

ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์
SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM



โดย
นายมนัสชัย ขจรกลิ่น
นางสาวมนัสนันท์ ตรีถัน
นายยุทธวัลภ์ ศรีสุข

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 50372
วัน,เดือน,ปี..... 13 พ.ค. 2547

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์
SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM



จัดทำโดย

นายมนัสชัย ขจรกลิ่น

รหัสประจำตัว 42010265

นางสาวมนัสนันท์ ศรีถัน

รหัสประจำตัว 42010266

นายยุทธวิทย์ ศรีสุข

รหัสประจำตัว 42010284

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ (SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM)

ผู้จัดทำ

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1.นายมนัสชัย ขจรกลิ่น | รหัสประจำตัว 42010265 |
| 2.นางสาวมนัสนันท์ ตรีรัตน์ | รหัสประจำตัว 42010266 |
| 3.นายยุทธวัฒน์ ศรีสุข | รหัสประจำตัว 42010284 |



ผศ.ขนิษฐา แซ่ตั้ง
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร เรื่อง (ภาษาไทย) ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์
(ภาษาอังกฤษ) SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM

จัดทำโดย

- 1.นายมนัสชัย ขจรกลิน รหัสประจำตัว 42010265
- 2.นางสาวมนัสนันท์ ตรีถัน รหัสประจำตัว 42010266
- 3.นายยุทธวัฒน์ ศรีสุข รหัสประจำตัว 42010284

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

นายมนัสชัย ขจรกลิ่น 42010265

นางสาวมนัสนันท์ ศรีถัน 42010266

นายยุทธวัฒน์ ศรีสุข 42010248

ผศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง(อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งระบบนี้จะทำการเก็บพลังงานแสงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุไว้ในแบตเตอรี่ 12 โวลต์ แล้วนำวงจรอินเวอร์เตอร์ซึ่งใช้หลักการ Pulse Width Modulation มาแปลงสัญญาณจากแบตเตอรี่ให้ได้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ โดยนำสัญญาณ PWM ที่ได้มาผ่านวงจรกรองความถี่ให้ได้สัญญาณรูปไซน์ความถี่ 50 เฮิรต์ แล้วทำการส่งผ่านไปยังหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันให้ได้ขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิรต์ ซึ่งสามารถนำไปจับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM

Mr. Manatchai Khajornklin 42010265
Miss Manassanan Trithan 42010266
Mr. Yuthawan Srisook 42010284
Assistant Prof. Khanittha Seatung (Advisor)
Education Year 2002

ABSTRACT

This project presents a design of SOLAR ENERGY INVERTER SYSTEM. The solar cell converts the solar energy into electrical energy stored in 12 voltage battery. This DC is then converted into 220 VAC using pulse width modulation inverter. Signal from pulse width modulation is filtered to be 50 Hz and then transfers the power to the step up transformer to reach 220VAC 50 Hz signal depend on the selection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	1
1.2 หลักการเบื้องต้นของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์	1
บทที่ 2 ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์	2
2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	2
2.2 แบตเตอรี่	7
2.3 อินเวอร์เตอร์	10
2.4 มอสเฟตกำลัง	19
2.5 วงจรสับเบอร์	21
2.6 หม้อแปลงไฟฟ้า	23
2.7 วงจรกรองความถี่	25
2.8 การระบายความร้อน	26
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	27
3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	27
3.2 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	27
3.3 ส่วนควบคุมระบบ	28
3.4 วงจรอินเวอร์เตอร์	32
บทที่ 4 การทดลอง	40
4.1 การทดลองวงจรชาร์ตแบตเตอรี่	40
4.2 การทดลองวงจรควบคุม	40
4.3 การทดลองส่วนอินเวอร์เตอร์	41
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	48
5.1 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	48
5.2 วงจรควบคุม	48
5.3 ส่วนอินเวอร์เตอร์	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์	3
รูปที่ 2.2 การกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์	4
รูปที่ 2.3 ลักษณะการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน	4
รูปที่ 2.4 บายพาสไดโอดและบล็อกกิงไดโอด	5
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	6
รูปที่ 2.6 แบตเตอรี่	7
รูปที่ 2.7 การทำงานของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด	9
รูปที่ 2.8 วงจรฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์	11
รูปที่ 2.9 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์	12
รูปที่ 2.10 วงจรพวงพูลอินเวอร์เตอร์	12
รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่น PWM (ก) แบบ 2 ระดับ (ข) แบบ 3 ระดับ	13
รูปที่ 2.12 รูปคลื่น PWM ที่ใช้ในวงจรเปรียบเทียบ	14
รูปที่ 2.13 รูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลแซมปลิงชนิด 2 ระดับ	15
รูปที่ 2.14 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลแซมปลิงชนิด 3 ระดับ	15
รูปที่ 2.15 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเรกูลาร์แซมปลิงชนิด 3 ระดับ	16
รูปที่ 2.16 การจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL 494	16
รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ของค่า R_T C_T ในการกำหนดความถี่	17
รูปที่ 2.18 รูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL 494	18
รูปที่ 2.19 ลักษณะการเลือกใช้อุปกรณ์ของ TL 494	19
รูปที่ 2.20 การต่อไอซีเบอร์ TL 494	19
รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของคีมอสเฟต	20
รูปที่ 2.22 a) การขับทรานซิสเตอร์ด้วยกระแส b) การขับมอสเฟตด้วยแรงดัน	20
รูปที่ 2.23 วงจร turn on/ turn off snubber	21
รูปที่ 2.24 กราฟแสดงคุณลักษณะของวงจร turn on/ turn off snubber	22
รูปที่ 2.25 ลักษณะที่สมบรูณ์ของเส้นการสูญเสียพลังงานฮีสเตอร์รีซิส	25
รูปที่ 2.26 ลักษณะของวงจรรองความถี่	26
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์	27
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของอินเวอร์เตอร์	27
รูปที่ 3.3 วงจรชาร์ตแบตเตอรี่	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 วงจรส่วนควบคุมของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์	30
รูปที่ 3.5 State diagram แสดงการทำงานของวงจรส่วนควบคุม	31
รูปที่ 3.6 วงจรสร้างสัญญาณชานน์	33
รูปที่ 3.7 วงจรสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น	34
รูปที่ 3.8 วงจรมอดคูเลต(สร้างจาก IC TL 494)	35
รูปที่ 3.9 วงจรจัดรูปสัญญาณ	36
รูปที่ 3.10 วงจรขับสวิตช์มอสเฟต	37
รูปที่ 3.11 วงจรสร้างไฟลอป	38
รูปที่ 3.12 วงจรรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่านอันดับสอง	39
รูปที่ 4.1 สัญญาณชานน์ 50 เฮิรซ์ ที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณชานน์	41
รูปที่ 4.2 สัญญาณชานน์หลังจากตัดสัญญาณ DC	41
รูปที่ 4.3 สัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	42
รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ได้จากวงจรมอดคูเลต	42
รูปที่ 4.5 สัญญาณ Vgs ด้าน low side	43
รูปที่ 4.6 สัญญาณ Vgs ด้าน high side	43
รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 100 โอห์ม และค่าความเหนี่ยวนำ 125 มิลลิเฮนรี่	44
รูปที่ 4.8 สัญญาณเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 500 โอห์ม	44
รูปที่ 4.9 สัญญาณเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 1000 โอห์ม	45
รูปที่ 4.10 สัญญาณหลัง ผ่านหม้อแปลง เมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 2 กิโลโอห์ม	45
รูปที่ 4.11 สัญญาณด้านทุติยภูมิ	46
รูปที่ 4.12 สัญญาณด้านปฐมภูมิ	46
รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีสัญญาณรบกวน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากในชีวิตประจำวันของเรามีสิ่งอำนวยความสะดวก ที่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย และเราจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อทำการขับเคลื่อนเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้ พลังงานไฟฟ้าที่เราใช้กันอยู่ผลิตมาจากทรัพยากรธรรมชาติจำพวก ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง ฯลฯ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดมลพิษและทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น พลังงานที่ผลิตไฟฟ้าเหล่านี้ในวันจะหมดลงเรื่อยๆ จึงจำเป็นต้องหาทรัพยากรจากแหล่งอื่นมาทดแทนทั้งยังต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษด้วย ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์นับเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับประเทศไทยเพราะประเทศไทยของเราตั้งอยู่ในเขตร้อน จึงมีแสงแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี

แสงอาทิตย์เป็นพลังงานมหาศาลที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และไม่มีวันหมดสิ้น ทำให้เกิดการคิดค้นวิธีการที่จะนำพลังงานนี้มาใช้ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า จึงทำการพัฒนาได้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

ถึงแม้ว่าการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะได้รับความสนใจเป็นอย่างมากแต่ยังไม่ค่อยมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากตัวเซลล์แสงอาทิตย์ ยังมีราคาต้นทุนที่สูงอยู่ และประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถนำไปป้อนให้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยตรง เพราะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และมีขนาดของกระแสและศักดาไฟฟ้าต่ำ ต้องใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ประกอบ เพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีศักดาไฟฟ้าและกระแสที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

โครงการนี้ได้สร้างระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่มีศักดาไฟฟ้าและความถี่ที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้งานสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนได้

1.2 หลักการเบื้องต้นของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

โดยจะรับพลังงานแสงจากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นไฟกระแสตรง ทำการประจุใส่แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ เพื่อเก็บพลังงานแล้วนำพลังงานนั้นมาแปลงเป็นไฟกระแสสลับโดยใช้อินเวอร์เตอร์เป็นตัวสวิตซ์สัญญาณไฟตรง และนำสัญญาณรูปซายน์ซึ่งมีความถี่พื้นฐาน 50 เฮิรซ์ มาแซมปลิง(Sampling) ด้วยสัญญาณสามเหลี่ยมความถี่ 20 กิโลเฮิรซ์ จะได้สัญญาณเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างไม่เท่ากันตามขนาดของสัญญาณรูปซายน์ 50 เฮิรซ์ จากนั้นนำสัญญาณนี้ไปทำการสวิตซ์ Power MOSFET ให้เปิดปิดตามช่วงเวลาตามพัลส์นั้น แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน หลังจากนั้นทำการเพิ่มแรงดันโดยใช้หม้อแปลงเพื่อให้ได้สัญญาณรูปซายน์ขนาด 220 โวลท์ 50 เฮิรซ์ และเมื่อแบตเตอรี่หมดจะทำการสับสวิตซ์ไปใช้ไฟบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ใน โครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้แปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เซลล์แสงอาทิตย์ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวหรือต้องทำให้ร้อน แสงอาทิตย์ (โฟตอน) จะเข้าไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนในสารมีพลังงานศักย์สูงขึ้นได้โดยตรง สารที่ใช้ในการดูดกลืนโฟตอนนี้จะประกอบด้วยตัวต่อของสารที่มีคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างกัน เพื่อใช้แยกเอาอิเล็กตรอนที่มีพลังงานศักย์สูงนี้ออกมา เป็นผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างด้านบนและด้านล่างของสาร สารที่พบว่าสามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพนี้ได้แก่ สารกึ่งตัวนำ ในบรรดาสารที่เป็นสารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์นี้ได้แก่ ซิลิกอน แกลเลียมอาเซไนด์ แกลเลียมซัลไฟด์ ได้นำมาใช้งานมากที่สุด สาเหตุที่ซิลิกอนได้รับความนิยมมากเพราะ ซิลิกอนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดชนิดหนึ่งในโลก กล่าวคือ สกัดจากทรายที่มีอยู่ทั่วไป เทคโนโลยีเกี่ยวกับซิลิกอน ได้รับการพัฒนามานาน เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในทางอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากเหตุผลดังกล่าวจึงสามารถคาดการณ์ได้ว่าซิลิกอนยังคงมีบทบาทในเรื่องเซลล์แสงอาทิตย์นี้ไปอีกระยะเวลาอันแน่นอน

โฟโตโวลตาอิก เป็นคำมาจากภาษากรีก มีความหมายว่า ไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีคุณสมบัติการทำงานดังนี้ คือ

1. มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า 30 ปี
2. มีประสิทธิภาพการทำงานสูง ไม่ขึ้นอยู่กับขนาด
3. สามารถออกแบบให้มีขนาดใช้งานตามต้องการได้
4. ไม่มีเสียงรบกวน
5. ไม่มีมลภาวะที่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม
6. สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทันทีที่แสงตกกระทบ

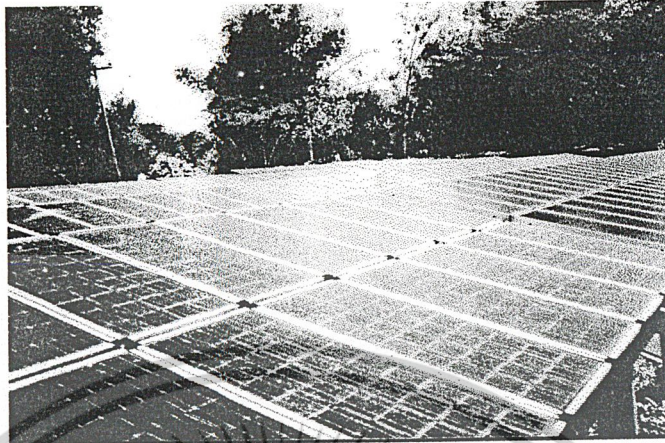
สิ่งที่มีผลต่อคุณลักษณะทางไฟฟ้าของ เซลล์แสงอาทิตย์โดยจะขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญ 7 อย่าง คือ

1. สถานะในการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่
2. ผลของความสูญเสียในระบบเช่นจากสายไฟและไดโอดกันกระแสไหลสวนทาง
3. ระดับแสงที่ตกกระทบในแต่ละ เซลล์
4. อุณหภูมิของเซลล์
5. จำนวนเซลล์ ในแต่ละ ชุขของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. พื้นที่ของแต่ละเซลล์

7. ชนิดของสารที่ใช้ทำ SOLAR CELLS



รูปที่ 2.1 เซลล์แสงอาทิตย์

2.1.1 การดูดซับพลังงานแสงของสารกึ่งตัวนำ

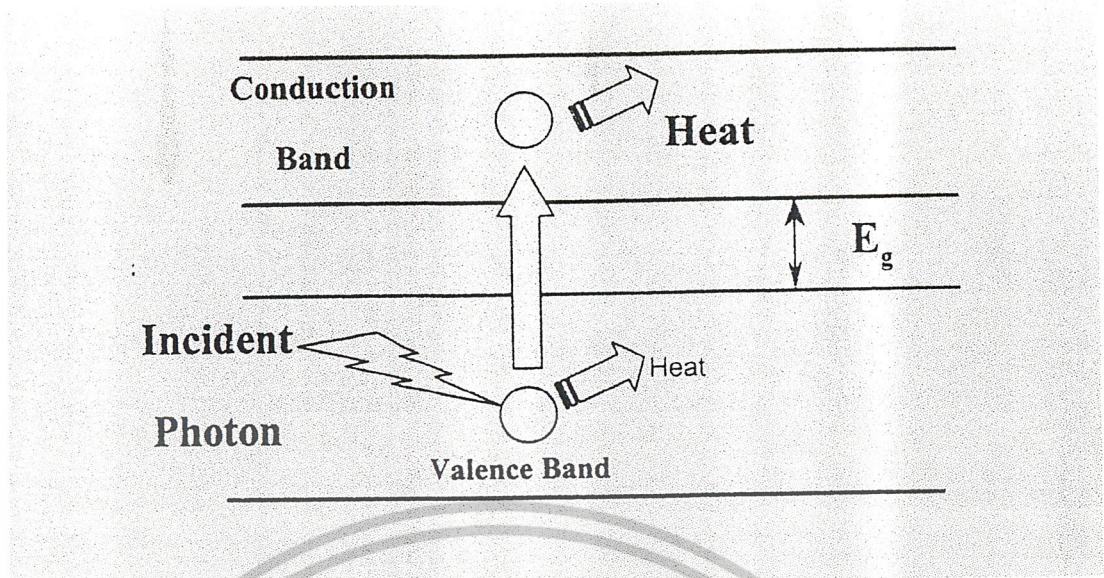
ระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยหลักการของทฤษฎีควอนตัมที่ว่า แสงมีคุณสมบัติเป็นอนุภาคที่มีพลังงานเรียกว่า โฟตอน

ในวันที่อากาศปลอดโปร่งจะมีปริมาณโฟตอน 4.4×10^{17} โฟตอน ตกกระทบพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรบนผิวโลกทุกวินาที แต่มีปริมาณพลังงานเพียงน้อยนิดเท่านั้นที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถแปลงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้

การเปลี่ยนรูปพลังงานเริ่มต้นจากเมื่อโฟตอนตกกระทบลงบนสารกึ่งตัวนำจะทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำได้รับพลังงานเพิ่ม ถ้าวาเลนซ์อิเล็กตรอนตัวไหนได้รับพลังงานมากเพียงพอ ก็จะข้ามไปอยู่ยังแถบนำ เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระและตำแหน่งที่เดิมของอิเล็กตรอนตัวนั้นจะเกิดโฮลขึ้น ดังรูปที่ 2.2 เรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเกิดอิเล็กตรอนโฮลแพร์ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากมายหลายเซลล์นำมาต่อเข้าด้วยกัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้โดยทั่วไปจะเป็นแบบคริสตัลไลน์ซิลิกอนเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีขนาด 10×10 ตารางเซนติเมตร ใน 1 เซลล์จะจ่ายพลังงานได้ประมาณ 1 ถึง 1.5 วัตต์ ที่สภาวะมาตรฐาน และมีค่าศักดาไฟฟ้า 0.5 ถึง 0.6 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การกำเนิดพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.2 การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน

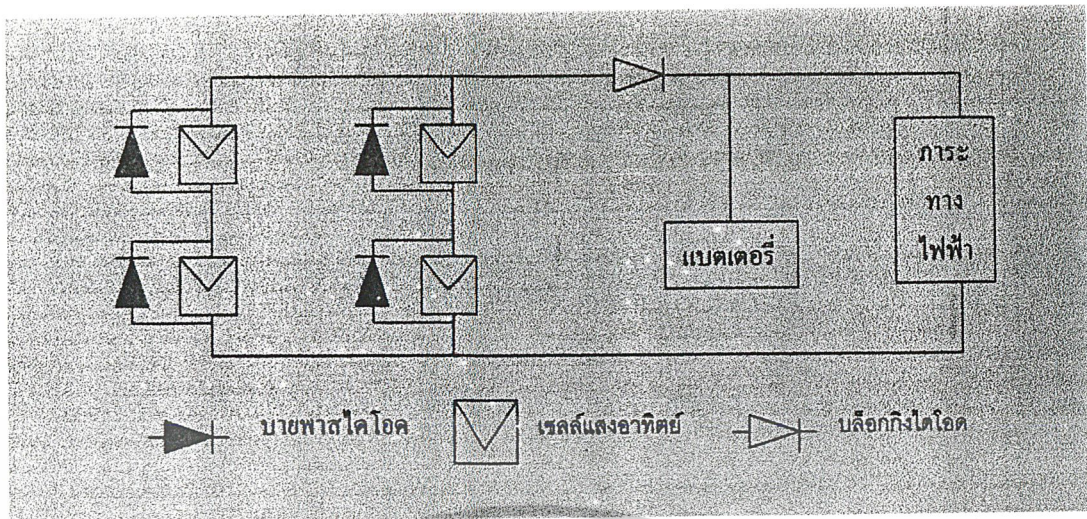
เราสามารถนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าศักดาไฟฟ้าตามที่เรากำหนดไว้ ส่วนขนาดของกระแสที่ต้องการก็สามารถทำได้โดยการนำมาต่อขนานกัน เมื่อเราได้จำนวนเซลล์ที่เหมาะสมแล้วก็จะนำมาประกอบรวมกันเป็นแผง เรียกว่า ชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เป็นการนำชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ ชุดนำมารวมกันเพื่อให้ได้พลังงานตามที่ต้องการนั่นเอง



รูปที่ 2.3 ลักษณะการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งาน

ในแผงเซลล์แสงอาทิตย์นอกจากจะประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ยังต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเซลล์แสงอาทิตย์และอุปกรณ์ช่วยในการทำงานของระบบเป็น ไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์เหล่านี้ ได้แก่ ไดโอดป้องกันกระแสไหลกลับ และบายพาสไดโอด ดังแสดงในรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 บายพาสไดโอดและบล็อกกิงไดโอด

2.1.2.1 บายพาสไดโอด

การต่อเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามต้องการ จะต้องนำเซลล์แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกัน ถ้าเซลล์ใดเซลล์หนึ่งในสายที่ต่ออนุกรมกันอยู่เกิดไม่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าออกมาได้ เซลล์นั้นจะมีสภาพเหมือนกับไดโอดที่อยู่ในสภาวะรีเวอร์ไบเอส มีผลทำให้ตลอดทั้งสายนั้น ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ และตัวเซลล์เองก็จะเกิดความเสียหายได้

เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นได้ในกรณีที่เซลล์นั้นถูกเงาบัง ทำให้ไม่ได้รับแสงอาทิตย์ เป็นต้น สามารถแก้ไขได้โดยการต่อบายพาสไดโอดคร่อมเซลล์แสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เพื่อที่ว่าเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้ พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์อื่นๆ ก็สามารถผ่านตัวบายพาสไดโอดไปได้ ทำให้ไม่เกิดความเสียหาย เพียงแต่พลังงานที่ได้จะลดลงไปบ้าง เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์นั้นได้รับแสงอาทิตย์อีกครั้งก็จะสามารถจ่ายพลังงานได้ต่อไป

2.1.2.2 ไดโอดป้องกันกระแสไหลกลับ

ระบบไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์แบบใช้พลังงานจากที่ผลิตมาได้ (Stand – alone) ส่วนมากมักจะมีระบบแบตเตอรี่สำรองไว้สำหรับจ่ายภาระทางไฟฟ้า ในขณะที่เซลล์แสงอาทิตย์ทำการจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอยู่นั้นก็จะทำการประจุแบตเตอรี่ไปด้วย ซึ่งจะมีตัวบล็อกกิงไดโอดต่ออยู่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์กับแบตเตอรี่มีลักษณะการต่อดังรูปที่ 2.4 ช่วงแรกขณะที่แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ พลังงานก็จะไหลจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปประจุในแบตเตอรี่จนกระทั่งเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวบล็อกกิงไดโอดจะทำหน้าที่ในการป้องกันจ่ายพลังงานกลับของแบตเตอรี่ในขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าแบตเตอรี่ โดยเฉพาะในเวลากลางคืน หรือขณะที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถจ่ายพลังงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

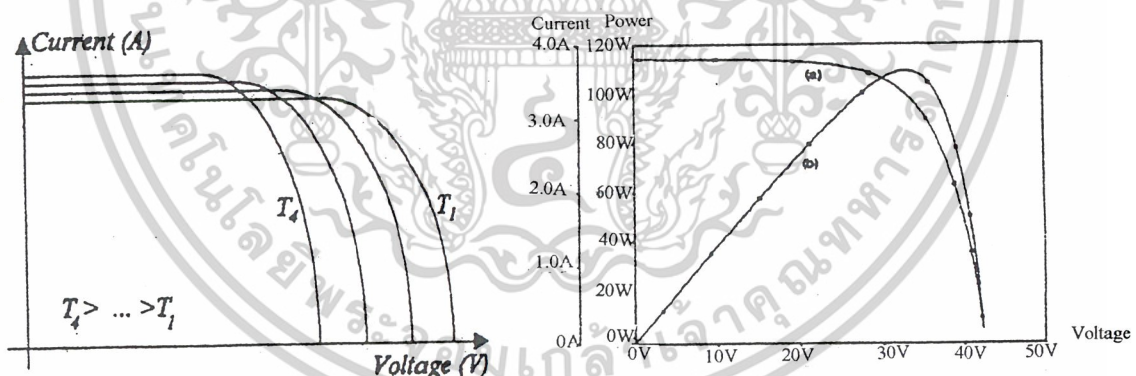
ตัวบล็อกกิ่งไดโอดจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการจ่ายพลังงานกลับของแบตเตอรี่ไปสู่สูญเสียในแผงเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากตัวบล็อกกิ่งไดโอดจะอยู่ในสภาวะรีเวอร์สไบอัส ทำให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไปจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเท่านั้น ในการออกแบบต้องคิดเผื่อแรงดันในตัวบล็อกกิ่งไดโอดด้วย จึงจะได้แรงดันที่ต้องการที่ถูกต้อง

2.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทั่วไปสามารถเขียนเป็นกราฟได้ ดังจะเห็นได้ว่าขณะเซลล์ได้รับแสง เซลล์จะสามารถจ่ายกระแสได้มากที่สุด เมื่อเซลล์ถูกัดวงจร ซึ่งมีค่ากระแสขณะเปิดวงจร โดยทั่วไปสำหรับเซลล์เดี่ยวแล้วขนาดของกระแสไฟฟ้าัดวงจรจะมีค่าไม่เกิน 2.5 แอมแปร์

เซลล์จะสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุด เมื่อเซลล์ถูกเปิดวงจรออกซึ่งมีค่าเท่ากับแรงดันขณะเปิดวงจร กระแสที่เกิดจากเซลล์ขณะที่ได้รับแสงนี้ถูกเรียกว่า “กระแสไฟฟ้าแสง”(Photo Current) สำหรับเซลล์เดี่ยวจะมีค่าแรงดันขณะเปิดวงจรไม่เกิน 0.6 โวลท์ ทั้งนี้เนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่คร่อมแผงขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อแบบอนุกรม เพื่อเพิ่มศักดาไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประยุกต์ไปใช้งานจริง

จากวงจรความต้านทานถ้าเราเปลี่ยนค่าความต้านทาน ไปเรื่อยๆ โดยที่แต่ละครั้งในการเปลี่ยนค่าความต้านทาน บันทึกค่าศักดาที่ตกคร่อมตัวเซลล์แสงอาทิตย์ และค่ากระแสที่ไหลในวงจร เมื่อนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ถ้าพิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถหาได้จากกราฟศักดาไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า โดยจะแยกพิจารณาทีละตัวดังต่อไปนี้

1. ขนาดของศักดาไฟฟ้าเปิดวงจร คือ ขนาดของศักดาไฟฟ้าขณะที่ความต้านทานมีค่าเป็นอนันต์ แยกพิจารณา ดังนี้

- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์เซลล์เดี่ยว จะมีค่าแรงดันเปิดวงจรไม่เกิน 0.6 โวลท์ ทั้งนี้เนื่องจากค่าศักดาไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเซลล์ก็คือ ค่าความต่างศักย์ของ รอยต่อพี-เอ็น นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

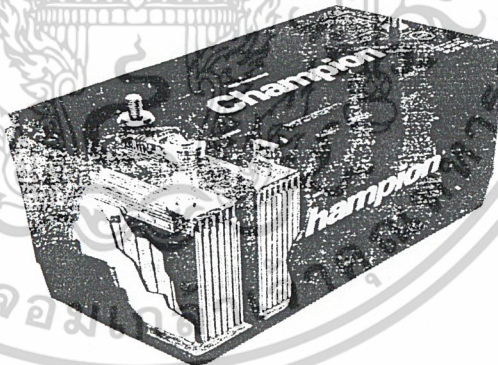
- สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่แผงขึ้นอยู่กับการนำเซลล์มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มศักดาไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการประยุกต์ไปใช้งานจริง
- 2. ขนาดของกระแสไฟฟ้าขณะลัดวงจรมีลักษณะทำนองเดียวกันกับแรงดันเปิดวงจร โดยทั่วไปสำหรับเซลล์เดี่ยวแล้วขนาดของกระแสไฟฟ้าลัดวงจรจะมีค่าไม่เกิน 2.5 แอมแปร์
- 3. กำลังไฟฟ้าสูงสุดหาได้จากตำแหน่งของกราฟที่ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด และค่าแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่จุดนี้จะเป็นค่าที่มากที่สุด
- 4. ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเซลล์(mW)} * 100}{\text{พลังงานที่ได้จากแสง(mW/cm}^2\text{)} * \text{พื้นที่รับแสง}} \quad (2.1)$$

พลังงานที่ได้จากแสงโดยทั่วไปแล้วจะคิดเทียบจากความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ระดับน้ำทะเล ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 100 mW/cm^2

2.2 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าจ่ายออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ แบตเตอรี่บางชนิดสามารถอัดไฟเข้าไปเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมีแล้วค่อยๆปล่อยพลังงานออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ



รูปที่ 2.6 แบตเตอรี่

2.2.1 ประเภทของแบตเตอรี่

วัสดุที่นำมาทำแผ่นธาตุบวก(แผ่นแอโนด) มีหลายชนิด เช่น ตะกั่ว แคลเมียม แมกนีเซียม และสังกะสี เพราะแสดงคุณสมบัติง่ายต่อการสละอิเล็กตรอน ซึ่งจะกลายเป็นประจุไอออนบวก (Cations ละอองที่เกาะอยู่ที่ขั้วลบ) ในอิเล็กโทรไลต์ ส่วนวัสดุที่นำมาทำแผ่นธาตุลบ(แผ่นแคโทด) ได้แก่ เลดได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไซด์ นิกเกิล โปรท และเงิน เพราะแสดงคุณสมบัติในการง่ายต่อการรับอิเล็กตรอน ระหว่างการจ่ายประจุสถานะออกซิเดชันและแผ่นบวกจะถูกลดลงและจะสร้างประจุอเนลป (anion ธาตุที่ผูกหรือจับทางขั้วบวก) ในอิเล็กโทรไลต์ แล้วอิเล็กโทรไลต์สร้างทางเดินไอออนิก เพื่อให้วงจรไฟฟ้าสมบูรณ์

แบตเตอรี่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบตเตอรี่แบบปฐมภูมิ เช่น แบตเตอรี่ที่ทำจากสังกะสี – คาร์บอน โปรท และลิเทียม เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้งานได้ครั้งเดียว เมื่อจ่ายไฟหมดแล้วต้องทิ้งไป ไม่สามารถอัดประจุกลับเข้าไปเพื่อนำกลับมาใช้ได้อีกครั้ง

2. แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ เช่น แบตเตอรี่ที่ทำจากตะกั่ว - กรด นิกเกิลแคดเมียมและอัลคาไลน์บางชนิด แบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถอัดประจุเข้าไปใหม่เมื่อไฟหมด ทำให้สามารถใช้งานได้นาน แบตเตอรี่ที่นิยมใช้กันมาก คือ ชนิดที่ทำจากตะกั่ว - กรด และแบบนิกเกิลแคดเมียมซึ่งมีราคาแพง แต่อายุการใช้งานยาวนานกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่ว - กรด และอีกชนิดหนึ่งคือแบบเงิน – สังกะสี ราคาแพงมาก แต่จ่ายไฟได้มากที่สุด

แบตเตอรี่ที่ใช้งานในโรงงานนี้เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรด ซึ่งเราจะกล่าวถึงแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดเท่านั้น

ประเภทของแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด

- แบตเตอรี่ทั่วไป(Standard battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้เมื่อไม่ได้ใช้งานจะมีการคายประจุขณะไร้ภาระ (Self discharge) ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ต้องมีการอัดประจุใหม่ทุกๆ 4-6 สัปดาห์เพื่อชดเชยค่าการคายประจุขณะไร้ภาระ แบตเตอรี่ประเภทนี้เหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงสั้นๆ

- แบตเตอรี่อายุการใช้งานสูง(Permanent battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บในที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสได้หลายเดือน โดยไม่ต้องการการดูแลรักษา และสามารถประจุแบตเตอรี่ทุกๆ 10 เดือน และมีการคายประจุขณะไร้ภาระต่ำ เนื่องจากใช้อโลหะตะกั่ว(Lead-alloy) ชนิดพิเศษเหมาะสำหรับใช้ในงานพิเศษที่ต้องการอายุการใช้งานสูงกว่าแบบมาตรฐาน

2.2.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่

เซลล์ของแบตเตอรี่ ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และสารละลายที่เป็นของเหลวหรือวุ้นซึ่งเรียกว่าอิเล็กโทรไลต์ เซลล์เหล่านี้อาจมีการปิดแผ่นสนิท หรือมีช่องให้สารละลายระเหยได้ ชนิดที่ปิดสนิทอาจใช้สารละลายที่เป็นวุ้นหรือเป็นของเหลว แต่เซลล์ที่มีช่องให้ระเหยได้จะใช้สารละลายเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

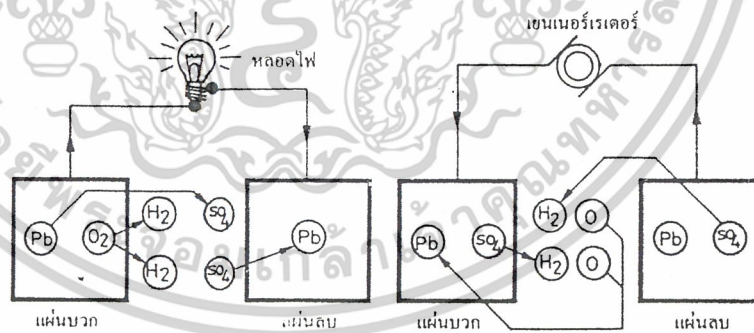
แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบจะวางอยู่คู่กันในเซลล์ และจะถูกป้องกันไม่ให้มีส่วนที่จะมาสัมผัสกันได้เลย แต่อิออนสามารถวิ่งจากแผ่นหนึ่งผ่านสารละลายไปยังอีกแผ่นหนึ่งได้ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบนี้อาจจะขึ้นกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และชนิดของสารละลาย แต่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่จะขึ้นกับพื้นที่ของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ ระยะห่างระหว่างแผ่น และความเข้มข้นของสารละลาย

ความจุในแบตเตอรี่มักวัดเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง วิธีการวัดความจุได้มีการตั้งมาตรฐานโดยกำหนดเวลาที่แล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมากมักกำหนดเป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง และมีการระบุด้วยว่าค่าความจุที่วัดได้นี้วัดที่กำหนดเวลาเท่าไร ทั้งนี้เพราะถ้ากำหนดต่างกันจะได้ค่าความจุไม่เท่ากัน เช่น แบตเตอรี่ลูกหนึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 แอมแปร์ ในเวลา 8 ชั่วโมง จะมีความจุ 160 แอมแปร์-ชั่วโมง ในเวลา 8 ชั่วโมง แต่ถ้าให้แบตเตอรี่ลูกนี้จ่ายกระแสไฟฟ้า 40 แอมแปร์จะวัดความจุได้น้อยกว่า 160 แอมแปร์-ชั่วโมง ในทางตรงข้ามให้แบตเตอรี่ลูกนี้จ่ายกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 20 แอมแปร์ ก็จะได้ค่าความจุมากกว่า 160 แอมแปร์-ชั่วโมง

2.2.3 ปฏิกิริยาเคมี

แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด มีการทำงานดังสรุปในรูปที่ 2.7 แผ่นธาตุบวกทำด้วยตะกั่วไดออกไซด์ (PbO₂) มีสีน้ำตาล แผ่นธาตุลบทำด้วยตะกั่วพูน (Pb) มีสีเทา สารละลายเป็นกรดกำมะถัน (H₂SO₄)



รูปที่ 2.7 การทำงานของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด

ขณะที่จ่ายไฟ จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น ดังนี้

1. ออกซิเจน (O₂) จากตะกั่วไดออกไซด์ (PbO₂) จะรวมตัวกับไฮโดรเจน (H) ในกรดกำมะถัน (H₂SO₄) กลายเป็นน้ำ (H₂O)
2. ตะกั่ว (Pb) จากตะกั่วไดออกไซด์ (PbO₂) จะรวมตัวกับอนุมูลซัลเฟต (SO₂) กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (PbSO₄)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นที่แผ่นธาตุบวกและลบ เมื่อเกิดปฏิกิริยาแล้วจะทำให้เกิดตะกั่วซัลเฟต(PbSO_4) ทั้งสองแผ่น น้ำ(H_2O) ที่เกิดขึ้นจะไปเจือจางกรดกำมะถัน ฉะนั้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาไปนานๆ กระแสไฟฟ้าที่ได้จะลดลงเรื่อยๆ

ขณะที่อัดไฟจะเกิดปฏิกิริยาตรงกันข้ามกับตอนจ่ายไฟ คือตะกั่วซัลเฟต(PbSO_4)จะแตกตัวเป็น ตะกั่ว(Pb) กับอนุมูลซัลเฟต(SO_4) ที่แผ่นทั้งสอง น้ำ(H_2O)จะแตกตัวเป็น ไฮโดรเจน(H) กับ ออกซิเจน(O_2) โดยที่ไฮโดรเจน(H)จะจับตัวกับอนุมูลซัลเฟต(SO_4) เป็นกรดกำมะถัน(H_2SO_4)และ ออกซิเจน(O_2) จะจับกับตะกั่ว(Pb)เป็นตะกั่วไดออกไซด์(PbO_2)

ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรด จะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะราคาถูกกว่าแบบ อื่นมากเมื่อเทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาใกล้เคียงกัน แต่แบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรดที่เราพบเห็นกัน ทั่วไป ก็มีจุดอ่อนที่ต้องการการบำรุงรักษาและสร้างปัญหาให้ผู้ใช้งานหลายประการ เช่น

1. ปัญหาเรื่องการรั่ว , รั่วของเปลือกแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้อายุการทำงานสั้นลง
2. ปัญหาเรื่องขั้วต่อบิดเบี้ยว ทำให้ต่อไม่สนิท กระแสไฟฟ้าจ่ายได้ไม่เต็มที่
3. ปัญหาการดูแลรักษา ซึ่งต้องคอยตรวจระดับน้ำกลั่น และคอยเติมน้ำกลั่นอยู่ตลอดเวลา ถ้า ปลดปล่อยให้แห้งแบตเตอรี่ก็จะเสื่อมสภาพไป
4. ปัญหาเรื่องสนิมเกลือ ซึ่งมักเกิดขึ้นที่ขั้วหรือส่วนที่เป็นโลหะ เนื่องจากไอน้ำกรดกำมะถัน ระเหยออกมา
5. ปัญหาเรื่องการเกิดเป็นไอน้ำในการทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งบางครั้งอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงระเบิด ได้
6. ปัญหาเรื่องแผ่นธาตุบดงอ ทำให้เกิดการลัดวงจร
7. ปัญหาเรื่องน้ำกรดเดือด ไหลออกมาก่อให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งรอบข้างเพราะกรดกำมะถันมีฤทธิ์ในการกัดกร่อนสูง

2.3 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ คือ อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟตรงให้เป็นแหล่งจ่ายไฟสลับที่มีขนาดและความถี่ตามต้องการ นั่นคือ แรงดันเอาต์พุตอาจคงที่หรือแปรค่าได้ตามความถี่ อินพุตของอินเวอร์เตอร์อาจเป็น ได้ทั้งแบตเตอรี่ เซลล์เชื้อเพลิง เซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม หรือแหล่งจ่ายไฟตรงอื่นๆ

รูปคลื่นแรงดันเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ในอุดมคติจะเป็นคลื่นรูปซายน์หรือรูปคลื่นแบบต่างๆ แล้วแต่ชนิดและจุดประสงค์ของการสร้างอินเวอร์เตอร์ แต่ในทางปฏิบัติรูปคลื่นเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ มักประกอบด้วยฮาร์โมนิกส์ทำให้รูปคลื่นไม่เป็นคลื่นรูปซายน์ ดังนั้นจึงต้องทำการลดฮาร์โมนิกส์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เทคนิคในการสวิทช์และวงจรกรองความถี่ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ประเภทของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ แบ่งกว้างๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. อินเวอร์เตอร์เฟสเดียว เป็นอินเวอร์เตอร์ที่เอาท์พุทเป็นไฟกระแสสลับเฟสเดียว
2. อินเวอร์เตอร์สามเฟส เป็นอินเวอร์เตอร์ที่เอาท์พุทเป็นไฟกระแสสลับ 3 เฟส

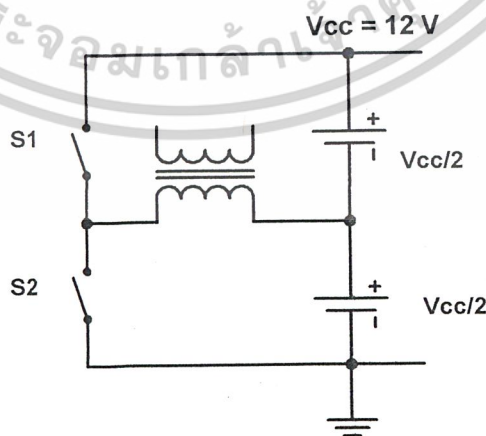
นอกจากนี้ อินเวอร์เตอร์ยังแบ่งตามลักษณะ โครงสร้างและการนำไปใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

1. อินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดัน (Voltage Source Inverters; VSI) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีอินพุตที่จ่ายให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง เช่นอินเวอร์เตอร์แบบมอดูเลทความกว้างของพัลส์ เป็นอินเวอร์เตอร์ที่สามารถปรับขนาดและความถี่ของเอาท์พุทได้ที่ตัวอินเวอร์เตอร์เองเลย โดยแรงดันอินพุตจะมีค่าคงที่ สัญญาณที่นำไปสวิตซ์ตัวอุปกรณ์จะเกิดจากวิธีการที่เรียกว่ามอดูเลทความกว้างของพัลส์ ซึ่งวิธีการสร้างสัญญาณนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2. อินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส (Current Source Inverters; CSI) เป็นอินเวอร์เตอร์ที่อินพุตที่จ่ายให้เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟตรง ซึ่งอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้กับงานที่ต้องการใช้กำลังสูงๆ โดยอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้ได้แก่ วงจรพุช-พูล (Push-Pull), วงจรฮาร์ฟบริดจ์ (Half Bridge) และวงจรฟูลบริดจ์ (Full Bridge)

2.3.2 ฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์

วงจรมีทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ในการอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากการหยุดนำกระแสหรือการปิดทรานซิสเตอร์ทำได้โดยการหยุดจ่ายกระแสที่ขั้วเบสของทรานซิสเตอร์เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องมีวงจรในการหยุดกระแสเหมือนกับเอสซีอาร์ ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.8 จากรูปจะเห็นว่า S1 และ S2 นั้นได้รับการออกแบบให้ทำงานตรงข้ามกันที่เวลาเดียวกัน เช่น เมื่อ S1 “ON” แรงดันที่ได้จะเป็น $V_{cc}/2$ และเมื่อ S2 “ON” จะได้แรงดันเป็น $-V_{cc}/2$ ในขณะที่ทรานซิสเตอร์แต่ละตัวอยู่ในสภาวะ “OFF” จะเกิดแรงดันย้อนกลับมีค่าเป็น $V_{cc}/2$

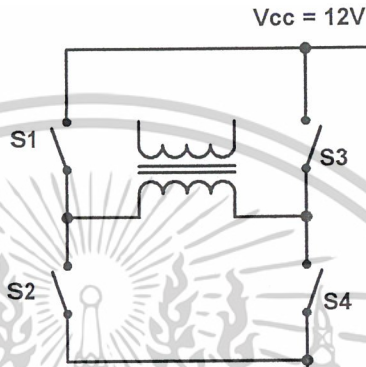


รูปที่ 2.8 วงจร ฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

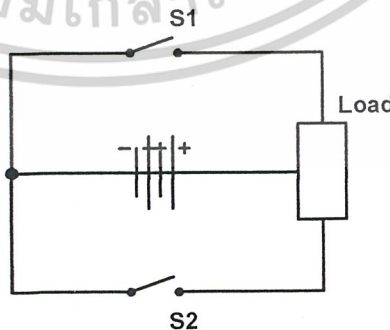
วงจรนี้ใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวเป็นสวิตช์ และจะทำงานเป็นคู่ คือ เมื่อ S1 และ S4 “ON” พร้อมกันจะเกิดแรงดันตกคร่อมโหลดเท่ากับ Vcc แต่ถ้า S2 และ S3 “ON” พร้อมกันจะทำให้เกิดแรงดันที่โหลดเท่ากับ -Vcc และในขณะที่สวิตช์ทั้ง 4 ตัว “OFF” จะเกิดแรงดันย้อนกลับมีค่าเป็น Vcc ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์

2.3.4 พุชพูลอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์แบบพุชพูลนี้เป็นวงจรที่ให้กำลังขาออกในช่วง 100 ถึง 500 วัตต์ ซึ่งในวงจรพุชพูลนี้จะใช้หม้อแปลงที่มีแทปกลางทางด้านอินพุท วงจรอินเวอร์เตอร์แบบพุชพูลยังสามารถทำงานร่วมกับ PWM และรูปคลื่นสี่เหลี่ยมได้เช่นเดียวกับ ฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์ หรือ ฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ โดย PWM จะเป็นตัวควบคุมสวิตช์ 1, สวิตช์ 2 เพื่อให้ i_o ไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นขณะที่สวิตช์ 1 อยู่ในสถานะ “ON” (หรือสวิตช์ 2 อยู่ในสถานะ “OFF”) ขดลวดปฐมภูมิทางด้านบนจะครบรอบและจะให้กระแส i_o ที่ขดลวดทุติยภูมิ จะเป็นค่าบวกและได้แรงดันเป็นบวกที่มีขนาด $V_o = -V_{source}/n$



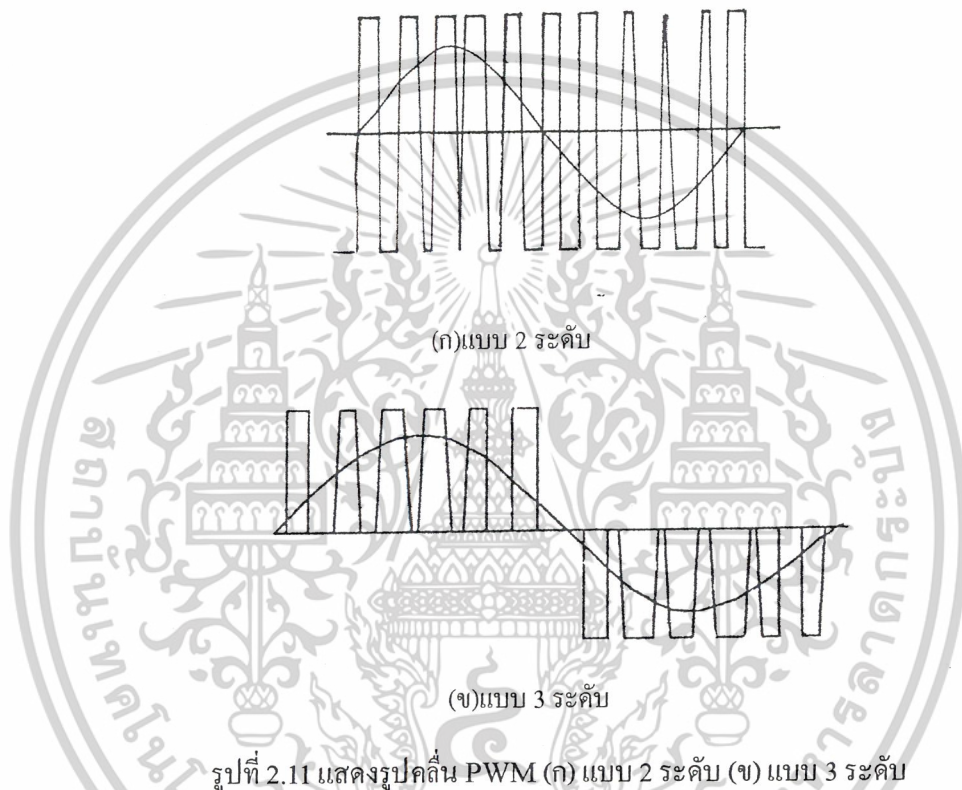
รูปที่ 2.10 วงจรพุชพูลอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การมอดูเลตความกว้างของพัลส์ (Pulse Width Modulation; PWM)

2.3.5.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการมอดูเลตความกว้างของพัลส์

การมอดูเลตความกว้างของพัลส์ เป็นวิธีการแบ่งรูปคลื่นใน 1 คาบ ของสัญญาณออกเป็นพัลส์ย่อยหลายๆ พัลส์ โดยที่แต่ละพัลส์อาจมีความกว้างของพัลส์ไม่เท่ากัน ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรูปคลื่น PWM ชนิดต่างๆรวมทั้งวิธีการสร้างรูปคลื่น PWM แบบต่างๆ ซึ่งมีทั้งแบบสองระดับและสามระดับดังในรูปที่ 2.11



2.3.5.2 รูปคลื่น PWM แบบ 2 ระดับ และแบบ 3 ระดับ

รูปคลื่น PWM มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแต่ละชนิดที่นำมาใช้งานมากที่สุดเป็นชนิดพื้นฐานที่สุดได้แก่ แบบ 2 ระดับ และแบบ 3 ระดับ

โดยที่ PWM 2 ระดับ เป็นรูปคลื่นที่มีการสวิตช์ระหว่างระดับอ้างอิงสองระดับ คือ $-V$ และ $+V$

PWM 3 ระดับ เป็นรูปคลื่นที่มีการสวิตช์ระหว่างระดับอ้างอิงสามระดับคือ $-V$, 0 และ $+V$

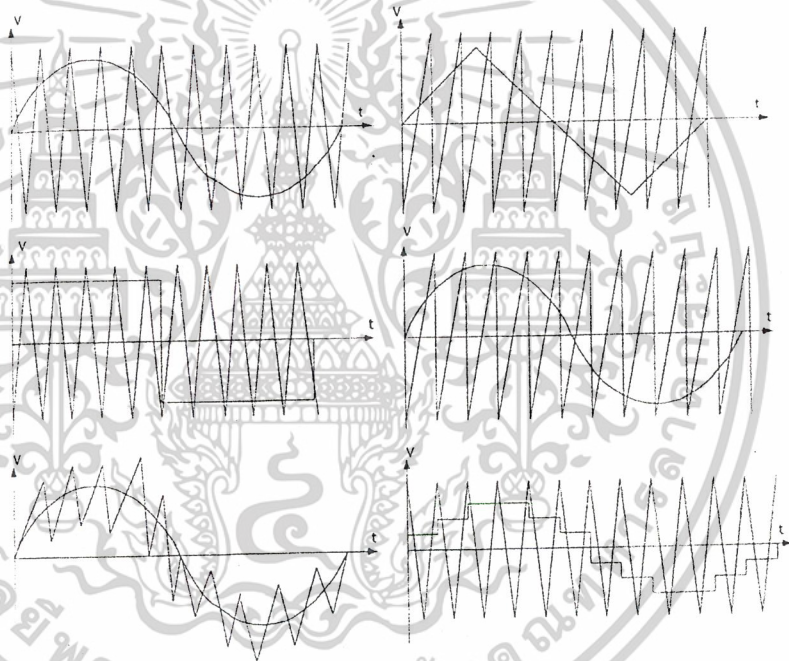
รูปที่ 2.11 แสดงรูปคลื่น PWM เปรียบเทียบกับคลื่นความถี่พื้นฐาน ของรูปคลื่น PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5.3 การสร้างรูปคลื่น PWM

รูปคลื่น PWM สามารถสร้างขึ้นมาได้โดยการป้อนสัญญาณอินพุต 2 สัญญาณ เข้าสู่วงจรเปรียบเทียบ คือ สัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณพาหะ สัญญาณอ้างอิงจะมีความถี่เท่ากับรูปคลื่น PWM 1 รอบ ในขณะที่สัญญาณพาหะจะมีความถี่สูงกว่า ซึ่งรูปคลื่น PWM สามารถสร้างได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างรูปแบบของสัญญาณ PWM หรือใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก คือใช้วงจรเปรียบเทียบ เช่น ไอซีเบอร์ LM339 , LM331 และ LM393 เป็นต้น

โครงการนี้จะใช้วิธีการสร้างสัญญาณ PWM โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มี IC XR2006 เป็นตัวสร้างสัญญาณอ้างอิง และ IC TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพาหะ และทำการเปรียบเทียบสัญญาณภายใน IC TL494 นี้ด้วย ซึ่งวิธีนี้มุมสวิทช์ของรูปคลื่น PWM ก็คือ จุดตัดของสัญญาณทั้งสอง การสร้างแบบนี้จะเป็นการนำสัญญาณที่นำมาทำการเปรียบเทียบและจะทำได้หลายลักษณะดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 รูปคลื่น PWM ที่ใช้ในวงจรเปรียบเทียบ

2.3.6 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลและแบบเรกูลาร์ (Natural and Regular Form)

การสร้างรูปคลื่น PWM โดยการใช้วงจรเปรียบเทียบจะมีองค์ประกอบ 2 ประการที่จะเป็นตัวกำหนดลักษณะรูปคลื่น PWM ได้แก่

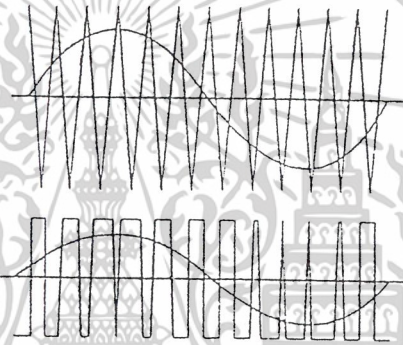
- อัตราส่วนความถี่ของสัญญาณแคเรียร์ต่อสัญญาณอ้างอิง (Frequency Ratio , N)
- อัตราส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณอ้างอิงต่อสัญญาณแคเรียร์หรืออัตราส่วนการมอดูเลชัน (Modulation Ratio, K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติค่าอัตราส่วนการมอดูเลชันจะใช้ค่าที่อยู่ในช่วงไม่เกิน 1 ค่านี้จะเป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์แต่ละพัลส์โดยความกว้างของพัลส์จะยิ่งมากขึ้นเมื่อค่า K มีค่ามากขึ้น ส่วนค่าอัตราส่วนความถี่จะเป็นตัวกำหนดจำนวนพัลส์ให้มีจำนวนเท่ากับค่า N และจำนวนมุมสวิทช์จะมีจำนวน $2N$ มุมทั้งนี้ต้องอยู่ในกรณีที่ค่า K ไม่เกิน 1

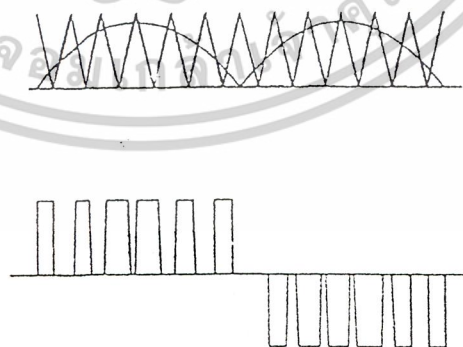
2.3.6.1 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลแซมปลิง(Natural Sampling Patern)

การสร้างรูปคลื่นแบบเนเชอรัลแซมปลิงจะใช้คลื่นไซน์เป็นสัญญาณอ้างอิง และคลื่นสามเหลี่ยมเป็นสัญญาณแคเรียร์ โดยสามารถสร้างได้ทั้งแบบ 2 ระดับ และ แบบ 3 ระดับ การสร้างแบบ 2 ระดับ จะใช้คลื่นไซน์และคลื่นสามเหลี่ยมแบบเต็มรูปคลื่นช่วงที่คลื่นไซน์มากกว่าคลื่นสามเหลี่ยมการสวิทช์จะเป็นบวก และช่วงที่คลื่นไซน์ มีขนาดน้อยกว่าการสวิทช์จะเป็นลบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 รูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลแซมปลิงชนิด 2 ระดับ

สำหรับการเปรียบเทียบแบบ 3 ระดับ จะใช้คลื่นไซน์ที่ผ่านการเรกติไฟร์ให้เป็นแบบเต็มรูปคลื่นเสียก่อน(Full wave rectifier) แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับคลื่นสามเหลี่ยมที่ยกระดับขึ้นไปอยู่เหนือเส้นกราวด์ ส่วนช่วงที่คลื่นไซน์มีขนาดมากกว่าคลื่นสามเหลี่ยมในครึ่งคาบแรก การสวิทช์จะมีค่าเป็นศูนย์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.14

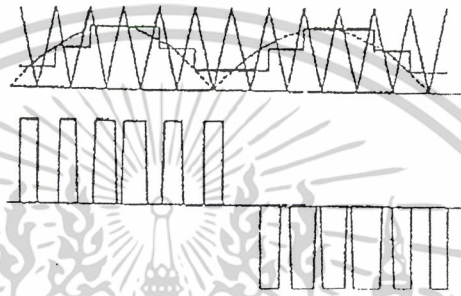


รูปที่ 2.14 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัลแซมปลิงชนิด 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.2 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเรกูลาร์แซมปลิง (Regular Sampling Patern)

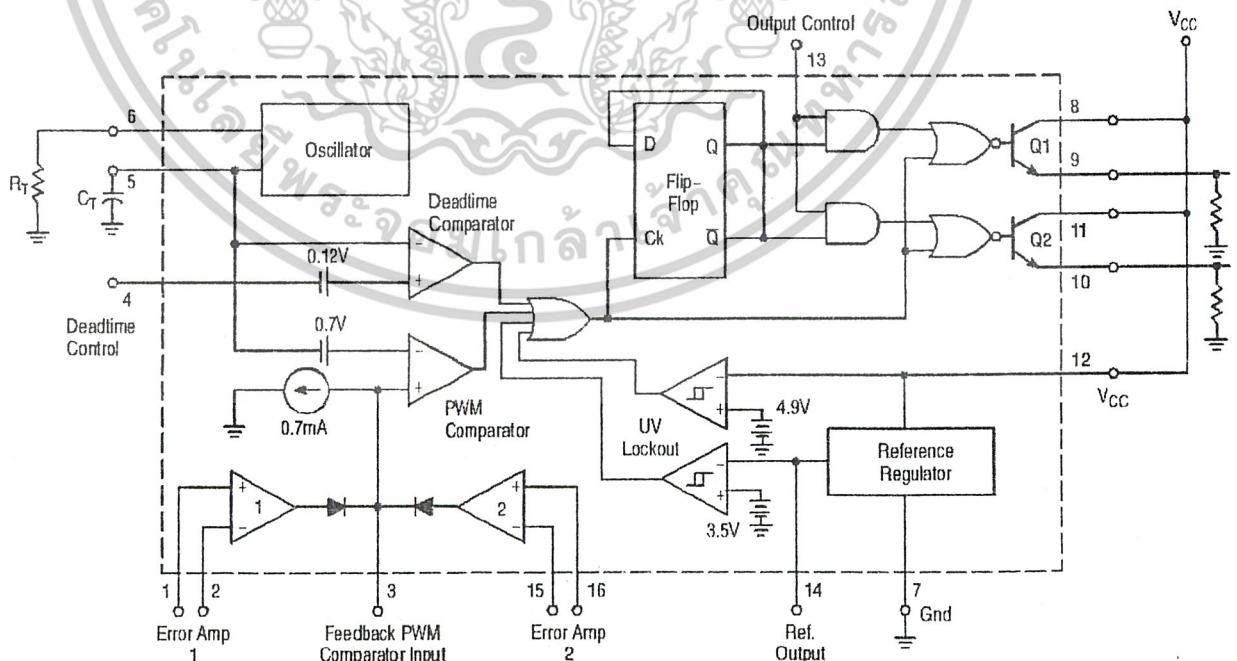
การสร้างรูปคลื่น PWM แบบนี้จะใช้หลักการแบบเดียวกันกับการสร้างรูปคลื่น PWM แบบเนเชอรัล โดยถูกคัดแปลงมาจากแบบเนเชอรัลเนื่องจากการเปรียบเทียบแบบเนเชอรัลนั้น ระหว่างการเปรียบเทียบแต่ละครั้งส่วนของคลื่นซายน์จะไม่เป็นเชิงเส้น แต่การเปรียบเทียบแบบเรกูลาร์นี้จะนำคลื่นซายน์ผ่านวงจรแซมเปิลและโฮลด์ (Sample and Hold) ที่มีความถี่ของการสุ่มเท่ากับความถี่ของคลื่นตามเหลี่ยมซึ่งจะเห็นได้ว่าระหว่างการเปรียบเทียบแต่ละช่วงจะเป็นเชิงเส้น นอกจากนี้การเปรียบเทียบแบบเรกูลาร์จะสามารถทำการเปรียบเทียบแบบ 3 ระดับได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.15 การสร้างรูปคลื่น PWM แบบเรกูลาร์แซมปลิงชนิด 3 ระดับ

2.3.7 ไอซีเบอร์ TL494

ไอซีเบอร์ TL494 เป็นไอซีสำเร็จรูปที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ โดยจะสร้างสัญญาณ PWM ขึ้นมาควบคุมความถี่ให้คงที่ โดยที่ภายในจะสร้างสัญญาณฟันเลื่อย ขึ้นภายในตัวไอซี

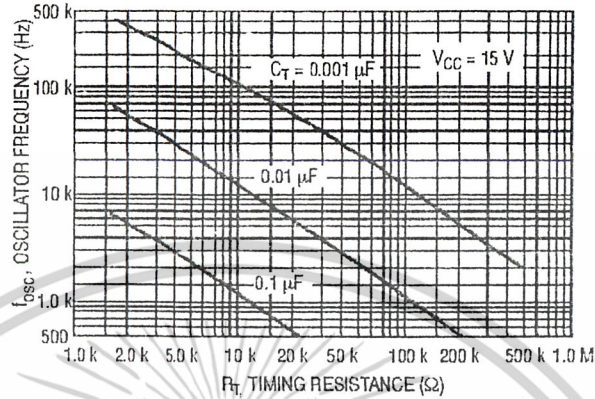


รูปที่ 2.16 การจัดโครงสร้างภายในและการจัดขาของไอซี TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ความถี่นี้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบภายนอก 2 ตัว คือ R_T และ C_T ซึ่งจะต่อกับขา 5 และ 6 ดังแสดงในรูปที่ 2.17 ซึ่งความถี่นี้จะได้จากสมการ

$$f_{osc} = 1.1 / R_T C_T \quad (2.2)$$

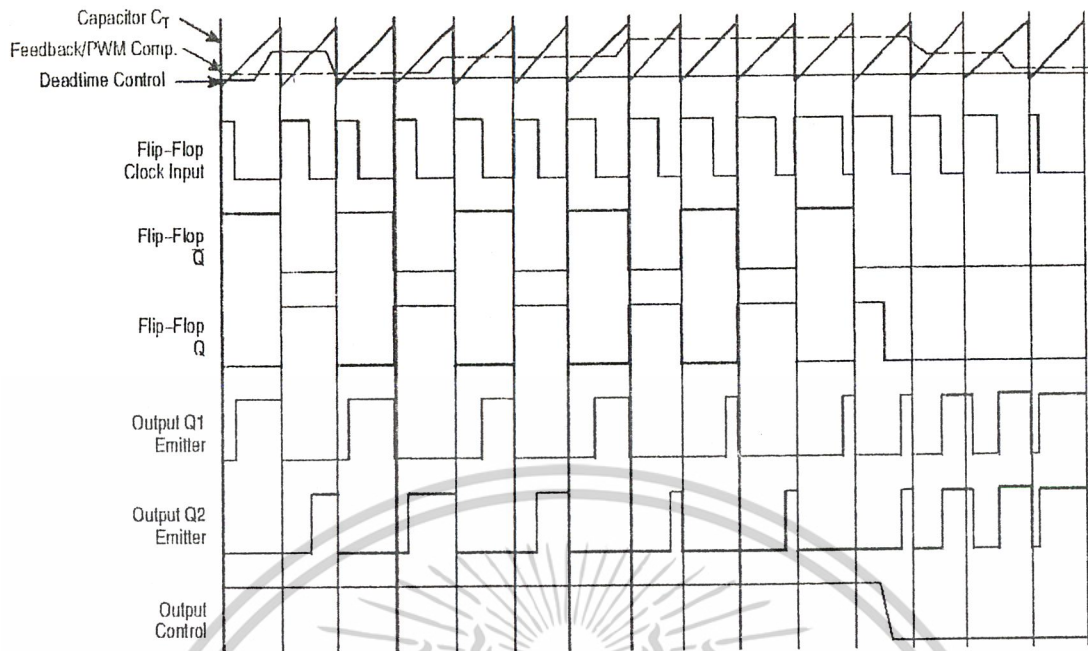


รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ของค่า R_T C_T ในการกำหนดความถี่

2.3.7.1 การทำงานของไอซีในการคงค่าแรงดันของคอนเวอร์เตอร์

ความกว้างของพัลส์ขาออกของไอซี จะได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณฟันเลื่อยที่ขาซอกับแรงดันที่ได้จากวงจรมายเออร์ (Error Amp) ทั้ง 2 ตัว ที่แรงดัน PWM เปรียบเทียบ ส่วน NOR GATE ที่ควบคุมทรานซิสเตอร์เอาต์พุต Q1 และ Q2 จะทำงานก็ต่อเมื่อขา C_k ของฟลิปฟล็อป อยู่ในสถานะ “Low” เท่านั้น ซึ่ง C_k จะเป็น “Low” ได้ก็ต่อเมื่อแรงดันของสัญญาณฟันเลื่อยมีค่ามากกว่าแรงดันที่มาจากวงจรมายเออร์ทั้ง 2 ตัว นั่นคือแรงดันป้อนกลับจากเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ หากมีค่าสูงขึ้น ความกว้างของพัลส์ขาออกของไอซีจะลดลง ในทางกลับกัน หากแรงดันป้อนกลับมีค่าลดลง ความกว้างของพัลส์ขาออกของไอซีจะเพิ่มขึ้น

ความกว้างของพัลส์ขาออกของ ไอซีสามารถกำหนดให้มีค่ามากที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์ได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 3 จาก 0.5 โวลต์ จนถึง 3.5 โวลต์ ส่วนวงจรมายเออร์ทั้ง 2 ตัวจะมีช่วงของอินพุตคอมมอนโหมด (common mode) ตั้งแต่ -0.3 ถึง $(V_{cc} - 2)$ โวลต์ และสามารถใช้ตรวจจับแรงดันหรือกระแสที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ได้ วงจรมายเออร์ทั้ง 2 ตัวจะให้เอาต์พุตในลักษณะให้สถานะ “High” (Active High) โดยต่อกันอยู่ในลักษณะ OR ที่ขา non-inverting ของ PWM Comparator การต่อในลักษณะนี้ วงจรมายเออร์ตัวที่ทำให้เกิดความกว้างพัลส์ขาออกต่ำสุดจะเป็นตัวควบคุมความกว้างของพัลส์ขาออกของไอซี



รูปที่ 2.18 รูปคลื่นลักษณะการทำงานของ TL 494

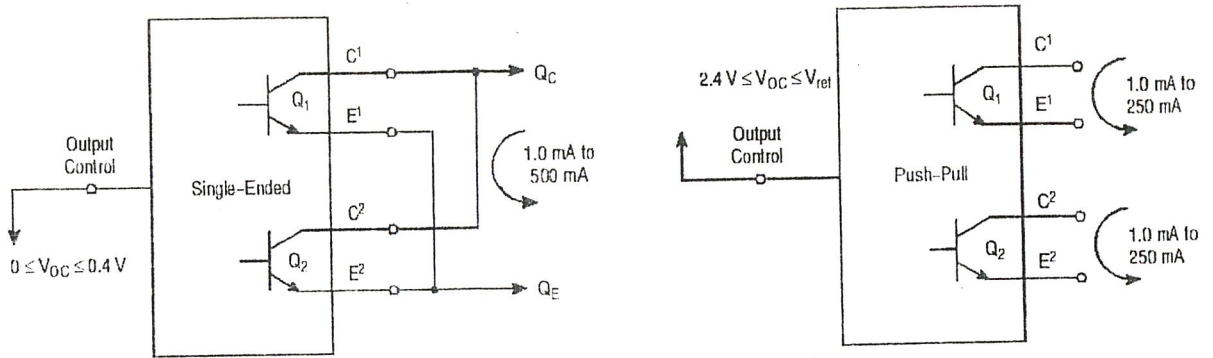
2.3.7.2 การกำหนดค่าเดดไทม์ (Deadtime Control : T_D)

TL 494 สามารถให้ผู้ใช้งานกำหนดค่าเดดไทม์ ของวงจรได้เอง ด้วยการต่อแรงดันระหว่าง 0 ถึง 3.3 โวลต์ ที่ขา 4 ของไอซี เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณขาออกของไอซี ON พร้อมกัน ใดๆก็ตามหากแรงดันที่ขา 4 มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ ค่าเดดไทม์สูงสุดของ ไอซีจะไม่ต่ำกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลาการทำงาน เนื่องจากมีแรงดันออฟเซต 120 มิลลิโวลต์ต่ออยู่ภายใน ดังนั้นช่วงเวลา t_{ON} สูงสุดของคอนเวอร์เตอร์ที่ได้จากไอซีจะเท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลาเมื่อต่อขา 13 (Output Control) เข้ากับขา 14 (+5 Vref) และมีค่าเท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลา เมื่อต่อขา 13 ลงกราวด์

2.3.7.3 การเลือกใช้ Q1 และ Q2 ที่ขาสัญญาณออกของไอซี

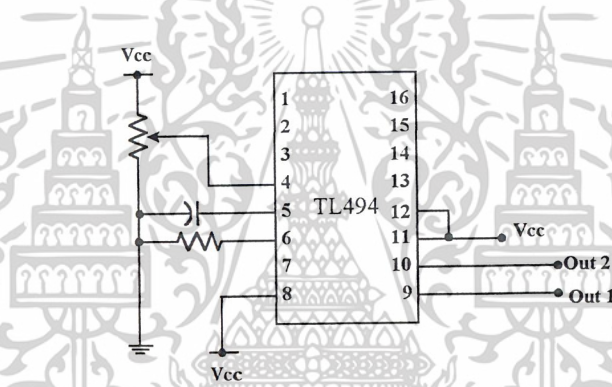
เอาท์พุท Q1 และ Q2 ของไอซี สามารถทำงานได้ 2 โหมด คือ ทำงานพร้อมกัน หรือสลับกันทำงาน ซึ่งสามารถเลือกการทำงาน ได้ที่ขา 13 (Output Control) โดยขณะที่ C_T ดิสชาร์จเอาท์พุทของเดดไทม์คอมพาราเตอร์ (Dead Time Comparator) จะให้พัลส์ออกมา C_K จะมีสถานะเป็น “High” และหยุดการทำงานของ Q1 และ Q2 ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “High” โดยการต่อเข้ากับขา 4 (+5 Vref) Q1 และ Q2 จะสลับกันทำงานตามจังหวะของฟลิปฟลอป เพื่อให้ขับคอนเวอร์เตอร์แบบพช พูล ในกรณีนี้ คาบเวลาการทำงานจะเป็น 2 เท่าของคาบเวลาสัญญาณพินเลี้ยงของ ไอซี แต่ถ้ากำหนดให้ขา 13 มีสถานะเป็น “Low” โดยการต่อลงกราวด์ (ยกเลิฟลิปฟลอป) Q1 และ Q2 จะสามารถทำงานพร้อมกันและสามารถขนาน Q1 และ Q2 เข้าด้วยกันได้ ถ้าต้องการให้นำกระแสได้มากขึ้น ในกรณีนี้ คาบเวลาการทำงานจะมีค่าเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณพินเลี้ยงของ ไอซี (ช่วงเวลานำกระแสสูงสุด เท่ากับ 96 เปอร์เซ็นต์ของค่าคาบเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 ลักษณะการเลือกใช้อุปกรณ์ของ TL494

TL494 ต้องการไฟเลี้ยงในช่วง $7 \leq V_{cc} \leq 40$ โวลต์ มีแรงดันอ้างอิงภายใน $V_{ref} = 5$ โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสได้ถึง 10 มิลลิแอมป์ เพื่อใช้กับวงจรภายนอกได้ โดยมีค่าความถูกต้อง $\pm 1.5\%$ ความคลาดเคลื่อนทางอุณหภูมิมีค่าน้อยกว่า 50 มิลลิโวลต์ เมื่อทำงานในช่วง 0 ถึง 70°C



รูปที่ 2.20 การต่อไอซีเบอร์ TL494

2.4 มอสเฟตกำลัง(Power MOSFET)

มอสเฟตมาจากคำว่า Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transister เป็นเฟตที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งได้รับการเคลือบผิวบางส่วนด้วยโลหะออกไซด์

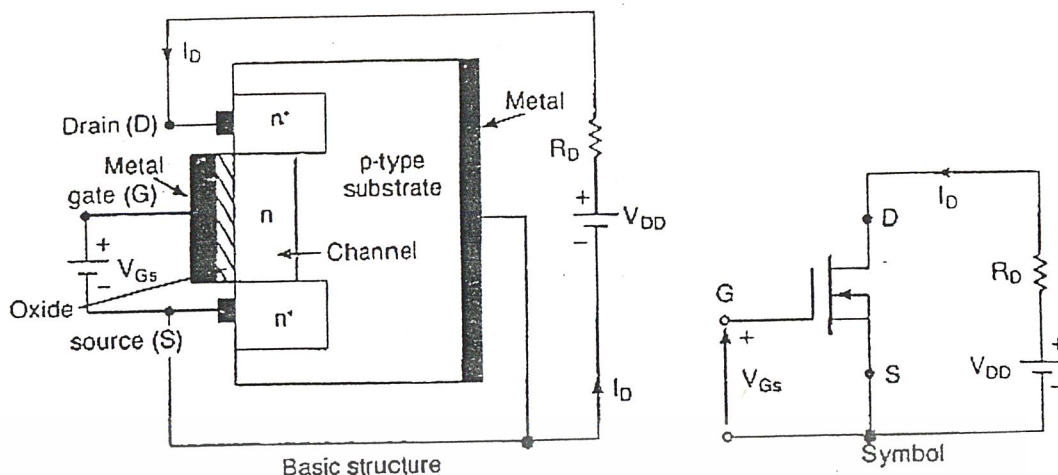
มอสเฟตกำลังเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม ซึ่งมอสเฟตนี้เป็นอุปกรณ์ที่มี 3 ขั้ว คือ ขั้วซอร์ส(Source;S) เทรน(Drain;D) และเกต(Gate;G) นอกจากนี้มอสเฟตยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มอสเฟตดีพลีชัน(Depletion MOSFET) เรียกสั้นๆว่า ดิมอสเฟต และมอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์(Enhancement MOSFET) หรือเรียกว่า อิมอสเฟต แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แชนแนลเอ็น(n-Channel) และแชนแนลพี(p-Channel) ซึ่งมอสเฟตจะมีคุณลักษณะดังนี้

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทที่ใช้แรงดันในการควบคุม และมีค่าความต้านทานอินพุท(หมายถึงค่าความต้านทานที่ขาเกต)สูงมาก ขั้วเกตจะดึงกระแสรั่วไหลต่ำมากแค่ไม่กี่นาโนแอมป์ และทรานส์คอนดักแตนซ์(Transconductance; g_m) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของกระแสทรานส์(D_D) ต่อแรงดันเกต(V_G) เป็นตัว

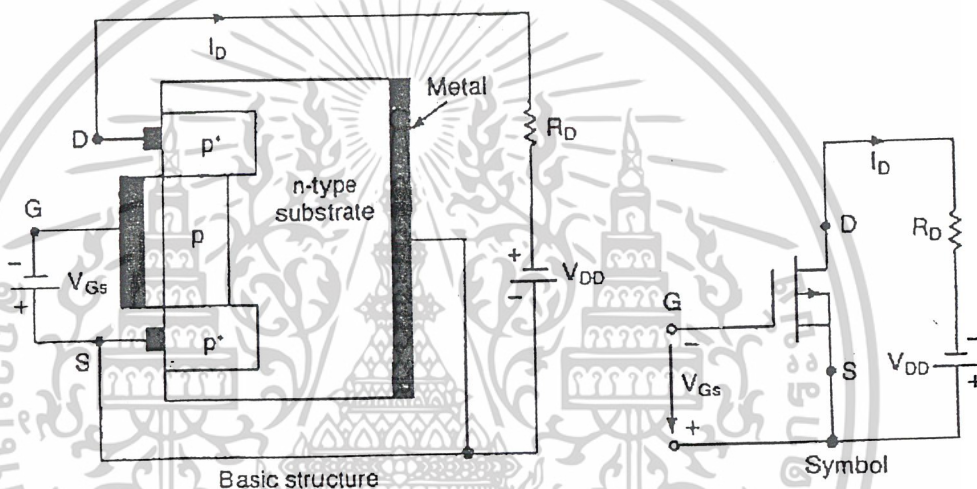
กำหนดคุณลักษณะการถ่ายโอนของมอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) n-channel depletion-type MOSFET

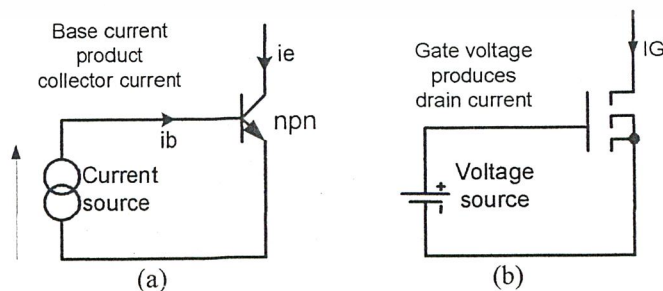


(b) p-channel depletion-type MOSFET

รูปที่ 2.21 โครงสร้างภายในของมอสเฟต

2.4.1 ข้อดีของมอสเฟตเมื่อเทียบกับทรานซิสเตอร์

มอสเฟตสามารถควบคุมด้วยแรงดันเมื่อพิจารณาการนำไปใช้ในงานสวิตซ์ของมอสเฟตและทรานซิสเตอร์ แล้วสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึง คือลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าและลักษณะสมบัติทางเอาท์พุท ซึ่งทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยกระแส โดยจะป้อนกระแสเข้าที่ขาเบส ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดการไหลของกระแสคอลเลกเตอร์ ได้ดังรูปที่ 2.22a



รูปที่ 2.22a) การขับทรานซิสเตอร์ด้วยกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ (b) การขับมอสเฟตด้วยแรงดัน มาตราให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

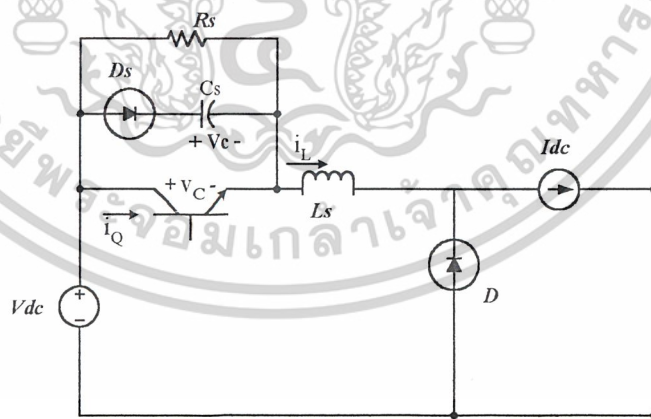
ส่วนมอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยแรงดัน ในการจับมอสเฟตชนิดเอ็นแชนแนล ให้ทำงานนั้นจะต้องป้อนแรงดันระหว่างเกตกับซอส ดังรูปที่ 2.22b จากการทำทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยกระแส ทำให้ต้องมีการใช้วงจรจับที่สามารถจ่ายกระแสได้อย่างเพียงพอ เพื่อที่จะให้ทรานซิสเตอร์สามารถทำงานได้อย่างอึดตัว ในขณะที่มอสเฟตนั้นจะต้องใช้วงจรจับที่จ่ายแรงดันในการควบคุมกระแสเดรน ดังนั้นในการออกแบบวงจรจับของมอสเฟตจะทำได้ง่ายกว่า ใช้กำลังน้อยกว่า และใช้อุปกรณ์การสร้างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวงจรจับของทรานซิสเตอร์

และคุณสมบัติที่โดดเด่นอีกประการหนึ่งสำหรับมอสเฟต คือ มีความเร็วในการทำงาน สวิตซ์สูงกว่าทรานซิสเตอร์ และเนื่องจากมอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทยูนิโพลาร์(Unipolar) ทำให้ไม่เกิดค่าเวลา Storage Time เหมือนกับทรานซิสเตอร์ ซึ่งค่าดังกล่าวมีผลต่อความเร็วในการ สวิตซ์เป็นอย่างมาก

2.5 วงจรสแนบเบอร์(Snubber Network)

วงจรสแนบเบอร์เป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาในวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังการสูญเสียและลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์สวิตซ์ซิ่ง ก็คือ มอสเฟต วงจรสแนบเบอร์ทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด การออกแบบวงจรสแนบเบอร์ให้มีค่าเหมาะสมจะสามารถช่วยให้วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วงจรสแนบเบอร์ทำหน้าที่จำกัดศักดาและกระแสที่สวิตซ์ในช่วงเกิดการเปลี่ยน โดยจะควบคุมอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดัน ในช่วงสวิตซ์กำลังปิด(turn off) และควบคุมอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแส ในช่วงสวิตซ์กำลังเปิด (turn on)

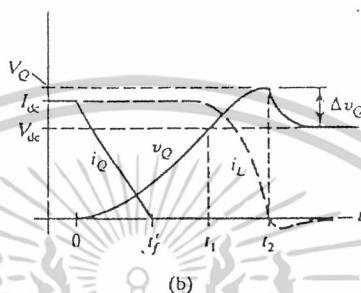


รูปที่ 2.23 วงจร turn on/ turn off snubber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 หลักการทำงานของวงจรถับเบอร์ด

กำลังสูญเสียจะมีค่าสูงมากในขณะที่มอสเฟตเปลี่ยนสถานะการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะเริ่มหยุดกระแส ก่อนที่มอสเฟตจะเริ่มหยุดนำกระแส นั้น กระแสจะลดลงอย่างช้าๆ ในขณะที่แรงดันจะเพิ่มขึ้นสู่ค่าแรงดันอินพุตอย่างรวดเร็วซึ่งกำลังการสูญเสียในรูปความร้อนช่วงนี้จะมีค่าสูง ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 กราฟแสดงคุณลักษณะของวงจรถับเบอร์ด turn on/ turn off snubber

โดยเราจะต้องพิจารณา 2 ช่วง คือ ช่วงสวิตช์กำลังเปิด และช่วงสวิตช์กำลังจะปิด

ในช่วงขณะจะ turn off นั้น จะทำให้ศักดาที่สวิตช์ถูกเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้เกิดความเครียดขึ้นที่สวิตช์ เราทำการแก้ปัญหาด้วยการใส่ตัวเก็บประจุ(C) ครอบสวิตช์เข้าไปเพื่อช่วยใ้ศักดาค่อยๆ เพิ่มขึ้นมาคุณลักษณะของตัวเก็บประจุ แต่ถ้าใส่ตัวเก็บประจุ เข้าไปตัวเดียว จะทำให้เกิดปัญหาในขณะที่สวิตช์ on คือตัวเก็บประจุ จะทำการคายประจุออกมา ทำให้สวิตช์ได้รับประจุที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก จะอาจเป็นผลให้สวิตช์เสียได้ ดังนั้นเราจึงทำการใส่ตัวต้านทานและไดโอดเข้าไปด้วย เพื่อให้ตัวเก็บประจุ ค่อยๆ คายประจุ ตามค่า RC time constant

ส่วนในช่วงขณะจะ turn on นั้น สวิตช์จะเกิดการดึงกระแสเกิน ซึ่งจะทำให้สวิตช์เกิดความเสียหายได้ ดังนั้น เราจะทำการใส่ ตัวเหนี่ยวนำเข้าไป เพื่อให้กระแสค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามคุณลักษณะของตัวเหนี่ยวนำ ส่วนในขณะที่สวิตช์ off ตัวเหนี่ยวนำจะกลับขั้ว แต่สวิตช์จะไม่พัง เนื่องจากประจุถูกคายออกทางตัวเก็บประจุ

ถ้าพิจารณาในช่วง turn off จะพบว่ามีความดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์เพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น

$$\begin{aligned} V_Q &= V_{dc} + v_Q \\ &= V_{dc} + I_{dc} \sqrt{\frac{L_s}{C_s}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

ซึ่งวงจรถับเบอร์ดนี้จะมีส่วนช่วยให้การสูญเสียกำลังงานลดลงด้วย นั่นคือทำให้สวิตช์เกิดความเครียดน้อยลง และไม่พังง่าย

2.6 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนขนาดของแรงดันไฟฟ้าสลับจากแรงดันหนึ่งไปเป็นแรงดันไฟสลับขนาดที่ต้องการ โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด

2.6.1. การทำงานของหม้อแปลง

แรงดันไฟสลับที่จ่ายให้ที่ขดปฐมภูมิจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ ขดปฐมภูมิซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา กล่าวคือ จากไม่มีสนามแม่เหล็กเลย ค่อยๆมีมากขึ้นในทิศทางหนึ่งจนสูงสุด แล้วค่อยๆยุบตัวลงจนลงจนเป็นศูนย์แล้วค่อยๆเพิ่มมีมากขึ้นอีกแต่ในทิศทางตรงข้าม จนสูงสุดแล้วก็ยุบตัวลงจนเป็นศูนย์แล้วก็เพิ่มขึ้นอีกในทิศทางเหมือนครั้งแรก เป็นเช่นนี้สลับไปมาตามความถี่ของไฟสลับที่ป้อนเข้ามา ถ้ามีขดลวดอีกขดหนึ่งมาวางใกล้ๆสนามแม่เหล็กนี้ สนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลานี้จะตัดขดลวดนั้น เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนี้ได้ แรงดันนี้จะมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดที่มาวางไว้ใกล้ๆ และสนามแม่เหล็กไปตัดขดลวดนั้น ได้มากน้อยเพียงใด เพื่อให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดปฐมภูมิมาตัดขดลวดทุติยภูมิมากๆ จึงให้ทั้งขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิพันอยู่บนแกนอันเดียวกัน ซึ่งอาจจะเป็นแกนเหล็กเฟอร์ไรต์ , คอลลอยด์ หรืออากาศก็ได้

หม้อแปลง ในอุดมคติ กำลังที่ขดลวดปฐมภูมิจะเท่ากับกำลังที่ขดลวดทุติยภูมิ ไม่ว่าจะทำเป็นหม้อแปลงแบบ Step up หรือ Step down ดังสมการข้างล่าง

$$P_{pri} = I_{pri} * V_{pri} \quad (2.4)$$

$$P_{sec} = I_{sec} * V_{sec} \quad (2.5)$$

$$P_{pri} = P_{sec} \quad (2.6)$$

หม้อแปลงจะมีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมและกระแสที่ไหลในขดลวดทั้งสองสามารถแสดงความสัมพันธ์ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$E_p/E_s = N_p/N_s \quad (2.7)$$

$$E_p/E_s = I_s/I_p \quad (2.8)$$

อัตราส่วนรอบของหม้อแปลง สำหรับหม้อแปลง Step up กำหนดไว้ด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$T = N_s/N_p \quad (2.9)$$

อัตราส่วนความถี่กั่นของหม้อแปลงสามารถกำหนดได้ดังนี้

$$Z = T^2 \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ	E_p	คือ แรงดันตกคร่อมขดลวดปฐมภูมิมีหน่วยเป็น โวลต์
	E_s	คือ แรงดันตกคร่อมขดลวดทุติยภูมิมีหน่วยเป็น โวลต์
	N_p	คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ
	N_s	คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ
	I_p	คือ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิมีหน่วยเป็นแอมแปร์
	I_s	คือ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดทุติยภูมิมีหน่วยเป็นแอมแปร์
	T	คือ อัตราส่วนรอบ
	Z	คือ อัตราส่วนกีดกัน

2.6.2 การสูญเสียในหม้อแปลง

หม้อแปลงจะทำหน้าที่รักษาระดับการจ่ายพลังงานให้แก่โหลด โดยอัตโนมัติ ซึ่งหม้อแปลงจะจ่ายพลังงานให้โหลดตามต้องการ แต่ในขณะที่ไม่มีโหลดต่อที่ขดลวดทุติยภูมิกระแสจะไม่ไหลผ่านตัวหม้อแปลงเลย แต่กระแสนี้ยังคงไหลวนที่ขดลวดปฐมภูมิซึ่งกระแสนี้จะทำให้เกิดมีการเหนี่ยวนำในขดลวดปฐมภูมิ ฉะนั้นจะทำให้เกิดมีการสูญเสียในหม้อแปลงในรูปของความร้อนขึ้นในขดลวดและแกนของหม้อแปลง

(ก) Copper loss

ความร้อนที่เกิดขึ้นในเส้นลวดตัวนำจะเกิดเป็นผลของความต้านทานโดยมีผลกระทบต่อการไหลของกระแส การสูญเสียนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

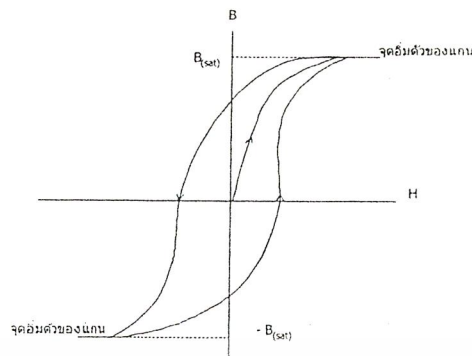
$$P_{\text{loss}} = I^2 R \quad (2.11)$$

ซึ่งในที่นี้จะไม่คำนวณค่าความกีดกัน X_L จะคำนวณเฉพาะค่าความต้านทานเท่านั้น เพราะค่าความต้านทานในขดลวดตัวนำ Z และ X_L ไม่มีผลต่อการไหลของกระแส เมื่อกระแสไหลเพิ่มขึ้นมาก ความร้อนก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่ค่า $I^2 R$ ที่สูญเสียในขดลวดตัวนำนี้ เรียกว่า Copper loss

(ข) การสูญเสียจากเส้นโค้งฮิสเทอรีซิส (Hysteresis Curve Loss)

เส้นโค้งฮิสเทอรีซิสจะเป็นตัวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (B) ที่เกิดขึ้นในแกนกับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (H) ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวดที่พันบนแกนดังในรูปที่ 2.28 ซึ่งผลกระทบที่มีในเวลากระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่พันรอบแกนเหล็กจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กนั้นเป็นจำนวน Molecule ของแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ฉะนั้นแกนควรมีการ Charge และ Dcharge ถ้าไม่มีจะทำให้แกนเกิดการอิ่มตัว (Saturation) ของค่าความหนาแน่นฟลักซ์ B ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นการสูญเสียในรูปของความร้อน $I^2 R$ เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ลักษณะที่สมมูลของเส้นการสูญเสียพลังงานฮิสเตอร์รีซิส

(ค) Eddy Current

ในหม้อแปลงนั้นการเหนี่ยวนำที่เกิดจากกระแสไหลไม่ได้เกิดขึ้นในเฉพาะขดลวดตัวนำเท่านั้น แต่ยังทำให้แกนเกิดการเหนี่ยวนำด้วย โดยมีกระแสไหลวนในแกนเหล็ก กระแสนี้จะทำให้เกิดมีความร้อนในแกนเหล็กในรูปของ I^2R เช่นกัน

(ง) Iron loss

เป็นผลรวมของการสูญเสียจาก Hysteresis และ Eddy Current ซึ่งเรียกว่า การสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron loss) โดยค่าการสูญเสียในแกนเหล็กมีผลน้อยมาก เหมือนการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของโหลดที่ขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง

2.7 วงจรกรองความถี่ (Filter)

วงจรกรองความถี่ เป็นวงจรที่ใช้ในการจัดรูปองค์ประกอบทางความถี่ของสัญญาณ โดยมีรูปแบบพื้นฐาน 4 รูปแบบ คือ

1. วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ดี และลดทอนสัญญาณที่มีความถี่สูง
2. วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) เป็นวงจรที่ยอมให้ความถี่สูงผ่านได้ดี และลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ
3. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band pass Filter) เป็นวงจรที่ยอมให้เฉพาะช่วงแถบความถี่ผ่านไปได้ และลดทอนสัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่าและสูงกว่า
4. วงจรกำจัดแถบความถี่ (Band Reject Filter หรือ Notch) เป็นวงจรที่ยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่าและสูงกว่าผ่านไปได้ แต่จะลดทอนสัญญาณช่วงแถบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกรองความถี่นั้นมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

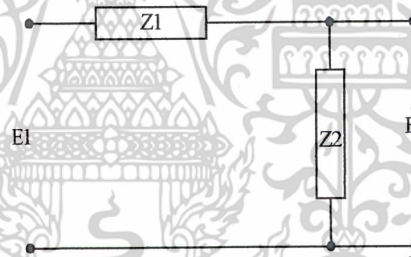
- วงจรกรองแบบแอคทีฟ(Active Filter) เป็นวงจรกรองความถี่สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดกำลังไม่สูง

- วงจรกรองแบบพาสซีฟ(Passive Filter) เป็นวงจรกรองความถี่สำหรับวงจรถูกำลังสูงๆ

สัญญาณไฟสลับที่ได้จากการสวิตชิง หรือคลื่นสัญญาณอื่นๆ ก็ตาม จะประกอบไปด้วยคลื่นที่มีลักษณะรูปซายน์ที่มีความถี่ฮาร์โมนิกส์อันดับต่างๆ ผสมกันอยู่มากหรือน้อยแตกต่างกันไปรวมทั้งสัญญาณรูปPWM ด้วย สำหรับรูปคลื่นPWM มีฮาร์โมนิกส์หลายอันดับที่กลายเป็นศูนย์ไปถ้าหากว่าอันดับของฮาร์โมนิกส์เพิ่มสูงขึ้น ขนาดของฮาร์โมนิกส์ก็จะลดลงด้วย คลื่นที่ปรากฏจะเป็นผลลัพธ์ทางการรวมฮาร์โมนิกส์อันดับต่างๆ

การทำงานของอินเวอร์เตอร์นั้น สัญญาณที่ได้จากการสวิตชิงจะยังไม่เป็นคลื่นซายน์ จะต้องผ่านวงจรกรองสัญญาณ เพื่อกรองฮาร์โมนิกส์ต่างๆ ที่ไม่ต้องการออกไป ให้เหลือแต่สัญญาณคลื่นซายน์ หรือสัญญาณความถี่มูลฐาน ออกมายังเอาท์พุทเท่านั้น

ซึ่งในโครงงานนี้ใช้การออกแบบวงจรกรองความถี่กรองความถี่ต่ำผ่านแบบ Passive Filter โดยมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.26 ลักษณะของวงจรกรองความถี่

2.8 การระบายความร้อน(Heat Sinking)

ตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด ในขณะที่ทำงาน จะเกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย(Power Dissipation) ในรูปของความร้อน ถ้าความร้อนนั้นได้รับการถ่ายเทออกมาไม่เพียงพอ อุณหภูมิของตัวอุปกรณ์จะเพิ่มขึ้นจนอาจทำให้ตัวอุปกรณ์นั้นเสียหายได้อย่างถาวร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ

การพิจารณาการระบายความร้อนให้กับตัวอุปกรณ์เป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการออกแบบที่ไม่สามารถถูกละเลย

บทที่ 3

การออกแบบวงจร

หลักการออกแบบระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Module)
2. ระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงาน (Storage Battery System)
3. อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (DC/AC Inverter)
4. ระบบควบคุม (Control System)

ลักษณะบล็อกไดอะแกรมของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งจากบล็อกไดอะแกรมแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

และในส่วนของอินเวอร์เตอร์นั้น สามารถแสดงลักษณะบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของอินเวอร์เตอร์

จากหลักการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถทำการออกแบบวงจรต่างๆ ของระบบแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

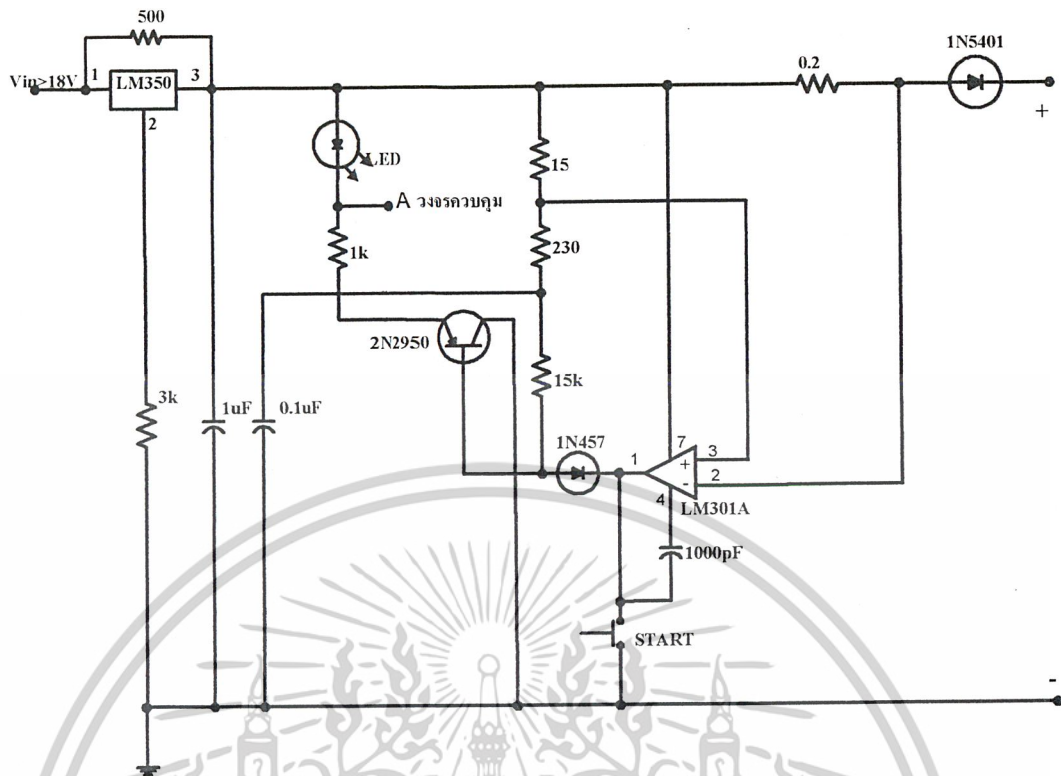
3.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับการทดลองนี้ไม่ได้ออกแบบสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอยู่มาใช้งาน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาใช้งานนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 3 แอมแปร์ แรงดัน 18 โวลท์

3.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่

ได้เลือกใช้วงจรชาร์จแบตเตอรี่ที่มีปริมาณกระแสสูงสุด 2 แอมแปร์ คือหากแบตเตอรี่หมดวงจร จะทำการอัดกระแสประมาณ 2 แอมแปร์ ด้วยแรงดันประมาณ 14.5 โวลท์ให้กับแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้จะเต็ม วงจรชาร์จจะจ่ายกระแสให้แบตเตอรี่เพียง 150 มิลลิแอมแปร์ และแรงดันที่จ่ายให้กับแบตเตอรี่จะลดลงจาก 14.5 โวลท์ เหลือ 12.5 โวลท์ เพื่อป้องกันความเสียหายแก่แบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรขารัดแบคเตอร์

วงจรถัดแบคเตอร์จะประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เป็นวงจรถัดระดับแรงดัน โดยใช้ LM350 โดยที่แรงดันเอาต์พุตของ LM350 จะมีค่าเท่ากับ 14.5 โวลต์ และในส่วนของกรแสดงสถานะของแบคเตอร์นั้นจะใช้วงจรถัดเปรียบเทียบ โดยมี LM301A เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดันที่ขา 2 ของ LM301A กับ แรงดันอ้างอิง(แรงดันที่ 3 ของ LM301A) โดยถ้า แรงดันที่ขา 2 ของ LM301A มีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิง จะทำให้เอาต์พุตของ LM301A มีค่าเป็น 0 ทำให้กระแสสามารถไหลผ่าน LED ผ่านทางทรานซิสเตอร์ Q1 ลงกราวด์ ทำให้ LED ติดสว่าง และในวงจรถัดนี้ยังมีไดโอด 1N5401 ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไหลย้อนกลับจากแบคเตอร์เข้าสู่วงจรถัดแบคเตอร์ในขณะที่ แรงดันเอาต์พุตของวงจรถัดแบคเตอร์มีค่าน้อยกว่าแรงดันของแบคเตอร์ (ขณะที่ไม่มีแสงอาทิตย์)

การที่เราเลือกใช่วงจรถัดแบคเตอร์ที่มีค่ากระแสสูงสุดเพียง 2 แอมแปร์ ก็เพราะว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีอยู่และนำมาใช้ในการทดลองนั้นสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดเพียง 3 แอมแปร์ เท่านั้น ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาานพอสมควรในการชาร์ตแบคเตอร์ให้เต็ม เนื่องจากข้อจำกัดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั่นเอง

3.3 ส่วนควบคุมระบบ

ในโครงการนี้ได้ทำการออกแบบส่วนควบคุมระบบดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยกำหนดความสามารถของระบบไว้ด้วยกันหลายอย่าง ดังนี้

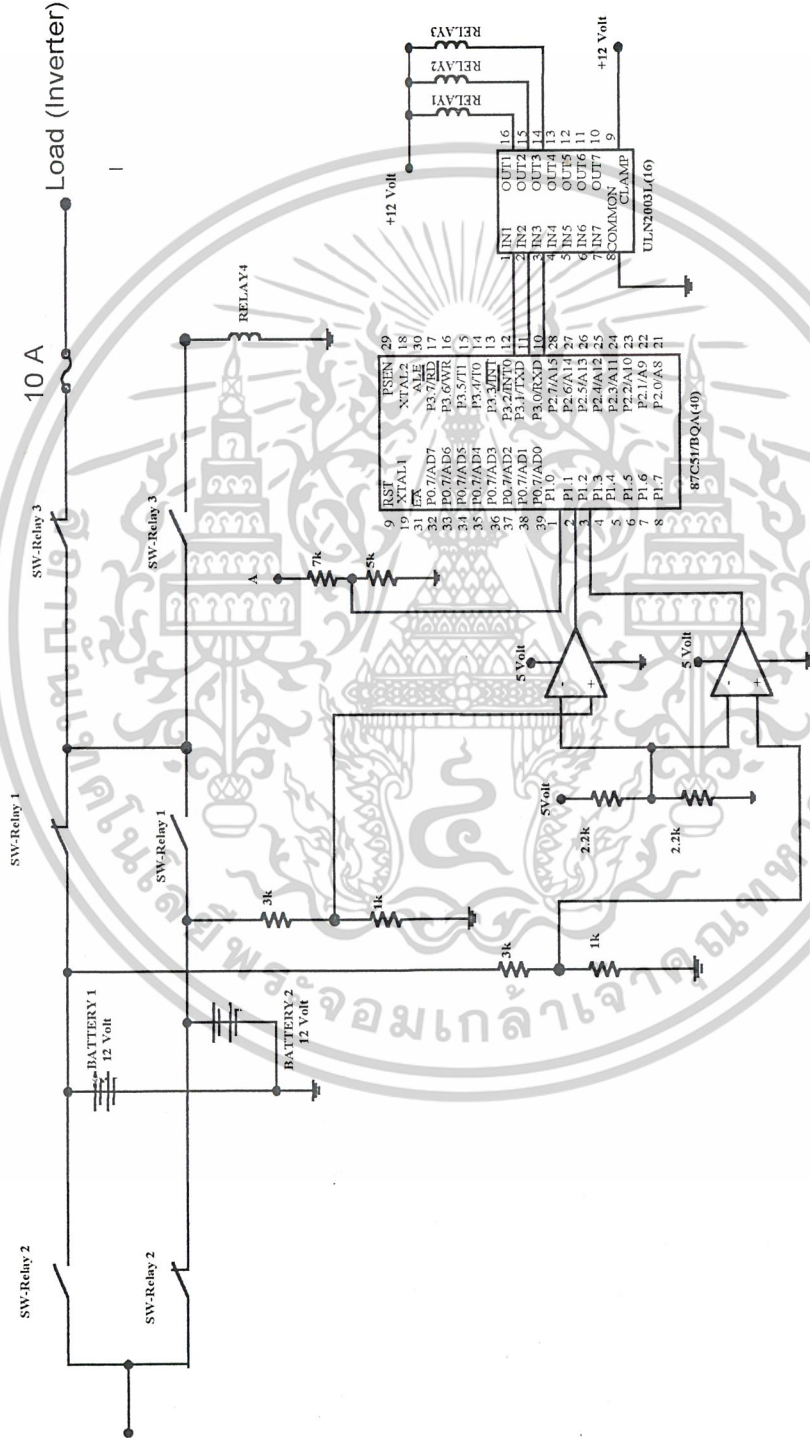
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ในส่วนของแบตเตอรี่จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ลูก โดยลูกหนึ่งไว้ใช้งานและอีกลูกหนึ่งไว้สำรอง ดังนั้นระบบจะต้องทำการเลือกใช้และเลือกชาร์ตแบตเตอรี่ได้เอง โดยคำนึงถึงแรงดันที่มีอยู่ของแบตเตอรี่เป็นหลัก ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการตรวจสอบสถานะของแบตเตอรี่ทั้งสอง โดยใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน เปรียบเทียบแรงดันที่แบตเตอรี่กับแรงดันอ้างอิงที่กำหนด (10 โวลต์) แต่หากใช้แรงดันทั้งสองมาเปรียบเทียบกันโดยตรงจะทำให้ระบบขาดเสถียรภาพในการทำงาน ดังนั้นเราจึงต้องทำการแบ่งแรงดัน ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งหากแบตเตอรี่มีแรงดันมากกว่า 10 โวลต์ (O/P ของวงจร เปรียบเทียบแรงดัน เป็น 1) เราจะถือว่าแบตเตอรี่ลูกนั้นยังคงใช้จ่ายโหลดได้ต่อไป แต่หากแบตเตอรี่มีแรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์ (O/P ของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เป็น 0) ระบบจะต้องทำการสับสวิตช์เพื่อนำแบตเตอรี่สำรองมาใช้แทน แล้วทำการชาร์ตแบตเตอรี่ลูกเดิมใหม่ นอกจากนี้ระบบยังสามารถตรวจสอบได้ด้วยว่าในส่วนการชาร์ตแบตเตอรี่นั้นแบตเตอรี่ที่ถูกชาร์ตเต็มหรือยัง หากชาร์ตเต็มแล้วระบบจะทำการสับสวิตช์เพื่อนำชาร์ตให้กับแบตเตอรี่ที่กำลังทำการจ่ายโหลดอยู่แทน ดังนั้นจะเห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีสัญญาณอินพุตทั้งหมด 3 บิต คือ

- สถานะแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 1 (มากกว่าหรือน้อยกว่า 10V)
- สถานะแรงดันของแบตเตอรี่ลูกที่ 2 (มากกว่าหรือน้อยกว่า 10V)
- สถานะของแบตเตอรี่ลูกที่กำลังถูกชาร์ตอยู่ (เต็มหรือไม่เต็ม)

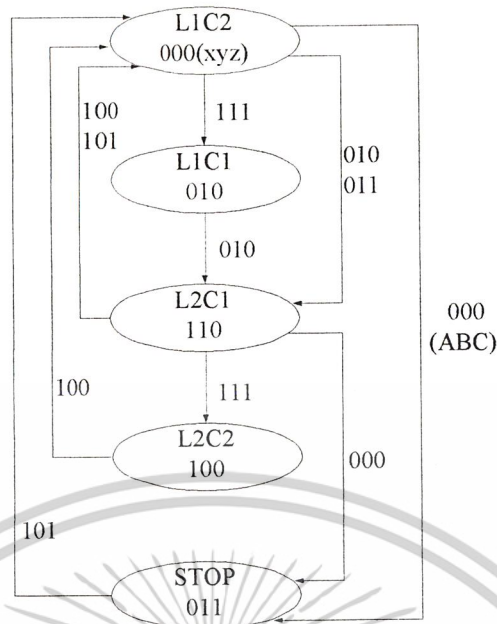
โดยหลักการในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ก็คือ เลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดันมากกว่า 10 โวลต์ เท่านั้นในการจ่ายโหลดและถ้าใช้แบตเตอรี่ลูกใดจ่ายโหลดอยู่จะทำการชาร์ตให้กับแบตเตอรี่อีกลูกหนึ่ง แต่หากแบตเตอรี่ลูกที่ถูกชาร์ตอยู่เต็มแล้วก็จะทำการชาร์ตให้กับแบตเตอรี่ลูกที่กำลังจ่ายโหลดอยู่หลังจากทำการประมวลผลแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งให้รีเลย์แต่ละตัวทำงาน โดยเราได้สร้างรูปแบบการทำงานไว้ดังรูปที่ 3.5

2. ในส่วนการกลับไปใช้ไฟจากการไฟฟ้าเมื่อแบตเตอรี่ทั้งสองหมด ส่วนนี้ได้ถูกแทรกอยู่ในการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในสถานะที่แบตเตอรี่ทั้งสองหมดเพื่อทำการสับสวิตช์รีเลย์เพื่อตัดโหลดออกจากระบบแล้วนำโหลดไปต่อกับไฟบ้านนั่นเอง



รูปที่ 3.4 วงจรส่วนควบคุมของระบบการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 State diagram แสดงการทำงานของวงจรส่วนควบคุม

เมื่อ A , B, C , X , Y และ Z คือ

A แทนสถานะของเบตเตอร์ลูกที่ 1 (b1)

โดย A = 1 เมื่อ $V_{b1} > 10$ Volt และ A = 0 เมื่อ $V_{b1} < 10$ Volt

B แทนสถานะของเบตเตอร์ลูกที่ 2 (b2)

โดย B = 1 เมื่อ $V_{b1} > 10$ Volt และ B = 0 เมื่อ $V_{b1} < 10$ Volt

C แทนสถานะของเบตเตอร์ ที่วงจรอาร์ตจ่ายกระแสให้

โดย C = 1 แทน เบตเตอร์เต็ม และ C = 0 แทน เบตเตอร์ไม่เต็ม

X แทนสถานะของรีเลย์ตัวที่ 1

โดย X = 1 แทน รีเลย์ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Open และ X = 0 แทน รีเลย์ไม่ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Close

Y แทนสถานะของรีเลย์ตัวที่ 2

โดย Y = 1 แทน รีเลย์ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Open และ Y = 0 แทน รีเลย์ไม่ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Close

Z แทนสถานะของรีเลย์ตัวที่ 3

โดย Z = 1 แทน รีเลย์ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Open และ Z = 0 แทน รีเลย์ไม่ทำงาน หน้า Contact อยู่ที่ Normal Close

L แทนเบตเตอร์ที่จ่ายโหลด

C แทนแหล่งรับพลังงานจากวงจรอาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรอินเวอร์เตอร์

ในโครงการนี้ได้เลือกใช้แบบ PWM ดังนั้น เราจึงต้องทำการออกแบบวงจรเพื่อสร้างสัญญาณ PWM เพื่อนำไปสวิตช์ให้กับ มอเตอร์ ซึ่งสัญญาณ PWM นั้นสามารถสร้างได้จากการนำสัญญาณชายน้ มาเปรียบเทียบกับแรงดันกับสัญญาณสามเหลี่ยม ดังจะได้แสดงการออกแบบดังนี้

3.4.1 การสร้างสัญญาณชายน้

การสร้างสัญญาณชายน้ซึ่งเป็นสัญญาณฐาน 50 เฮิรซ์ ใช้ไอซี เบอร์ XR2206 สัญญาณชายน้ที่ ได้สามารถปรับความถี่และขนาด ได้ โดยทำการปรับค่าอุปกรณ์ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุให้ เหมาะสมเพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ ซึ่งในโครงการนี้ได้ทำการกำหนดค่าตัวเก็บประจุก่อน แล้วจึงทำ การปรับค่าตัวต้านทานโดยมีสวิตช์รีเลย์เป็นตัวเลือกความถี่ ส่วนการปรับขนาดนั้นสามารถปรับได้จาก ค่าตัวต้านทานอีกตัวหนึ่ง ซึ่งสามารถปรับขนาดของสัญญาณได้จาก 0-6 V_{pp} โดยสัญญาณที่ได้นี้จะอยู่ บนไฟตรงประมาณ 7 โวลท์ ดังนั้นที่เอาท์พุทของวงจรสร้างชายน้จึงได้ต่อ C Coupling เอาไว้ เพื่อเรา จะลดระดับสัญญาณชายน้ลงมาราวด์

โดยสามารถคำนวณค่าความถี่ได้จากสมการ

$$f = \frac{1}{R_T C_T} \quad (3.1)$$

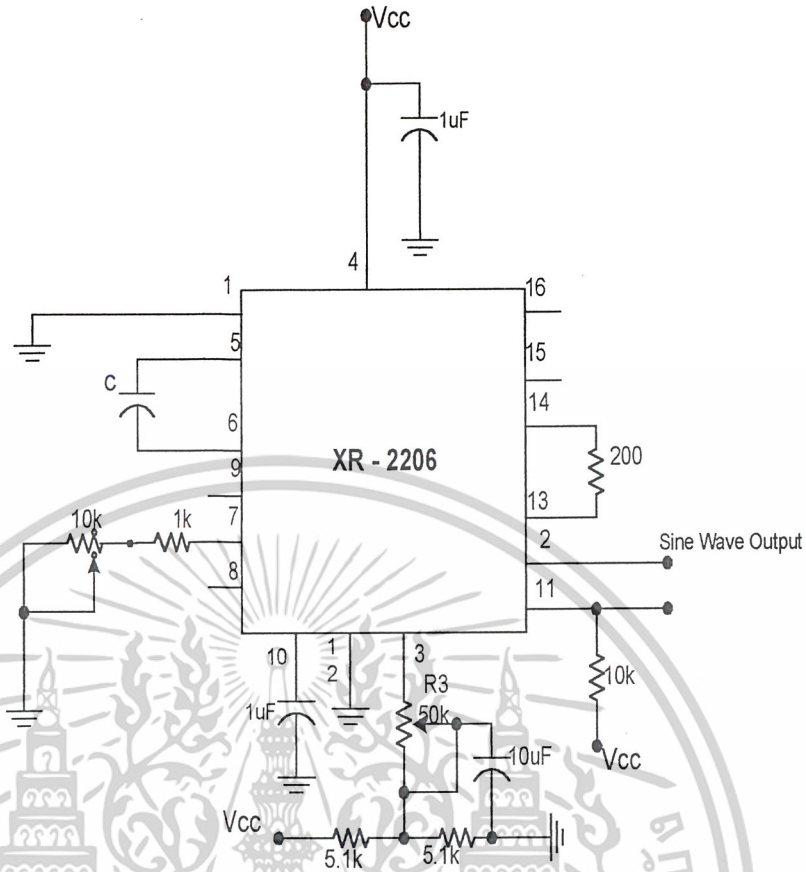
เมื่อ f คือ ความถี่สัญญาณชายน้
 R_T คือ ค่าความต้านทาน
 C_T คือ ค่าตัวเก็บประจุ

ในที่นี้ได้ทำการเลือกค่าตัวเก็บประจุเท่ากับ 47 นาโนฟารัด แล้วคำนวณหาค่าความต้านทานได้ จากสมการที่ 3.1 จะได้

$$R = \frac{1}{f C_T}$$

ที่ความถี่ 50 เฮิรซ์ได้ค่าความต้านทาน เท่ากับ 425.53 กิโลโอมห์

โดยวงจรสร้างสัญญาณชายน้ได้แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรสร้างสัญญาณซายน์

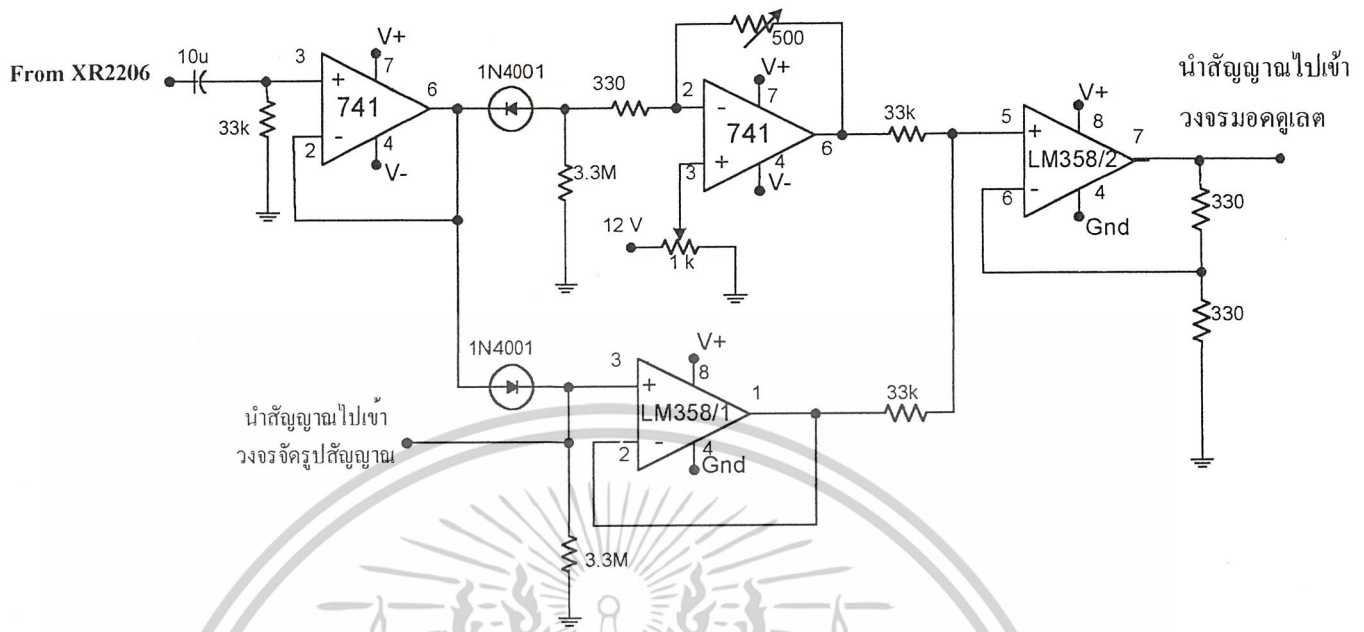
3.4.2 วงจรสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (full wave rectifier)

เนื่องจากในโครงงานนี้มีแหล่งจ่ายพลังงานแหล่งเดียว(กราวด์เดียวกันทั้งระบบ) คือจากแบตเตอรี่ ดังนั้นเราไม่สามารถใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ได้ เพราะจะทำให้กราวด์ของระบบเปลี่ยนไป เราจึงได้ทำการออกแบบเป็นวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในช่วงบวกและลบ แล้วจึงนำมารวมกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

จากวงจรสร้างสัญญาณซายน์ เราจะได้สัญญาณซายน์ที่ลอยอยู่บนไฟตรงขนาด 6 โวลต์ ดังนั้นเราจึงทำการตัดสัญญาณไฟตรงออก โดยใช้คัปปลิงคาปาซิเตอร์ (capacitor coupling) และสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (half wave rectifier) ทั้งช่วงบวกและช่วงลบ จากไดโอด 2 ตัว ทั้งนี้มีวงจรบัฟเฟอร์(Buffer) กั้นระหว่าง ตัวเก็บประจุ กับ ไดโอด เพื่อป้องกันไม่เกิดเป็นวงจรดับเบิ้ลโวลต์เทท(double voltage) ขึ้น

จากนั้นนำสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในช่วงลบไปทำการกลับขั้วกลับเป็นไฟบวก แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปรวมกับสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นในช่วงบวกด้วยวงจรซัมมิงแอมพลิไฟเออร์ (summing amplifier) ก็จะได้สัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เพื่อนำไปเข้าวงจรมอดูเลชันต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

3.4.3 วงจรมอดคูเลต

ในการออกแบบ PWM นั้น เราเลือกใช้ ไอซี เบอร์ TL 494 ซึ่งภายในตัวมันจะมีตัวกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth) ซึ่งเป็นสัญญาณพาหะ ที่สามารถปรับความถี่ได้ แต่แอมพลิจูดคงที่ และภายในตัวมันเองยังมีตัวเปรียบเทียบ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบสัญญาณพาหะกับสัญญาณอินพุตอื่นๆ ในที่นี้ก็คือสัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ที่สร้างจากวงจรสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นข้างต้น โดยนำไปเข้าที่ขา 3 ของ TL 494

การปรับความถี่ของสัญญาณสามเหลี่ยมซึ่งเป็นสัญญาณพาหะทำได้จากการปรับค่าตัวต้านทาน และ ตัวเก็บประจุ ที่ขา 6 และขา 5 ตามลำดับ แต่เนื่องจากการปรับค่าตัวเก็บประจุนั้นยาก เราจึงทำการกำหนดค่าตัวเก็บประจุลงไปก่อนแล้วจึงทำการปรับค่าตัวต้านทาน ซึ่งในโครงการนี้ได้เลือกความถี่ของสัญญาณพาหะประมาณ 20k Hz โดยเราสามารถคำนวณค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุได้จาก

$$f_{osc} \approx \frac{1}{R_T C_T} \tag{3.2}$$

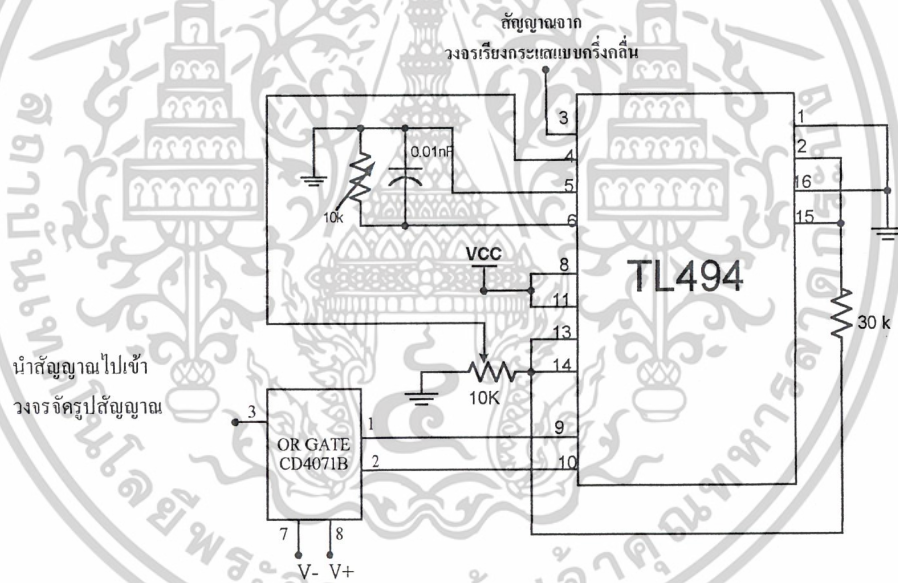
- เมื่อ f_{osc} คือ ความถี่สัญญาณพาหะ
- R_T คือ ความต้านทานที่ขา 6 ของ TL 494
- C_T คือ ตัวเก็บประจุที่ขา 5 ของ TL 494

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่เราจะได้ออกมาจาก TL 494 ที่ขา 9 (O/P 1) และ 10 (O/P 2) คือสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างไม่เท่ากัน (PWM) โดย O/P 1 และ O/P 2 นั้นเกิดจากการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุตกับสัญญาณสามเหลี่ยมซึ่งจะทำการเปรียบเทียบแบบลูกคลื่นเว้นลูกคลื่น(O/P 1 เกิดจากสัญญาณอินพุตเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมลูกที่ 1,3,5... ส่วน O/P 2 เกิดจากสัญญาณอินพุตเปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมลูกที่ 2,4,6...) ดังนั้นหากเราต้องการสัญญาณ PWM มีสมบรูณ์เราจึงต้องนำเอาสัญญาณจากอินพุตทั้งสองมา OR กันโดยใช้ CMOS OR Gate

เราจะสามารถปรับให้สัญญาณ O/P 1 และ O/P 2 มีช่วง “ON” ไม่พร้อมกัน จากการปรับ ค่า DTC (Dead Time Control) ที่ขา 4 ของ TL 494 โดยถ้าปรับให้ DTC มีค่ามากก็จะทำให้ O/P 1 และ O/P 2 มีช่วง “ON” ห่างกันน้อยลง ซึ่งค่าของ DTC นั้นก็ขึ้นอยู่กับ Delay time ของมอสเฟตที่เราใช้ในวงจรสวิตช์นั่นเอง

โดยวงจรมอดคูเลตได้แสดงดังรูป 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรมอดคูเลต(สร้างจาก IC TL 494)

3.4.4 วงจรจัดรูปสัญญาณ

วงจรนี้มีหน้าที่จัดรูปสัญญาณเพื่อจะนำไปขับให้กับสวิตช์ทั้ง 4 ตัว โดยสัญญาณที่เราต้องการทั้ง 4 สัญญาณนั้น มีดังนี้

1.สัญญาณสี่เหลี่ยม ในช่วงครึ่งคาบแรก

สร้างได้จากการนำเอาสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นช่วงบวกในวงจรสร้างสัญญาณ เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น มาทำการเปรียบเทียบกับกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณสี่เหลี่ยม ในช่วงครึ่งคาบหลัง

สร้างได้จากการนำเอาสัญญาณเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นช่วงลบในวงจรสร้างสัญญาณ เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น มาทำการเปรียบเทียบกับกราวด์

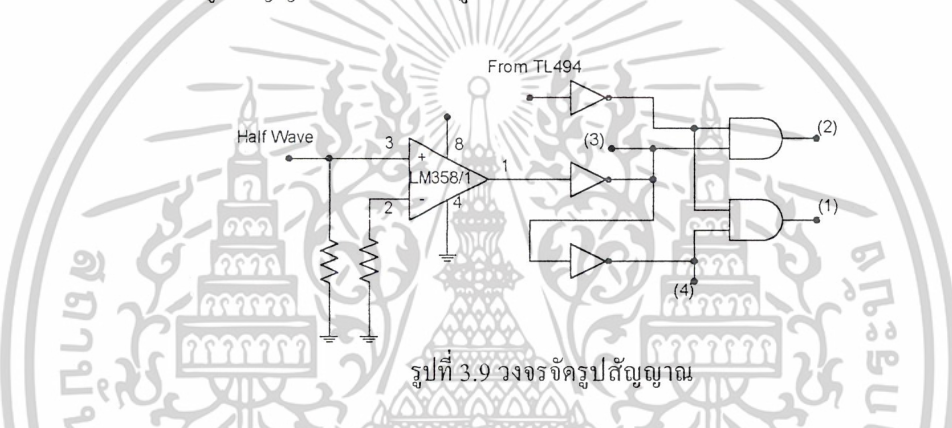
3. สัญญาณ PWM ในช่วงครึ่งคาบแรก

สร้างได้โดยการนำเอาสัญญาณ PWM มาทำการ AND กับสัญญาณสี่เหลี่ยมในช่วงครึ่งคาบแรก(สัญญาณในข้อ 1) โดยใช้ CMOS AND Gate

4. สัญญาณ PWM ในช่วงครึ่งคาบหลัง

สร้างได้โดยการนำเอาสัญญาณ PWM มาทำการ AND กับสัญญาณสี่เหลี่ยมในช่วงครึ่งคาบหลัง(สัญญาณในข้อ 2) โดยใช้ CMOS AND Gate

โดยวงจรจัดรูปสัญญาณได้แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรจัดรูปสัญญาณ

3.4.5 วงจรขับสวิทช์มอเตอร์

เนื่องจากสวิทช์ MOSFET ที่ใช้ในโครงงานนี้นั้นต้องทำการสวิทช์ที่ความถี่สูง ดังนั้นเราจึงต้องมีวงจรที่ทำการจ่ายกระแสและดึงกระแสให้กับ MOSFET เพื่อให้การเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งการจัดชุดสวิทช์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่เราเลือกใช้เป็นแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ทำให้ขาซอสของสวิทช์ 2 ตัวบนจะไม่ได้ต่ออยู่ที่กราวด์ แต่จะลอยอยู่ ทำให้การขับสวิทช์ทำได้ยากมากขึ้น ดังนั้นเพื่อความสะดวกเราจึงเลือกใช้ High and Low Side Driver IC(IR2110) เป็นตัวขับสวิทช์ โดย IR2110 1 ตัวสามารถขับสวิทช์ได้ 2 ตัวคือตัวบนและตัวล่าง เราจึงใช้ IR2110 2 ตัว เพื่อขับสวิทช์ซ้ายและขวาตามลำดับ

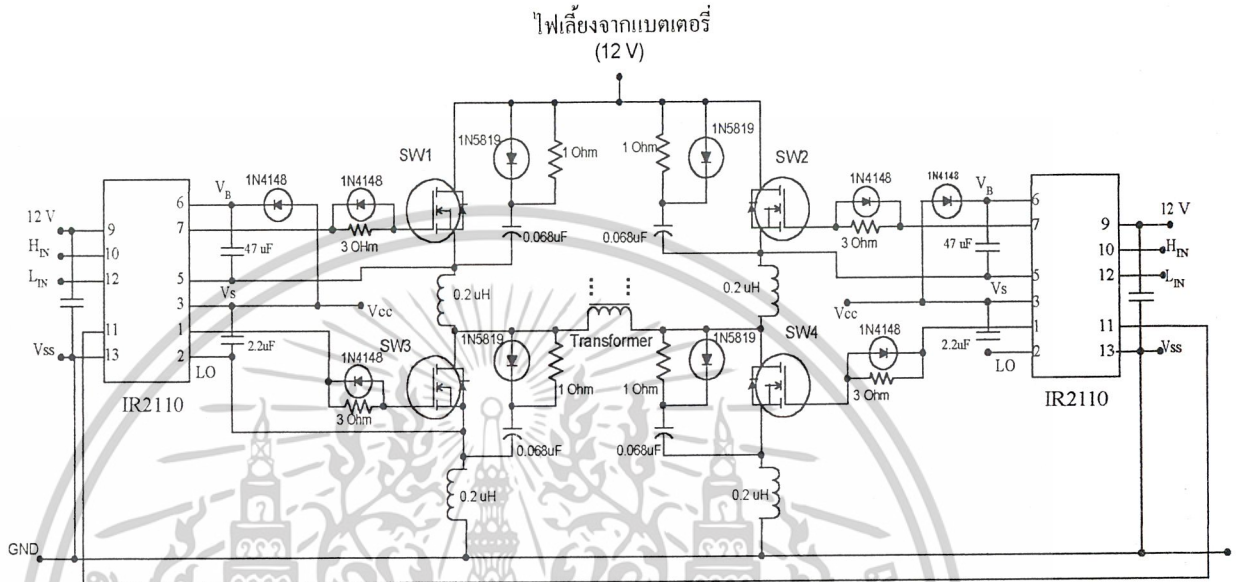
สำหรับสัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับ IR2110 นั้น ได้มาจากวงจรจัดรูปสัญญาณดังที่เคยกล่าวมาข้างต้น โดยมีการจัดลำดับสัญญาณ ดังนี้

- สัญญาณเอาท์พุทในช่วงครึ่งคาบบวก เกิดจากการทำงานของสวิทช์ตัวที่ 1 และ 4 โดยสวิทช์ตัวที่ 1 จะทำงานที่ความถี่สูง(drive ด้วยสัญญาณ PWM ครึ่งคาบแรก) ส่วนสวิทช์ตัวที่ 4 จะทำงานที่ความถี่ต่ำ 50 เฮิร์ต(drive ด้วยสัญญาณสี่เหลี่ยมครึ่งคาบแรก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณเอาต์พุตในช่วงครึ่งคาบลบ เกิดจากการทำงานของสวิตช์ตัวที่ 2 และ 3 โดยสวิตช์ตัวที่ 2 จะทำงานที่ความถี่สูง(drive ด้วยสัญญาณ PWM ครึ่งคาบหลัง) ส่วนสวิตช์ตัวที่ 3 จะทำงานที่ความถี่ต่ำ 50 Hz(drive ด้วยสัญญาณสี่เหลี่ยมครึ่งคาบหลัง)

โดยวงจรขับสวิตช์มอสเฟตได้แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรขับสวิตช์มอสเฟต

ทั้งนี้ในวงจรส่วนนี้ได้ทำการออกแบบวงจร snubber เพื่อช่วยลดกำลังงานสูญเสีย หรือความร้อนที่จะเกิดขึ้นบนตัวสวิตช์ ซึ่งโครงการนี้ได้เลือกใช้วงจร snubber ที่ช่วยลดกำลังงานสูญเสีย ได้ทั้งการ turn on และ turn off ดังแสดงในรูปที่ 2.24 และได้ทำการแสดงการคำนวณค่าตัวเก็บประจุและค่าตัวอินดักเตอร์ ดังนี้

$$C_s = (I_{dc} t_f) / (2 \gamma_v V_{dc}) \tag{3.3}$$

$$L_s = (V_{dc} t_r) / (2 \gamma_i I_{dc}) \tag{3.4}$$

$$W_{dc} = (\gamma_v V_{dc} I_{dc} t_f) / 2 \tag{3.5}$$

$$W_{dL} = (\gamma_i V_{dc} I_{dc} t_r) / 2 \tag{3.6}$$

$$V_Q = 12 + 10 \sqrt{\frac{L_s}{C_s}} \tag{3.7}$$

โดย $I_{dc \max} = 10 \text{ A}$, $V_{dc \max} = 12 \text{ Volt}$, $t_f = 35 \text{ ns}$, $t_r = 35 \text{ ns}$, $\gamma_v = 0.3$, $\gamma_i = 0.3$

ซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจากคุณสมบัติของระบบที่เราตั้งเอาไว้ และข้อจำกัดเวลาในการปิดและเปิดของสวิตช์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณค่า C , L , W_{diss} , V_Q โดยใช้สมการที่ 3.1 ถึง 3.5 ทำให้ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

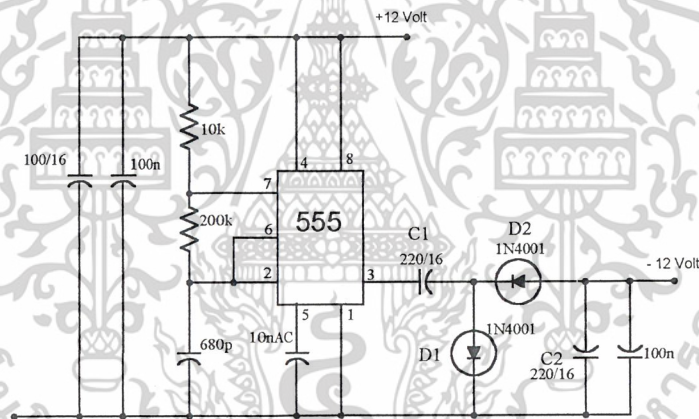
$$\begin{aligned} C_S &= 0.0486 \text{ uF} \\ L_S &= 0.07 \text{ uH} \\ W_{dc} &= 0.63 \text{ uJ} \\ W_{dL} &= 0.63 \text{ uJ} \\ V_Q &= 32.63 \text{ V} \end{aligned}$$

แต่ในการใช้งานจริงนั้น เราไม่สามารถหาค่า ตัวเก็บประจุและค่าขดลวดเหนี่ยวนำ ได้ตามที่เราคำนวณได้ ดังนั้นจึงเลือกค่าต่างๆที่ใกล้เคียงเข้าไปแทน จนได้ค่าที่เหมาะสม ซึ่งค่าตัวเก็บประจุที่เลือกใช้คือ 0.047 ไมโครฟารัด และค่าขดลวดเหนี่ยวนำที่เลือกใช้คือ 0.2 ไมโครเฮนรี

และเมื่อพิจารณาถึงกำลังงานที่สูญเสียภายในตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำ จะเห็นว่ามีความค่อนข้างต่ำ นั่นก็หมายถึงว่าค่าที่คำนวณได้นั้นค่อนข้างเหมาะสม

3.4.6 วงจรสร้างไฟลบ

วงจรนี้สร้างขึ้นสำหรับสร้างไฟตรง - 12 โวลต์ โดยใช้ไอซี เบอร์ LM555 เพื่อใช้สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการไฟเลี้ยงขนาด - 12 โวลต์

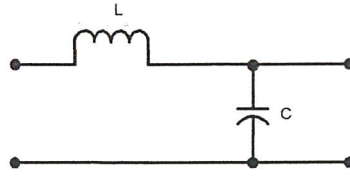


รูปที่ 3.11 วงจรสร้างไฟลบ

สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 3 ของ LM555 มีลักษณะเป็นพัลส์ 0-12 โวลต์ ช่วงเวลาที่พัลส์มีค่า +12 โวลต์ ไดโอด D1 นำกระแส และไดโอด D2 หยุดนำกระแส มีประจุสะสมที่ ตัวเก็บประจุ C2 ในช่วงเวลาที่พัลส์มีค่า 0 โวลต์ ไดโอด D2 นำกระแส และไดโอด D1 หยุดนำกระแส ทำให้ตัวเก็บประจุ C2 มีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ขาลบมากกว่าขาบวก ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรนี้มีค่าเป็นลบ

3.4.7 วงจรกรองความถี่

ในโครงการนี้เลือกใช้วงจรกรองความถี่แบบต่ำผ่านอันดับสอง โดยดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรกรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่านอันดับสอง

โดยเลือกใช้ค่าความเหนี่ยวนำ 125 มิลลิเฮนรี ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ ที่ความถี่คัตออฟ 100 เฮิรซ์ ได้จากสมการที่ 3.6

$$w = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (3.8)$$

ดังนั้น ได้ค่าตัวเก็บประจุ 20 ไมโครฟารัด

3.4.8 หม้อแปลง

เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้มีพิกัดแรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ จึงทำให้สัญญาณ PWM ที่ได้ออกมานั้นมีขนาด 12 โวลต์ ดังนั้นเราจึงต้องทำการยกระดับแรงดันขึ้น เพื่อให้ได้แรงดันที่ได้มีค่าเท่ากับ 220 โวลต์ เพื่อนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านต่อไป โดยหม้อแปลงที่ใช้จะเป็นหม้อแปลงความถี่ต่ำ

โดยสัปดาห์เข้ากำหนดให้มีค่า 12 โวลต์ กระแสประมาณ 10 แอมแปร์ ส่วนสัปดาห์ออกมีค่า 220 โวลต์ 0.45 แอมแปร์

ดังนั้น เราจึงเลือกใช้หม้อแปลงพิกัด 12V10A/220V 0.5A

บทที่ 4

ทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรชาร์ตแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลองเป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ขนาด 12 โวลต์ ความจุ 11Ah

เมื่อเริ่มต้นทดลองวงจรชาร์ตแบตเตอรี่นั้น แบตเตอรี่มีแรงดัน 10 โวลต์ เมื่อต่อแบตเตอรี่เข้ากับวงจรชาร์ต พบว่า LED จะดับ วงจรชาร์ตแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสให้กับแบตเตอรี่ได้สูงสุด 1.8 แอมแปร์ เมื่อทดลองชาร์ตทิ้งไว้จนแบตเตอรี่เต็ม พบว่า LED ที่เคยดับอยู่จะติดสว่างขึ้น และขณะนี้วงจรชาร์ตจะจ่ายกระแสให้กับแบตเตอรี่เพียง 300 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งจะเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับแบตเตอรี่

การทดลองนี้ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าจะต้องใช้เวลาานเท่าไรถึงจะชาร์ตแบตเตอรี่จนเต็ม เพราะเราไม่สามารถควบคุมแสงให้คงที่ เซลล์แสงอาทิตย์ให้คงที่ได้

4.2 การทดลองวงจรควบคุม

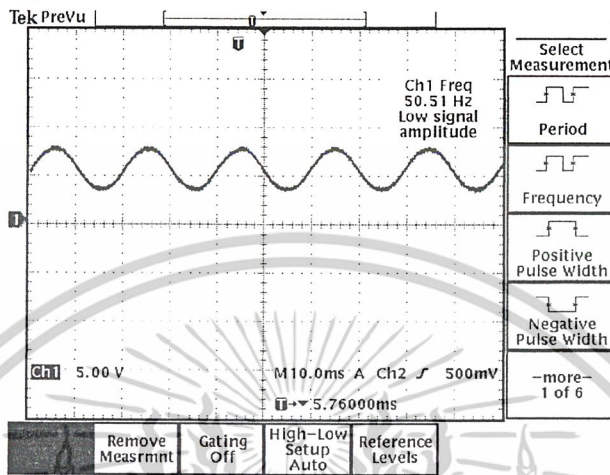
ในการทดลองส่วนของวงจรควบคุมนี้ ได้ทำการใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแทนแบตเตอรี่ และใช้โหลดขนาด 12 V_{DC}

จากการทดลองโดยสมมติสถานการณ์ต่างๆ ที่อาจเป็นไปได้ พบว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ แต่สถานะที่แสดงว่าแบตเตอรี่หมดจะอยู่ที่แรงดันของแบตเตอรี่ มีค่าเท่ากับ 10 โวลต์ และเมื่อแบตเตอรี่ทั้งสองมีแรงดันต่ำกว่า 10 โวลต์ ระบบสามารถใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ

4.3 ผลการทดลองส่วนอินเวอร์เตอร์

4.3.1 ผลการทดลองวงจรสร้างสัญญาณซายน์

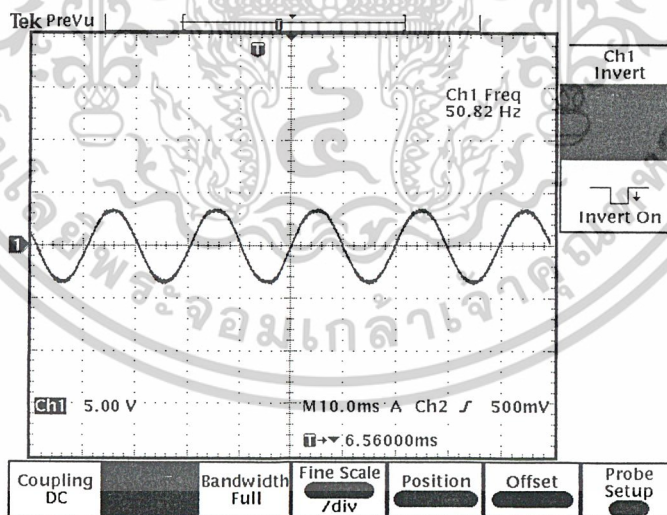
จากการทดลองสร้างสัญญาณซายน์ ด้วยไอซีเบอร์ XR2206 พบว่าสัญญาณซายน์ที่ได้มีความถี่ 50 เฮิรซ์ ขนาด $6 V_{p-p}$ ซึ่งขึ้นอยู่กับไฟตรงขนาด 6 โวลท์ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณซายน์ 50 เฮิรซ์ ที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณซายน์

4.3.2 ผลการทดลองวงจรสร้างสัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

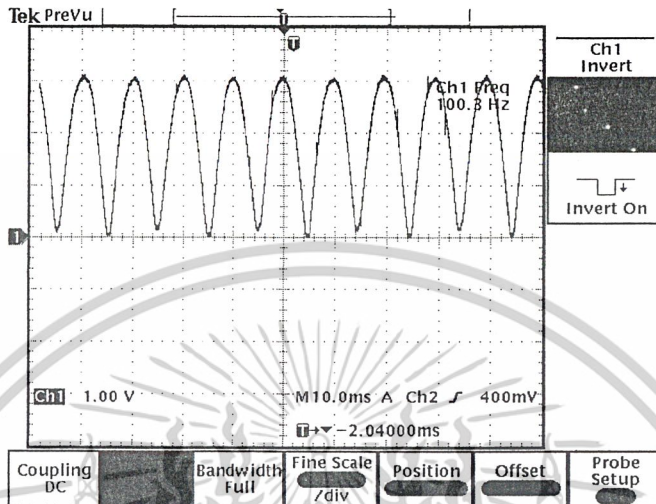
เมื่อนำสัญญาณซายน์ที่ได้จากวงจรสร้างสัญญาณซายน์ มาทำการคับปิ้งเพื่อตัดส่วนของสัญญาณไฟตรงออกไป ซึ่งจะได้สัญญาณดังรูปที่ 4.2]



รูปที่ 4.2 สัญญาณซายน์หลังจากตัดสัญญาณ DC ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

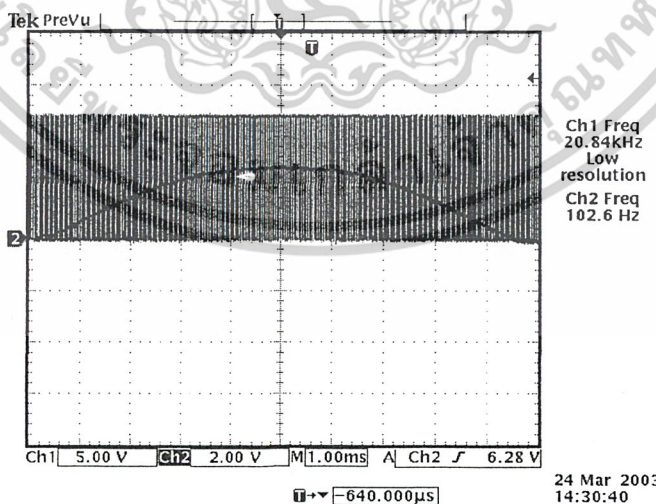
นำสัญญาณที่ได้ ไปทำการเรคตีไฟส์เพื่อให้ได้สัญญาณครึ่งคลื่นทั้งช่วงบวกและช่วงลบ จากนั้น นำสัญญาณครึ่งคลื่นในช่วงลบไปทำการกลับเฟส แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปรวมกับสัญญาณครึ่งคลื่น ในช่วงบวก จะได้สัญญาณเต็มคลื่นความถี่ 100 เฮิรซ์ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 สัญญาณเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

4.3.3 ผลการทดลองวงจรมอดคูเลต

เมื่อนำสัญญาณเต็มคลื่นที่ได้มาทำการมอดคูเลตเมื่อ ไอซีเบอร์ TL494 ด้วยความถี่ 20 กิโลเฮิรซ์ จะสัญญาณ PWM ดังรูปที่ 4.4

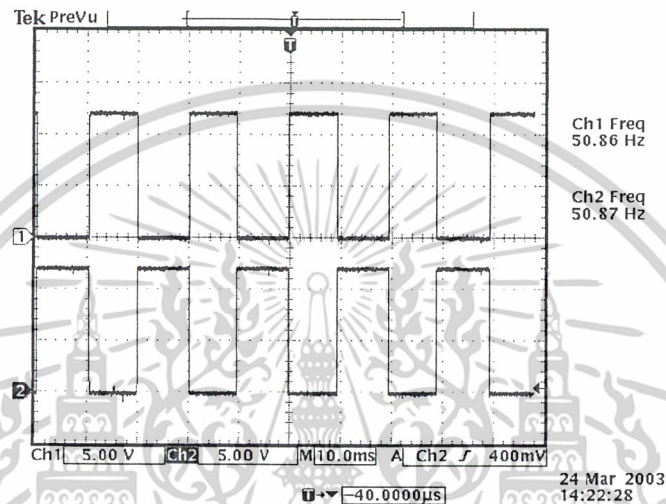


รูปที่ 4.4 สัญญาณที่ได้จากวงจรมอดคูเลต

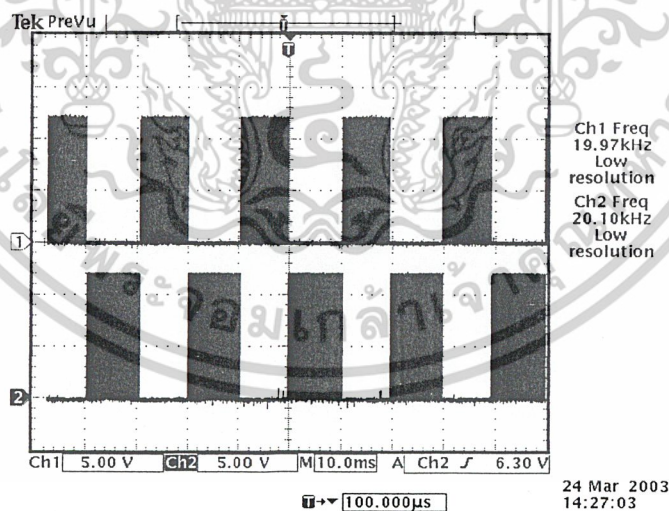
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการทดลองวงจรจัดรูปสัญญาณ

นำสัญญาณครึ่งคลื่นในช่วงบวกมาเปรียบเทียบกับแรงดันอ้างอิง 0 โวลต์ จะได้สัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 50 เฮิรตซ์ Duty cycle 50% นำสัญญาณที่ได้ไปกลับเฟส แล้วจะได้สัญญาณทั้งสอง ซึ่งเป็นรูปแบบของสัญญาณที่จะนำไปใช้ขับมอสเฟตในส่วนที่ทำงานในด้านความถี่ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ทั้งสองไป AND กับสัญญาณ PWM ซึ่งเป็นรูปแบบของสัญญาณที่จะนำไปใช้ขับมอสเฟตในส่วนที่ทำงานในด้านความถี่สูง ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 สัญญาณ Vgs ด้าน low side



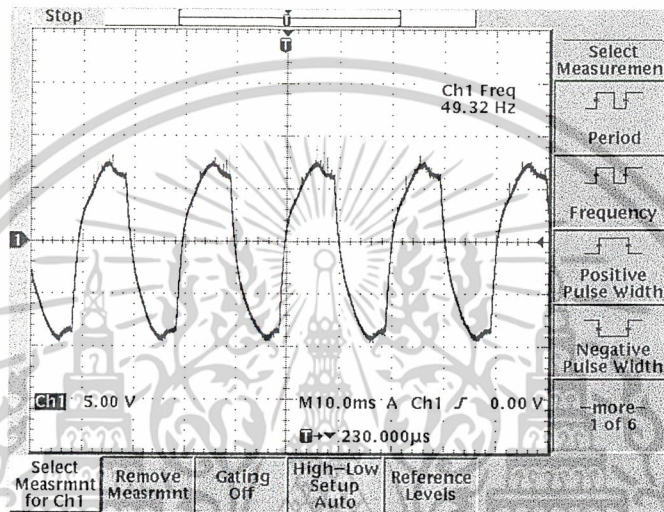
รูปที่ 4.6 สัญญาณ Vgs ด้าน high side

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ผลการทดลองวงจรจับสวิตช์มอสเฟต

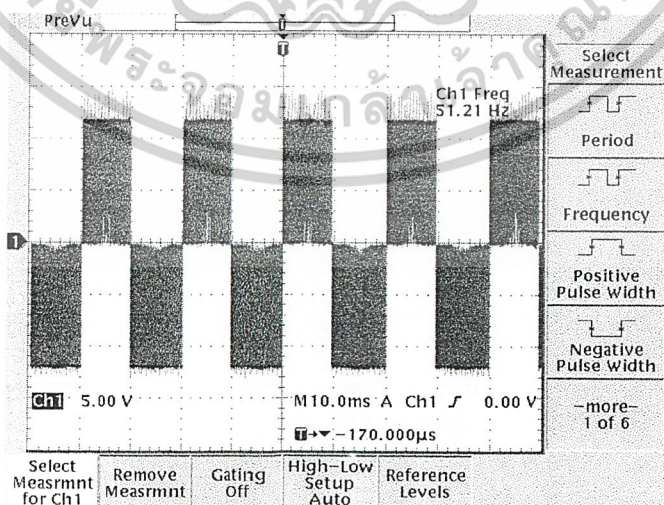
นำสัญญาณจากวงจรจับสัญญาณในรูปแบบที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 ทั้ง 4 สัญญาณ ไปเข้าวงจรจับสวิตช์มอสเฟต สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีลักษณะเหมือนสัญญาณอินพุต แต่สัญญาณสำหรับจับสวิตช์มอสเฟตทั้งตัวบนและตัวล่างจะถูกแยกกราวนออกจากกัน

นำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยใช้ค่าความต้านทาน 100 โอห์ม และตัวเหนี่ยวนำ 125 มิลลิเฮนรี ได้ค่าความถี่คัตออฟประมาณ 100 เฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



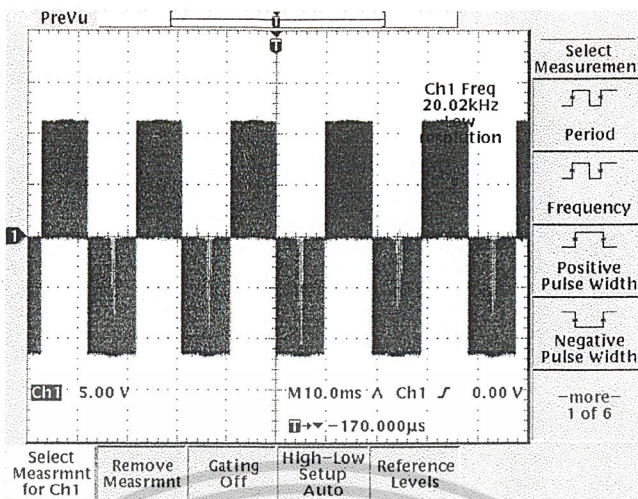
รูปที่ 4.7 สัญญาณเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 100 โอห์ม และค่าความเหนี่ยวนำ 125 มิลลิเฮนรี

นำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน โดยใช้ค่าความต้านทาน 500 โอห์ม และ 1 กิโลโอห์ม ได้สัญญาณดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



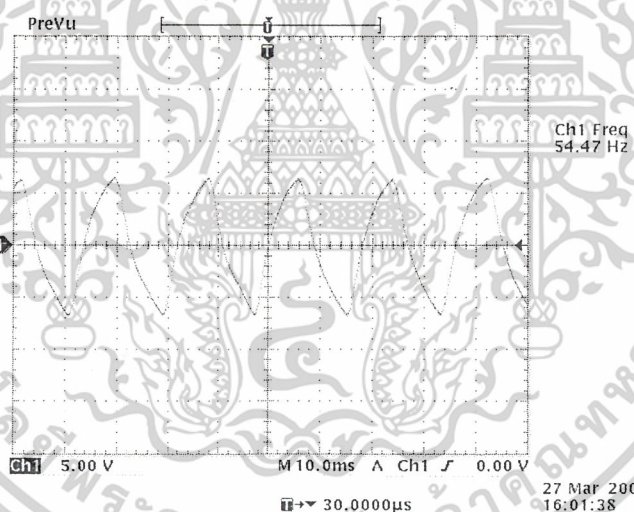
รูปที่ 4.8 สัญญาณเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน 500 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณเมื่อ โหลดเป็นความต้านทาน 1000 โอห์ม

เมื่อนำสัญญาณที่ได้จากวงจรสวิทช์ ไปกระตุ้นสัญญาณให้สูงขึ้นด้วยหม้อแปลง จากนั้นนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ที่ความถี่คัตออฟ 100 เฮิรซ์ โดยมีโหลดเป็นตัวต้านทาน 2 กิโลโอห์มดังแสดงดังรูปที่ 4.10 ซึ่งมีค่า 14 Vp-p ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่เราต้องการ

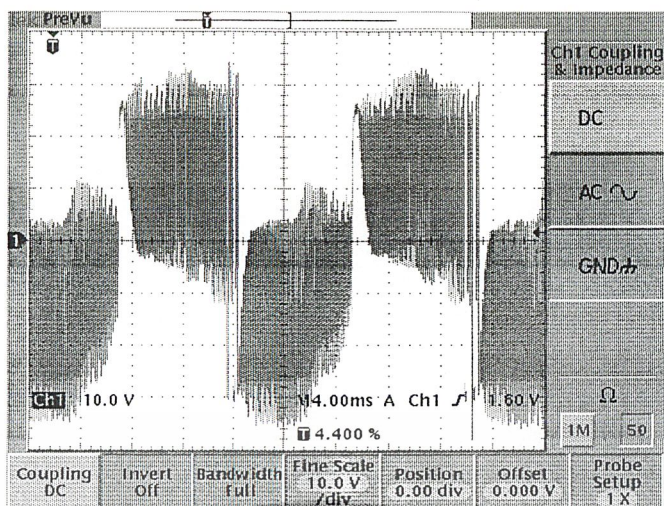


รูปที่ 4.10 สัญญาณหลัง ผ่านหม้อแปลง เมื่อ โหลดเป็นความต้านทาน 2 k

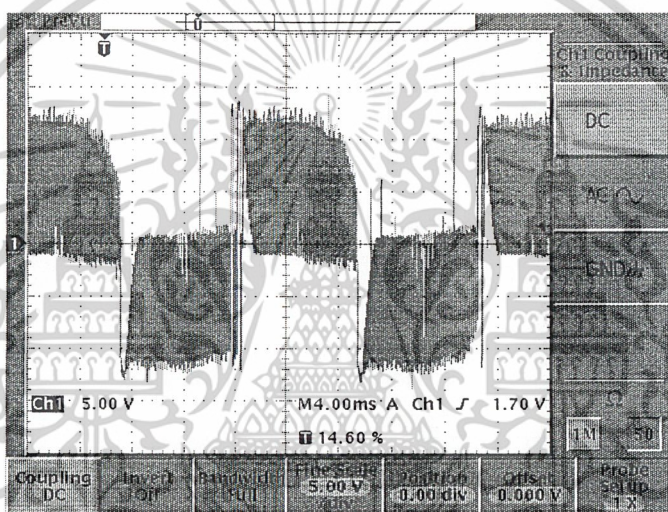
เมื่อทำการวิเคราะห์ ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการวัดสัญญาณย้อนกลับไปที่ละจุด ดังนี้

สัญญาณด้านพุทติยภูมิและด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง เกิดการลัดวงจรในบางช่วงเวลา ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ดังนั้นเราจึงทำการตรวจสอบสัญญาณต้นแบบที่นำมาขับมอสเฟต พบว่ามีความผิดเพี้ยนจากสัญญาณที่เราต้องการ ซึ่งสาเหตุที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากสัญญาณสี่เหลี่ยมที่เรานำมาใช้มีสัญญาณรบกวน ดังรูปที่ 4.13

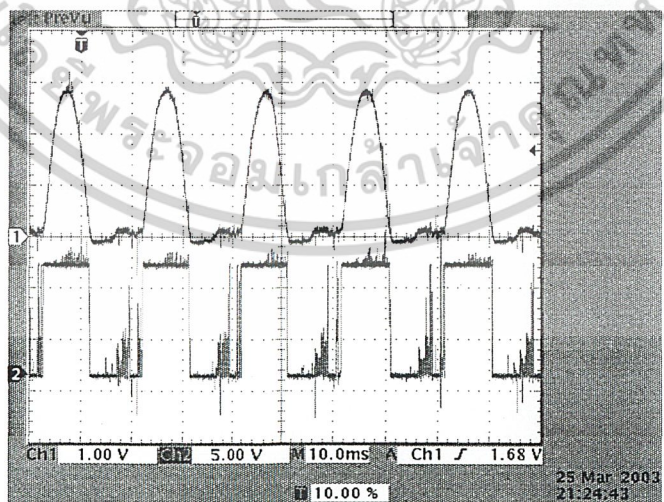
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สัญญาณด้านพุดขมิ้ว



รูปที่ 4.12 สัญญาณด้านปฐมภูมิ



รูปที่ 4.13 รูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 วงจรสร้างไฟลป

การทดลองวงจรสร้างไฟลป พบว่า วงจรสามารถสร้างไฟลปได้ โดยไฟลปที่ได้มีค่าประมาณ

-10 โวลท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์

จากการทดลองดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 วงจรชาร์ตเบตเตอร์

จากการทดลองวงจรชาร์ตเบตเตอร์พบว่าวงจรชาร์ตเบตเตอร์สามารถชาร์ตเบตเตอร์ได้จริง โดยมีระยะเวลาที่ใช้ในการชาร์ตเบตเตอร์ขึ้นอยู่กับความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์

5.2 ส่วนควบคุมระบบ

การทดลองส่วนควบคุมระบบ พบว่าสามารถควบคุมระบบได้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยสามารถเลือกเบตเตอร์ในการจ่ายโหลดและชาร์ตได้อย่างถูกต้อง และเมื่อเบตเตอร์ทั้ง 2 มีแรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์ สามารถสับสวิตช์ไปใช้พลังงานจากการไฟฟ้าได้โดยอัตโนมัติ

5.3 วงจรอินเวอร์เตอร์

สามารถสร้างสัญญาณ PWM ที่มีความถี่พื้นฐานเป็นสัญญาณรูปซายน์ความถี่ 50 เฮิรซ์ ได้อย่างสมบูรณ์ แต่มีปัญหาในการยกแรงดันขึ้นไปที่ 220 โวลต์ ด้วยหม้อแปลง ซึ่งทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในสัญญาณที่นำมาขับมอเตอร์ ทำให้สัญญาณที่นำไปขับมอเตอร์เกิดความผิดปกติ ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุตเกิดการลัดวงจรในช่วงบางเวลา เอาต์พุตที่ได้มีขนาดแรงดันต่ำ ทั้งนี้เกิดจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านมีประสิทธิภาพต่ำด้วย

สำหรับการพัฒนาวงจรอินเวอร์เตอร์ในโครงการนี้ ควรทำการแก้ไขปัญหาในเรื่องสัญญาณรบกวนและประสิทธิภาพของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตตามที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เป็นเพราะได้รับการสนับสนุนและช่วยเหลือจาก ผศ.ชนิษฐา แซ่ตั้ง และอาจารย์ประจำภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาจารย์ได้ช่วยเหลือในด้านให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาและช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดลอง

จึงขอขอบคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้

นายมนัสชัย ขจรกลิ่น

นางสาวมนัสนันท์ ศรีถัน

นายยุทธวิทย์ ศรีสุข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้