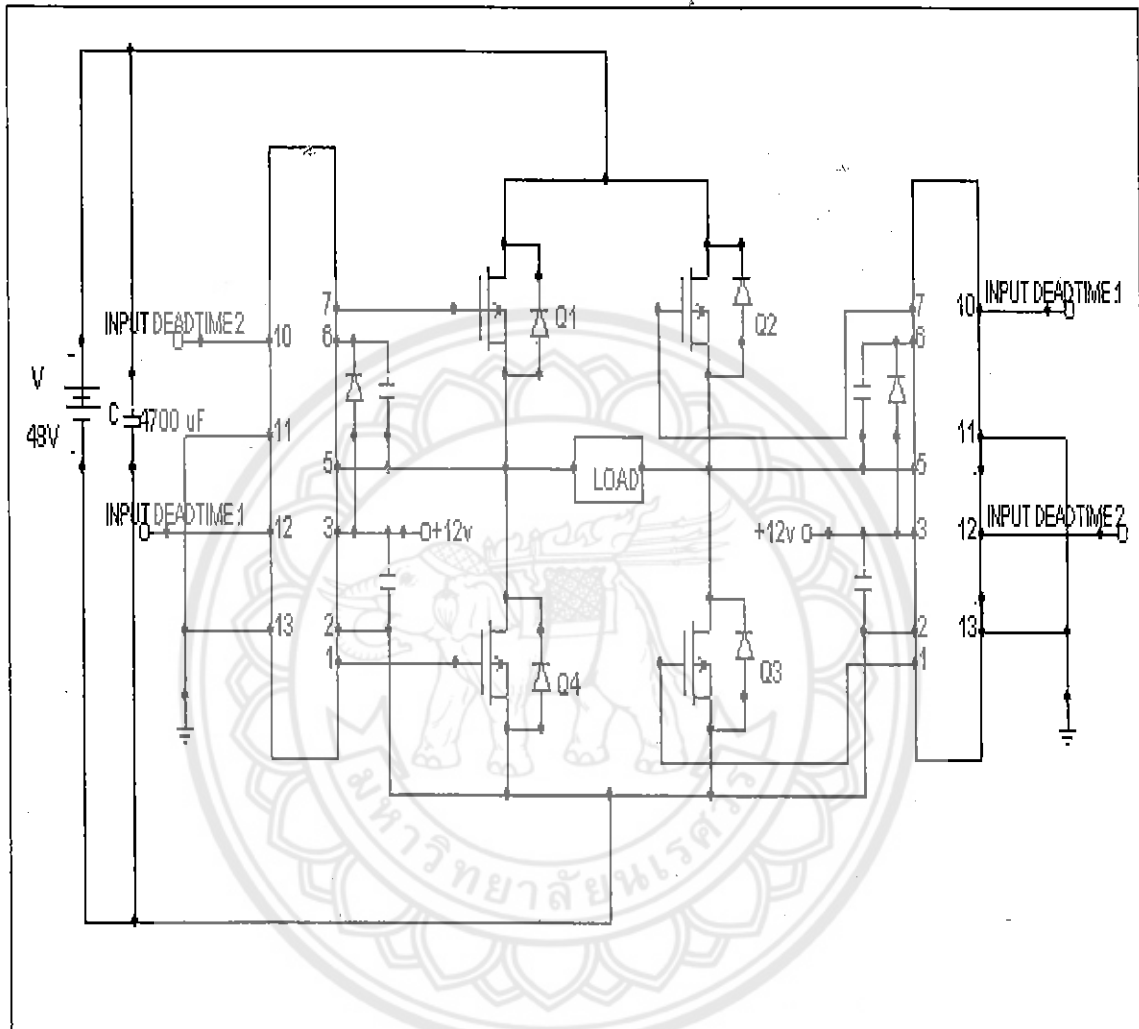
รูปที่ ข.3 วงจรที่ใช้สร้าง Pulse Width Modulation



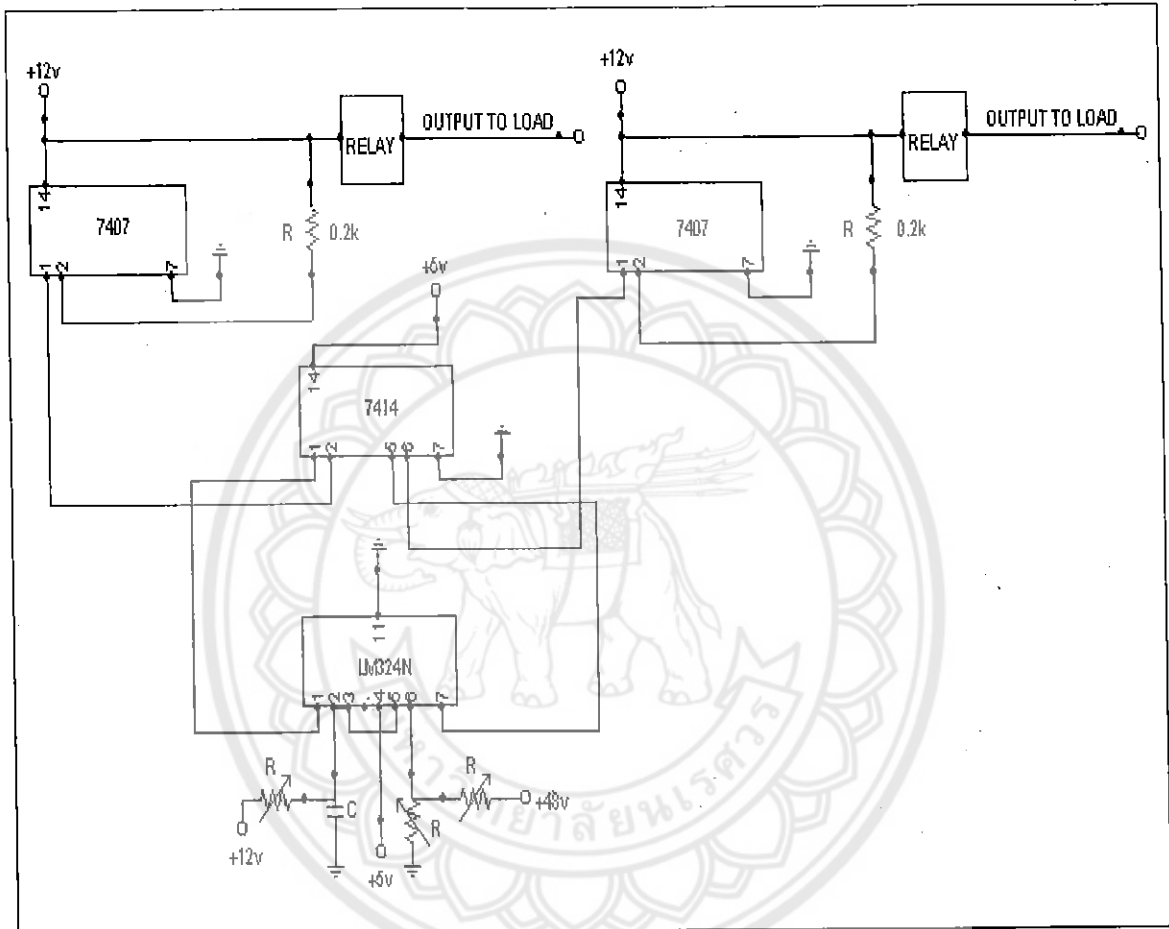
รูปที่ ข.4 วงจร DEADTIME ที่จ่ายเข้าสู่ IR 2110 เพื่อขับมอเตอร์ Q4 และ Q2



รูปที่ ข.5 วงจร DEADTIME ที่จ่ายเข้าสู่ IR 2110 เพื่อขับมอสเฟต Q1 และ Q3



รูปที่ ข.6 วงจรขับ Mosfet หรือวงจร Driver โดยใช้ IR 2110



รูปที่ ข.7 วงจรระบบป้องกันแรงดันตก และป้องกันกระแสกระชาก

ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ นายจำเนียร สร้อยเสน รหัส 41362088

วัน/เดือน/ปีเกิด 31 พฤษภาคม 2522

ภูมิลำเนา 15/1 ม.8 ต.นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65140

ประวัติการศึกษา

- ประถมศึกษา โรงเรียนรัฐราษฎร์สงเคราะห์ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก
- มัธยมศึกษา โรงเรียนประชาสงเคราะห์วิทยา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ชื่อ นายชัยชนะ หนูคำหอม รหัส 41362104

วัน/เดือน/ปีเกิด 12 มิถุนายน 2522

ภูมิลำเนา 182/3 หมู่ 10 ต.นครเดิฐ อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย 64180

ประวัติการศึกษา

- ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านบึงสวาย ต.นครเดิฐ อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย 64180
- มัธยมศึกษา โรงเรียนศรีนคร อ.ศรีนคร จ.สุโขทัย 64180
- ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ชื่อ นายณรงค์ศักดิ์ บรรจบ รหัส 41362138
 วัน/เดือน/ปีเกิด 8 สิงหาคม 2522
 ภูมิลำเนา 210/2 หมู่ 8 ต.ทุ่งเสลี่ยม อ.ทุ่งเสลี่ยม จ.สุโขทัย 64150
 ประวัติการศึกษา
 - ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านเหมืองนา(ประชาอุปถัมภ์)
 - มัธยมศึกษา โรงเรียนทุ่งเสลี่ยมชนูปถัมภ์
 - ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชา
 วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรม-
 ศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ชื่อ นายวิเศษ จุลดิลก รหัส 41362302
 วัน/เดือน/ปีเกิด 18 พฤษภาคม 2522
 ภูมิลำเนา 42/16 ถนนศรีอุตรานอก ต.ท่าอิฐ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์
 ประวัติการศึกษา
 - ประถมศึกษา โรงเรียนวัดวังเป็ด
 - มัธยมศึกษา โรงเรียนอุตรดิตถ์
 - ปัจจุบัน กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 ภาควิชา
 วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรม-
 ศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก