สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

เรื่อง

เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต่อเนื่องขนาดเล็ก ภายในให้กับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โดยใช้การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

โดย

ผศ.ดร. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TK
7868
.P6
0223A

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....116910
วัน,เดือน,ปี.....16 ธ.ค. 2554

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนงบประมาณโครงการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และที่จะลืมไม่ได้ นักศึกษาโปรเจคของผู้วิจัย รวมทั้งนักศึกษาปริญญาโท ดังมีรายนามต่อไปนี้ นายอานุภาพ หมั่นเรียน นายอำนาจ จิตต์มั่นคง นายอุดมลาภ บุญสกุล นายเอกลักษณ์ รุ่งเรือง นาย สุวัฒน์ ลิ้มชัยเจริญ นาย อดิศร จรพงษ์ นาย อทิพงษ์ กิติราช นายอภิราม มาลานิยม และนายอัสนัย เพชรทอง ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลและจัดพิมพ์งานให้

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

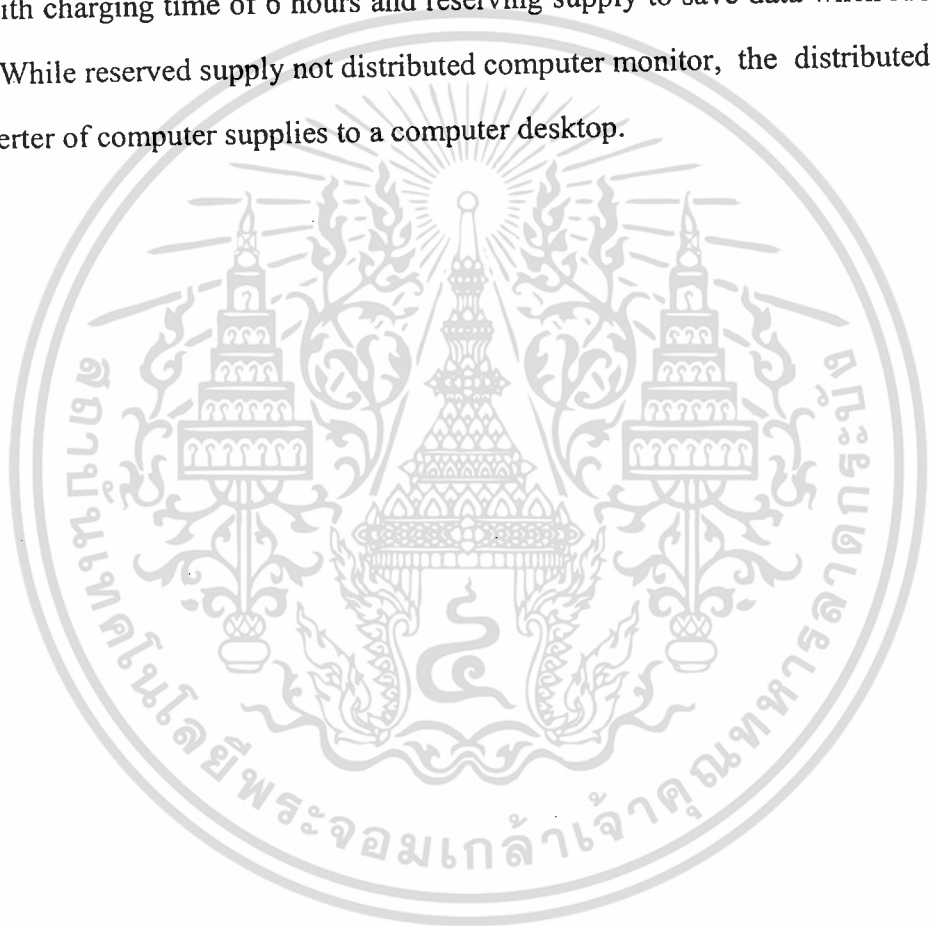
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอย่างต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์สองทิศทางในการควบคุม ในวงจรคอนเวอร์เตอร์นั้นมีวงจรฮาร์ฟบริดจ์ และวงจรกระแสพุช – พูล สำหรับวงจรฮาร์ฟบริดจ์นั้นทำหน้าที่ชาร์จแบตเตอรี่ ส่วนวงจรกระแสพุช – พูลทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองให้กับคอมพิวเตอร์เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดความขัดข้อง แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงนั้นใช้แบตเตอรี่ขนาด 24 โวลต์ สำหรับชาร์จ โดยจะใช้เวลาชาร์จประมาณ 6 ชั่วโมงและสามารถสำรองไฟเพื่อทำเก็บข้อมูลขณะไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ในส่วนทำการสำรองไฟอยู่นั้นจะไม่ได้จ่ายไฟให้กับหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่จะจ่ายให้กับดีซี-ดีซีคอนเวอร์เตอร์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าคอมพิวเตอร์เพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้านั้นทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับคอมพิวเตอร์ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research work presents a design of an internal DC UPS for computer desktop by using a bidirectional converter. Bidirectional converter is based on a half bridge and a current fed push pull. A half bridge for charging battery, a current fed push pull for having backed up power when AC line is failed. DC UPS using 24-volt battery with charging time of 6 hours and reserving supply to save data when AC line is failed. While reserved supply not distributed computer monitor, the distributed DC-DC converter of computer supplies to a computer desktop.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I

บทคัดย่อ II

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง XI

บทที่ 1 บท 1

1.1 ที่มาของปัญหา 1

1.2 พื้นฐานของ UPS และนิยามศัพท์ 1

1.3 ประเภทและส่วนประกอบของ UPS 2

1.4 การเลือกขนาดของ UPS 11

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 17

2.1 ลักษณะโครงสร้างภายใน ของ UPS 1 เฟส 17

2.2 สภาวะการทำงานของ UPS 17

2.2.1 สภาวะปกติ 17

2.2.2 สภาวะฉุกเฉิน 18

2.2.3 สภาวะไฟตก ไฟเกิน 18

2.2.4 สภาวะที่เครื่อง UPS เกิดขัดข้อง 18

2.3 ส่วนประกอบของ UPS 19

2.3.1 ภาคเรียงกระแส และชาร์ตแบตเตอรี่ 19

2.3.2 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง 21

2.3.3 ชนิดของแบตเตอรี่ 26

2.3.4 การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ 27

2.4 อินเวอร์เตอร์ 29

2.4.1 การม็อดดูเลตตามความกว้างแบบัลส์เดี่ยว 30

2.4.2 การม็อดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ 31

2.4.3 การม็อดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์ 32

2.4.4 ภาควงจรกำลังอินเวอร์เตอร์ 33

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 36

3.1 คุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS) 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 หลักการออกแบบภาคคอนเวอร์เตอร์ 36

3.2.1 การออกแบบวงจรทอนระดับ 39

3.3 การออกแบบวงจร Charger 44

3.4 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ 45

3.4.1 ภาคกำเนิดสัญญาณ sine wave 45

3.4.2 ภาคกำเนิดสัญญาณ triangle wave 47

3.4.3 ภาคหน่วงสัญญาณ 47

3.4.4 ภาคขับสัญญาณเกท 48

3.4.5 วงจรกำลังของภาคอินเวอร์เตอร์ 49

3.4.6 การออกแบบวงจร Snubber 50

3.5 การเลือกขนาดและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า 51

3.6 ระบบ Sensor และระบบ Transfer Switch 51

3.6.1 ชุดตรวจจับกระแสเกิน (Over Current) 52

3.6.2 ชุดตรวจจับ Over-Under Voltage 56

3.6.3 ชุดตรวจจับ Over Discharge ของแบตเตอรี่ 57

3.6.4 ชุดส่งสัญญาณและระบบโอนย้ายย้อนกลับ 61

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล 63

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 90

เอกสารอ้างอิง 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1.1	ระบบ UPS ประเภทแหล่งกำเนิดกำลังหมุน	3
รูปที่ 1.2	ระบบ UPS ประเภทสเตติก UPS	3
รูปที่ 1.3	แสดงโครงสร้างและหลักการทำงานอย่างกว่างๆ ของ UPS	4
รูปที่ 1.4	ลักษณะการประจุของแบตเตอรี่	4
รูปที่ 1.5	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ	6
รูปที่ 1.6	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ	6
รูปที่ 1.7	ระบบขนานเผื่อเกินไว้	8
รูปที่ 1.8	โครงสร้างของระบบ UPS แบบต่อเนื่อง	9
รูปที่ 1.9	โครงสร้างของระบบ UPS แบบ forward system	9
รูปที่ 1.10	โครงสร้างของระบบ UPS แบบ reverse transfer	10
รูปที่ 1.11	โครงสร้างของระบบ UPS แบบ parallel	10
รูปที่ 1.12	แสดงหลักการของ UPS แบบระบบเดินหน้าซึ่ง ใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้อง	11
รูปที่ 1.13	แสดงหลักการทำงานของระบบ UPS แบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้องและป้องกันเงื่อนไขทางไฟฟ้าของระบบอันอาจได้แก่ชนิดของโหลด	12
รูปที่ 1.14	แสดงหลักการของระบบแบบกลับทาง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้อง และป้องกันเงื่อนไขทางไฟฟ้าของระบบอันอาจได้แก่ชนิดของโหลด	12
รูปที่ 1.15	แสดงหลักการของระบบแบบต่อเนื่องสำหรับใช้ป้องกันระบบไฟฟ้าทุก ๆ เงื่อนไข	12
รูปที่ 1.16	แสดงความสัมพันธ์ของกำลังและค่าตัวประกอบกำลัง	13
รูปที่ 1.17	แสดงการหาค่ากระแสคายประจุ (Discharge current)	16
รูปที่ 2.1	แสดง Block Diagram ที่สมบูรณ์ของเครื่อง UPS	17
รูปที่ 2.2	แสดงสภาวะการทำงานของเครื่อง UPS	19
รูปที่ 2.3	แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้ในเครื่อง UPS	19
รูปที่ 2.4	แสดงคุณลักษณะในการอัดประจุแบบกระแสคงที่	20
รูปที่ 2.5	แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กระแส เวลา สำหรับการอัดประจุแบบกระแส และ แรงดันคงที่	21
รูปที่ 2.6	ชนิดของวงจรแปลงผันกำลัง	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.7 วงจรแปลงผันที่มีการแยกโดดโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง 22
รูปที่ 2.8 วงจรพุชพูลคอนเวอร์เตอร์ 22
รูปที่ 2.9 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์ 22
รูปที่ 2.10 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์ 23
รูปที่ 2.11 วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 23
รูปที่ 2.12 ฮาฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ 23
รูปที่ 2.13 วงจรบริดจ์อสมมาตร (Asymmetrical Bridge) 24
รูปที่ 2.14 วงจรควบคุมเฟสที่มีหม้อแปลงแยกโหลด 24
รูปที่ 2.15 วงจรเปลี่ยนจุดต่อแยกหม้อแปลง 25
รูปที่ 2.16 วงจรเฟอร์โรเรเซแนนซ์ 25
รูปที่ 2.17 วงจรควบคุมเฟส 25
รูปที่ 2.18 วงจรควบคุมเฟสแบบมีหม้อแปลงลดแรงดัน 25
รูปที่ 2.19 วงจรแปลงผันที่ไม่มีการแยกโดดและใช้สวิทซ์ความถี่สูง 26
รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของแบตเตอรี่ 29
รูปที่ 2.21 การม็อดดูเลตตามความกว้างแบบพัลส์เดี่ยว 30
รูปที่ 2.22 การม็อดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ 31
รูปที่ 2.23 (a) การม็อดดูเลตตวามความกว้างพัลส์แบบไซน์ 33
รูปที่ 2.23 (b) การม็อดดูเลตตวามความกว้างพัลส์แบบไซน์ 33
รูปที่ 2.24 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบคลี่รูป 34
รูปที่ 2.25 วงจรพุชพูลคอนเวอร์เตอร์ 34
รูปที่ 2.26 วงจรกึ่งบริดจ์ 35
รูปที่ 2.27 วงจรบริดจ์เต็ม 35
รูปที่ 3.1 วงจรเรียงกระแส 38
รูปที่ 3.2 วงจรทอนระดับ 39
รูปที่ 3.3 แรงดันและกระแสของโหลดขนาด 3 kVA P.F. = 0.70 41
รูปที่ 3.4 กำลังที่จ่ายให้โหลด 3 kVA P.F. = 0.7 41
รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของวงจรทอนระดับที่ป้อนกลับทั้งกระแสและแรงดัน 44
รูปที่ 3.6 การต่อวงจรประจุแบตเตอรี่ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 3.7	วงจรประจุแบตเตอรี่	45
รูปที่ 3.8	Block Diagram แสดงการทำงาน	45
รูปที่ 3.9	ภาคกำเนิดสัญญาณไซน์	46
รูปที่ 3.10	วงจร Band Pass Filter	46
รูปที่ 3.11	วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม	47
รูปที่ 3.12	วงจรหน่วงสัญญาณ	48
รูปที่ 3.13	วงจรขับเกท	48
รูปที่ 3.14	วงจรกำลัง	49
รูปที่3.15	วงจร Snubber	50
รูปที่ 3.16	Block Diagram แสดงการทำงานของระบบ UPS ที่ออกแบบสร้าง	53
รูปที่ 3.17	วงจรชุดตรวจจับกระแสเกิน (Over Current)	54
รูปที่ 3.18	ชุดวงจรตรวจจับ Over-Under Voltage	58
รูปที่ 3.19	ชุดวงจรตรวจจับ Over Discharge ของ Battery	60
รูปที่ 3.20	ชุดส่งสัญญาณและระบบโอนย้ายย้อนกลับ	60
รูปที่ 4.1	วงจรสร้างสัญญาณ PWM และ Drive gate	63
รูปที่ 4.2	การกำเนิดสัญญาณโดย PWM	63
รูปที่ 4.3	Pulse สัญญาณ PWM	64
รูปที่ 4.4	สัญญาณ PWM ที่ผ่าน ชุดวงจร ขับเกจ	64
รูปที่ 4.5	วงจรเรียงกระแส	65
รูปที่ 4.6	แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุขณะ Test Load 3 kVA	65
รูปที่ 4.7	วงจรทอนระดับ	66
รูปที่ 4.8	แรงดัน V_{DS} ของ MOSFET ขณะ Test Load 3 kVA	66
รูปที่ 4.9	รูปคลื่นกระแสกระเพื่อมของวงจรทอนระดับขณะ Test load 3 kVA	67
รูปที่ 4.10	แรงดันตกคร่อมโหลดขณะ Test Load 3 kVA	67
รูปที่ 4.11	ภาคกำเนิดสัญญาณ Sine	68
รูปที่ 4.12	แสดงรูปสัญญาณไซน์ที่ได้จากการทดลอง	68
รูปที่ 4.13	แสดงวงจร Band Pass Filter และวงจร Inverting	69
รูปที่ 4.14	แสดงสัญญาณเอาท์พุท Sine Wave 50 Hz กลับเฟสกัน 180 องศา	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
รูปที่ 4.15	วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม	70
รูปที่ 4.16	แสดงสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง	70
รูปที่ 4.17	แสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้ทดลอง	71
รูปที่ 4.18	สัญญาณเอาท์พุท วงจร PWM ที่ได้จากการทดลอง	71
รูปที่ 4.19	แสดงรูปสัญญาณ sine wave ที่ถูก Detect แล้ว	72
รูปที่ 4.20	สัญญาณที่ผ่านการ Modulate	73
รูปที่ 4.21 ก.	แสดงวงจรปรับค่า Offset Voltage แบบ Non Inverting	73
รูปที่ 4.21 ข.	แสดงวงจรปรับค่า Offset Voltage แบบ Inverting	73
รูปที่ 4.22	แสดงวงจรหน่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง	74
รูปที่ 4.23	แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรหน่วงเวลาที่กลับเฟสกัน	74
รูปที่ 4.24	วงจรขับเกท (Gate Drive)	75
รูปที่ 4.25	แสดงสัญญาณที่นำไปขับเกทของ Power MOSFET	75
รูปที่ 4.26	รูปสัญญาณแรงดันอินพุทตกคร่อมหม้อแปลง	76
รูปที่ 4.27	สัญญาณที่แรงดันเอาท์พุทของหม้อแปลง ยังไม่ผ่านวงจรฟิลเตอร์	76
รูปที่ 4.28	สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter	77
รูปที่ 4.29	สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter	78
รูปที่ 4.30	สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter	78
รูปที่ 4.31	สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter โดยทำการปรับเปอร์เซ็นต์การ Modulation ลดลง	79
รูปที่ 4.32	สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter	79
รูปที่ 4.33	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 5 หลอด	80
รูปที่ 4.34	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 10 หลอด	80
รูปที่ 4.35	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 15 หลอด แรงดัน	81
รูปที่ 4.36	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 20 หลอด	81
รูปที่ 4.37	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 25 หลอด แรงดัน	82
รูปที่ 4.38	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 30 หลอด	82
รูปที่ 4.39	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 35หลอด	83
รูปที่ 4.40	สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 40 หลอด	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 4.41 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 45หลอด 84

รูปที่ 4.42 รูปสัญญาณ Transfer Switch โดยใช้ Magnetic Contactor 84

รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแส 85

รูปที่ 4.44 แสดงการต่อสนับเบอร์ช่วยหยุดนำกระแส87

รูปที่ 4.45 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคร่อม Power MOSFET 87
ขณะเริ่มหยุดนำกระแส

รูปที่ 4.46 แสดงลักษณะของแรงดันและกระแสที่ต่อวงจรสนับเบอร์แล้ว 87

รูปที่ 4.47 วงจร Lowpass LC Filter 88

รูปที่ 5.1 วงจร Filter แบบต่างๆ 91

รูปที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติของ Filter แบบ Series และ Shunt 92

รูปที่ 5.3 วงจรการทำงานคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง 94

รูปที่ 5.4 วงจรการทำงานโหมดแบ็คอัพ 96

รูปที่ 5.5 ผลการจำลอง ได้ค่าแรงดันในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ 97

รูปที่ 5.6 ผลการจำลองได้ค่ากระแสคร่อมโหลด ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ 97

รูปที่ 5.7 ผลการจำลอง ได้ค่าแรงดันในโหมดชาร์จแบ็คอัพ 98

รูปที่ 5.8 ผลการ simulation ได้ค่ากระแสคร่อมโหลดในโหมดแบ็คอัพ 98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over Current Relay	55
ตารางที่ 3.2 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over-Under Voltage	59
ตารางที่ 3.3 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over Discharge of Battery และ Alarm	61
ตารางที่ 3.4 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุดส่งสัญญาณและ Transfer Switch	62
ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันขณะจ่ายโหลด	85
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าพารามิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวในการทำงานสูงเช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องมือสื่อสาร และอื่นๆ ล้วนมีความจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองเพื่อไม่ให้ข้อมูลสูญหาย หรือระบบหยุดชะงักกลางคันในระหว่างการใช้งาน เพราะอาจสร้างความเสียหายให้แก่ผู้ใช้งานหรือเครื่องมือนั้นๆ ได้ด้วย มักจะมีสาเหตุเนื่องมาจากระบบไฟฟ้าผิดปกติ เช่นไฟฟ้าดับ ไฟฟ้าตก ไฟฟ้าเกิน และการเกิด Surge Voltage ดังนั้น ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาระบบไฟฟ้าสำรองขึ้น อุปกรณ์สำคัญๆ ก็จะมีการออกแบบให้ใช้ได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ โดยมีแบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอุปกรณ์นั้นๆ ในช่วงที่ไฟฟ้ากระสลับขาดหายไป อุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ เครื่องมือแพทย์ และอุปกรณ์สื่อสารที่สำคัญๆ ส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่ไม่ได้ออกแบบให้มีการใช้ได้ทั้งกับไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เช่น อุปกรณ์ควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯลฯ ดังนั้น เพื่อกำจัดปัญหาดังกล่าวให้ลดน้อยลงไปหรือหมดสิ้นไป จึงได้มีการสร้างอุปกรณ์ป้องกันการรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า (power line disturbances protection equipment) หรือ PLDPE ขึ้นมาเพื่อใช้ในการป้องกันการรบกวนที่เกิดขึ้นดังกล่าวและให้ได้ระบบไฟฟ้าที่มีคุณภาพดี อุปกรณ์ PLDPE นี้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น หม้อแปลงไอโซเลเตอร์ (isolater transformer) เครื่องปรับแรงดันให้คงตัว (voltage regulator) ไลน์คอนดิชั่นเน้อร์ (line conditioner) และแหล่งจ่ายไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง (uninterruptible power supply : UPS) โดยที่อุปกรณ์ UPS จัดว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีขีดความสามารถและประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการรบกวนดังกล่าวได้อย่างดีที่สุด

ยูพีเอส (UPS) หรือเรียกในภาษาไทยว่า "แหล่งจ่ายแบบต่อเนื่อง" เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่นำไฟฟ้ากระแสสลับมาเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมๆ กับนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และเปลี่ยนกลับจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับอีกครั้ง เพื่อจ่ายให้กับโหลดและโหลดสามารถทำงานได้ตลอดปกติ เมื่อไฟฟ้าดับ

1.2 พื้นฐานของ UPS และนิยามศัพท์

โดยปกติแล้ว UPS จะใช้ร่วมกับระบบจ่ายไฟฟ้า โดยลักษณะการใช้ของ UPS จะคล้ายกับระบบป้องกันสำรอง (back up system) เพราะจะทำหน้าที่จ่ายไฟก็ต่อเมื่อระบบไฟฟ้าปกติขัดข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์โซลิดสเตท (solid state components) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะประกอบกันเป็นชุดขึ้นมา ส่วนมากแล้วก็คือสารพวกกึ่งตัวนำ โดยอาจจะประกอบไปด้วยไดโอดที่ยอมให้กระแสไหลผ่านในทิศทางหนึ่ง หรืออย่าง SCR ซึ่งจะยอมให้กระแสไหลผ่านก็ต่อเมื่อมีสัญญาณมาให้ยังเกต (gate) เป็นต้น

สเตติกเรกติฟาย (static rectifiers) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระสลับไปยังไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนมากแล้วจะใช้สารกึ่งตัวนำจำพวกไดโอดสเตติกอินเวอร์เตอร์ (static inverter) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงไปยังไฟฟ้ากระสลับส่วนมากแล้วจะใช้สารกึ่งตัวนำจำพวกไดโอด หรือ ไทริสเตอร์ (thyristors)

สเตติกสวิทซ์ (static switch) เป็นอุปกรณ์สวิทซ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไทริสเตอร์เพื่อทำการเปิดหรือปิด วงจรไฟฟ้าซึ่งคล้ายๆ กับการเปิดวงจรหน้าสัมผัสทั่วไป เพียงแต่สเตติกสวิทช์จะไม่เห็นส่วนที่เคลื่อนที่เลยเมื่อตัวมันปิดหรือเปิดสวิทช์

สวิทช์โอนย้ายทางกลไฟฟ้า (electro-mechanical transfer switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโอนย้าย (transfer) โหลด จากจุดจ่ายไฟปกติไปยังจุดจ่ายไฟฉุกเฉิน หรือจากจ่ายไฟฉุกเฉินไปยังจุดจ่ายไฟปกติ เป็นต้น การย้ายตำแหน่งนี้อาจจะกระทำโดยใช้มือบังคับธรรมดาหรือโดยอัตโนมัติ

หม้อแปลงเฟอร์ไรเรโซแนนซ์ (fero-resonant transformers) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบในอินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่แปลงคลื่นรูปสี่เหลี่ยม (square wave) ไปสู่คลื่นรูปไซน์ (sine wave) เพื่อจ่ายให้แก่ทางออกต่อไป

1.3 ประเภทและส่วนประกอบของ UPS

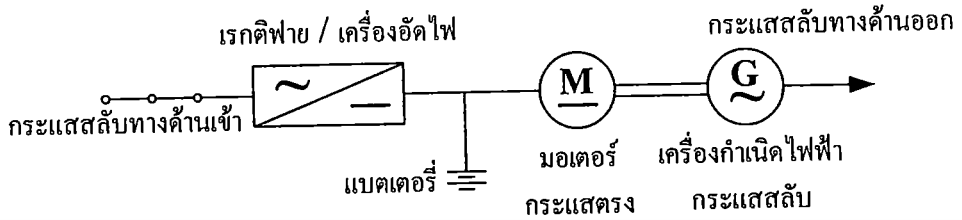
ระบบ UPS นี้คือระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อขจัดปัญหาการรบกวนต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าให้หมดสิ้นไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาการเกิดไฟฟ้ากะพริบและไฟฟ้าดับเป็นเวลานานเกินกว่าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดเช่น คอมพิวเตอร์ จะรับไว้ได้ด้วยเหตุนี้ UPS จึงต้องมีแหล่งเก็บพลังงานสะสมสำหรับจ่ายให้กับโหลดเมื่อไฟฟ้าดับ และต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานสะสมให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ UPS ซึ่งสามารถแบ่งตามประเภทของระบบ UPS ได้ดังนี้

แหล่งกำเนิดกำลังหมุน (Rotary Uninterruptible Power Supply)

ระบบ UPS นี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Dynamic UPS เป็นระบบแรกที่สร้างขึ้นมาโดยใช้มอเตอร์ร่วมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นมาใช้ทดแทนระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าเดิมที่มีปัญหาการรบกวนมาก ซึ่งจะสามารถแสดงได้ในรูปที่ 1.1 โดยระบบ UPS นี้ใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

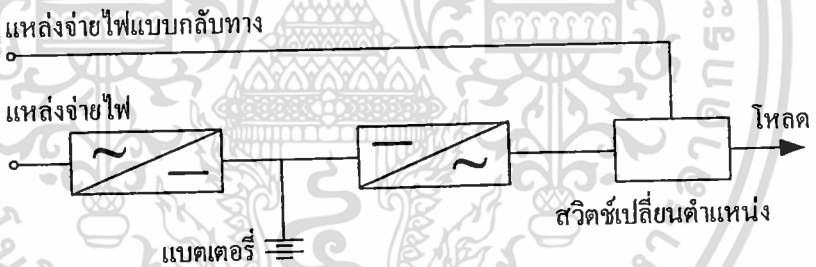
กระแสไฟฟ้าให้เฉพาะกับส่วนที่มีความสำคัญและจำเป็นจริงๆ เท่านั้น หรือที่เรียกว่า โหลดวิกฤต (critical load)



รูปที่ 1.1 ระบบ UPS ประเภทแหล่งกำเนิดกำลังหมุน

ระบบสเตติก UPS (static Uninterruptible Power Supply)

ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.2 คือระบบ UPS ที่ทำงานโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็คทรอนิกส์เป็นตัวผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นมาทดแทนโดยไม่มีเครื่องจักรหรือกลไกทางกลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นในระบบนี้จึงไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดต้องหมุนเคลื่อนที่และจัดว่าเป็นระบบที่ทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีความเชื่อถือสูงมาก จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน



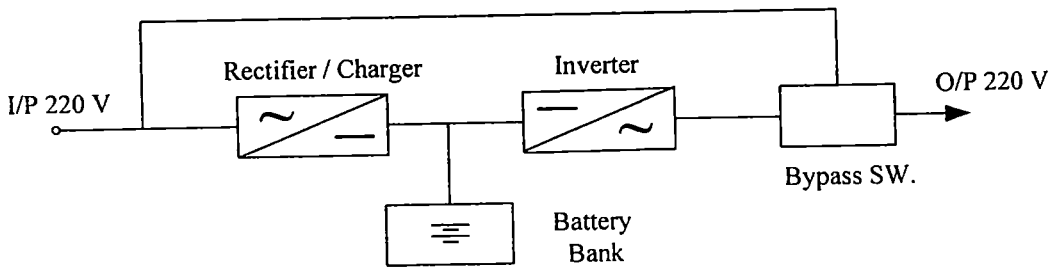
รูปที่ 1.2 ระบบ UPS ประเภทสเตติก UPS

ส่วนประกอบของ UPS

ส่วนประกอบของ UPS จะประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 4 ส่วนคือ

1. Rectifier / Charger
2. Static Inverter
3. Battery Bank
4. Bypass Switch

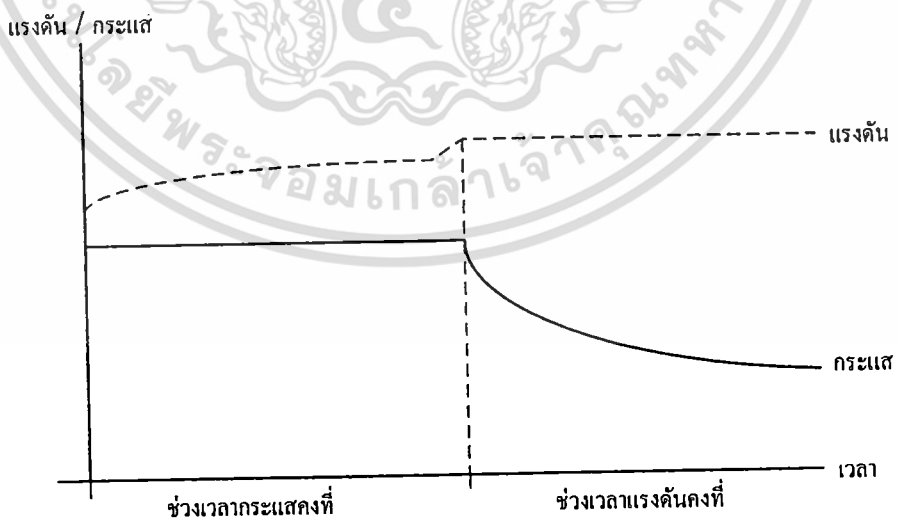
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างและหลักการทำงานอย่างกว่างๆ ของ UPS

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Rectifier-Charger)

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จะทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ในการประจุแบตเตอรี่ และจ่ายพลังงานให้กับอินเวอร์เตอร์ ในสภาพการทำงานปกติ แรงดันออกจะมีค่าคงที่เท่ากับแรงดันอัดประจุลอยตัว (float charge voltage) ของแบตเตอรี่ โดยมีกระแสประจุแบตเตอรี่เล็กน้อย แต่ภายหลังการใช้งานแบตเตอรี่ เช่นหลังเกิดไฟดับ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะจำกัดกระแสในการประจุแบตเตอรี่เอาไว้ ทั้งนี้เพราะว่า หลังจากที่แบตเตอรี่จ่ายประจุออกจนหมดหรือเกือบหมดแล้ว แรงดันจะมีค่าต่ำ ถ้าหากไม่จำกัดกระแสไว้ ก็อาจทำให้แบตเตอรี่เสียหายได้ ในระหว่างการประจุ แรงดันแบตเตอรี่ก็จะค่อยๆ สูงขึ้น จนเท่ากับแรงดันอัดประจุลอยตัว หลังจากนั้นแรงดันแบตเตอรี่ก็จะคงที่ดังในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ลักษณะการประจุของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

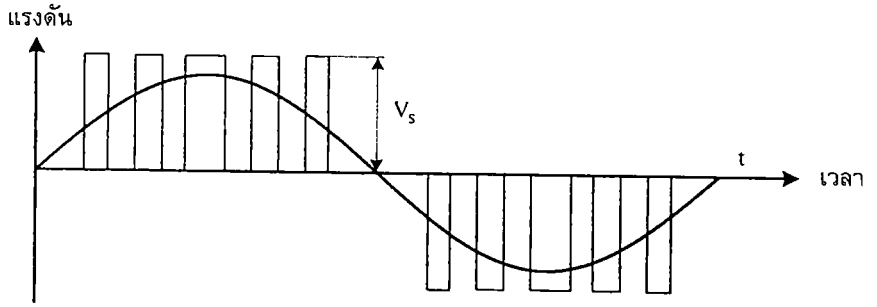
แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่เป็นส่วนที่ทำให้ UPS สามารถจ่ายกำลังให้กับโหลดได้เมื่อเกิดไฟดับ ระยะเวลาจ่ายไฟสำรองของ UPS จะขึ้นอยู่กับโหลดของ UPS และขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ แบตเตอรี่ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมี่ยมและแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมี่ยม จะใช้ nickel hydrate (NiOOH) เป็นขั้วบวก และใช้แคดเมี่ยม (Cd) เป็นขั้วลบ โดยมีสารละลายpotassium hydroxide (KOH) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างเป็นอิเล็คโทรไลด์ เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วขั้วบวกจะกลายเป็น nickel hydroxide [$Ni(OH)_2$] ขั้วลบกลายเป็น cadmium hydroxide [$Cd(OH)_2$] แบตเตอรี่นี้จะใช้แรงดันออก 1.2 โวลท์ต่อเซลล์ ส่วนแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะใช้ lead oxide [PbO] เป็นขั้วบวก และใช้ตะกั่วบริสุทธิ์เป็นขั้วลบ โดยมีกรดกำมะถันเจือจางเป็นอิเล็คโทรไลด์ เมื่อทำปฏิกิริยาแล้วขั้วทั้งสองจะกลายเป็น lead sulphate [$PbSO_4$] แบตเตอรี่ชนิดนี้จะให้แรงดันออก 2 โวลท์ต่อเซลล์ แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมี่ยมจะมีราคาแพงกว่า แต่มีการอัดประจุและอัตราการคายประจุสูงกว่าชนิดตะกั่ว-กรด แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด จะเกิดก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนในขณะที่ทำการประจุกระแส จึงไม่เหมาะที่จะนำไปติดตั้งในที่ที่มีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก เช่น ในห้องปรับอากาศ ได้มีผู้ผลิตแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดที่เติมสารบางชนิดลงไป เช่น ซีลีเนียมและแคดเมี่ยม หรือที่ทำเป็นแบบเจล เพื่อให้มีคุณสมบัติบางอย่างดีขึ้น

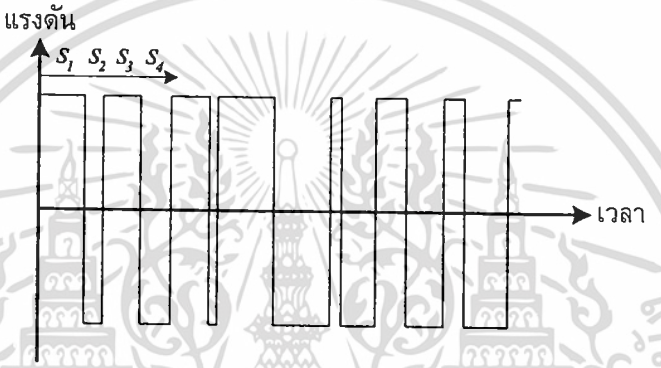
วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

วงจรอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับโหลด แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับนี้จะต้องมีขนาดและความถี่ที่เหมาะสมกับโหลด ไม่ว่าแรงดันด้านเข้าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ระหว่างแรงดันต่ำสุดกับแรงดันอัดประจุลอยตัว ซึ่งเป็นแรงดันสูงสุด วงจรอินเวอร์เตอร์นี้จะประกอบไปด้วยภาคที่สำคัญ 3 ภาค คือ ภาคกำลัง ภาคควบคุม และภาคกรอง ภาคกำลังประกอบด้วยวงจรซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อไฟตรงตามคำสั่งของภาคควบคุม อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรอาจเป็น SCR BJT GTO หรือ FET ก็ได้ แรงดันที่ออกจากภาคนี้จะมีลักษณะเป็นพัลส์บวกและพัลส์ลบที่มีความกว้างต่างๆ กัน ดังรูปที่ 1.5 หรืออาจมีลักษณะเป็นพัลส์บวกลบที่มีความกว้างต่างๆ กัน ดังรูปที่ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ



รูปที่ 1.6 รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ

ภาคควบคุมจะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันออกให้คงที่ ถึงแม้ว่าแรงดันไฟตรงจะเปลี่ยนไปก็ตาม รวมทั้งควบคุมความถี่และเฟสให้เท่ากับความถี่และเฟสของไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากโรงไฟฟ้า การควบคุมดังกล่าวอาศัยการแปรผันความกว้างของพัลส์ นอกจากนี้ภาคควบคุมยังต้องกำหนดเวลาการสวิทช์ให้เหมาะสม เพื่อเป็นการลดฮาร์โมนิกของแรงดันออกในกรณี UPS ขนาดใหญ่ซึ่งประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์หลายตัว ภาคควบคุมก็จะทำหน้าที่ควบคุมอินเวอร์เตอร์แต่ละชุดเพื่อให้อินเวอร์เตอร์แต่ละตัวจ่ายกระแสโหลดเท่าๆ กัน

ภาคกรองแรงดันออกจะทำให้แรงดันที่ออกจากภาคกำลังมีลักษณะใกล้เคียงคลื่นรูปไซน์มากขึ้น วงจรกรองนี้อาจเป็นวงจรกรองแบบเรโซแนนซ์ ซึ่งยอมให้เฉพาะความถี่ 50Hz ผ่าน นอกจากนี้ ตัวเหนี่ยวนำในวงจรกรองยังเป็นตัวช่วยกำจัดกระแสลัดวงจร แต่วงจรกรองนี้จะทำให้เกิดผลเสียต่อ UPS คือ จะเป็นตัวจำกัดความเร็วในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับ UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์โอนย้าย (transfer switch)

สวิทช์โอนย้ายคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อโหลดเข้ากับสายไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า หรือตัดโหลดออกจากสายไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า โดยย้ายมาต่อกับอินเวอร์เตอร์แทน การตัดต่อของสวิทช์โอนย้ายขึ้นอยู่กับชนิดของ UPS นี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

-ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า (forward transfer system)

-ระบบโอนย้ายย้อนกลับ (reverse transfer system)

-ระบบขนานเผื่อเกินไว้ (parallel redundant system)

ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า

ในสภาวะปกติสวิทช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับสายไฟจากโรงไฟฟ้า แต่ในขณะที่ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเกิดขัดข้อง สวิทช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS ระบบนี้มีข้อเสียคือ มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ตามการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแต่ยังมีข้อดีคือ ขนาดของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขนาดเล็ก เพราะไม่ต้องจ่ายกำลังให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ตลอดเวลา

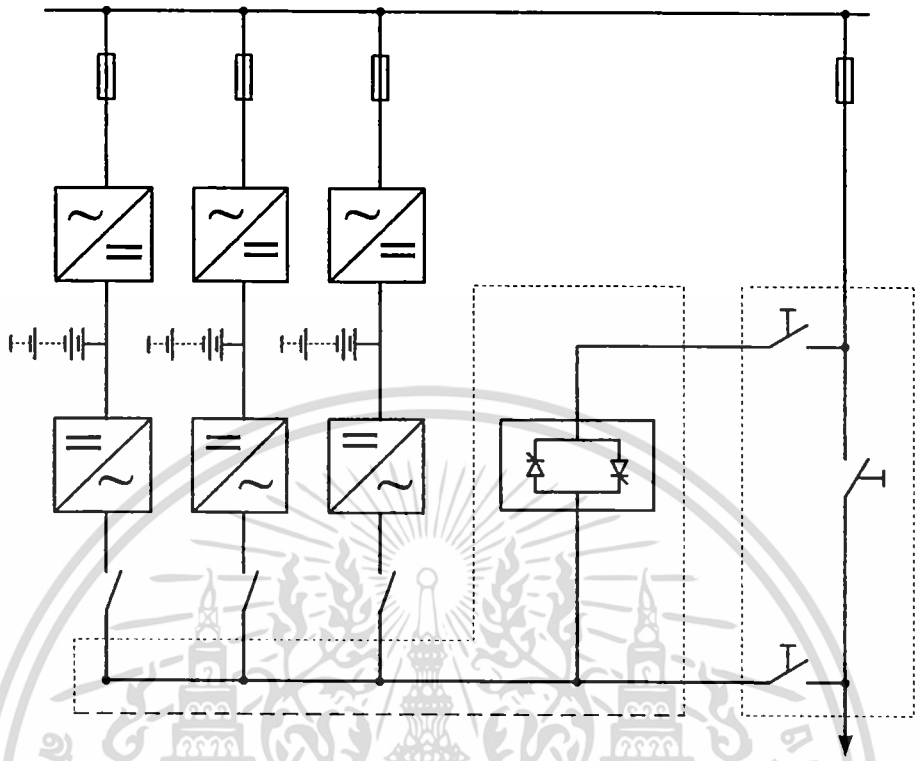
ระบบโอนย้ายย้อนกลับ

ในระบบนี้ สวิทช์โอนย้ายจะทำหน้าที่ต่อโหลดเข้ากับ UPS ทั้งในขณะที่ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ายังเป็นปกติ และในขณะที่ไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเกิดขัดข้อง แต่ในขณะที่โหลดใช้กระแสเกินกว่าที่ UPS จะจ่ายให้ได้ หรือ UPS เกิดขัดข้อง สวิทช์โอนย้ายจะโอนย้ายไปต่อเข้ากับสายไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า UPS ในระบบนี้มีข้อดีกว่าในระบบโอนย้ายไปข้างหน้า คือโหลดจะได้รับแรงดันที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมสูงสุด สามารถใช้ได้กับโหลดทุกชนิดยกเว้นในกรณีที่ของถี่ของโหลดกับความถี่ของไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าไม่เท่ากัน

ระบบขนานเผื่อเกินไว้

เป็นระบบที่มีอินเวอร์เตอร์มากกว่า 1 ตัว จ่ายโหลดร่วมกันโดยที่อินเวอร์เตอร์แต่ละตัวจ่ายโหลดเท่าๆ กัน และเมื่ออินเวอร์เตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งเสีย ตัวที่เหลือจะจ่ายโหลดแทน การที่ต้องเอาอินเวอร์เตอร์หลายตัวตัวมาต่อขนานกันนี้ ก็เพราะต้องการให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงขึ้นหรือโหลดมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของอินเวอร์เตอร์ที่ใหญ่ที่สุด ขนาดของสวิทช์โอนย้ายจะต้องใหญ่เพียงพอที่จะจ่ายโหลดสูงสุดของระบบได้ รูปที่ 1.7 แสดงตัวอย่างระบบขนานเผื่อเกินไว้ ที่มีสวิทช์โอนย้ายและมีวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแยกจากกัน ระบบนี้มีอินเวอร์เตอร์ 3 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.7 ระบบขนานเผื่อเกินไว้

ปัญหาที่สำคัญของระบบนี้ ก็คือ การแบ่งโหลดระหว่างอินเวอร์เตอร์ที่ต่อขนานกันเพราะอินเวอร์เตอร์ในปัจจุบันเป็นแบบที่ป้อนด้วยแรงดัน ทำให้อินเวอร์เตอร์มีลักษณะเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน ตามปกติแล้วเราจะต่อแหล่งจ่ายแรงดันที่มีขนาดหรือเฟสที่ไม่เท่ากันไม่ได้เนื่องจากจะมีกระแสจำนวนมากไหลระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันที่ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของอิมพิแดนซ์ ที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายแรงดันทั้งคู่นั้น อิมพิแดนซ์ของอินเวอร์เตอร์ก็คือ รีแอก-แตนซ์ ของฟลักซ์รั่ว ของหม้อแปลงขาออก และอิมพิแดนซ์ของวงจรกรอง การแก้ปัญหาการแบ่งโหลดอาจทำได้โดยการควบคุมขนาดและเฟสของแรงดันขาออก รวมทั้งค่าอิมพิแดนซ์ที่ต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์ กับโหลดทุกตัว ให้แตกต่างกันน้อยที่สุด การแก้ปัญหาอีกวิธีหนึ่งก็คือ อาศัยหลักการป้อนกลับของกระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์แต่ละตัว เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกระแสอ้างอิง เพื่อควบคุมให้กระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากับกระแสอ้างอิง

สวิทช์โอนย้ายที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ สวิทช์โอนย้ายแบบสถิตสำหรับสายประธาน และสวิทช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า สวิทช์โอนย้ายแบบสถิตสำหรับสายประธาน ซึ่งใช้ SCR เป็นตัวสวิทช์สามารถโอนย้ายโหลดได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาน้อยกว่า 1/4 คาบ ส่วนสวิทช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า จะใช้เวลาในการโอนย้ายประมาณ 2-12 คาบ ขึ้นอยู่กับขนาดของสวิทช์ที่ใช้ ดังนั้นโหลดที่ใช้

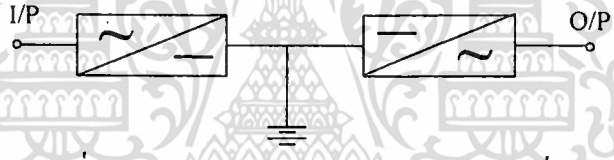
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ UPS ที่ใช้สวิทช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้า จะต้องเป็นโหลดที่ยอมให้ไฟฟ้าขาดหายไปได้หลายคาบ เช่น ระบบไฟฉุกเฉิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสวิทช์โอนย้ายแบบสถิตสำหรับสายประธานจะทำงานได้เร็วกว่าแต่มีความยุ่งยากและมีราคาแพงกว่า โดยทั่วไปแล้ว สวิทช์โอนย้ายแบบสถิตสำหรับสายประธานจะมีสวิทช์โอนย้ายแบบกลไฟฟ้าต่อขนานอยู่ด้วย เพื่อช่วยลดกำลังสูญเสียใน SCR นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการรับกระแสเสิร์จของสวิทช์โอนย้ายสำหรับสายประธานได้ด้วย

ระบบ UPS แบบต่างๆ มีด้วยกัน 4 แบบดังนี้

ระบบ UPS แบบต่อเนื่อง (Continuous System)

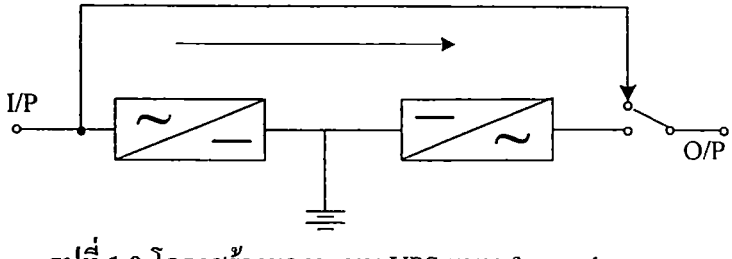
ระบบนี้จะมีโครงสร้างดังรูปที่ 1.8 ซึ่งระบบแบบต่อเนื่องนี้เหมาะกับโหลดที่ต้องการหลีกเลี่ยงผลกระทบจากคลื่นรบกวน และการเปลี่ยนแปลงแรงดัน หรือความถี่จากระบบไฟฟ้า แต่ข้อเสียคือถ้าสเตติกอินเวอร์เตอร์ขัดข้อง UPS จะไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นความเชื่อถือได้จึงไม่ค่อยสูงนัก ยกเว้นกรณีโหลดกับไลน์มีความถี่ไม่ตรงกันจึงจำเป็นต้องใช้ระบบนี้



รูปที่ 1.8 โครงสร้างของระบบ UPS แบบต่อเนื่อง

ระบบ UPS แบบ forward transfer system

มีโครงสร้างดังรูปที่ 1.9 ภาวะปกติโหลดจะได้รับพลังงานจากระบบไฟฟ้าโดยตรงผ่านทางบายพาสสวิทช์ เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้องบายพาสสวิทช์จะโอนย้ายโหลดมาต่อกับ สเตติกอินเวอร์เตอร์แทน แต่ถ้าระบบไฟฟ้ากลับเข้าสู่สภาวะปกติโหลดก็จะถูกย้ายไปต่อที่ระบบไฟฟ้าอย่างเดิม ส่วนภาคเรียงกระแสอัดประจุจะทำการอัดประจุแก่แบตเตอรี่เพียงชุดเดียวจึงทำให้ UPS มีขนาดเล็กลง แต่ก็มีผลจากการรบกวนภายนอกสูง และยังแบ่งย่อยได้อีก 2 แบบ ตามลักษณะการสแตนด์บายคือ Hot Stand-by และ Cold Stand-by System



รูปที่ 1.9 โครงสร้างของระบบ UPS แบบ forward system

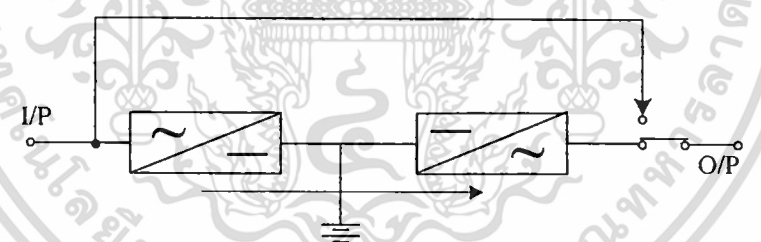
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ UPS แบบ reverse transfer system

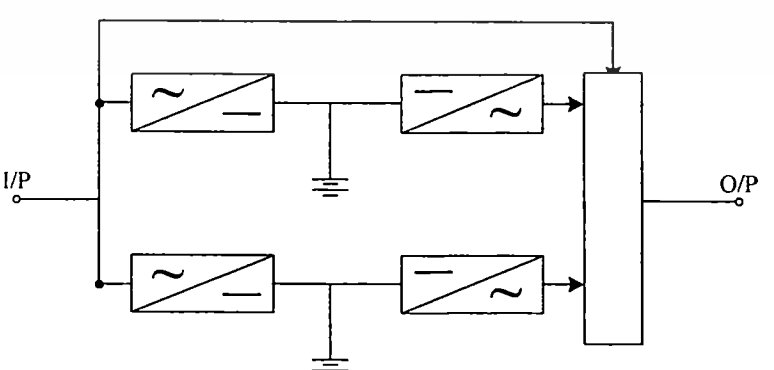
โครงสร้างของระบบนี้แสดงในรูปที่ 1.10 ระบบนี้ภาคเรียงกระแสจะทำการอัดประจุแบตเตอรี่ พร้อมทั้งจ่ายให้ภาคอินเวอร์เตอร์ด้วย ในกรณีที่อินเวอร์เตอร์ขัดข้องหรือโหลดเกินพิกัด บายพาสสวิทช์จะโอนย้ายโหลดไปต่อกับระบบไฟฟ้าโดยตรง จึงมีความเชื่อถือสูงและใช้ได้กับโหลดเกือบทุกชนิด ส่วนขนาดของ UPS จะมีขนาดใหญ่กว่าแบบ forward transfer system

ระบบ UPS แบบ parallel

ระบบ UPS แบบขนานเป็นการใช้ UPS มากกว่าหนึ่งตัวจ่ายโหลดร่วมกัน โดยเฉลี่ยโหลดเท่าๆ กัน เมื่อมีตัวใดตัวหนึ่งเสีย UPS ที่เหลือก็ยังจ่ายโหลดสูงสุดได้ โดยการเฉลี่ยโหลดกันไป เหตุผลที่ต้องใช้ระบบนี้ก็เพื่อความเชื่อถือที่สูงขึ้นซึ่งอาจจะใช้ชุดแบตเตอรี่และภาคเรียงกระแสแยกกันหรือร่วมกันก็ได้ และรูปที่ 1.11 เป็นโครงสร้างของ UPS แบบขนานที่มีบายพาสสวิทช์ และปัญหาที่สำคัญของ UPS ระบบนี้คือ การแบ่งโหลด การต่อร่วมกัน จึงต้องมีระดับแรงดันและเฟสที่ตรงกัน ผลของอิมพีแดนซ์ที่ต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์ทำให้กระแสไหลย้อนระหว่างอินเวอร์เตอร์ด้วยกัน ซึ่งต้องมีการป้อนกลับกระแสเพื่อให้อินเวอร์เตอร์ทุกตัวจ่ายกระแสเท่ากันจึงจะไม่มีปัญหา



รูปที่ 1.10 โครงสร้างของระบบ UPS แบบ reverse transfer



รูปที่ 1.11 โครงสร้างของระบบ UPS แบบ parallel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 การเลือกขนาดของ UPS

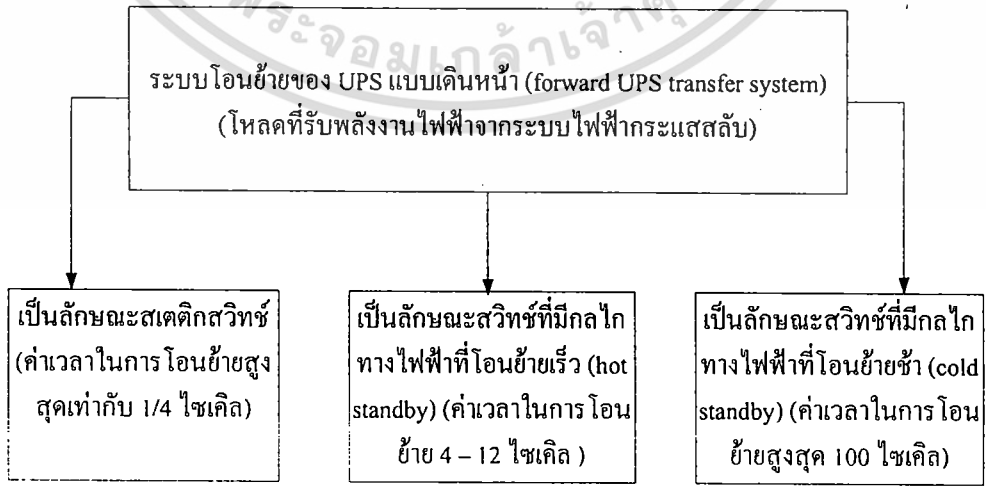
เนื่องจาก UPS ได้ถูกประกอบไปด้วยวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ชุดเรกติฟายแบตเตอรี่ และอินเวอร์เตอร์ โดยที่ชุดของเรกติฟายจะเปลี่ยนแปลงกระแสไฟสลับไปเป็นกระแสไฟตรงซึ่งจะจ่ายเข้าไปยังชุดของอินเวอร์เตอร์และอัดประจุให้แก่แบตเตอรี่ และชุดของอินเวอร์เตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงกระแสไฟตรงกลับคืนไปสู่กระแสไฟสลับ เพื่อจ่ายให้โหลดต่อไป

UPS นั้นจะได้รับการออกแบบเพื่อที่จะใช้ป้องกันระบบไฟล้มเหลว จึงสามารถจำแนกขั้นตอนในการเลือกใช้ UPS ได้ออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ทำการหาค่าเวลาโอนย้าย (transfer time) ซึ่งจะสามารถให้ความหมายของเวลาโอนย้ายได้ว่า หมายถึงช่วงเวลาที่จะยอมให้โหลดเจอกับสภาพระบบไฟฟ้าขัดข้องได้มากน้อยเท่าใด เช่น ในกรณีที่ระบบ UPS ต้องการที่จะป้องกันเฉพาะกรณีความขัดข้องของระบบไฟฟ้า ก็ควรที่จะใช้ระบบเดินหน้า (forward system) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 1.12 ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของเวลาโอนย้ายของอุปกรณ์ต่างๆ

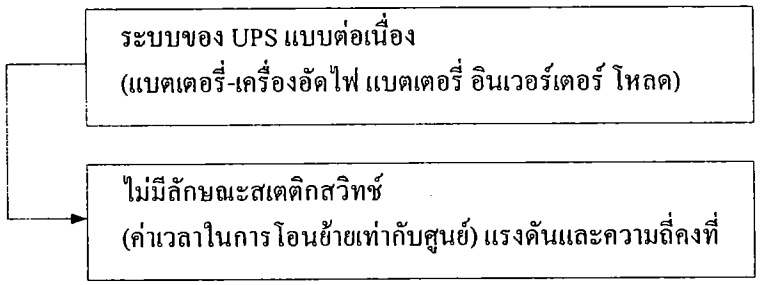
ถ้า UPS ต้องการที่จะใช้ป้องกันความขัดข้องของระบบไฟฟ้า และมีความต้องการที่จะให้ UPS ใช้ป้องกันในกรณีของเงื่อนไขในลักษณะทางไฟฟ้าอื่นๆ ก็ควรที่จะใช้ระบบไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (continuous) หรือระบบโอนย้ายของ UPS แบบกลับทาง (reverse UPS transfer system) ซึ่งจะสามารถแสดงได้ในรูปที่ 1.13 และรูปที่ 1.14 ในกรณีของระบบโอนย้ายแบบกลับทางนั้นเงื่อนไขทางไฟฟ้าจะสามารถหาได้ก็เฉพาะเมื่อโหลดรับการจ่ายไฟจากอินเวอร์เตอร์

ถ้าระบบ UPS มีความต้องการที่จะใช้ป้องกันเงื่อนไขทางไฟฟ้าทุกชนิด เช่น กรณีขัดข้องทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความถี่เปลี่ยนแปลง หรือความถี่คงที่ (frequency regulation) กรณีเช่นนี้ควรจะใช้ UPS ระบบ UPS แบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปที่ 1.15

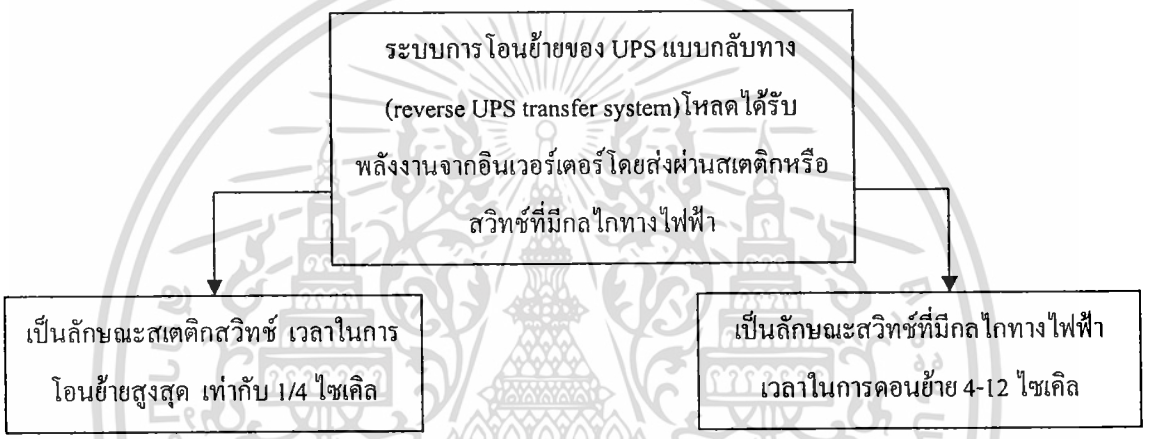


รูปที่ 1.12 แสดงหลักการของ UPS แบบระบบเดินหน้าซึ่งใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้อง

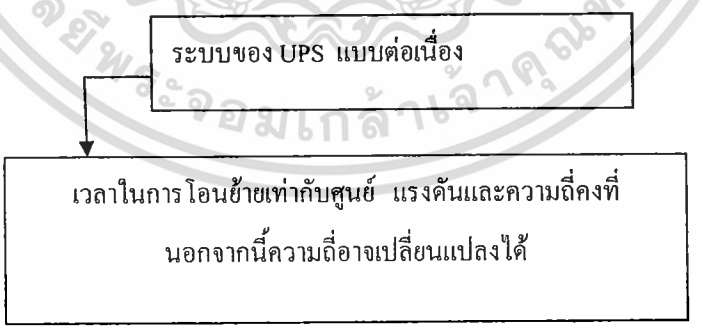
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.13 แสดงหลักการทำงานของระบบ UPS แบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้องและป้องกันเงื่อนไขทางไฟฟ้าของระบบอันอาจได้แก่ชนิดของโหลด



รูปที่ 1.14 แสดงหลักการของระบบแบบกลับทาง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันระบบไฟฟ้าขัดข้อง และป้องกันเงื่อนไขทางไฟฟ้าของระบบอันอาจได้แก่ชนิดของโหลด



รูปที่ 1.15 แสดงหลักการของระบบแบบต่อเนื่องสำหรับใช้ป้องกันระบบไฟฟ้าทุก ๆ เงื่อนไข

ค่าเวลาในการโอนย้ายนี้จะถูกกำหนดโดยโหลดนั่นเอง โดยจะแบ่งชนิดของโหลดเพื่อกำหนดเวลาในการโอนย้าย ดังนี้

ก. ชนิดของโหลดที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลง ของแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่า 1/4 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

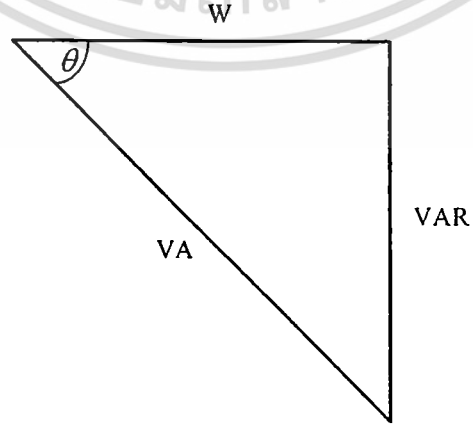
อันได้แก่ มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน (อันประกอบไปด้วยหลอดชนิดมีไส้ หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์) และชุดของลวดความร้อน เป็นต้น

ข. ชนิดของโหลดที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลง ของแรงดันไฟฟ้าได้ 1/4 ไซเคิล และไม่สามารถสังเกตได้ ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์เครื่องวัดพวกขบวนการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุม
ไฟไหม้ อุปกรณ์รีเลย์ คอนแทกเตอร์ การประมวลข้อมูล ขบวนการคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สื่อสาร (รวมไปถึงระบบข้อมูลแบบดิจิตอล) ระบบแสงสว่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง (หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอกความดันไอปรอท) และหม้อแปลงที่มีแรงดันไฟฟ้าคงที่ θ เป็นต้น

ค. ชนิดของโหลดที่ไม่สามารถทนต่อระบบไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงได้ เช่น ระบบสื่อสารความเร็วสูง ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวกับข้อมูลเพราะข้อมูลจะลบหายไปได้ ระบบควบคุมเตาปฏิกรณ์ปรมาณู ระบบเครื่องควบคุมจรวดนำวิถี ระบบควบคุมเรือ ระบบควบคุมอากาศยาน ระบบไมโครเวฟ

ง. ชนิดของโหลดที่ไม่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความถี่ไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ ช่วงเวลากระแสวิกฤต วงจรแบบปรับคลื่น ความถี่ดิสคริมิเนเตอร์

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนที่ทำการหาค่าโหลดกระแสไฟฟ้าสลับโดยใช้ตาราง ซึ่งจะเป็นการหาค่ากำลังไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลัง และค่ากระแสอินรัช
ข้อมูลของขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การหาขนาดของอินเวอร์เตอร์ โดยส่วนมากแล้วจะพิจารณาในรูปของ kVA ซึ่งถ้าพิจารณาค่าของตัวประกอบกำลังประกอบด้วยแล้วจะได้ว่า วัตต์ / ค่าตัวประกอบกำลังก็คือ kVA นั่นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบกำลัง วัตต์ และ โวลท์ – แอมป์ ซึ่งจะใช้ในขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 1.16 แสดงความสัมพันธ์ของกำลังและค่าตัวประกอบกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตร

$$kVA = \frac{V \times I}{1000} \tag{1.1}$$

$$kW = kVA \times PF \tag{1.2}$$

$$PF = \frac{kW}{kVA} = \frac{W}{VA} = \cos\theta \tag{1.3}$$

$$kVA = \frac{kW}{PF} \tag{1.4}$$

$$kVA = \sqrt{(kW^2 + kVAR^2)} \tag{1.5}$$

$$kVA = kVA\sqrt{(1 - PF^2)} \tag{1.6}$$

$\cos\theta$ คือ ตัวประกอบกำลัง

ในกรณีที่โหลดมีหลายชนิดประกอบกัน จะทำให้มีค่าตัวประกอบกำลังแตกต่างกันตามไปด้วย ดังนั้นจึงต้อง

ก. หาค่า kVA ของโหลดแต่ละชนิด โดยใช้สูตร (1.1) ในรูปที่ 1.16

ข. หาค่า kW โดยใช้สูตร (1.2) ในรูปที่ 1.16

ค. หาค่า kVAR โดยใช้สูตร (1.6)

ง. รวมค่า kVAR ที่ทั้งหมดที่เป็นชนิดตัวประกอบกำลังแบบล้าหลัง ซึ่งโหลดพวกนี้ก็คือพวกอินดัคตีฟโหลด และกำหนดให้ทีเครื่องหมายลบ

จ. รวมค่า kVAR ที่ทั้งหมดที่เป็นชนิดตัวประกอบกำลังแบบนำหน้า ซึ่งโหลดพวกนี้ก็คือพวกคาพาซิตีฟ และกำหนดให้ทีเครื่องหมายบวก

ฉ. รวมขั้นตอน ง. และ จ. เข้าด้วยกันเพื่อหาค่า kVAR จริง

ช. หาค่า kVA รวมโดยใช้สูตร (1.5)

ซ. หาค่าตัวประกอบกำลังรวม โดยใช้สูตร (1.3)

ในกรณีที่โหลดไม่สามารถทำการวัดค่าต่าง ๆ ด้วยมิเตอร์หรือเครื่องมือวัดใด ๆ จะสามารถทำการหาค่าต่าง ๆ ของโหลดนั้นโดยดูจากแผ่นป้ายประจำเครื่อง (name plate)

นอกจากนี้ ปัญหาสำคัญในการที่จะหาขนาดของอินเวอร์เตอร์ก็คือ กระแสอินรัชที่เกิดมาจากมอเตอร์ ค่ากระแสอินรัชนี้จะสามารถทำการวัดโดยใช้แอมป์มิเตอร์ โดยวัดในขณะที่ทำการต่อโหลดให้แก่มอเตอร์อย่างทันทีทันใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ค่ากระแสอินรัชมีค่าสูงมาก (มากกว่า 125 %ของพิกัดอินเวอร์เตอร์) จะต้องทำอุปกรณ์ป้องกันชนิดจำกัดกระแสมาใช้ป้องกันวงจร

ขนาดของอินเวอร์เตอร์จะสามารถกล่าวได้ส่าขึ้นอยู่กับ kVA ค่าตัวประกอบกำลังรวมและกระแสอินรัช นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบย่อย ๆ ในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์อีกคือ อุณหภูมิ สภาวะแวดล้อม ชนิดของอินเวอร์เตอร์ ว่าเป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส และรูปคลื่นทางด้านขาออกว่าเป็นคลื่นรูปไซน์หรือคลื่นรูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนที่พิจารณาเลือกระบบ UPS โดยพิจารณาจากเวลาในการโอนย้าย (ขั้นตอนที่ 1) คุณสมบัติของโหลด (ขั้นตอนที่ 2) และความเชื่อถือ

ขั้นตอนที่ 4 เลือกขนาดของแบตเตอรี่ซึ่งจะใช้สำหรับจ่ายให้แก่อินเวอร์เตอร์และโหลดอื่น ๆ ในช่วงที่ระบบไฟฟ้าขัดข้อง

ขนาดของแบตเตอรี่จะเป็นแอมป์ – ชั่วโมง ซึ่งจะต้องเพียงพอสำหรับจ่ายให้แก่อินเวอร์เตอร์และโหลดอื่น ๆ ในช่วงที่ระบบไฟฟ้าขัดข้อง โดยปกติแล้วในระบบ UPS แบตเตอรี่จะจ่ายโหลดใช้เวลาตั้งแต่ 5 จนถึง 60 นาที แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสำคัญของโหลด แบตเตอรี่ที่ใช้จริง ๆ กับ UPS แล้วจะมีชนิดตะกั่ว – แคลเซี่ยม ชนิดตะกั่ว – กรด และชนิดนิกเกิล – แคดเมี่ยม โดยที่ชนิดตะกั่ว – แคลเซี่ยม มีอายุการใช้งานนาน 10 – 15% ของชนิดตะกั่ว – กรด แต่ชนิด นิกเกิล – แคดเมี่ยม จะไม่ค่อยนิยมใช้ในระบบ UPS ทั้งนี้เพราะราคาแพง

ในการหาขนาดของแบตเตอรี่ของระบบ UPS นี้จะสามารถแสดงได้ดังนี้

ก. หาค่ากระแสไฟตรงทางด้านเข้าที่เข้าสู่อินเวอร์เตอร์ พร้อมทั้งพิจารณาถึงการคายประจุของแบตเตอรี่ด้วย โดยส่วนมากแล้วการคายประจุของแบตเตอรี่ที่นิยมนำมาพิจารณาจะมีค่า 1.75 โวลท์/เซลล์

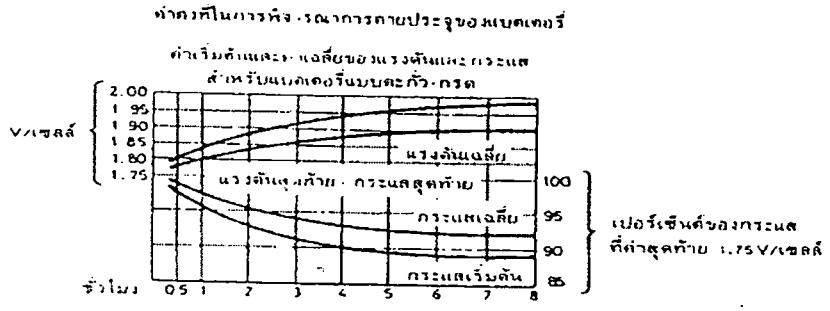
ข. เลือกเวลาที่ใช้ป้องกันระบบว่ามีระยะนานเท่าไร ปกติอยู่ในช่วง 30-60 นาที

ค. หากระแสการคายประจุค่าสูงสุดในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมงหรือน้อยกว่า ในกรณีที่ระยะเวลาการคายประจุนานกว่านี้จะสามารถหากระแสได้จากรูปที่ 1.17

ง. นำขั้นตอน ก. คูณด้วยตัวคูณของขั้นตอน ค. และหาค่ากระแสเฉลี่ย

เงื่อนไขที่กล่าวไว้ว่า ค่ากระแสไฟตรงทางด้านขาเข้าที่จ่ายให้แก่อินเวอร์เตอร์ในการนำไปจ่ายโหลดภายใต้การคายประจุของแบตเตอรี่มีค่า 1.75 โวลท์/เซลล์ นั้น จะสามารถหาได้จากผู้ผลิต UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.17 แสดงการหาค่ากระแสคายประจุ (Discharge current)

ตัวอย่างที่ 1 จงหาขนาดแบตเตอรี่สำหรับแรงดัน 120 โวลท์ และจ่ายให้แก่โหลดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

วิธีทำ สมมติว่าเลือกอินเวอร์เตอร์จากผู้ผลิต UPS โดยมีค่ากระแสไฟตรงทางด้านขาเข้า 172 แอมป์ สำหรับจ่ายให้แก่อินเวอร์เตอร์ที่โหลดเต็มที่ โดยที่แบตเตอรี่มีทั้งหมด 60 เซลล์ 150 โวลท์ และ 1.75 โวลท์ / เซลล์

จากรูปที่ 1.17 ในการจ่ายโหลด 2 ชั่วโมง จะได้ค่ากระแสเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 ดังนั้น 172 × 0.95 = 161.7 แอมแปร์ ซึ่งจะหมายถึงแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว – กรด จำนวน 60 เซลล์ จ่ายโหลด 2 ชั่วโมง จะมีพิกัดกระแส 162 แอมแปร์ หรือ 324 แอมป์/ชั่วโมง ที่แรงดัน 1.75 โวลท์/เซลล์ และ 77°F

ขั้นตอนที่ 5 ขนาดการเลือกแบตเตอรี่เครื่องอัดไฟนี้จะเป็นสัดส่วนกับขนาดและชนิดของการจ่ายเข้าสู่อินเวอร์เตอร์และขนาดของโหลดที่นำมาต่อ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงเวลาแบตเตอรี่อัดประจุอีกครั้งหนึ่งอีกด้วย โดยปกติแล้วนิยมใช้ที่ค่า 8 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 6 เป็นขั้นตอนที่ใช้เลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ UPS ในหลายกรณีของระบบ UPS อาจจะต้องมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ เช่น อุปกรณ์ป้องกันชนิดจำกัดกระแส วงจรกรองเสียง หมายถึงอุปกรณ์กรองความถี่ที่เกิดจากคลื่นวิทยุ วงจรกลับสัญญาณแบบซิงโครไนซ์ และสวิทช์โอนย้าย ทั้งนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับโหลดที่มาต่อและระดับการป้องกันที่ต้องการวงจรจำกัดกระแส จะใช้ป้องกันอินเวอร์เตอร์ โดยอาจจะมีอันตรายที่สามารถจะเกิดขึ้นกับอินเวอร์เตอร์ทางด้านขาออก ซึ่งได้แก่ กรณีโหลดเกินและเกิดการลัดวงจร

วงจรกรองเสียง เนื่องจากคลื่นวิทยุจะทำให้มีผลต่อรูปคลื่นจึงต้องมีการกรองเอาสัญญาณคลื่นวิทยุที่ไม่ต้องการนี้ออกไป

วงจรกลับสัญญาณแบบซิงโครไนซ์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับอินเวอร์เตอร์เมื่อรูปคลื่นทางด้านขาออกที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์มีลักษณะรูปคลื่น และความถี่เดียวกันกับรูปคลื่นที่เป็นระบบจ่ายไฟ ดังนั้น ในลักษณะเช่นนี้ จะใช้อุปกรณ์หรือวงจรชุดนี้ทำการซิงโครไนซ์ทางด้านขาออก ที่ออกมาจากอินเวอร์เตอร์กับระบบไฟฟ้าเดิมของระบบจ่ายไฟ

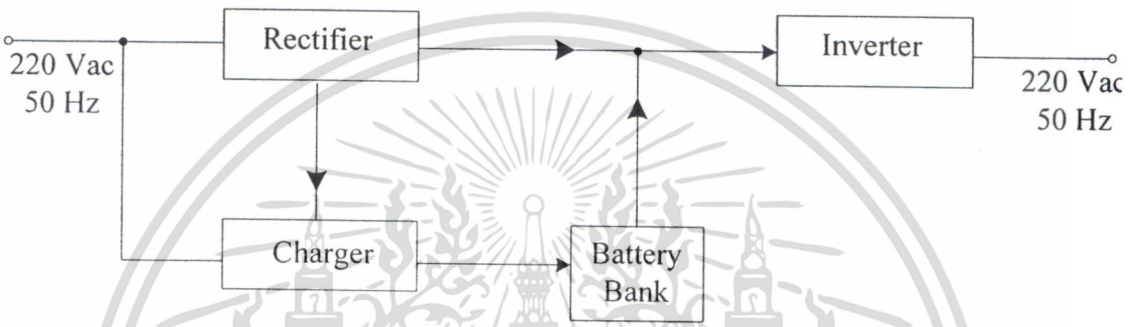
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลักษณะโครงสร้างภายใน ของ UPS 1 เฟส

โครงสร้างภายในจะประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ ๆ ซึ่งหลักการทำงานของเครื่อง UPS นี้สามารถเขียนเป็นรูป Block Diagram ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดง Block Diagram ที่สมบูรณ์ของเครื่อง UPS

โดยที่การทำงานในสภาวะปกติ ไฟ AC จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟ DC นำเข้าไปอัดประจุแก่แบตเตอรี่ ในขณะเดียวกันภาคอินเวอร์เตอร์ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนไฟ DC ให้เป็นไฟ AC ที่ความถี่ 50 Hzอีกครั้งหนึ่ง และนำไปผ่านกระบวนการควบคุมและกรองสัญญาณรบกวนเพื่อจ่ายให้กับโหลด กรณีที่ไฟฟ้าดับชุดแบตเตอรี่จะจ่ายไฟ DC ให้แก่ภาคอินเวอร์เตอร์แทน และถ้าเกิดเหตุขัดข้องภายในเครื่อง UPS ก็จะมีชุดป้องกันไว้เพื่อหยุดการทำงานของเครื่องและแสดงสัญญาณเตือนออกมา ซึ่งก็สามารถที่จะแบ่งสภาวะการทำงานหลัก ๆ ของเครื่อง UPS นี้ได้เป็น 4 สภาวะดังนี้ คือ

2.2 สภาวะการทำงานของ UPS

2.2.1 สภาวะปกติ (Normal Mode)

เครื่อง UPS นี้จะทำหน้าที่แปลงไฟ AC ให้เป็นไฟ DC และนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ พร้อมทั้งจ่ายให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ เพื่อทำให้เป็นไฟ AC อย่างเดิม ซึ่งจะเห็นว่ากระบวนการที่ UPS ทำงานเป็นการแยกอินพุทและเอาท์พุทของเครื่อง UPS ออกจากกันอย่างชัดเจน จึงทำให้มลภาวะในระบบไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาจะถูกกำจัดให้หมดไปในกระบวนการทำงานของเครื่อง UPS เมื่อเกิดการผิดปกติจาก commercial Ac line (หรือจากภาค Rectifier/Charge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

116910

เอง) แบตเตอรี่จะเป็นแหล่งไฟฟ้าสำรองให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ทันที ซึ่งโหลดจะทำงานได้ต่อไปโดยไม่หยุดชะงัก และระยะเวลาที่สำรองได้ขึ้นอยู่กับค่าความจุของแบตเตอรี่และขนาดของโหลดเองซึ่งโดยปกติแบตเตอรี่จะถูกเลือกให้สามารถจ่ายโหลดได้ประมาณ 10 – 15 นาทีที่โหลดเต็มพิกัด

2.2.2 สภาวะฉุกเฉิน (Emergency Mode)

ซึ่งเป็นสภาวะที่ไฟดับเมื่อระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่อง UPS เกิดดับลงหรือขัดข้อง แบตเตอรี่ที่ต่ออยู่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับภาคอินเวอร์เตอร์ทันทีโดยไม่หยุดชะงักเลยและโหลดของเครื่องUPS ก็จะสามารถทำงานได้ต่อไป ส่วนระยะเวลาที่ทำงานได้ต่อไปนานเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของแบตเตอรี่ กรณีที่เครื่อง UPS ทำงานขณะที่ไฟดับอยู่และมีไฟฟ้าใหม่ทันทีทันใด เครื่อง UPS ก็สามารถทำงานต่อได้ตามปกติ โดยวงจรชาร์จแบตเตอรี่จะทำการอัดประจุใหม่จนเต็มและถ้าไฟดับอีก แบตเตอรี่จะถูกนำไฟฟ้าไปใช้อีก หมุนเวียนกันอยู่เช่นนี้ ในกรณีที่ไฟฟ้าดับนาน ๆ และแบตเตอรี่กำลังใกล้จะหมด เครื่อง UPS จะมีวงจรเตือนผู้ที่กำลังใช้งานทราบ และปิดเครื่อง UPS ไว้ก่อนรอจนมีไฟฟ้ามาใหม่

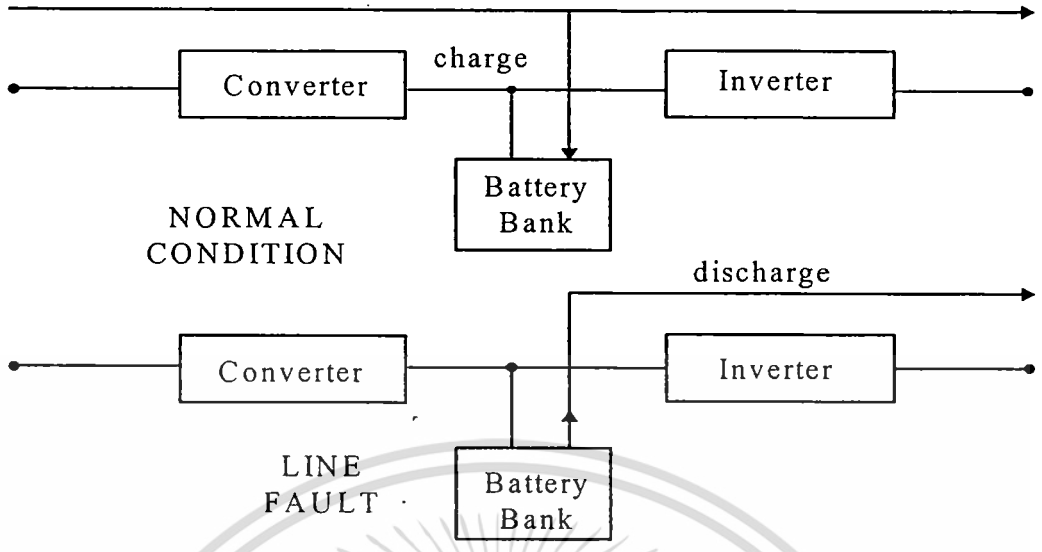
2.2.3 สภาวะไฟตก ไฟเกิน

ในสภาวะที่ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่อง UPS เกิดตกต่ำเกินอัตราที่กำหนด ภาคอินเวอร์เตอร์ จะนำเอาไฟฟ้ากระแสตรงส่วนหนึ่งจากภาค Rectifier พร้อม ๆ กับต้องนำเอากระแสส่วนหนึ่งจากชุดแบตเตอรี่ไปใช้ด้วย กรณีที่ไฟฟ้าตกนาน ๆ ไฟฟ้าสำรองจากแบตเตอรี่อาจจะถูกนำไปใช้จนเกือบหมดได้ซึ่งเครื่อง UPS นี้จะไม่สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ ต้องหยุดจ่ายโหลดและรอจนกว่าชุดแบตเตอรี่จะถูกอัดประจุใหม่จนเต็มอีกครั้งหนึ่งก่อนจึงเริ่มจ่ายโหลดได้ต่อไป กรณีที่ระบบไฟฟ้ามีแรงดันเกินอัตราที่กำหนด เครื่อง UPS จะไม่มีปัญหาเพราะวงจรชาร์จเจอร์สามารถควบคุมการอัดประจุได้และเป็นการนำไฟฟ้ากระแสตรงไปควบคุมการจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์อีกครั้งหนึ่ง

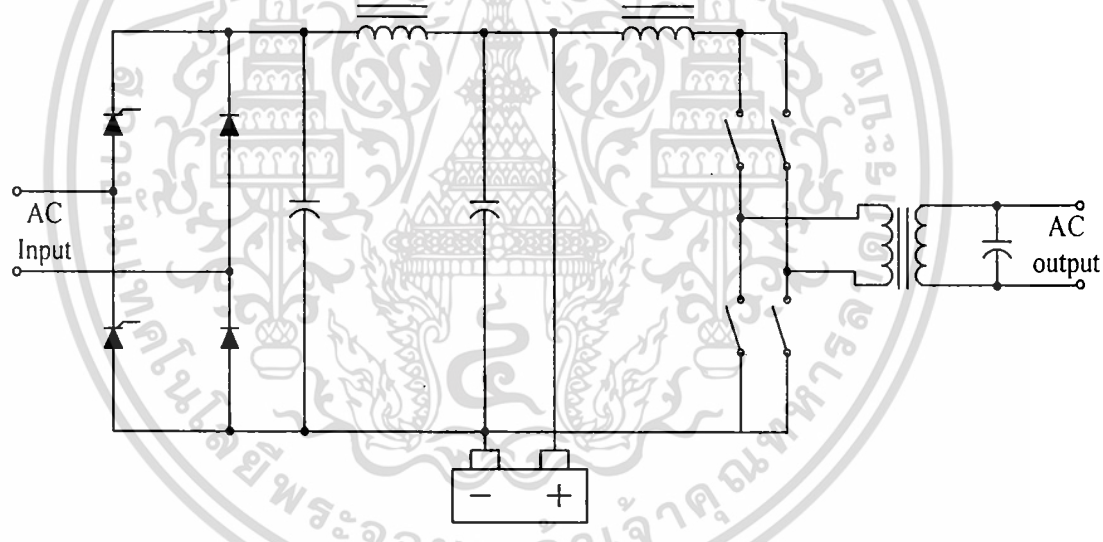
2.2.4 สภาวะที่เครื่อง UPS เกิดขัดข้อง

กรณีที่ไม่มีบายพาสสวิทซ์ เครื่อง UPS นี้จะตัดวงจรการจ่ายโหลดออกและส่งสัญญาณเตือนผู้ใช้งานรู้ เมื่อโหลดเกิดดึงกระแสเกินพิกัดหรือมีสภาวะเกินพิกัดขึ้น หรือภาคอินเวอร์เตอร์เกิดเสียขึ้น ซึ่งเป็นระบบป้องกันภายในของเครื่องที่ต้องแสดงสัญญาณเตือนออกมาและหยุดการทำงานของเครื่องลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงสภาวะการทำงานของเครื่อง UPS



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรพื้นฐานที่ใช้ในเครื่อง UPS

2.3 ส่วนประกอบของ UPS

2.3.1 ภาคเรียงกระแส และชาร์ตแบตเตอรี่ Rectifier/Charger

เนื่องจากเครื่อง UPS นี้ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งไฟฟ้าสำรอง ดังนั้นการใช้งานจึงต้องใช้ให้ถูกวิธี เพื่อความปลอดภัยและรักษาสภาพการใช้งานให้ทนทาน โดยที่แบตเตอรี่นี้จะมีสภาวะการทำงานอยู่สองสภาวะ คือ สภาวะคายประจุ และสภาวะอัดประจุ นอกจากสภาวะการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ยังขึ้นอยู่กับค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย และอุณหภูมิของสารละลายขณะใช้งานต้องไม่เกิน 45 องศาเซนติเกรด

การใช้งานสภาวะคายประจุนั้น ขึ้นอยู่กับโหลดว่าต้องไม่ดึงกระแสเกินขนาด Ah ของแบตเตอรี่ชนิดนั้น ๆ ส่วนสภาวะการอัดประจุ ขนาดของกระแสขณะทำการอัดประจุต้องไม่สูงหรือต่ำเกินไป ถ้าสูงเกินไปจะทำอันตรายต่อขั้วบวกของแบตเตอรี่ แต่ถ้าต่ำเกินไปจะทำอันตรายต่อขั้วลบของแบตเตอรี่ โดยจะมีคุณลักษณะในการอัดประจุดังรูปที่ 2.4

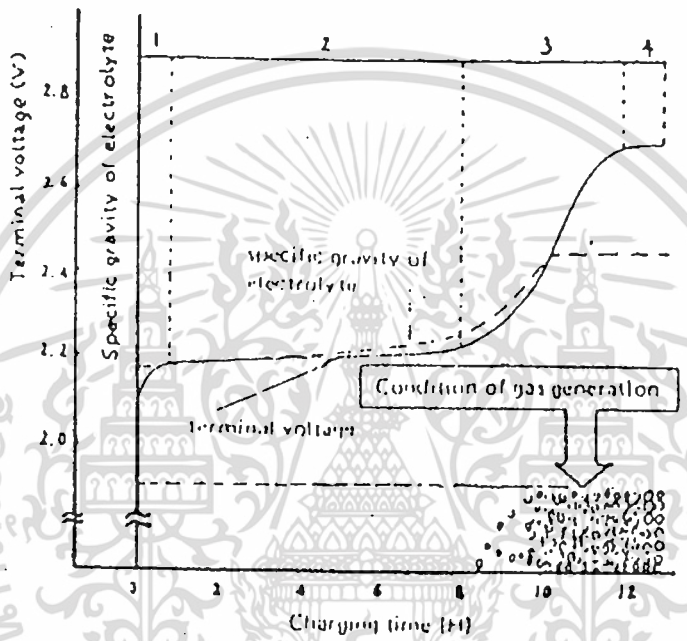


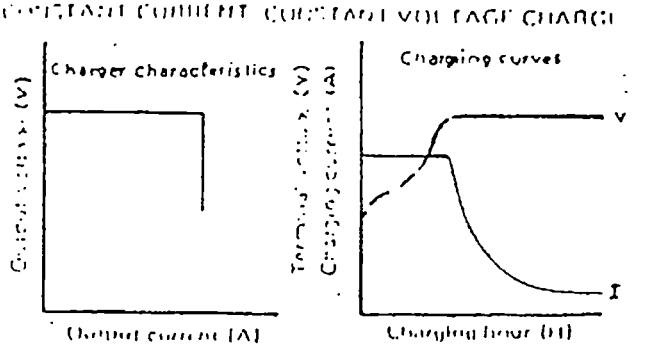
Table 6.2/2 Voltages of lead-acid and nickel-cadmium batteries

Voltage	Lead-acid batteries V/cell	Deviation	Nickel-cadmium batteries V/cell	Deviation
Gassing voltage	2.4	+20%	1.55	+29%
Floating voltage	2.23	+11.5%	1.4	+17%
Nominal voltage	2.0	± 0%	1.2	± 0%
Final discharge voltage	1.75	−12.5%	1.0	−17%

รูปที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะในการอัดประจุแบบกระแสคงที่

แต่จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าในช่วงที่ 3 แรงดันจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว และจะเริ่มมีเงื่อนไขของสภาวะแก๊สขึ้น และช่วงที่ 4 แรงดันจะเริ่มคงที่ ดังนั้นเราจะทำการเปลี่ยนโหมด (mode) ของการอัดประจุจากแบบกระแสคงที่ ไปเป็นแบบแรงดันคงที่ในช่วงที่ 3 เพื่อลดกระแสในการอัดประจุลง และลดสภาวะการเกิดฟองแก๊สภายในแบตเตอรี่ลงด้วย ซึ่งรูปที่ 2.5 จะแสดงความสัมพันธ์ของการอัดประจุแบบกระแสและแรงดันคงที่

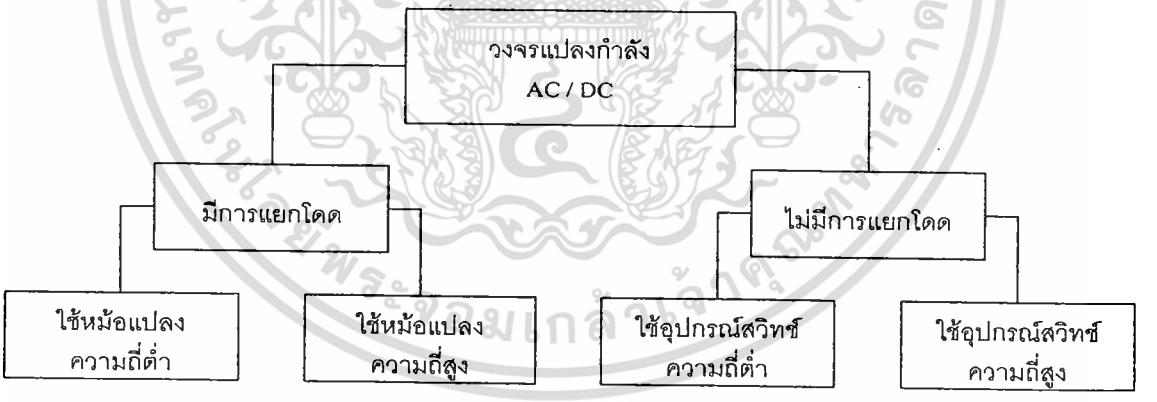
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กระแส เวลา สำหรับการอัดประจุแบบกระแสและ แรงดันคงที่

2.3.2 วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

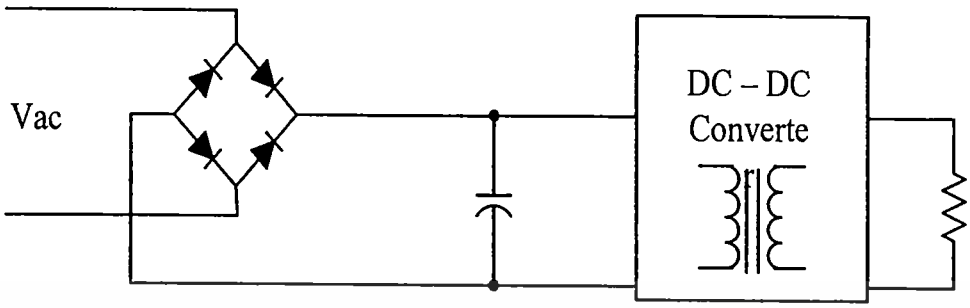
วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือวงจร คอนเวอร์เตอร์ ที่นำมาใช้กับ UPS ในที่นี้จะทำหน้าที่แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถคงค่าตามที่ต้องการได้ เราสามารถแบ่งหลักการใหญ่ ๆ ของวงจรแปลงผันกำลังได้ดังนี้ รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ชนิดของวงจรแปลงผันกำลัง

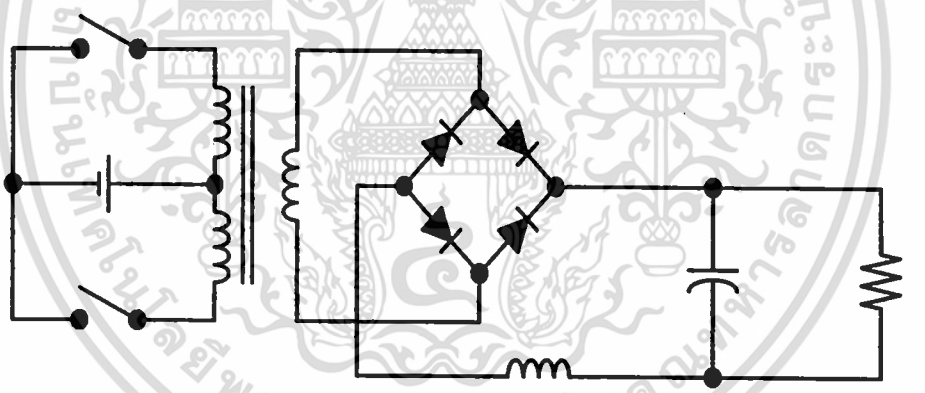
วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แบบที่มีการแยกโดด (isolation) และใช้หม้อแปลงความถี่สูง ส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดต่อเป็นบริดจ์ เพื่อแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการแยกโดด เพื่อให้ได้ระดับแรงดันตามที่ต้องการ และมีความปลอดภัยในการใช้งาน เช่น วงจรจ่ายไฟในคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

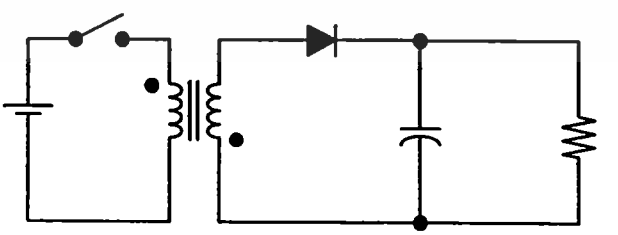


รูปที่ 2.7 วงจรแปลงผันที่มีการแยกโดดโดยใช้หม้อแปลงความถี่สูง

วงจรแปลงผันพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง – กระแสตรงที่มีการแยกโดด มีอยู่ด้วยกันหลายวงจร เช่น วงจรพุชพูล (push – pull)(รูปที่ 2.8) วงจรฟลายแบ็ค (flyback)(รูปที่ 2.9) วงจรไปหน้า (forward)(รูปที่ 2.10) วงจรบริดจ์เต็ม (full - bridge)(รูปที่ 2.11) วงจรกึ่งบริดจ์(half - bridge)(รูปที่ 2.12) วงจรบริดจ์อสมมาตร(asymmetrical - bridge)(รูปที่ 2.13) ฯลฯ

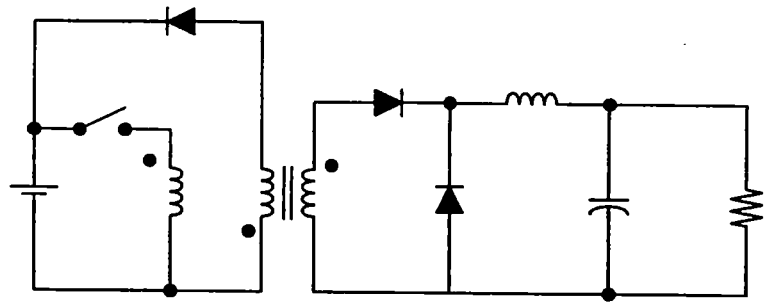


รูปที่ 2.8 วงจรพุชพูลคอนเวอร์เตอร์

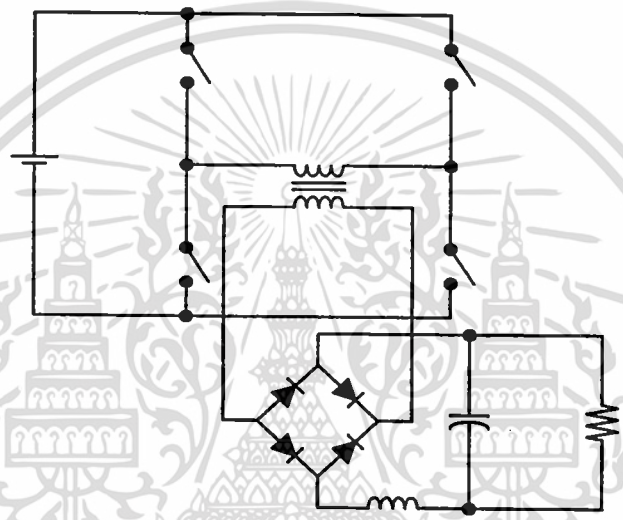


รูปที่ 2.9 วงจรฟลายแบ็กคอนเวอร์เตอร์

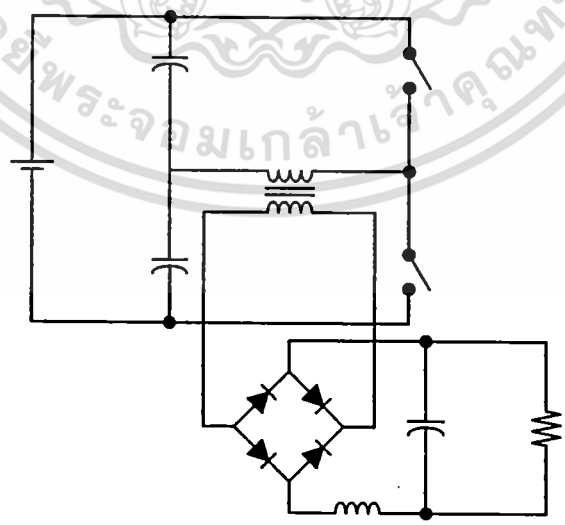
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 วงจรฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์

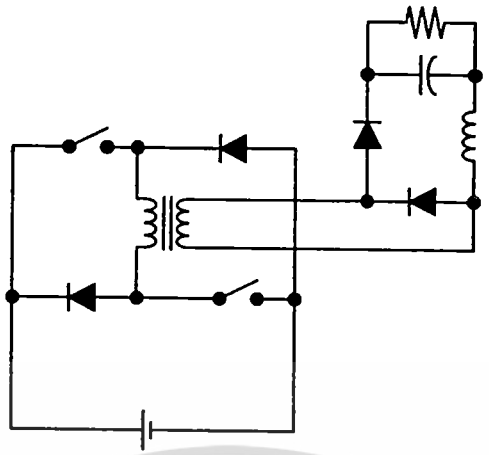


รูปที่ 2.11 วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.12 ฮาฟบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

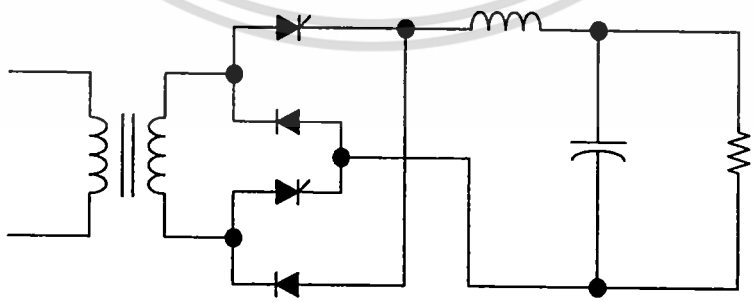
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 วงจรบริดจ์อสมมาตร (Asymmetrical Bridge)

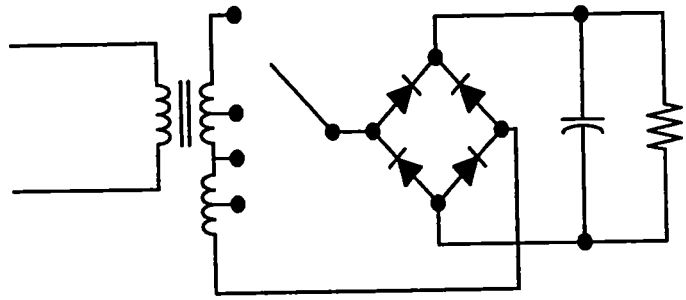
วงจรเหล่านี้ต่างก็มีข้อดีข้อเสียต่างๆกัน ทั้งในแง่ของขนาดสวิทช์ และขนาดของหม้อแปลง เช่น วงจรไปหน้าต้องใช้หม้อแปลงที่มีขดลวดเพิ่มอีกหนึ่งขด เพื่อใช้ในการรีเซต (reset) กระแสแมกเนไตซิง วงจรบริดจ์เต็มสามารถ ใช้สวิทช์ที่ทนกระแสได้ต่ำกว่าวงจากึ่งบริดจ์ ที่กำลังเท่านั้น เพราะกำลังที่จ่ายออกมีค่าเท่ากับ ผลคูณของแรงดันคร่อมหม้อแปลงกับกระแสในวงจรบริดจ์เต็ม แรงดันคร่อมหม้อแปลงมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่ง ของแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้ ดังนั้นกระแสของวงจรกึ่งบริดจ์จึงมีค่าเป็น 2 เท่าของวงจรบริดจ์เต็ม ฯลฯ ด้วยเหตุนี้ ในการที่จะเลือกใช้โครงสร้างของวงจรใด เราจะต้องคำนึงถึงขนาดของอุปกรณ์ที่หาได้ว่าเหมาะกับขนาดของ UPS ที่ต้องการหรือไม่

สำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกโดดโดยใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำ วงจรที่ใช้ในการควบคุมแรงดันออก ก็มีอยู่ด้วยกันหลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเฟส (phase control) ดังรูปที่ 2.14 วงจรเปลี่ยนจุดต่อแยก (tap) หม้อแปลง ดังรูปที่ 2.15 วงจรเฟอร์โรเรโซแนนซ์(ferro resonance) รูปที่ 2.15 ฯลฯ

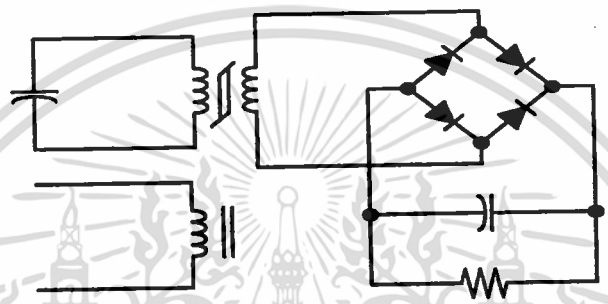


รูปที่ 2.14 วงจรควบคุมเฟสที่มีหม้อแปลงแยกโหลด

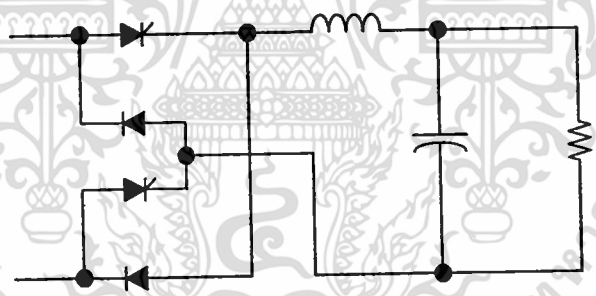
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 วงจรเปลี่ยนจุดต่อแยกหม้อแปลง

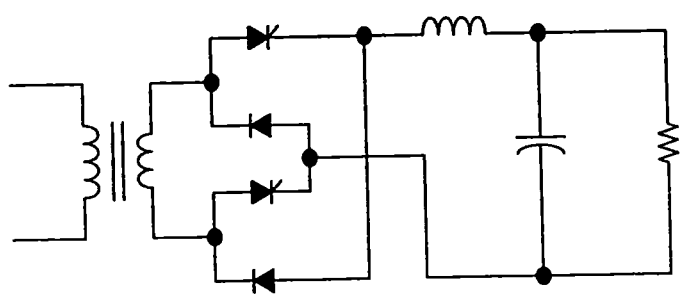


รูปที่ 2.16 วงจรเฟอร์โรเรโซแนนซ์



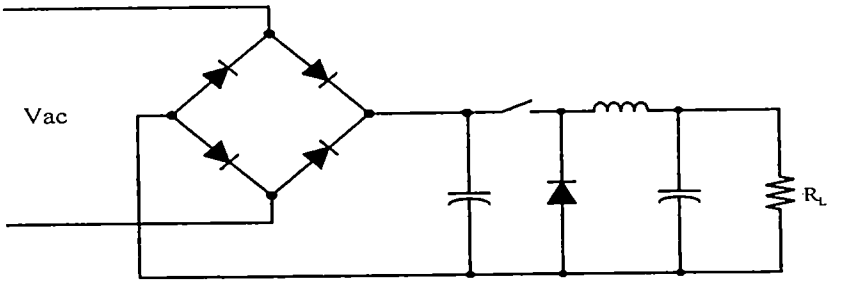
รูปที่ 2.17 วงจรควบคุมเฟส

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่ไม่มีการแยกโดดและใช้อุปกรณ์สวิทซ์ทำการสวิทซ์ที่ความถี่ต่ำ มักใช้หลักการควบคุมเฟส ดังวงจรในรูปที่ 2.17 วงจรชนิดนี้อาจจะเพิ่มหม้อแปลง เพื่อการลดแรงดันดังในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 วงจรควบคุมเฟสแบบมีหม้อแปลงลดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 วงจรแปลงผันที่ไม่มีการแยกโดดและใช้สวิทซ์ความถี่สูง

สำหรับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่มีการแยกโดดและใช้อุปกรณ์สวิทซ์ที่ความถี่สูงนั้น วงจรส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดต่อเป็นบริดจ์ แปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วใช้วงจรทอนแรงดัน (buck) ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ต่ำลงตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 2.19

2.3.3 ชนิดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ส่วนใหญ่ที่ใช้กัน สามารถแบ่งออกตามลักษณะการชีลด์ หรือการผนึก ได้เป็น 3 ประเภท คือ

- แบตเตอรี่ที่ไม่มีการชีลด์ คือ จะมีก๊าซออกมาในการขณะใช้งาน
- แบตเตอรี่ที่มีการชีลด์บ้าง คือ จะมีก๊าซออกมาน้อย และมีการบำรุงรักษาน้อย
- แบตเตอรี่ที่มีการชีลด์อย่างมิดชิด ไม่มีก๊าซออกมา และไม่ต้องบำรุงรักษา

1 แบตเตอรี่ที่ไม่มีการชีลด์

ได้แก่แบตเตอรี่จำพวกตะกั่วกรด ซึ่งจะมีก๊าซ H_2, O_2 ฯลฯ ออกมาในขณะใช้งาน ดังนั้นการติดตั้งจึงต้องติดตั้งในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้ไม่เป็นที่นิยมในการนำไปใช้งานร่วมกับ UPS อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี่หาซื้อได้ง่าย มีหลายบริษัทสามารถผลิตขึ้นเองในประเทศไทย ทำให้ราคาถูกกว่าแบตเตอรี่ประเภทอื่น

2 แบตเตอรี่ที่มีการชีลด์บ้าง

แบตเตอรี่แบบนี้ได้แก่ แบตเตอรี่แบบชนิดตะกั่ว – ซีลีเนียม และแบตเตอรี่ตะกั่ว – แคลเซียม แบตเตอรี่ประเภทนี้ได้พัฒนามาจากแบบตะกั่วกรดธรรมดา โดยการเติมซีลีเนียมหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมลงในตะกั่ว เพื่อให้คุณสมบัติอย่างอื่นดีขึ้น แบบที่เติมซีลีเนียมลงในตะกั่วจะมีอายุการประจุและคายประจุกว่าตะกั่วแบบบริสุทธิ์ (แบบที่เติมซีลีเนียม 2% จะมีจำนวนครั้งในการประจุจนเต็ม และคายประจุไป 80% ได้ประมาณ 400 ครั้ง ในขณะที่ตะกั่วบริสุทธิ์มีอายุการใช้งานประมาณ 100 ครั้ง) แบบที่เติมแคลเซียมจะทำให้อายุการใช้งานสูงขึ้น มีความต้านทานภายในต่ำแต่มีการสูญเสียในขณะประจุมากกว่าเมื่อเทียบกับแบบตะกั่วบริสุทธิ์ การที่มีการสูญเสียน้ำในระหว่างการประจุนี้เอง ทำให้ไม่สามารถปิดผนึกอย่างสนิทได้ต้องมีรูระบายอากาศ เมื่อเกิดความดันเกินและมีของเติมน้ำราคาของแบตเตอรี่ในปัจจุบัน แบบตะกั่ว – ซีลีเนียม จะมีราคาถูกที่สุดในประเภทนี้ เพราะสามารถผลิตขึ้นเองในประเทศ (แต่ยังมีน้อยบริษัทและขั้นตอนการผลิตดีมากราคาจึงแพงกว่าแบบตะกั่วบริสุทธิ์)

3 แบตเตอรี่ที่มีการซีลด์อย่างมิดชิด

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบที่เป็นเจล และแบบ Nicd แบบที่เป็น Nicd เป็นแบบที่มีน้ำหนักเบาแต่ราคาแพงส่วนใหญ่ใช้กับ UPS ที่มีขนาดเล็ก ส่วนแบบเจลมีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบตะกั่ว – ซีลีเนียม คือสามารถตะแคงให้แบตเตอรี่สามารถอยู่ในตำแหน่งได้ก็ใช้งานได้ เพราะอิเล็กโตรไลท์ไม่เป็นของเหลว

2.3.4 การเลือกขนาดของแบตเตอรี่

การเลือกขนาดของแบตเตอรี่ใน UPS ขนาดไม่เกิน 3 kVA โดยทั่วไปมักใช้แรงดันประมาณ 135 โวลต์ เพราะถ้าแรงดันสูงกว่านี้จะทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย แต่ถ้าแรงดันต่ำกว่านี้ก็จะใช้สวิทช์ในภาคอินเวอร์เตอร์ที่มีขนาดกระแสสูงขึ้น หลักเกณฑ์อีกประการหนึ่งในการเลือกระดับแรงดัน คือ ราคาของแบตเตอรี่ ถ้าหากเราทราบว่าต้องการระยะเวลาจ่ายสำรองไฟเท่าไหร่ เราก็จะคำนวณหาขนาด (Ah) x แรงดันได้ แล้วนำเอาราคาแบตเตอรี่ขนาดต่างๆ ของบริษัทมาคำนวณดู ว่าถ้าใช้ระดับแรงดันเท่าไหร่จะต้องเสียเงินเท่าไร แล้วดูว่าผลรวมของแบตเตอรี่กับสวิทช์ในภาคอินเวอร์เตอร์ที่ระดับแรงดันต่างๆกัน ระดับแรงดันใดที่ใช้ในการลงทุนน้อยที่สุดก็จะใช้ระดับแรงดันนั้น
การคำนวณขนาด Ah ของแบตเตอรี่ ตามข้อกำหนด UPS ของเครื่องนี้ จะต้องสามารถใช้งานหลังจากไฟฟ้าเกิดดับ ได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที (ระยะเวลาจ่ายไฟสำรองน้อยกว่า 15 นาที)
การสร้าง UPS เครื่องนี้มีจำกัดด้านเงินทุนอย่างมาก จึงเลือกใช้แบตเตอรี่แบบถูกที่สุด คือ แบบตะกั่ว – กรด

จากรูปที่ 2.20 ถ้าให้แบตเตอรี่คายประจุเป็นเวลา 15 นาที จนแรงดันตกลงเหลือ 1.6 โวลท์ จะต้องใช้กระแสประมาณ 35 x J_{20} จะเป็นกระแสมาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดขนาดของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กระแส J_{20} คือกระแสที่ใช้ในการคายประจุของแบตเตอรี่เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เช่น แบตเตอรี่ขนาด 20 Ah จะจ่ายกระแส J_{20} เท่ากับ 1 A ได้เป็นเวลา 20 ชั่วโมง) UPS เครื่องนี้ใช้แบตเตอรี่ 135 โวลท์ (float charge) หรือ 60 เซลล์

ดังนั้นแรงดันเฉลี่ย = แรงดันต่อเซลล์ x จำนวนเซลล์

= 1.85 x 60

= 111 โวลท์

กระแสแบตเตอรี่ = กำลังออก / (ประสิทธิภาพ x แรงดัน)

= 3000 / (0.8 x 111)

= 33.8 A

เพราะฉะนั้นแบตเตอรี่ที่ใช้จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า

= กระแสแบตเตอรี่ x 20/จำนวนเท่าของ J_{20}

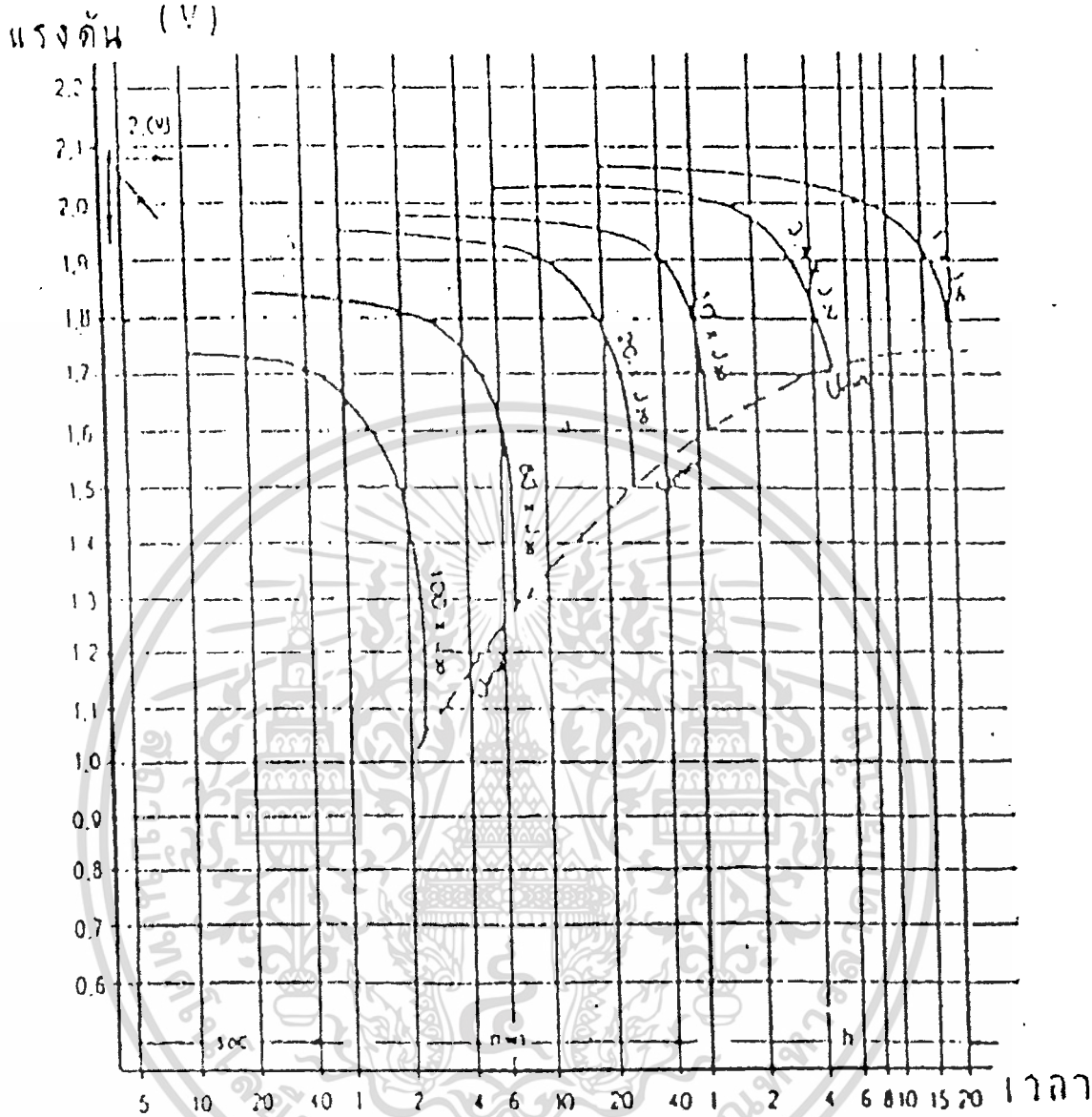
= 33.8 x 20 / 35

= 19.3 Ah

แบตเตอรี่ที่ใช้จึงควรมีขนาด 20 Ah

ในโครงการนี้เลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 35 Ah เนื่องจากขนาด 20 Ah ไม่มีในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของแบตเตอรี่

2.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

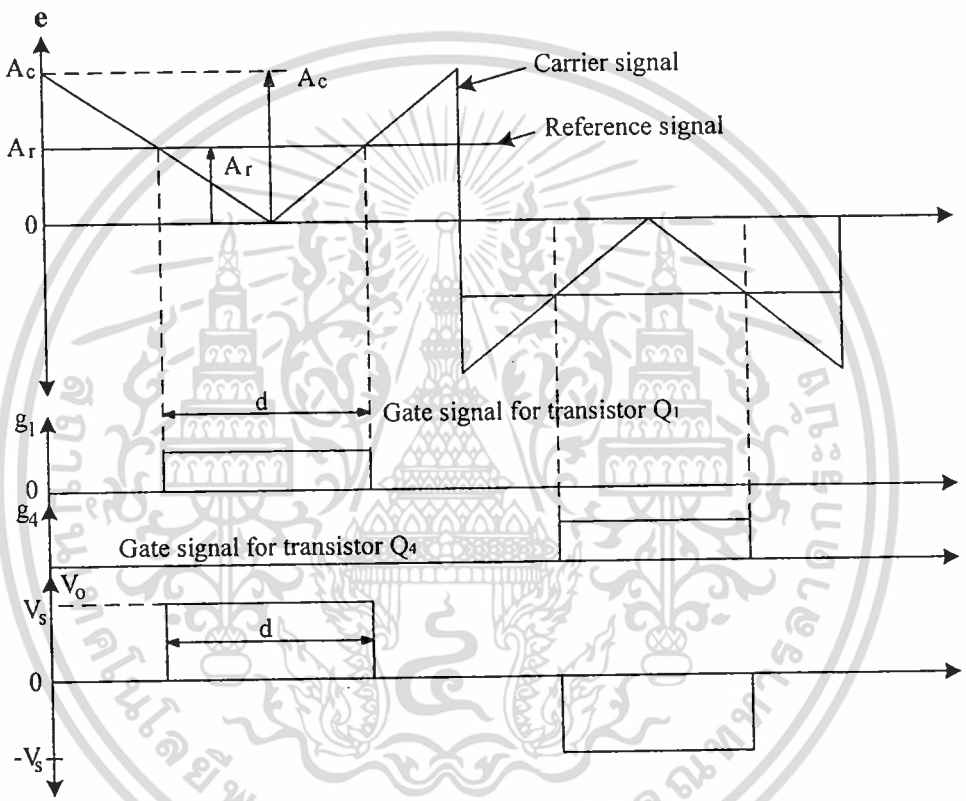
อินเวอร์เตอร์ (Inverter) มีหน้าที่เปลี่ยนไฟกระแสตรงที่ได้จากภาค charge ที่ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ sine wave โดยมีความถี่ของสัญญาณ sine wave ที่ 50 Hz คงที่ เทคนิคในการทำให้แรงดันขาออกเป็น sine wave มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น step wave , Pulse width modulation (PWM) , Ferroresonant เป็นต้น ซึ่งวิธีที่นิยมใช้กันวิธีหนึ่งคือ วิธี Pulse width modulation วิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถกำจัดความถี่ฮาร์โมนิคอันดับต่ำๆ ได้ และเมื่อนำมาผ่านวงจร filter ก็จะได้แรงดันขาออกที่ใกล้เคียง sine wave ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการควบคุมการมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แรงดันเอาท์พุทมีหลายวิธี คือ

- การควบคุมการมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบเดี่ยว
- การควบคุมการมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์
- การควบคุมการมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์

2.4.1 การมอดดูเลตตามความกว้างแบบพัลส์เดี่ยว (Single Pulse Width Modulation)



รูปที่ 2.21 การมอดดูเลตตามความกว้างแบบพัลส์เดี่ยว

การควบคุมการควบคุมการมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบเดี่ยว เป็นการควบคุมความกว้างของพัลส์แรงดันเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์จำนวน 1 พัลส์ต่อครึ่งไซเคิล

รูปที่ 2.21 แสดงการกำเนิดสัญญาณทริกเกอร์ที่เกท และแรงดันเอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว สังเกตว่า สัญญาณทริกเกทเหล่านี้ เกิดจากบริเวณจุดตัดกัน (ที่เกิดจากการเปรียบเทียบ) ระหว่างสัญญาณอ้างอิง (Reference Signal) รูปสี่เหลี่ยมขนาด A_c กับสัญญาณพาหะ (Carrier Signal) รูปสามเหลี่ยมขนาด A_r (การเปรียบเทียบของสัญญาณนี้อาศัย ไอซี (IC) หรือวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหน้าที่เป็นวงจรเปรียบเทียบ) โดยความถี่ของรูปคลื่นพาหะเป็นตัวกำหนดของแรงดันเอาท์พุท

การปรับ A_r จาก 0 ถึง Ac ทำให้ความกว้างของพัลส์ เปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 180° สำหรับอัตราส่วน A_r ต่อ Ac เป็นตัวแปรควบคุมที่เรียกว่า มอดดูเลชัน อินเด็กซ์ (Modulation Index ; M) เขียนเป็นสมการได้เป็น

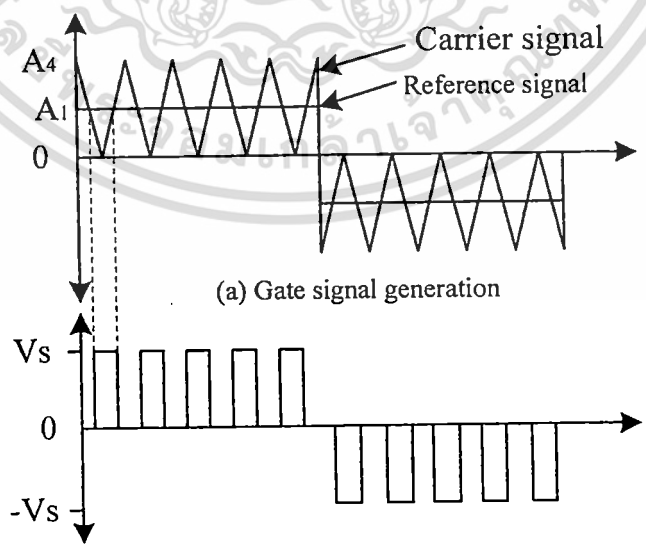
$$M = \frac{A_C}{A_r}$$

ค่า rms ของแรงดันเอาท์พุท หาได้จาก

$$V_O = \left[\frac{2}{2\pi} \int_{\frac{\pi-\delta}{2}}^{\frac{\pi+\delta}{2}} 2V_S^{\,2}\, d(\omega t) \right]^{1/2} = V_S \left(\frac{\delta}{\pi}\right)^{1/2}$$

2.4.2 การมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ (Multiple Pulse Width Modulation)

การมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์ หรือ UPWM (Uniform Pulse Width Modulation) เป็นการทำให้จำนวนพัลส์ในแต่ละครึ่งไซเคิลของรูปคลื่นแรงดันเอาท์พุทมีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมและลดองค์ประกอบฮาร์โมนิกส์ในรูปคลื่นแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 2.22 การมอดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบหลายพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณทริกเกอร์ที่เกท สำหรับใช้ในการเปิดและปิดทรานซิสเตอร์ของม็อดดูเลตประเภทนี้ เกิดจากบริเวณจุดตัดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณพาหะ (ในอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว) ดังรูป 2.22

หาจำนวนพัลส์ต่อครึ่งไซเคิล (p) ได้จาก

$$(p) = \frac{f_C}{2f_0}$$

เมื่อ f_C = ความถี่ของสัญญาณพาหะ

f_0 = ความถี่ของเอาท์พุท

นอกจากนี้ ม็อดดูเลชัน อินเด็กซ์ (M) ยังเป็นตัวควบคุมแรงดันเอาท์พุท กล่าวคือ การเปลี่ยนของ M จาก 0 เป็น 1 ทำให้ความกว้างของพัลส์เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 และแรงดันเอาท์พุทเปลี่ยนจาก 0 ถึง V_s

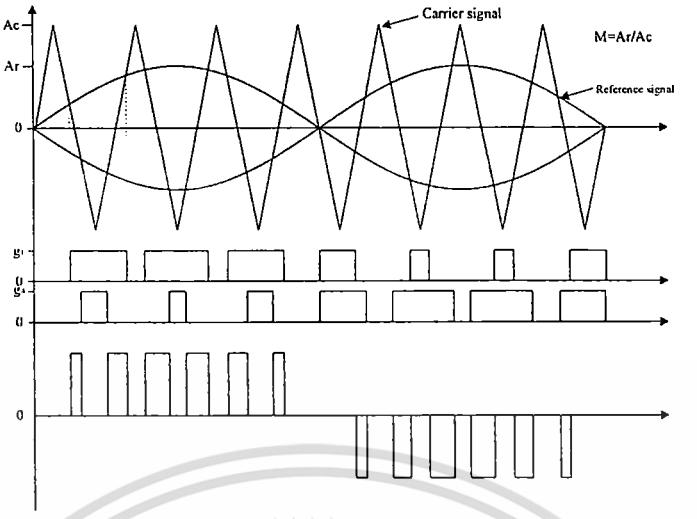
ถ้าเป็นความกว้างของแต่ละพัลส์หาค่า rms ของแรงดันเอาท์พุทได้จาก

$$V_o = \left[\frac{2}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{P}-\frac{\delta}{2}}^{\frac{\pi}{P}+\frac{\delta}{2}} V_s^{\,2}\, d(\omega t) \right]^{1/2} = V_s \left(\frac{P\delta}{\pi}\right)^{1/2}$$

2.4.3 การม็อดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์ (Sinusoidal Pulse Width Modulation)

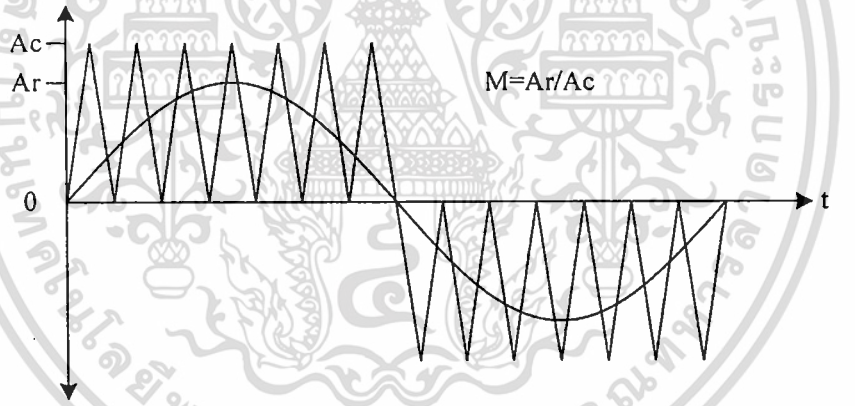
การม็อดดูเลตตามความกว้างของพัลส์แบบไซน์หรือ SPWM คล้ายกับ UPWM แต่ความกว้างของแต่ละพัลส์เปลี่ยนแปลงสัดส่วนต่อขนาดของรูปคลื่นไซน์ ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้วิธี SPWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 (a) การม็อดดูเลตความกว้างพัลส์แบบไซน์

สัญญาณทริกเกอร์ที่เกทซึ่งเกิดจากการเปรียบเทียบของสัญญาณอ้างอิง (รูปคลื่นไซน์) กับสัญญาณพาหะ (สามเหลี่ยม) ดังรูป 2.23



รูปที่ 2.23 (b) การม็อดดูเลตความกว้างพัลส์แบบไซน์

จากรูป 2.23 (a) สังเกตว่าสัญญาณอ้างอิงมี 2 สัญญาณและมีมุมเฟสต่างกัน 180 องศา เป็นการยืนยันหลักการที่ว่าทรานซิสเตอร์ที่อยู่ในสาขาเดียวกันนั้นไม่สามารถนำกระแสในเวลาเดียวกันได้ นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นว่าเกิดสัญญาณทริกเกอร์ที่เกทและรูปคลื่นแรงดันเอาท์พุทได้อย่างไร

สำหรับรูป 2.23 (b) แสดงให้เห็นสัญญาณทริกเกอร์ที่เกิดจากสัญญาณพาหะทิศทางเดียวซึ่งจะสร้างสัญญาณทริกเกอร์ที่เกทและแรงดันเอาท์พุทคล้ายกับรูป 2.22

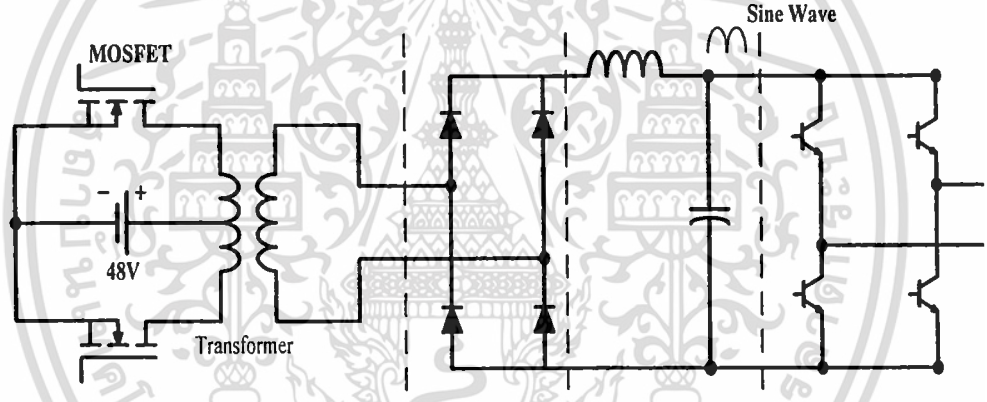
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า rms ของแรงดันเอาท์พุทแปรค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง V_s โดยปรับค่า M จาก 0 ถึง 1 นอกจากนี้ ถ้ากำหนดให้ $\S_m$ เป็นความกว้างของพัลส์ลำดับที่ m ก็จะสามารถหาค่า rms ของแรงดันเอาท์พุท ได้จากสมการดังนี้คือ

$$V_0 = V_S(\sum_{M=1}^{P} \delta_m / \pi)^{1/2}$$

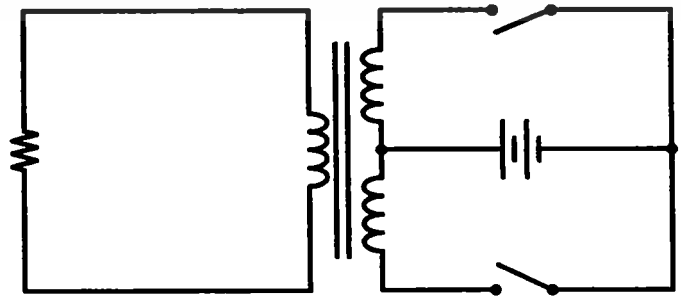
2.4.4 ภาควงจรกำลังอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้มีมากมายหลายโครงสร้าง เช่น บริดจ์เต็ม กึ่งบริดจ์ พุช-พูล และนอกจากนี้ยังมีการดัดแปลงใช้วงจรแปลงผันกำลังไฟตรง - ไฟตรงมาแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่เรียบให้เป็นคลื่นรูปไซน์ที่พลิกกลับ แล้วจึงคลี่ให้เป็นรูปไซน์ด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่ต่ำอีกชุดหนึ่ง ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบคลี่รูป

แต่โครงสร้างนี้จะเกิดปัญหาเนื่องจากการมีค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกผลรวม (THD) สูงในกรณีที่โหลดมีค่า P.F. ต่ำ เพราะไม่สามารถนำเอากำลังที่โหลดกลับไปให้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงได้

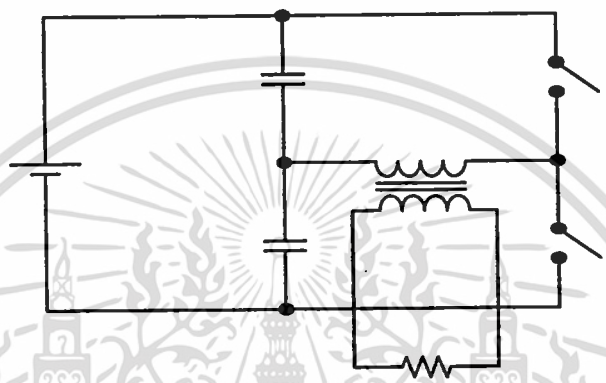


รูปที่ 2.25 วงจรพุชพูลคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

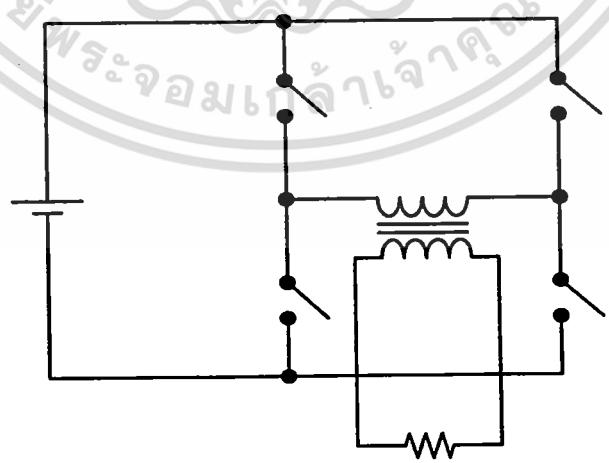
โครงสร้างของวงจรพุชพูลมีแสดงไว้ในรูปที่ 2.25 วงจรนี้จะต้องใช้ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงถึง 2 ขด ทำให้ต้องใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักก็เพิ่มขึ้นด้วย

โครงสร้างวงจรกึ่งบริดจ์เป็นดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.26 เราจะเห็นได้ว่าวงจรนี้สามารถลดขนาดของหม้อแปลงได้เมื่อเทียบกับวงจรพุชพูล แต่แรงดันที่ตกคร่อมหม้อแปลงมีค่าเพียงครึ่งเดียวของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นสวิทช์จึงต้องทนกระแสได้สูงเพื่อให้จ่ายพลังงานออกเท่ากัน



รูปที่ 2.26 วงจรกึ่งบริดจ์

โครงสร้างวงจรบริดจ์เต็มเป็นดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.27 วงจรนี้จะให้หม้อแปลงขนาดเดียวกับวงจรกึ่งบริดจ์แต่แรงดันตกคร่อมหม้อแปลงเป็น 2 เท่าของวงจรกึ่งบริดจ์ ทำให้สามารถใช้สวิทช์ที่ทนกระแกเพียงครึ่งหนึ่งของวงจรกึ่งบริดจ์ได้ แต่ต้องใช้สวิทช์จำนวนมากขึ้น



รูปที่ 2.27 วงจรบริดจ์เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่อง (UPS) ที่ออกแบบนี้ จะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อเนื่องโดยจะเป็น UPS แบบ 1 เฟส จ่ายโหลดได้ไม่เกิน 3 kVA และใช้ระบบการทำงานเป็นแบบต่อเนื่อง จาก 4 แบบของระบบ UPS ที่กล่าวไว้ในบทนำเราเลือก UPS แบบที่ 3 ซึ่งเป็นแบบ Reverse Transfer System ดังแสดงดังรูปที่ 1.10 ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดของระบบต่าง ๆ ไว้แล้วในบทนำ ซึ่งระบบแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS) จะมีคุณสมบัติและโครงสร้างดังนี้

3.1 คุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง (UPS)

3.1.1 จ่ายแรงดันออก 220 โวลท์ และมีความถี่เท่ากับความถี่ของแรงดันจากการไฟฟ้าในย่านความถี่ 48-52 Hz แต่จะมีความถี่ 50 Hz เมื่อความถี่จากการไฟฟ้าออกนอกย่านดังกล่าว

3.1.2 สามารถจ่ายโหลดไม่เกิน 3 kVA

3.1.3 ลักษณะสัญญาณออกเป็นคลื่นรูปไซน์

3.1.4 สามารถจ่ายโหลดได้เต็มที่ขณะที่ไฟดับอยู่เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาทีซึ่งเพียงพอในการเดินเครื่องจ่ายไฟสำรอง

ในโครงงานนี้จะเป็นการศึกษาทดลองออกแบบและสร้างเครื่อง UPS ขึ้นมา โดยที่ถ้าจะแยกชุดการทำงานหลักๆ ของเครื่องจะสามารถแยกได้เป็น 2 ชุด คือ ชุดวงจร Converter และชุดวงจร Inverter โดยที่ภาคกำลังของวงจรคอนเวอร์เตอร์ นี้จะต่อเป็นวงจร ฟูลบริดจ์แล้วใช้วงจรทอนระดับ (BUCK) ลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ได้ตามต้องการ ดังรูป 2.19 ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 2 ส่วนภาคกำลังของวงจรอินเวอร์เตอร์ จะต่อเป็นแบบวงจร full bridge ดังรูปที่ 2.27

3.2 หลักการออกแบบภาคคอนเวอร์เตอร์

วงจรที่ใช้ในการสร้าง UPS ในที่นี้ก็คือ วงจรในรูปที่ 2.19 เนื่องจาก UPS จำเป็นที่จะต้องมีการแยกโดด ระหว่างวงจรขาเข้าและวงจรขาออก เพื่อให้สวิทซ์โอนย้ายสามารถทำงานได้สะดวกขึ้น และเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน ถ้าหากใช้วงจรแยกโดดซึ่งสวิทซ์ทำงานที่ความถี่สูงก็นะต้องใช้หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ทีมีราคาแพง แต่ถ้าใช้การแยกโดดที่มีความถี่ต่ำก็สามารถใช้หม้อแปลงแกนเหล็กได้ ตำแหน่งในการต่อหม้อแปลงสามารถต่อได้ทั้งด้านเข้า (ต่อที่ด้านข้าวของวงจรแปลงฝัน AC/DC) และด้านออก (ต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์กับโหลด) ของ UPS ถ้าต่อ

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านเข้าจะต้องใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่กว่าหม้อแปลงทางด้านออก ดังนั้นจึงเลือกต่อหม้อแปลงทางด้านออกของ UPS

ออกแบบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ และแบตเตอรี่ จำเป็นที่จะต้องทราบเงื่อนไขต่อไปนี้

1. ขนาดแรงดันขาเข้า

ตามข้อกำหนด UPS จะต้องสามารถรับแรงดันขาเข้าระหว่าง 220 ± 10% โวลท์ ซึ่งก็หมายถึงว่าวงจรนี้จะต้องรับแรงดันระหว่าง 198 ถึง 242 โวลท์ได้

ขนาดแรงดันขาออก

2. แรงดันขาออกจำเป็นจะต้องขึ้นอยู่กับ วงจรอินเวอร์เตอร์ แบตเตอรี่ และวงจรประจุแบตเตอรี่แบตเตอรี่ที่ใช้ให้แรงดัน 135 โวลท์ และวงจรประจุแบตเตอรี่ต้องการแรงดันตกคร่อมประมาณ 5 โวลท์ (จะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป) จึงเลือกใช้ระดับแรงดันประมาณ 140 โวลท์

3. ขนาดกำลัง

ขนาดกำลังของวงจรทอนระดับก็คือขนาดกำลังไฟฟ้า ที่วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ไปรวมกับกำลังที่วงจรประจุแบตเตอรี่ใช้ไป ขนาดของกำลังไฟฟ้าที่วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้คิดจาก

กำลังขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ = กำลังขาออกของอินเวอร์เตอร์ / ประสิทธิภาพ (3.1)

กำลังขาออก = กำลังปรากฏ x ตัวประกอบกำลัง (3.2)

ตามข้อกำหนดกำลังปรากฏมีค่า 3 kVA ประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์สมมุติให้เท่ากับ 80 % และตัวประกอบกำลัง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1

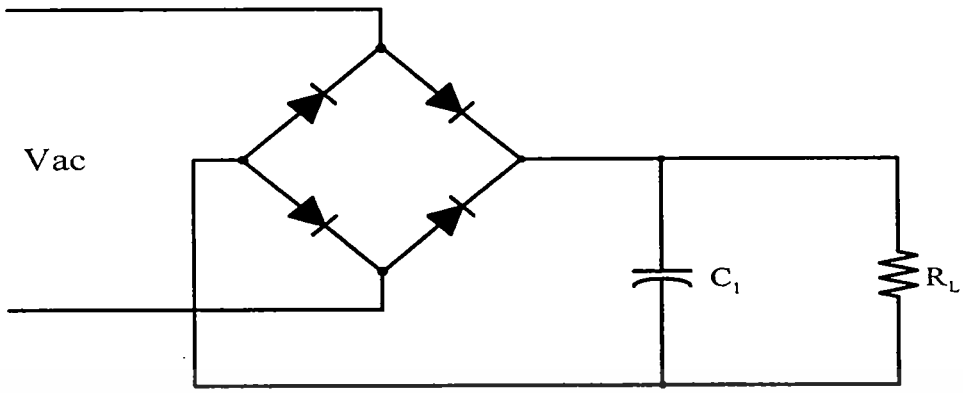
จากสมการ (3.1) และ (3.2) เราได้

กำลังขาเข้าของอินเวอร์เตอร์ = 3000 × 1/0.8

= 3750 วัตต์

ส่วนกำลังของวงจรประจุแบตเตอรี่มีค่าประมาณ 224 วัตต์ (กระแส 1.6 A × แรงดัน 140 โวลท์ ดูในหัวข้อต่อไป) ซึ่งค่าน้อยเมื่อเทียบกับกำลังที่จ่ายให้อินเวอร์เตอร์ และอินเวอร์เตอร์ไม่ได้จ่ายโหลดสูงสุด คงที่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงตัดกำลังส่วนนี้ทิ้งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วงจรเรียงกระแส

แรงดันขาเข้ามีค่า 220 V_{ac}

แรงดันไฟตรงสูงสุด (ถ้าไม่มีการกระเพื่อม) = 220 × 1.414 = 310 V_{ac}

เราออกแบบโดนเลือกแรงดันกระเพื่อมเท่ากับ 10 % ดังนั้น

แรงดันกระเพื่อม V_r = 0.1 × 310 V_{p-p}

= 31 V_{p-p}

แรงดันไฟตรงเฉลี่ย = แรงดันไฟตรงสูงสุด - V_r / 2

= 294.50 V_{dc}

ประมาณค่าประสิทธิภาพของวงจรทอนระดับเท่ากับ 85 % ดังนั้น

กำลังไฟขาเข้า = กำลังไฟขาออก / ประสิทธิภาพ

= 3750 / 0.85

= 4412 วัตต์

I = กำลังไฟฟ้าขาเข้า / แรงดันขาเข้า

= 4412 / 294.5

= 14.98 A

ค่าตัวเก็บประจุ C ≈ It / V_r

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t = 1 / 2 ของคาบของไฟฟ้ากระแสสลับ

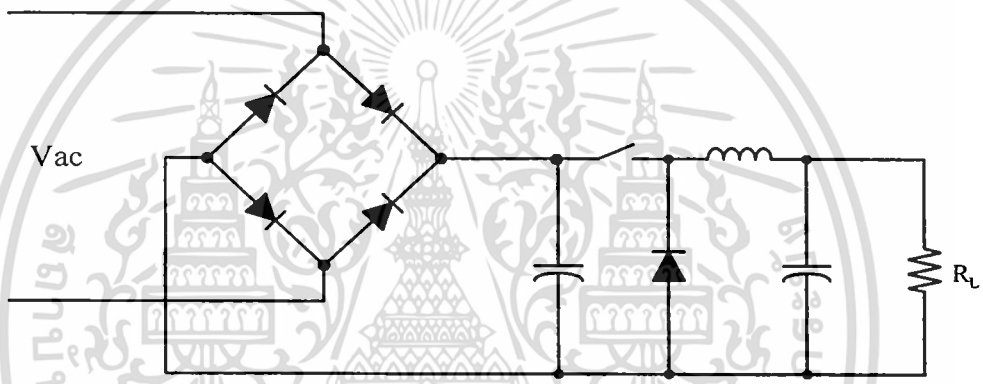
= 10 ms

เพราะฉะนั้น C = 14.98 × 0.01 / 31

= 4,832 μF

เลือกใช้ค่า C = 6,000 μF

3.2.1 การออกแบบวงจรทอนระดับ



รูปที่ 3.2 วงจรทอนระดับ

เราคำนวณค่าวัฏจักรงานได้จากอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันดังนี้

วัฏจักรงาน = V_o / V_s

= 140 / 280

= 0.50

การหาขนาดของตัวเหนี่ยวนำ

กระแสเฉลี่ยผ่านตัวเหนี่ยวนำจากรูปที่ 3.2

กระแสเฉลี่ย = (กำลังขาออกของ UPS) / (ประสิทธิภาพ x แรงดัน)

= 3,000 / (0.8 × 140)

= 26.8 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าใช้ความถี่ในการสวิทซ์เท่ากับ 20 kHz (ที่ความถี่ต่ำกว่านี้หูเราจะได้ยินเสียงที่เกิดจาก UPS ส่วนที่ความถี่สูงกว่านี้จะมีกำลังสูญเสียในขณะสวิทซ์มากขึ้น) เนื่องจากใช้ L ที่เป็นแกนเหล็กจึงสมมุติการกระเพื่อมของกระแส (I_r) มีค่าเท่ากับ 3 % ของกระแสเฉลี่ย เรามีการออกแบบให้มีการกระเพื่อมมีค่าน้อยเพียง 3 % เช่นนี้เนื่องจากเราใช้ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนเหล็ก มิใช่แกนเฟอร์ไรท์จึงต้องพยายามลดการสูญเสียเป็นความร้อนในแกนอันเนื่องจากองค์ – ประกอบไฟสลับ

$$I_r = 0.03 \times 26.8$$

$$= 0.8 \quad A_{peak\text{-}to\text{-}peak}$$

ค่าของความเหนี่ยวนำ $L = (V_S - V_O) \times \text{Duty Cycle} \times T / I_r$

โดยที่ T คือ คาบของการสวิทซ์

$$L = (280 - 140) \times 0.5 \times 50 \times 10^{-6} / 0.8$$

$$= 4.3 \quad mH$$

เนื่องจากวงจรทอนระดับจะต้องสามารถจ่ายกำลังให้กับอินเวอร์เตอร์ซึ่งดึงกำลังเป็นช่วงๆ ขึ้นอยู่กับผลคูณ ของกระแสและแรงดันที่จ่ายให้โหลด ซึ่งเป็นคลื่นรูปไซน์ ดังนั้นกระแสสูงสุดของตัวเหนี่ยวนำหาจาก

กระแสสูงสุดผ่านตัวเหนี่ยวนำ = กำลังขาออกของ UPS สูงสุด / (ประสิทธิภาพ × แรงดัน)

$$= V_p \times I_p / (0.8 \times 140) \quad A$$

$$= 2 \times V_{rms} \times I_{rms} / (0.8 \times 140) \quad A$$

$$= 6{,}000 / (0.8 \times 140) \quad A$$

$$= 53.57 \quad A$$

สรุป ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้มีค่าความเหนี่ยวนำ 4 mH และทนกระแสสูงสุดได้ 53.57 A

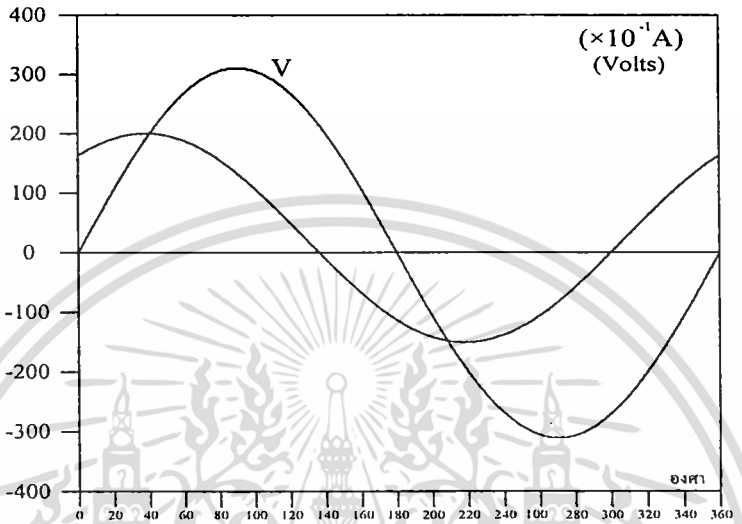
การหาขนาดของตัวเก็บประจุ

ในวงจรทั่วไปนั้นขนาดของตัวเก็บประจุจะคำนวณจากแรงดันที่กระเพื่อมขึ้นลงเนื่องมาจากความไม่เรียบของกระแสใน L แต่ในวงจรนี้โหลดของวงจร คืออินเวอร์เตอร์ ซึ่ง

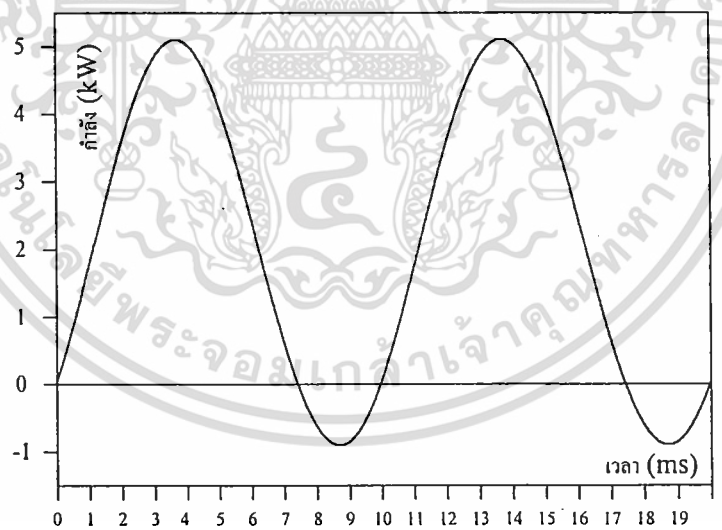
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจ่ายกระแสกลับมาได้ในบางช่วงเวลา เมื่อต่อโหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ ดังนั้นการหาขนาดของตัวเก็บประจุจึงต้องขึ้นอยู่กับกระแสของอินเวอร์เตอร์ด้วย

จากการ Simmulate ด้วย Spice ในกรณีโหลดของอินเวอร์เตอร์มีขนาด 3 kVA P.F. = 0.70



รูปที่ 3.3 แรงดันและกระแสของโหลดขนาด 3 kVA P.F. = 0.70



รูปที่ 3.4 กำลังที่จ่ายให้โหลด 3 kVA P.F. = 0.7

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะแรงดันและกระแส ที่จ่ายให้กับโหลด 3 kVA P.F. = 0.7 (Leading) เมื่อนำค่าแรงดันและกระแสที่เวลาใดๆ มาคูณกัน จะได้กำลังที่ถ่ายเทระหว่างโหลดกับอินเวอร์เตอร์ ดังรูปที่ 3.4 ในช่วงเวลา 7.47 ms ถึง 10 ms กำลังจะไหลจากโหลดจ่ายคืนให้อินเวอร์เตอร์ กำลังส่วนนี้จะส่งย้อนกลับไปที่วงจรทอนระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานส่งกลับคืน

$$= -\int_{7.47}^{10}(V \times I)dt$$

$$= -\int_{7.47}^{10}V_{p\sin(\omega t)} \times I_{p\sin(\omega t+e)}dt$$

$$= -V_P \times I_P\left[\int_{7.47}^{10}\cos\theta dt - \int_{7.47}^{10}(2\omega t+e)dt\right]/2$$

$$= -3000\left[\int_{7.47}^{10}\cos 0.795dt - \int_{7.47}^{10}\cos\{2\times(2\times\pi\times 50)t+0.795\}dt\right]$$

$$= -3000\left[1.77\times10^{-3} - 2.27\times10^{-3}\right]$$

$$= 1.51 \quad \text{จูล}$$

= พลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวเก็บประจุ

พลังงานที่ส่งกลับคืนมายังตัวเก็บประจุนี้ จะทำให้แรงดันของตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นจาก V_{min} เป็น V_{max} นั้นคือ

พลังงานที่ส่งกลับคืน $= C(V^2_{max} - V^2_{min})/2$ (3.3)

สมมุติให้แรงดันกระเพื่อม $= (V_r) = 5V$

ดังนั้น $V_{max} = V_{min} + V_r$

$= 140 + 5$

$= 145$ โวลท์

แทนค่าในสมการ (3.3) จะได้ว่า

$$1.51 = C(145^2 - 140^2)/2$$

$$C = 1.15\times 2/1425\mu F$$

$$= 2{,}119\mu F$$

เพราะฉะนั้น เลือกใช้ค่า $C = 2{,}000\mu F$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขนาดของสวิทซ์

สวิทซ์ที่เลือกใช้ในวงจรนี้คือ มอสเฟท และไดโอด การหาขนาดของสวิทซ์จะสามารถทำได้ดังนี้

กระแสสูงสุดในมอสเฟท = กระแสสูงสุดในตัวเหนี่ยวนำ

$= 53.57A$

ขนาดกระแสของมอสเฟทที่ใช้ = กระแสสูงสุดในมอสเฟท x Safety Factor

$= 53.57 \times 1.50$

$= 80A$

ขนาดของแรงดันของมอสเฟทที่ใช้ = แรงดันสูงสุด × Safety Factor

$= (310 \times 1.1) \times 1.30$

$= 443V$

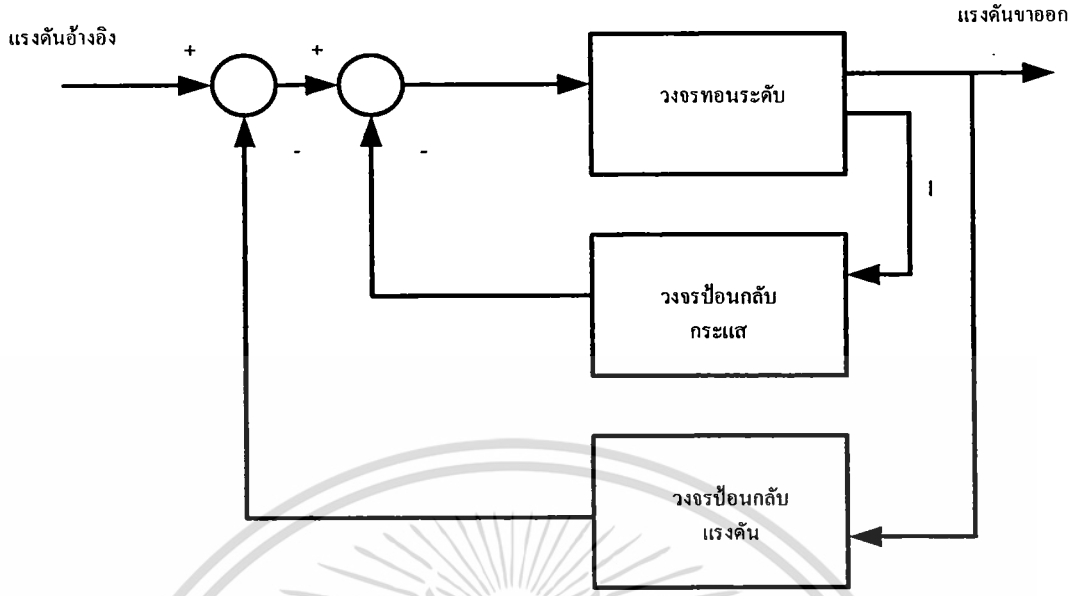
เนื่องจากวัฏจักรงานมีค่า 0.5 ดังนั้นกระแสผ่านไดโอดมีค่าเท่ากับกระแสผ่านมอสเฟทด้วย โดยทั่วไปพิกัดสูงสุดของมอสเฟท ได้กระแสสูงสุด แต่สำหรับไดโอดได้แก่กระแสเฉลี่ย มอสเฟทที่มีขนาด 20 แอมป์ , 500โวลท์ และไดโอดที่มีอยู่ มีขนาด 100 แอมป์ , 1000 โวลท์ จึงใช้มอสเฟท 4 ตัว ขนานกัน และใช้ไดโอด 1 ตัว

การออกแบบวงจรคุมค่า (Regulator)

ในปัจจุบัน วงจร PWM ได้ถูกพัฒนาให้เป็นวงจรสำเร็จรูปใน IC ตัวเดียวเหมาะสำหรับใช้งานในด้านแหล่งจ่ายไฟตรงโดยเฉพาะซึ่งการใช้งานของ IC เหล่านี้สามารถใช้งานได้ง่ายโดยต่ออุปกรณ์เพิ่มเติมภายนอกเพียงเล็กน้อย เพื่อใช้เป็นกำหนดจุดทำงานของ PWM นั้นๆ เพื่อให้การทำงานของแหล่งจ่ายไฟตรงมีความสมบูรณ์มากขึ้น อาจจะมีการเพิ่มเติมวงจรสำหรับระบบต่างๆ เช่นวงจรเปรียบเทียบสำหรับป้องกันกระแสหรือแรงดันเกิน IC สำเร็จรูปที่ใช้งาน PWM มีอยู่หลายเบอร์ตัวอย่าง CA 1524 CA 2524 CA 3524 MC34060 MC 3520 เป็นต้น แต่ทีโครงงานเลือกใช้คือ MC34060A

จากการออกแบบ IC ที่เลือกใช้ สามารถเขียนเป็น บล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูปที่ 3.5

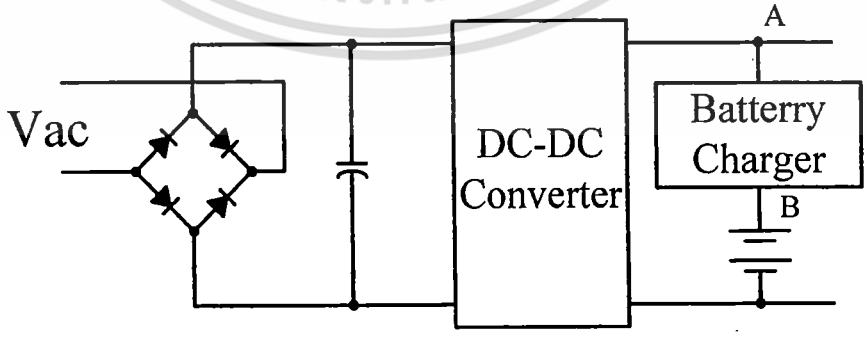
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 บล็อกไดอะแกรมของวงจรทอนระดับที่ป้อนกลับทั้งกระแสและแรงดัน

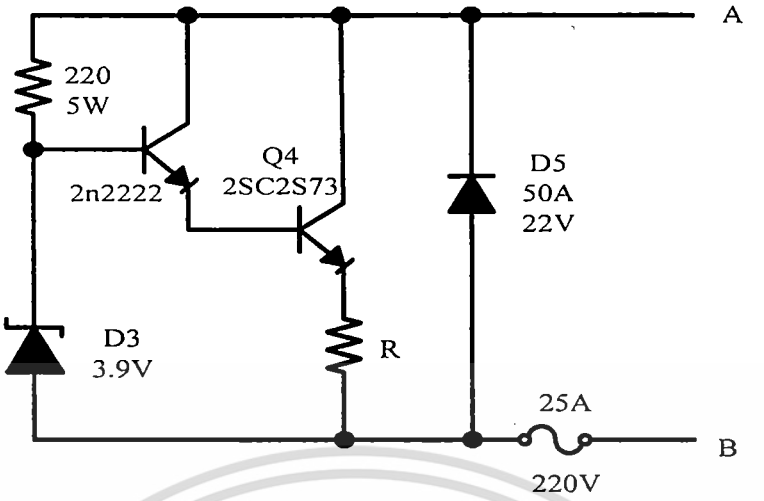
3.3 การออกแบบวงจร Charger

วงจรที่สร้างขึ้นจะทำหน้าที่จำกัดกระแสประจุแบตเตอรี่ เพื่อให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น เพราะเมื่อกระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่มีค่าสูงเกินไป จะทำให้การใช้งานแบตเตอรี่สั้นลง และมีการสูญเสียน้ำมากและต้องใช้พลังงานในการประจุแบตเตอรี่มากกว่าการประจุแบตเตอรี่ที่กระแสต่ำ แต่ถ้ากระแสในการประจุแบตเตอรี่ต่ำเกินไปจะทำให้ต้องใช้เวลาในการประจุแบตเตอรี่มาก ซึ่งทำให้ UPS ต้องใช้เวลาในการฟื้นตัวหลังจากเกิดไฟฟ้าดับนานเกินไป ข้อมูลของบริษัทผู้ขายแบตเตอรี่แนะนำให้ใช้กระแสในการประจุแบตเตอรี่ประมาณ 5-10% ของขนาด Ah ของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.6 การต่อวงจรประจุแบตเตอรี่

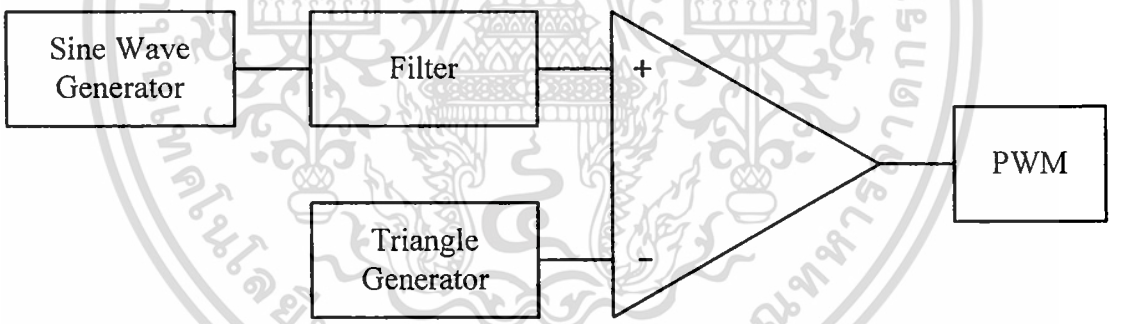
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรประจุแบตเตอรี่

3.4 การออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ภาคกำเนิดสัญญาณ sine wave ภาคกำเนิดสัญญาณ triangle wave และภาคหน่วงสัญญาณ

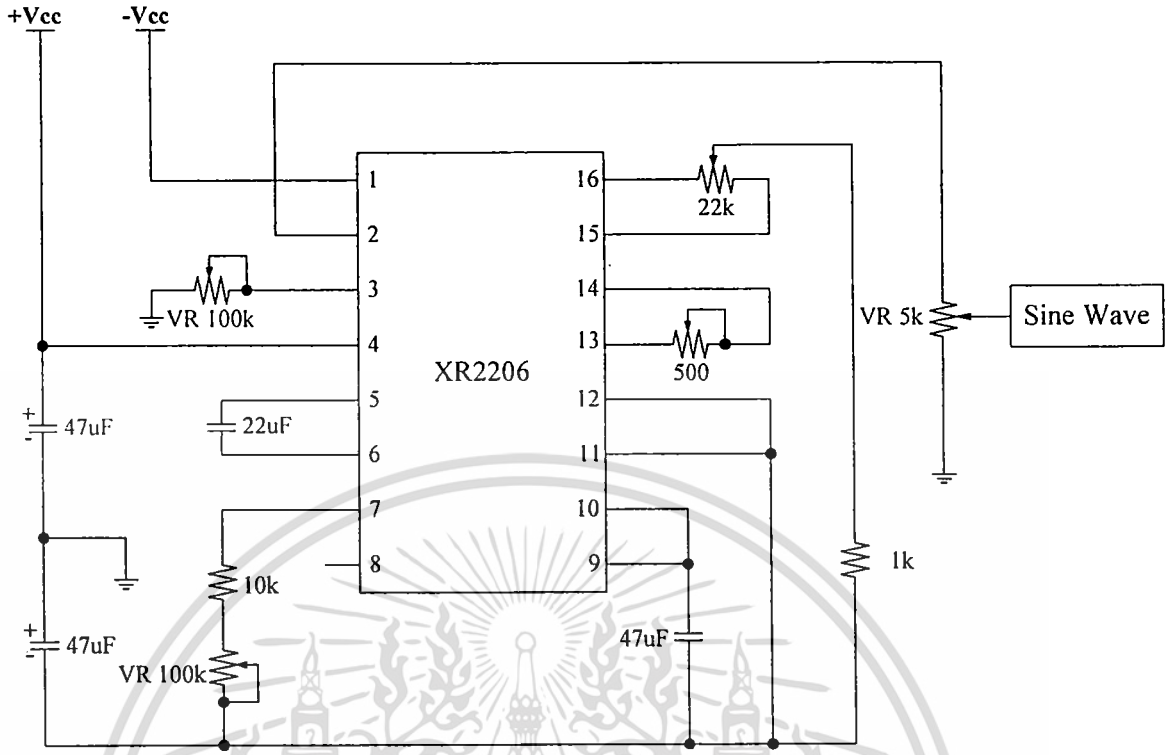


รูปที่ 3.8 Block Diagram แสดงการทำงาน

3.4.1 ภาคกำเนิดสัญญาณ sine wave

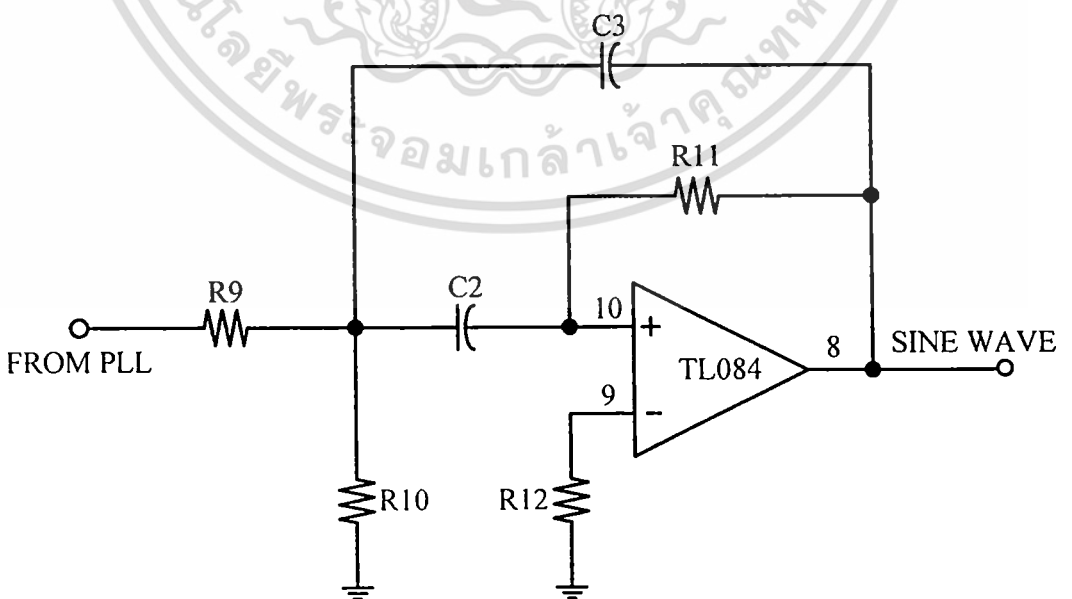
ในโครงงานนี้ต้องการสัญญาณขาออกเป็น Sine Wave 50 Hz จึงใช้ IC เบอร์ XR2206 ซึ่งเป็น IC Precision Waveform Generator กำเนิดความถี่ Sine Wave 50 Hz ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาคกำเนิดสัญญาณไซน์

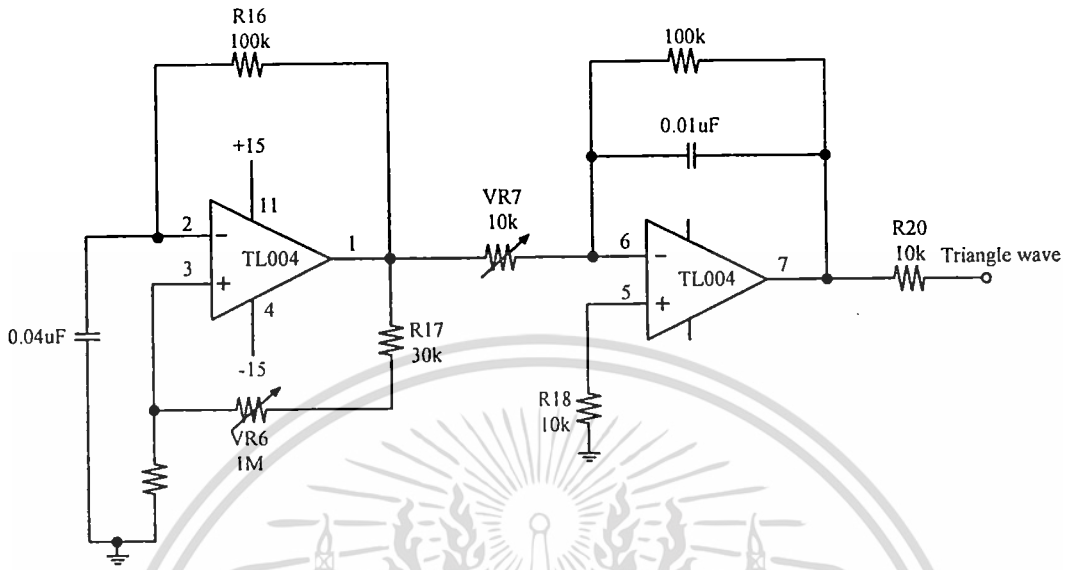
หลังจากที่ได้สัญญาฯ Sine Wave 50 Hz จึงนำมาผ่านวงจร Band pass filter ที่มีค่า cut off frequency ที่ 50 Hz output ที่ได้ก็จะเป็น sine wave ที่สวยงาม



รูปที่ 3.10 วงจร Band Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ภาคกำเนิดสัญญาณ triangle wave



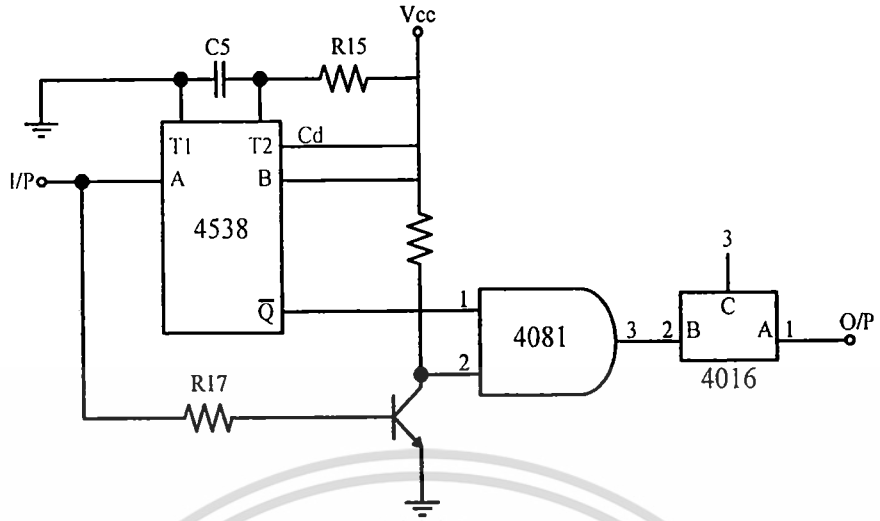
รูปที่ 3.11 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

วงจรที่ใช้เป็นวงจร integrator และ comparator โดย comparator จะเปรียบเทียบสัญญาณ output ที่เป็น triangle wave กับแรงดันค่า ๆ หนึ่ง ทำให้ได้เอาท์พุทออกเป็น square wave ที่สามารถปรับความกว้างของ pulse ได้ และเมื่อผ่านวงจร intergrator ก็ได้เป็นสัญญาณ triangle wave

3.4.3 ภาคหน่วงสัญญาณ

เมื่อได้สัญญาณ PWM มาแล้ว เราจำเป็นต้องมีการหน่วงสัญญาณ PWM ที่ป้อนให้กับ MOSFET เพื่อป้องกันการนำกระแสพร้อมกันของ MOSFET ใน leg เดียวกัน ซึ่งค่าคาบเวลาที่ใช้ควรมีค่าน้อยที่สุด เพื่อให้สัญญาณ PWM เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด จะได้แรงดันทางขาออกใกล้เคียง sine wave มากที่สุด วงจรหน่วงเวลาในที่นี้เราใช้วงจร Mono stable ผลิตความกว้างของช่วงเวลาที่หน่วง

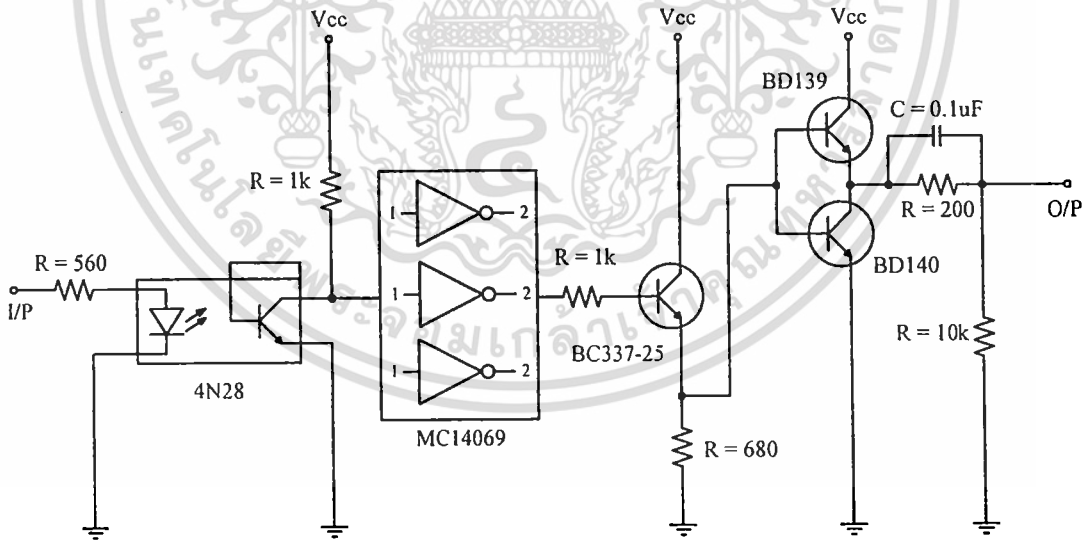
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรหน่วงสัญญาณ

3.4.4 ภาคขับสัญญาณเกท

ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ขับขาเกทของ Power MOSFET โดยสัญญาณอินพุทที่เข้ามาจะถูกแยกกราวด์ออกจากกันโดย Opto Coupler และใช้หม้อแปลงต่อแบบพุชพูล (BD139 , BE140) เพื่อให้การหยุดนำกระแสของ Power MOSFET เป็นไปอย่างรวดเร็วมากขึ้น

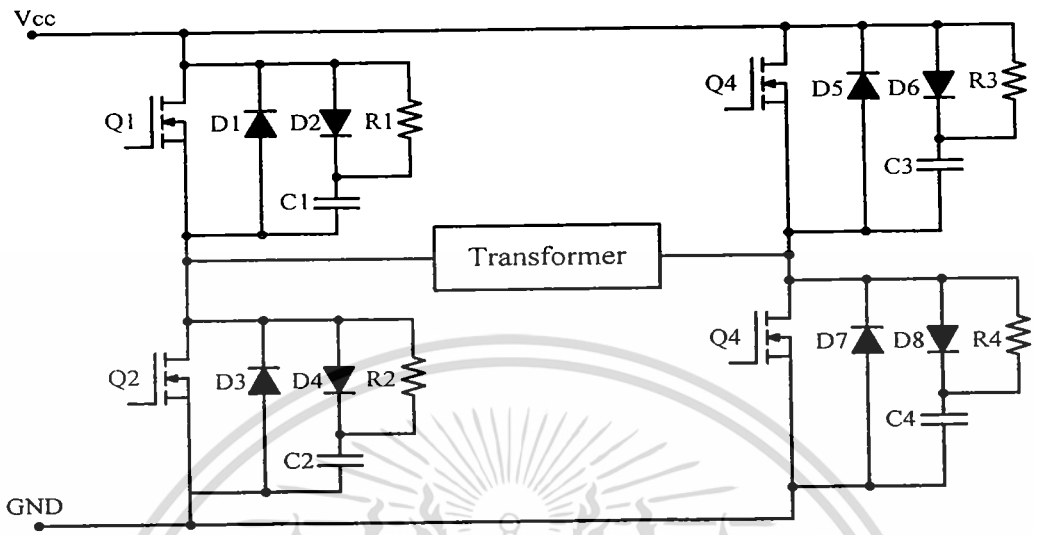


รูปที่ 3.13 วงจรขับเกท

ในการสร้าง UPS เครื่องนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เต็ม เนื่องจาก UPS เครื่องนี้ต้องจ่ายโหลดขนาดไม่เกิน 3 kVA แต่แบตเตอรี่มีระดับแรงดันอยู่ในช่วงประมาณ 120-96 โวลท์ ดังนั้น กระแสที่ไหลผ่านอินเวอร์เตอร์จึงมีค่าสูง วงจรที่มีกระแสไหล ผ่านสวิตซ์ต่ำทีสุดและใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็กกว่า ก็คือ วงจรบริดจ์เต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วงจรกำลังของภาคอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.14 วงจรกำลัง

วงจรกำลังในที่นี้จะใช้เป็น Full Bridge ที่ขับกระแสด้วย MOSFET โดยที่ MOSFET ในแต่ละกิ่ง เดียวกันจะนำกระแสพร้อมกันไม่ได้ ดังนั้นสัญญาณ PWM ที่ป้อนให้ Q_1 จะกลับเฟส 180° กับ Q^- ส่วน Q ก็จะตรงข้ามกับ Q^- และเพื่อให้สัญญาณที่หม้อแปลงเป็น SPWM สัญญาณที่อยู่คนละกิ่ง กันจะต้อง modulate ด้วย sine ที่กลับเฟสไว้ 180° นอกจากนี้เพื่อป้องกัน Spike Voltage ที่จะทำให้ MOSFET เสียหาย จึงต้องใส่ Snubber ช่วยป้องกันไว้ โดยในที่นี้จะใช้เป็นแบบ Shunt Snubber โดยจะมีหลักการการออกแบบดังนี้

หลักการออกแบบ

MOSFET rating

Max. Working Voltage = 135 V

เลือก Max. Voltage ของ MOSFET = 500 V

Max. working current = $p_{out} / 2 \times n \times p_{max} \times V_{in(min)}$

โดย η = ประสิทธิภาพของวงจร

P_{max} = Max Duty cycle

= $1500/ 2 \times 0.5 \times 0.8 \times 96$

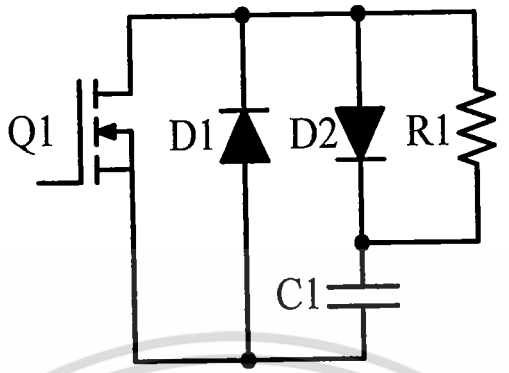
= 27.6 A

เลือก Max. current ของ MOSFET = 50 A

ใช้ MOSFET เบอร์ FCA50BC50 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 การออกแบบวงจร Snubber



รูปที่3.15 วงจร Snubber

$$C_1 = \frac{I_{pk} \times t_{off}}{2V_m}$$

$$= \frac{30 \times (520 + 140ns)}{21 \times 135} = 0.073\mu F$$

ใช้ค่า $C = 0.22\,\mu F$

$$t_{on} = \frac{0.2}{f} = \frac{0.2}{4k} = 50\mu s$$

$$R_1 = \frac{t_{on}}{2.3C_1} = \frac{50\mu s}{2.3 \times 0.2\mu F} = 98.8\Omega$$

ใช้ค่า $R = 120\Omega$

$$PD = \frac{C_1(2V_{in})^2}{2T} = \frac{0.22\mu F(2 \times 135)^2 \times 4k}{2} = 16W$$

3.5 การเลือกขนาดและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า

เนื่องจากในภาคกำลังของชุดอินเวอร์เตอร์ต้องทำงานรับโหลด ภาระไม่เกิน 3 kVA หม้อแปลงที่เลือกใช้เป็นแบบ Step Up และรับภาระโหลดได้ถึง 3 kVA แต่ในการใช้งานจริงต้องเผื่อขนาดของหม้อแปลงไว้ 125 % ของพิกัด ดังนั้นหม้อแปลงที่นำมาใช้งานจึงมีขนาด 3 kVA × 1.25 = 3,750 VA การเลือกชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับชนิดของงานที่จะใช้ว่าเป็นอย่างไรซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆอย่าง จากภาคกำลังของชุดอินเวอร์เตอร์ อินพุทของหม้อแปลงที่ได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นเป็นสัญญาณ Pulse ที่มีเปอร์เซนต์ Duty Cycle ไม่เท่ากันและมีความถี่ 4 kHz ซึ่งความถี่ 4 kHz จัดอยู่ในความถี่ Medium wave โดยความถี่นี้หม้อแปลงแกนเหล็กสามารถยอมรับได้ และหม้อแปลงที่เป็นแบบชนิดแกนเหล็กมีราคาถูกกว่าหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรท์ และหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรท์ เป็นหม้อแปลงที่หายากในท้องตลาดปัจจุบัน และยังแพงมากที่พิกัดใช้งานอีกด้วย เนื่องจาก UPS ที่สร้างขึ้นมามีวงเงินทุนจำกัดจึงเลือกใช้หม้อแปลงแกนเหล็ก แกนแบบ EI ซึ่งมีราคาถูกที่สุดในท้องตลาดปัจจุบัน

3.6 ระบบ Sensor และระบบ Transfer Switch

จากโครงงานที่เราทำการออกแบบโดยมีเงื่อนไขว่าเราเลือก UPS แบบ Reverse UPS Transfer ซึ่งกล่าวไว้ในบทที่ 1. นั้นจึงออกแบบให้มีระบบตรวจจับและป้องกันดังนี้

- กรณีกระแสโหลดเกิน 12.5 แอมป์ (Over Current)
- กรณีแบตเตอรี่คลายปรัจุจนเหลือแรงดัน 96 โวลต์

ทั้ง 2 กรณีระบบตรวจจับที่ทำการออกแบบจะไปสั่งงานให้ระบบ Transfer Switch ต่อโหลดให้รับไฟจาก Line ไฟฟ้าแทน โดยเฉพาะกรณีที่ 2. จะมีระบบส่งเสียงเตือนด้วย

- กรณีแรงดันไฟฟ้าจาก Line ไฟฟ้า มีค่าสูงกว่า 242 โวลต์
- กรณีแรงดันไฟฟ้าจาก Line ไฟฟ้า มีค่าสูงกว่า 198 โวลต์

ทั้ง 2 กรณีระบบตรวจจับจะสั่งงานให้ Auxiliary Contact ของ Magnetic Contactor Coil 220 โวลต์ตัด Lineไฟฟ้า220โวลต์ ที่จ่ายเข้า UPS และ UPS จะจ่ายโหลดโดยอาศัยไฟจาก แบตเตอรี่จ่ายให้ชุด Inverter และจ่ายโหลดแทน คือให้โหลดรับไฟจาก UPS ที่ทำงานแบบ Off Line

แต่ถ้าไม่ผิดปกติทั้ง 4 กรณี ดังกล่าวแล้ว UPS ก็จะทำงานจ่ายโหลดเป็นแบบ On Line ตลอดเวลา จึงสามารถเขียนน Block Diagram การทำงานที่สอดคล้องกับที่กล่าวมาข้างต้นได้ดังรูปที่ 3.16 การทำงานของชุด Sensor และ Transfer Switch ที่ออกแบบดังนี้

3.6.1 ชุดตรวจจับกระแสเกิน (Over Current)

ดังรูปวงจรที่ 3.17ในแต่ละส่วนของวงจรมีดังนี้

ส่วนที่ 1. หม้อแปลง (Current Transformer) เป็นส่วนของการเซนเซอร์ รับค่าระดับกระแสที่จ่ายโหลดเข้ามาในชุดรีเลย์ ซึ่งการออกแบบใช้ CT Ratio 60/5

ส่วนที่ 2. การแปลงกระแสไฟฟ้า (I to V Converter) เมื่อหม้อแปลงกระแสลดระดับกระแสจ่ายโหลดมาอยู่ที่ระดับที่ใช้สำหรับชุดรีเลย์แล้ว ก็จะถูกแปลงสัญญาณจากกระแสเป็นแรงดัน โดยค่าความต้านทาน 1 โอห์ม ต่อคร่อมด้านทุติยภูมิของ CT

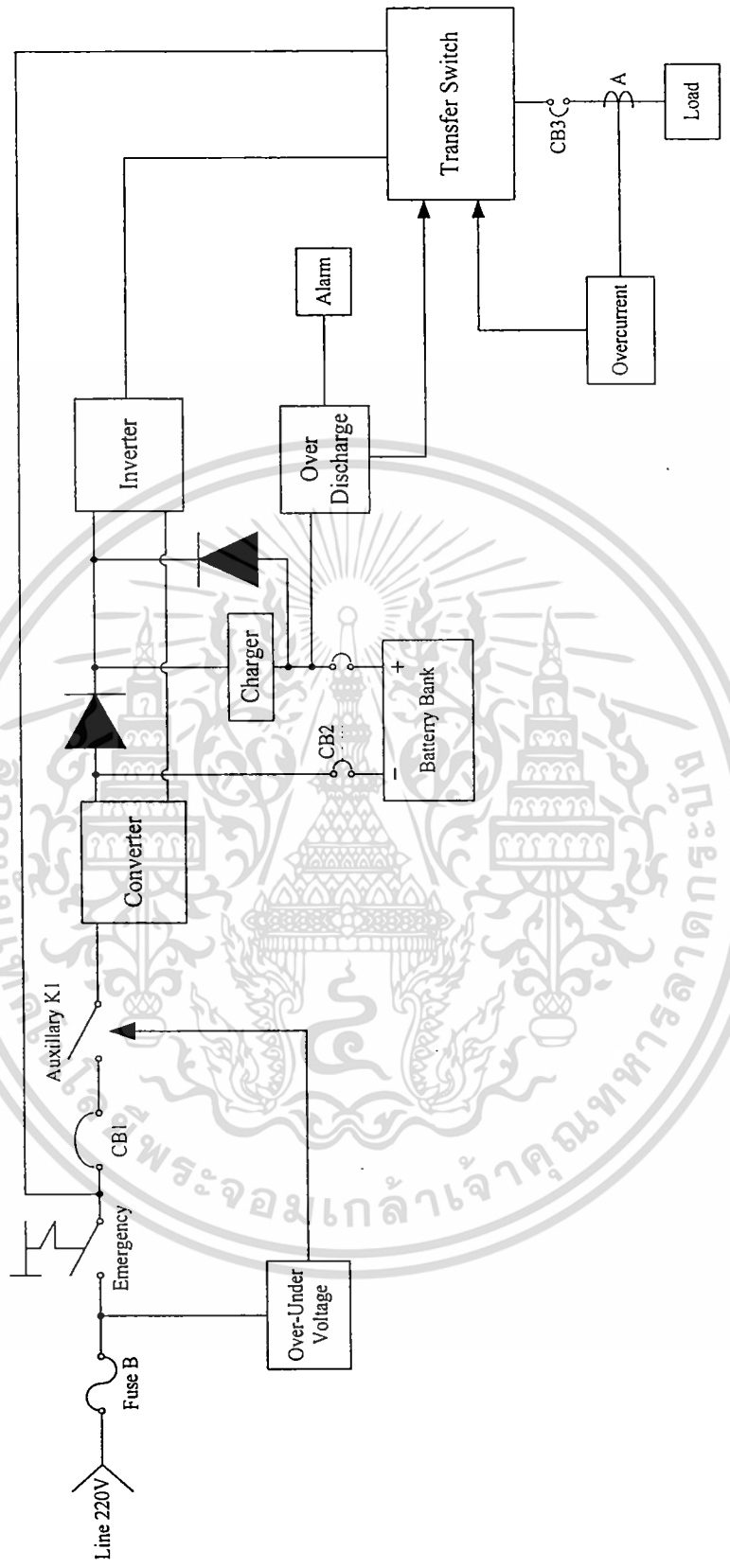
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3. ชุดเรคติไฟร์เออร์ (Rectifier) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ได้มานั้นจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระสตรง โดยวงจรฮาฟเวฟเรคติไฟร์เออร์

ส่วนที่ 4. เป็นส่วนของวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มี Ripple อยู่ให้เรียบ โดยใช้วงจร C-Filter

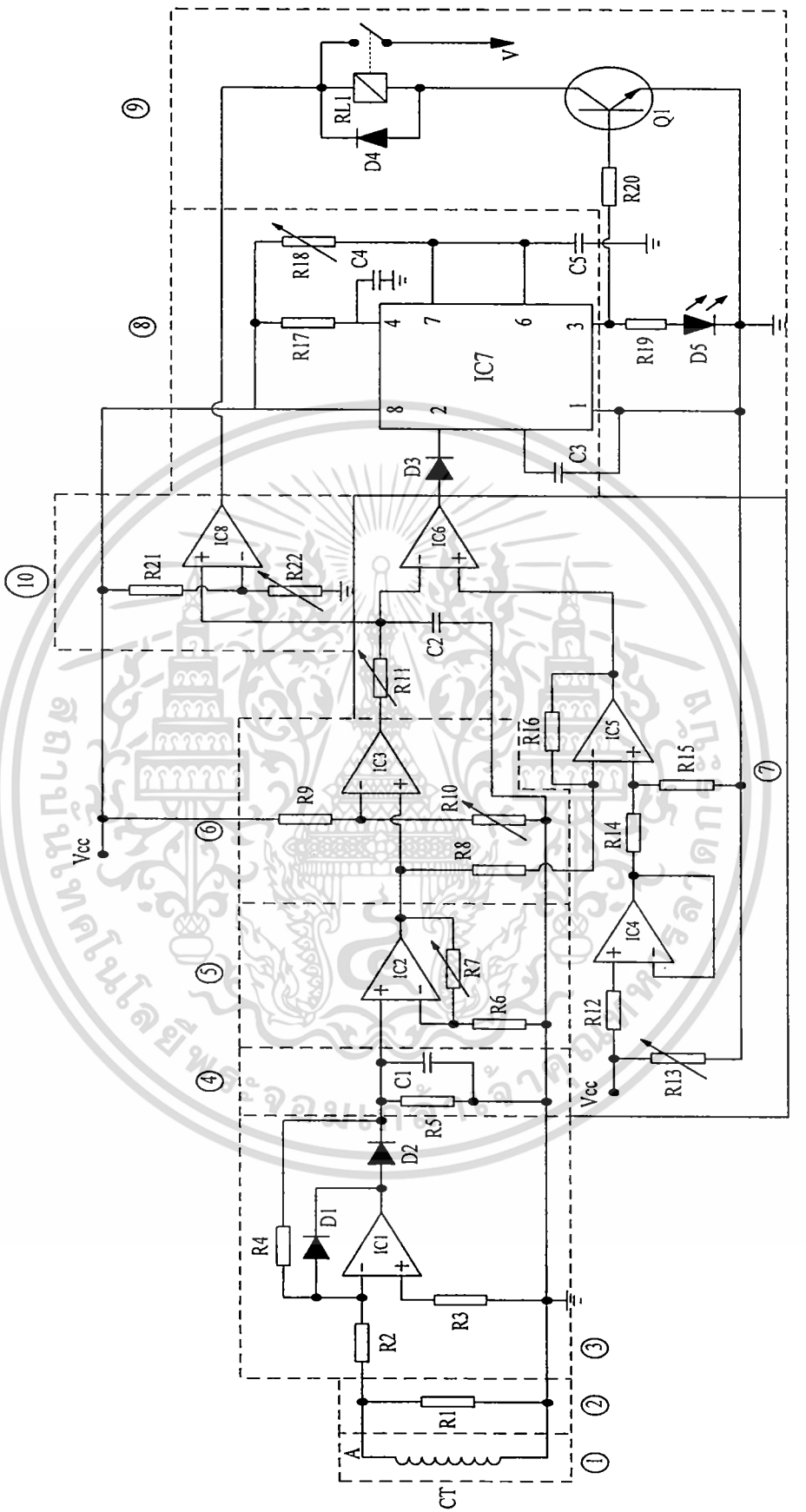
ส่วนที่ 5. เป็นส่วนของวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไม่กลับเฟส ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาจากส่วนที่ 4. มีค่าต่ำ คือไม่ถึง 6 โวลท์ เมื่อเอามาผ่านวงจรเราสามารถปรับ Gain ของวงจรโดยปรับที่ R7 เพื่อให้ได้เอาท์พุตของส่วนนี้ได้ตามต้องการ ซึ่งเป็นสัญญาณที่นำไปวิเคราะห์ในส่วนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 Block Diagram แสดงการทำงานของระบบ UPS ที่ออกแบบสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วงจรชุดตรวจจับกระแสเกิน (Over Current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over Current Relay

สัญลักษณ์	รายละเอียด	ค่าที่ใช้/เบอร์
R1	Resister 10 W	1 โอห์ม 10 วัตต์
R2,R4,R15,R8,R16	Carbon Resister 0.25 W	10 กิโลโอห์ม
R3	Carbon Resister 0.25 W	5 กิโลโอห์ม
R5	Carbon Resister 0.25 W	1 เมกกะโอห์ม
R6,R9,R12,R14,R19,R21	Carbon Resister 0.25 W	1 กิโลโอห์ม
CT	Current Transformer	Ratio 60/5
D1,D2,D3,D4	Signal Diode	1N4148
R7,R13,R10,R22	Variable Resister 0.25 W	10 กิโลโอห์ม
C1	Electrolytic cap 25 V	2200 uF
C2	Electrolytic cap 16 V	330 uF
C3	Mica cap. 16 V	0.01 uF
C4	Electrolytic cap 16 V	100 uF
C5	Electrolytic cap 16 V	1000 uF
R11	Variable Resister 0.25 W	500 กิโลโอห์ม
R17	Carbon Resister 0.25 W	47 กิโลโอห์ม
R18	Variable Resister 0.25 W	50 กิโลโอห์ม
R20	Carbon Resister 0.25 W	6 กิโลโอห์ม
D5	LED	
IC1,IC2,IC3,IC4,IC5,IC6,IC7	IC	UA741
TR1	NPN Transistors	BC 337
IC7	IC	NE 555 P
RL1	Relay 3 A 12 Vdc	
IC8	IC	LM 324 N

ส่วนที่ 6. วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากส่วนที่ 6. จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอ้างอิง ซึ่งสามารถปรับแรงดันอ้างอิงโดยปรับที่ R10

เอกสารนี้เป็นการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 7. ส่วนหน่วงเวลาทริป (Delay Time) เมื่อส่วนที่ 6. จับได้ว่าเมื่อมีความผิดปกติของกระแสที่ในสายที่จ่ายให้โหลด หรือเอาท์พุตส่วนที่ 6. มีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งไว้ ส่วนที่ 6. ก็จะให้เอาท์พุตออกมามีค่าประมาณ +VCC สัญญาณนี้จะถูกนำมาหน่วงการเปลี่ยนแปลงด้วยวงจร RC เพื่อใช้ประโยชน์การเปรียบเทียบส่วนที่ 6. ในการตัดระบบช้าหรือเร็วได้ โดยออกแบบแรงดันแปรผกผันกับเวลาที่ใช้ในการทริป ซึ่งสามารถตั้งได้ที่ R11 และ R13

เราจบพบว่าส่วนที่ 6. กับส่วนที่ 7.หลักการทำงานจะสัมพันธ์กัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ วงจรเปรียบเทียบมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด คือชุดของ IC3 กับ IC6 ซึ่ง IC3 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันเข้ากับแรงดันอ้างอิงที่กำหนดโดย VR10 ถ้าแรงดันด้านเข้ามีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง ก็จะส่งผลให้แรงดันด้านออกของ IC3 เป็น +VCC ส่งสัญญาณไปยังวงจรหน่วงเวลาและส่งต่อไปยังวงจรทียบ IC6 ส่วน IC6 ทำหน้าที่เป็นวงจรลบแรงดัน ทำให้แรงดันด้านออกมีค่าเท่ากับที่กำหนดไว้ที่ VR13 ลบด้วยแรงดันด้านเข้าของวงจร ซึ่งเอาท์พุตของส่วนที่ 6. แรงดันได้ถูกส่งไปยัง IC6 และสัญญาณเอาท์พุตของ IC6 ก็จะมีค่า –VCC แต่ถ้าสัญญาณด้านออกของวงจรหน่วงเวลาน้อยกว่าวงจรเอาท์พุต IC6 แล้ว สัญญาณเอาท์พุตของ IC6 จะมีค่า +VCC

ส่วนที่ 8. วงจรหน่วงเวลาปิดกลับ เป็นวงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรร์เตอร์ (Monostable multivibrator) ถ้าสัญญาณ IC7 รับเข้ามาที่ขา 2 มีค่าเป็นศูนย์หรือลบ สัญญาณออกที่ขา 3 IC7 มีค่าเป็นบวก LED1 จะสว่าง LED1 ดับเมื่อ C6 เก็บประจุจนกระทั่งแรงดันที่ขา 6 ของ IC7 มีสัญญาณออกมาเป็นศูนย์โวลท์

ส่วนที่ 9. ชุด Contact of Relay สัญญาณที่ได้จากส่วนที่ 8 จะส่งผ่านมายังคอนแทครีเลย์ ทำให้รีเลย์ทำงานส่งสัญญาณ เพื่อสั่งให้วงจรรีเลย์ชุดถัดไปทำงานได้

ส่วนที่ 10. เป็นชุดวงจรสำหรับทำ Reset ชุดคอนแทครีเลย์ ชุดนี้จำเป็นต้องมีเพราะจะป้องกันไม่ให้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน ON ค้าง\

3.6.2 ชุดตรวจจับ Over-Under Voltage

ซึ่งชุดตรวจจับนี้เป็นการตรวจจับ Line ไฟฟ้าก่อนเข้า UPS ดังรูปที่ 3.18 หลักการทำงานแต่ละส่วนอธิบายดังนี้

ส่วนที่ 1. ส่วนของการแบ่งแรงดันหรือลดทอนแรงดัน (Voltage Divider) เพื่อลดแรงดันลงมาให้เหมาะสมที่จะนำสัญญาณไปใช้ในชุดรีเลย์

ส่วนที่ 2. เป็นส่วนของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ลดระดับลงแล้ว ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยชุดฮาฟเวฟเรคติไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3. เป็นส่วนของวงจรกรองสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่มี Ripple ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ราบเรียบ ก่อนนำสัญญาณนี้ไปเข้าวงจรชุดต่อไป

ส่วนที่ 4. เป็นส่วนของวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) โดยที่เมื่อแรงดันของการไฟฟ้ามีค่าเกิน 10% หรือ 242 โวลท์ IC1 จะให้แรงดันระดับสูงออกไป ทำให้ IC3 มีแรงดันต่ำออกไปยังชุดคอนแทครีเลย์ เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลงกว่า 242 โวลท์ และสูงกว่า 198 โวลท์ IC1 และ IC2 จะให้แรงดันระดับต่ำออกไป ตัวเก็บประจุ C2 จะค่อยๆคายประจุออกเมื่อเวลาผ่านไป 1-10 วินาที ขึ้นอยู่กับการปรับค่าความต้านทาน R7 IC3 จะให้แรงดันระดับสูงออกไปยังวงจรชุดคอนแทครีเลย์ เมื่อแรงดันมีค่าต่ำกว่า 10% หรือ 198 โวลท์ IC2 จะให้แรงดันระดับสูงออกไป ทำให้ IC3 มีแรงดันต่ำ ส่งสัญญาณออกไปยังวงจรชุดคอนแทครีเลย์ ทำให้เกิดการตัดต่อสายของการไฟฟ้าให้เข้ากับระบบ UPS เพื่อป้องกันระบบสวิชท์ภายในเครื่อง การปรับตั้งแรงดันอ้างอิงในวงจรเปรียบเทียบทำได้โดยการปรับที่ค่า R5,R6,R9

ส่วนที่ 5. เป็นส่วนของวงจรรีเซทไม่ให้ Q1 ON ค้าง

ส่วนที่ 6. เป็นส่วนของคอนแทครีเลย์

3.6.3 ชุดตรวจจับ Over Discharge ของแบตเตอรี่

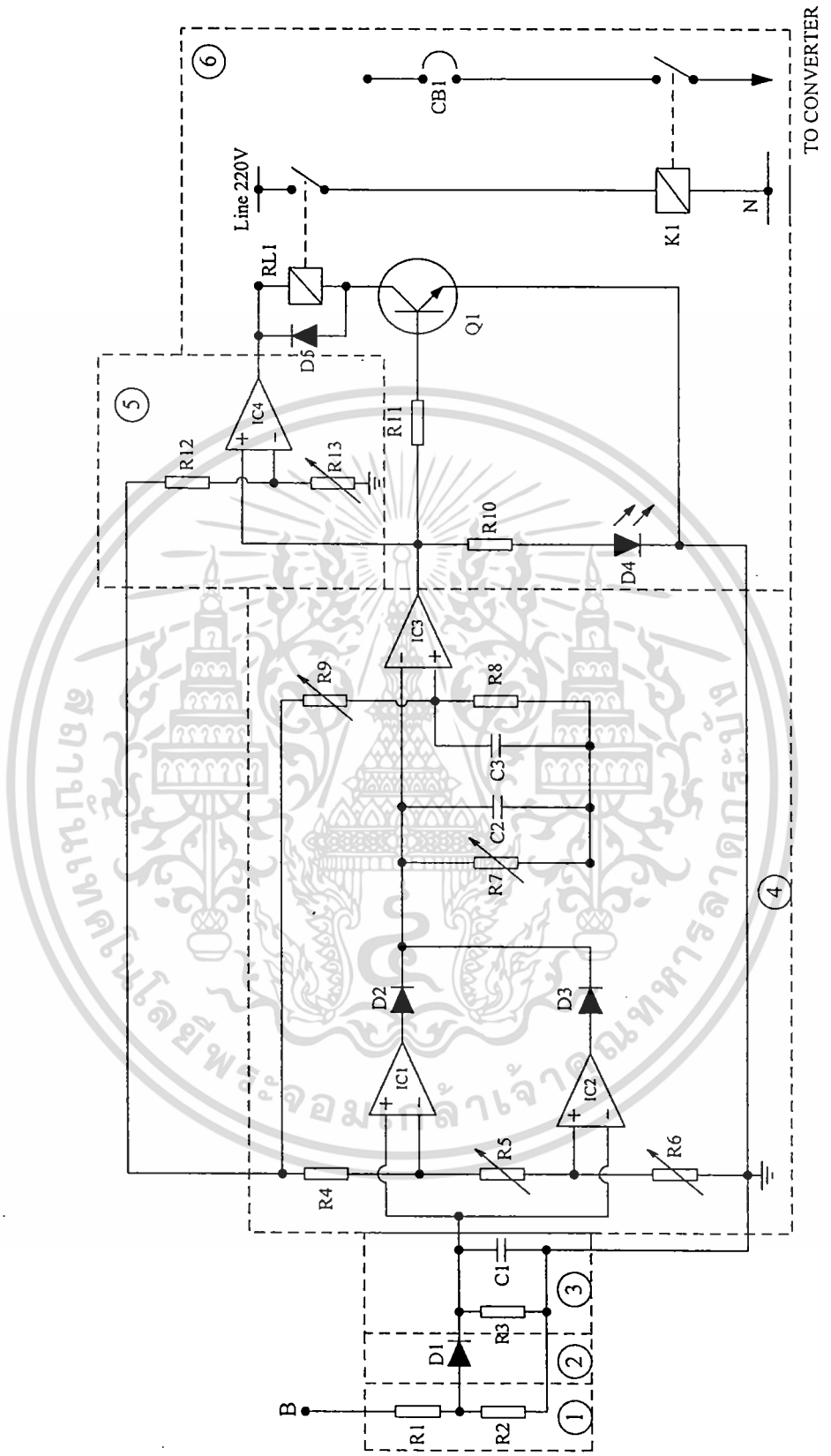
ดังรูปที่3.19 หลักการทำงานของแต่ละส่วนอธิบายได้ดังนี้

ส่วนที่ 1. เป็นชุดวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) เพื่อลดทอนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ตรวจจับจากแบตเตอรี่ ซึ่ง Discharge เหลือแรงดันประมาณ 96 โวลท์ ลงมาให้มีค่าเหมาะสม ก่อนที่จะนำสัญญาณนี้ไปเข้าชุดรีเลย์

ส่วนที่ 2. เป็นชุดของวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) โดยใช้ IC1 ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณ โดยเทียบกับแรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งไว้ที่ VR4 ถ้าแรงดันตรวจจับที่แบตเตอรี่มากกว่า 96 โวลท์ เอาท์พุตของ IC1 ก็จะให้แรงดันต่ำออกมา แต่ถ้าแรงดันที่ตรวจจับได้ต่ำกว่าระดับแรงดันอ้างอิงที่ปรับตั้งไว้ เอาท์พุต IC1 ก็จะให้แรงดันระดับสูงออกไปยังส่วนของวงจรส่งเสียง Alarm และส่วนส่งสัญญาณที่เป็นที่ชุดของ OR-Gate

ส่วนที่ 3. กเป็นชุดของวงจรส่งเสียง Alarm เราใช้วงจรอะสเตเบิลไวเบร์เตอร์ เมื่อสัญญาณที่ขา 2 ของ IC2 รับเข้ามามีค่าแรงดันสูง สัญญาณเอาท์พุตที่ขา 3 จะให้สัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมออกมาอย่างต่อเนื่อง โดยคาบเวลาของสัญญาณสามารถควบคุมได้ โดยการปรับตั้งค่า R7 และเลือกค่า C1 ที่เหมาะสม ทำให้ Buzzer ส่งเสียงเตือนออกมาในขณะที่เกิด Low battery และถ้าขณะนั้นไฟฟ้าของ Line ไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ก็ต้องทำการ OFF CB2 เพื่อหยุด Discharge ของ Battery

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



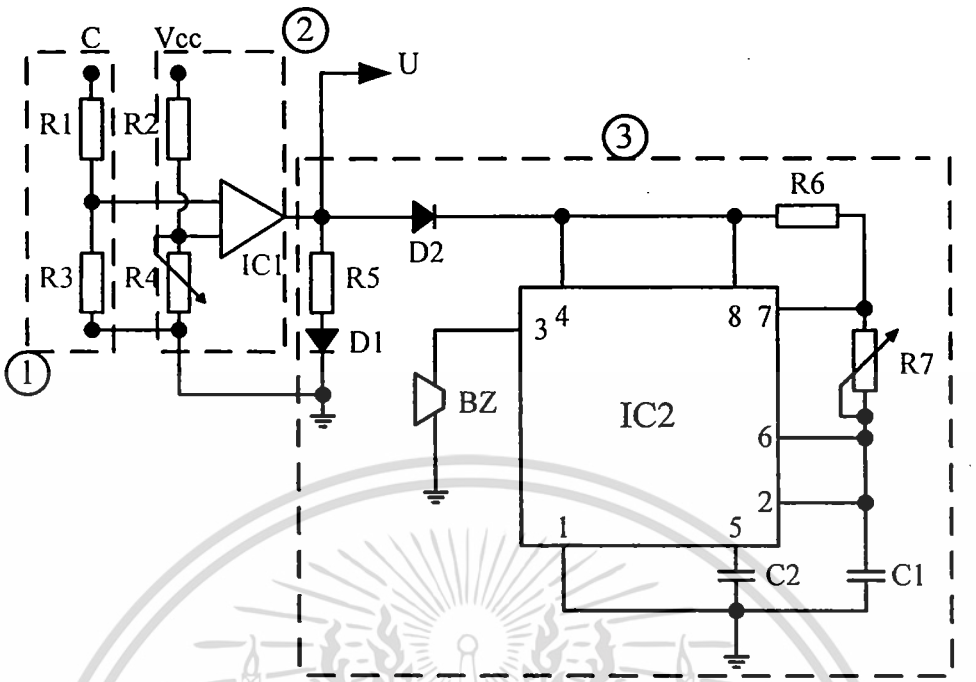
รูปที่ 3.18 ชุดวงจรตรวจจับ Over-Under Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

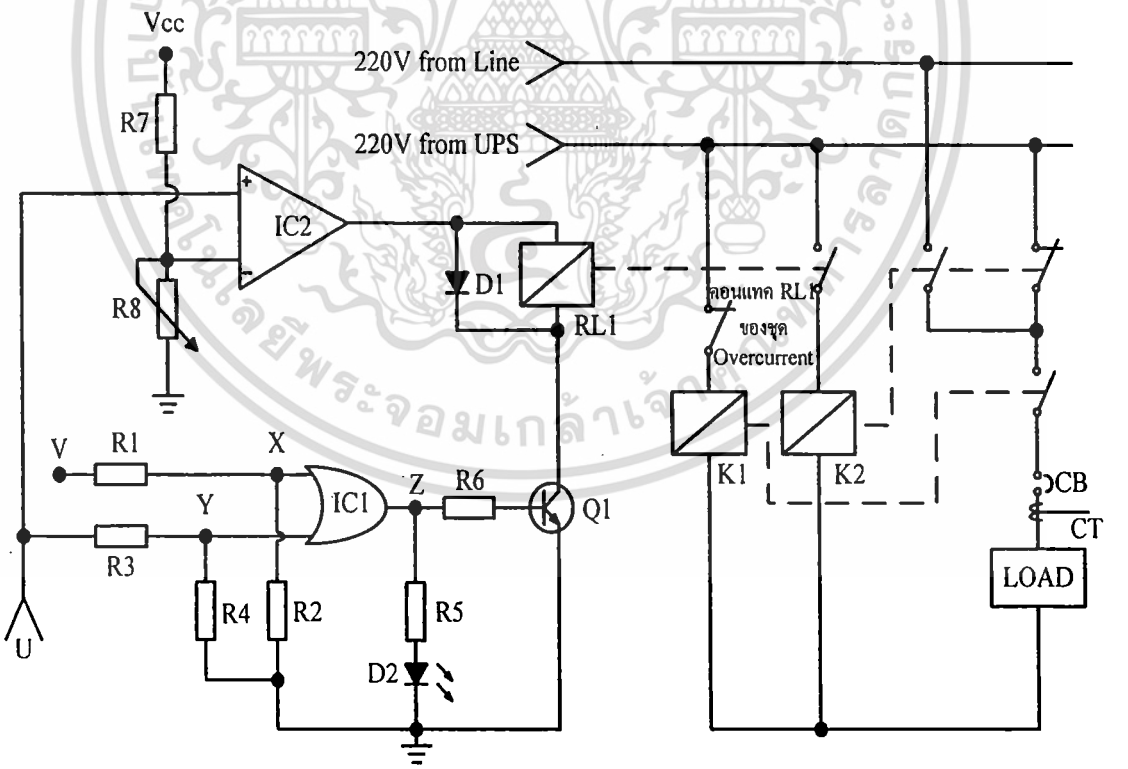
ตารางที่ 3.2 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over-Under Voltage

สัญลักษณ์	รายละเอียด	ค่าที่ใช้/เบอร์
R1	Resister 10 W	100 กิโลโอห์ม
R2	Carbon Resister 0.25 W	2 กิโลโอห์ม
R3	Carbon Resister 0.25 W	1 เมกกะโอห์ม
R4,R8	Carbon Resister 0.25 W	10 กิโลโอห์ม
R5,R6,R13	Variable Resister 0.25 W	10 กิโลโอห์ม
R7	Variable Resister 0.25 W	100 กิโลโอห์ม
D1,D2,D3,D5	Signal Diode	1N4148
R9	Variable Resister 0.25 W	20 กิโลโอห์ม
R10	Carbon Resister 0.25 W	1 กิโลโอห์ม
C1	Mica Cap. 16 V	0.2 uF
C2	Electrolytic Cap 16 V	100 uF
C3	Electrolytic Cap 16 V	1 uF
D4	LED	
IC1,IC2,IC3	IC	UA741
TR1	NPN Transistor	BC 337
R12	Carbon Resister 0.25 W	1 กิโลโอห์ม
R11	Carbon Resister 0.25 W	6 กิโลโอห์ม
RL1	Relay 3 A 12 Vdc	
K1	Magnetic Contacter Coil 220Vac	
IC4	IC	LM 324 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ชุดวงจรตรวจจับ Over Discharge ของ Battery



รูปที่ 3.20 ชุดส่งสัญญาณและระบบโอนย้ายย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุด Over Discharge of Battery และ Alarm

สัญลักษณ์	รายละเอียด	ค่าที่ใช้/เบอร์
R1	Resister 10 W	120 กิโลโอห์ม
R2	Cabon Resister 0.25 W	5 กิโลโอห์ม
R3	Cabon Resister 0.25 W	220 กิโลโอห์ม
R4	Variable Resister 0.25 W	500 กิโลโอห์ม
IC1	IC	UA741
R5	Carbon Resister 0.25 W	1 กิโลโอห์ม
D1	LED	
D2	Signal Diode	1N4148
R6	Cabon Resister 0.25 W	2.8 กิโลโอห์ม
R7	Variable Resister 0.25 W	20 กิโลโอห์ม
C1	Electrolytic Cap 16 V	10μF
C2	Mica Cap. 16 V	0.01μF
BZ1	Buzzer 12 Vdc.	
IC2	IC	NE 555 P

3.6.4 ชุดส่งสัญญาณและระบบโอนย้ายย้อนกลับ (Reverse Transfer System)

ชุดส่งสัญญาณ ดังรูปที่ 3.20 จะประกอบด้วยวงจร OR Gate ส่งสัญญาณไปให้ Q1 ON ทำให้แมคเนติคส์ทำงาน หน้าคอนแทคเปลี่ยนสภาพจาก NC เป็น NO และอาศัยหน้าคอนแทคของคอยล์ 12 Vdc ให้ไฟ 220 โวลต์ ไปจ่ายให้คอยล์ 220 โวลต์ แล้วอาศัย Auxillary Contact ในการตัดต่อระบบการจ่ายโหลดให้รับไฟจากการไฟฟ้าหรือจาก UPS ซึ่งเป็นการต่อให้ทำงานในลักษณะ Reverse Transfer Switch เหตุผลที่ต้องใช้ Auxillary Contact ของคอยล์ 12 Vdc ให้ไฟ 220 โวลต์ ไปจ่ายให้คอยล์ 220 โวลต์ แล้วอาศัย Auxillary Contact ในการตัดต่อระบบการจ่ายโหลดให้รับไฟจากการไฟฟ้าหรือจาก UPS ซึ่งเป็นการต่อให้ทำงานในลักษณะ Reverse Transfer Switch เหตุผลที่ต้องใช้ Auxillary Contact ของคอยล์ 220 โวลต์ เพราะทนกระแสอาร์คได้ดีกว่า

จากรูปที่ 3.20 พบว่าถ้าเกิดไม่ Over Current หรือไม่ Over Discharge ที่จุด X และจุด Y ก็จะมีแรงดันระดับต่ำ มาเข้าที่ IC1 ซึ่งเป็น OR Gate ทำให้ที่จุด Z มีค่าแรงดันระดับต่ำจึงทำให้ทรานส์ซิสเตอร์ Q1 Off สภาวะนี้ แมคเนติคส์ K1 จะทำงานดูดหน้าคอนแทคลง ไฟ 220 Vac จาก UPS จ่ายให้โหลดดังรูป ในทางกลับกัน ถ้าเกิด Over Current หรือ Over Discharge อย่างใดอย่างหนึ่งที่จุด X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Y ก็จะมีแรงดันระดับสูงมาป้อนให้ IC 1 ซึ่งเป็น OR Gate ทำให้ที่จุด Z ให้ค่าแรงดันระดับสูงออกมา ไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ON สภาวะนี้แมคเนติคส์ K2 จะทำงานดูดหน้าคอนแทคลง ไฟ 220Vac จาก Line ไฟฟ้าจ่ายโหลดแทนทันที เมื่อทุกอย่างกลับเข้าสู่สภาวะปกติชุดรีเซ็ทรีเลย์ก็จะรีเซ็ทให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำงาน ON ค้างอยู่ให้ Off ลง โหลดก็จะรับไฟจาก UPS เช่นเดิม

ตารางที่ 3.4 แสดงรายการอุปกรณ์ของชุดส่งสัญญาณและ Transfer Switch

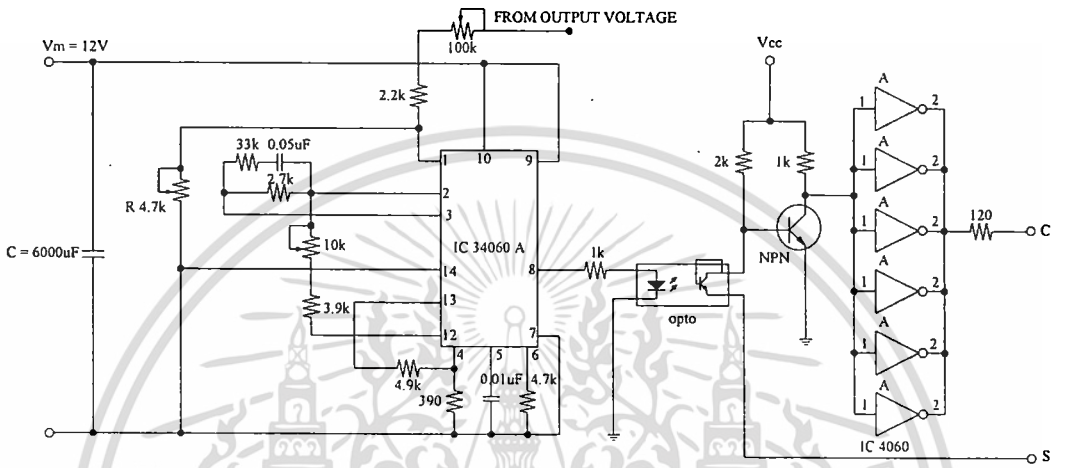
สัญลักษณ์	รายละเอียด	ค่าที่ใช้/เบอร์
IC1	IC (OR-Gate)	4071
Q1	NPN Transister	BC 337
D1	Signal Diode	1N4148
RL1	Relay 3 A 12 Vdc	
K1,K2	Magnetic Contacter Coil 220Vac	
R2,R4,R5,R7	Cabon Resister 0.25 W	1 กิโลโอห์ม
D2	LED	
R1,R3,R6	Cabon Resister 0.25 W	2 กิโลโอห์ม
R8	Variable Resister 0.25 W	10 กิโลโอห์ม
IC2	IC	LM 324 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

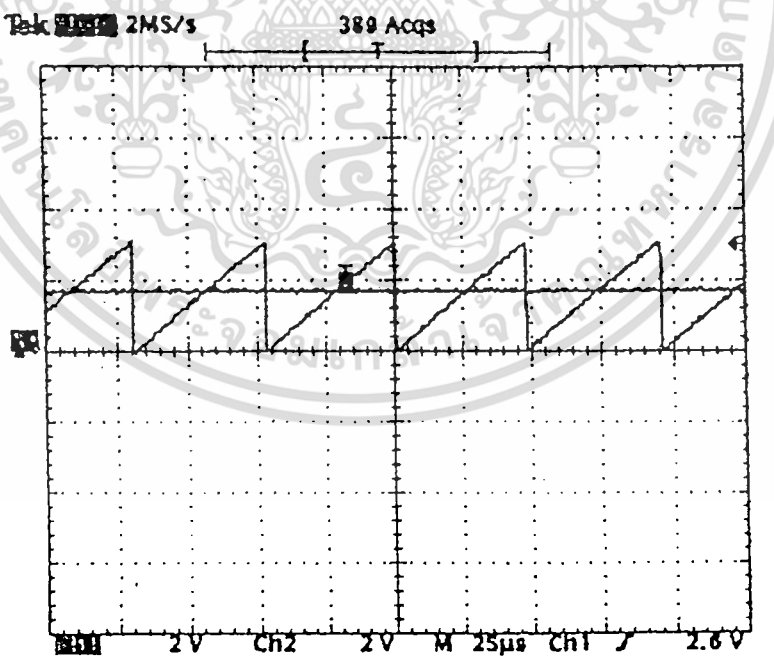
บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

จากรูปที่ 4.1 เป็นวงจรสร้างสัญญาณจาก IC สำเร็จรูปโดยใช้วิธี PWM ในการสร้างสัญญาณเมื่อได้สัญญาณ PWM ที่ต้องการแล้วนำไปผ่านวงจรขับเกท เพื่อแยกกราวด์ของวงจรออกจากกัน



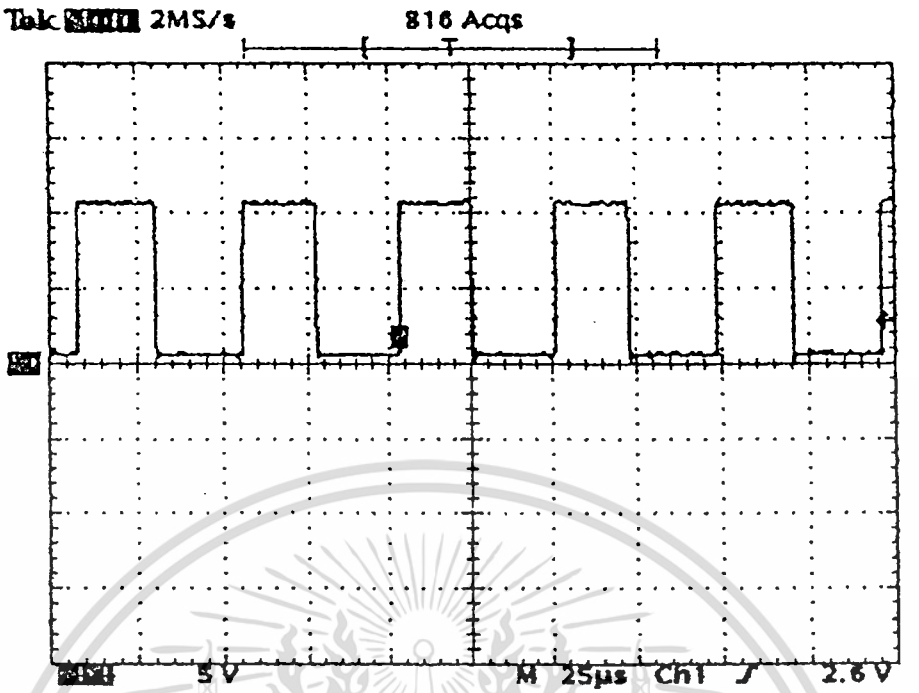
รูปที่ 4.1 วงจรสร้างสัญญาณ PWM และ Drive gate



รูปที่ 4.2 การกำเนิดสัญญาณโดย PWM

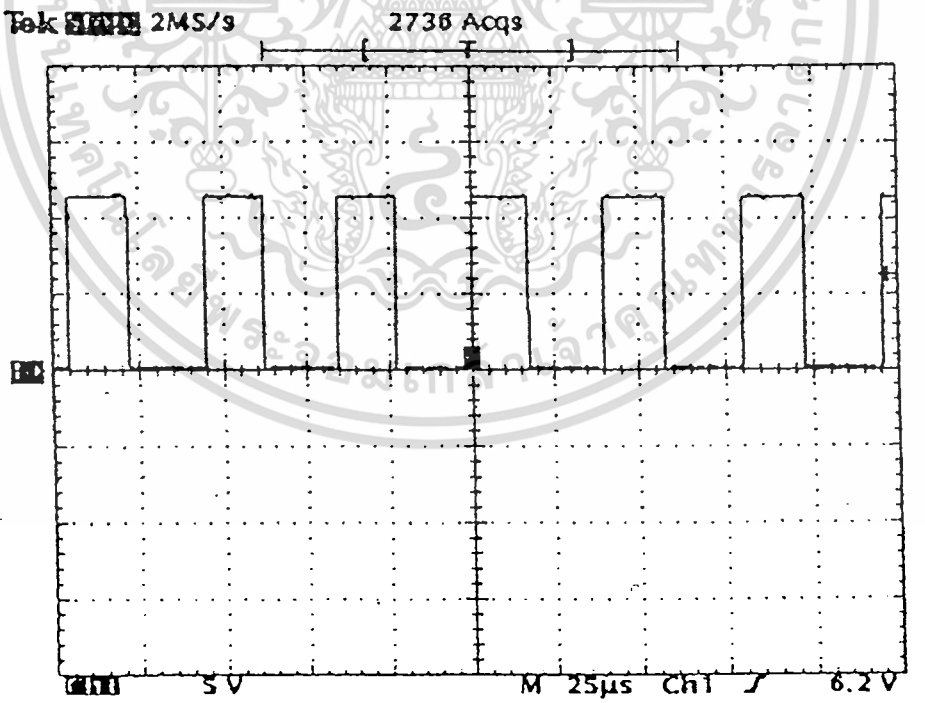
(แรงดัน 2V/DIV, เวลา 25 µs/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 Pulse สัญญาณ PWM

(แรงดัน 5 V/DIV, เวลา 25 µs/DIV)

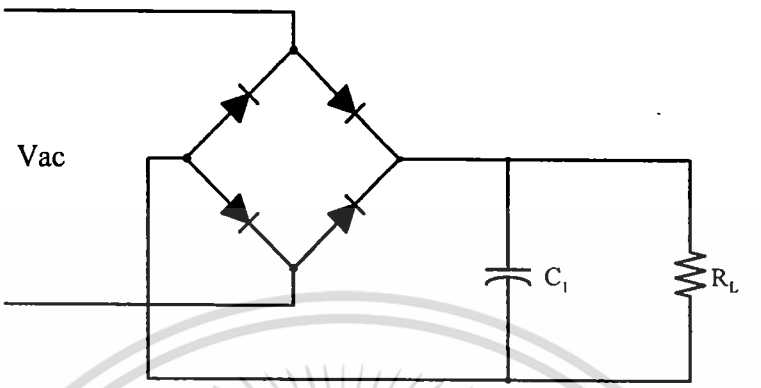


รูปที่ 4.4 สัญญาณ PWM ที่ผ่าน ชุดวงจร ขับเกจ

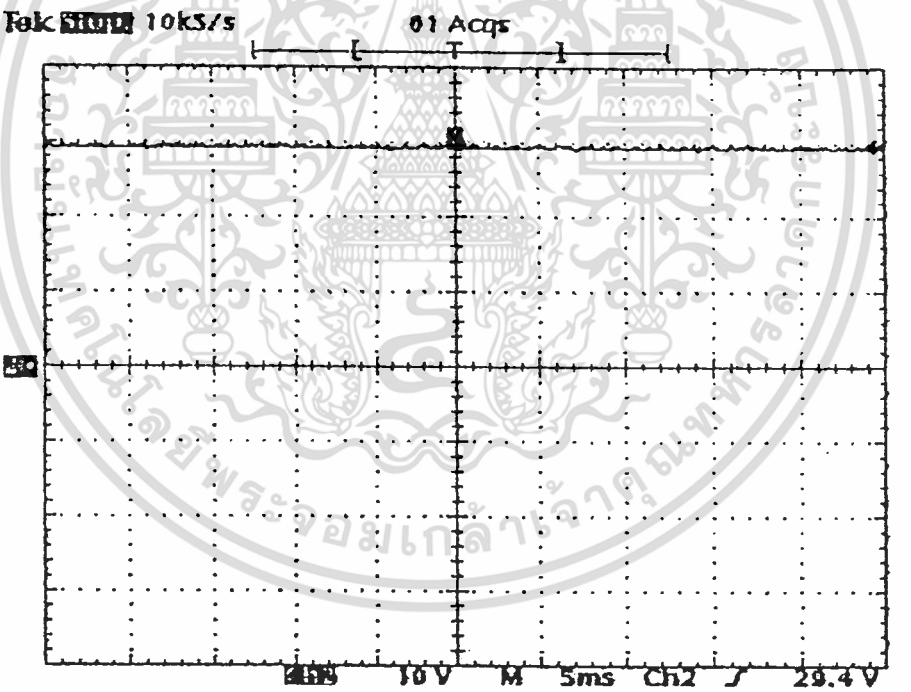
(แรงดัน 5 V/DIV, เวลา 25 µs/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 เป็นวงจรเรียงกระแสแบบฟูบริดจ์เรคติฟาย จึงได้แรงดันเอาท์พุทเป็นไฟตรง 300 โวลต์ ดังรูปที่ 4.6



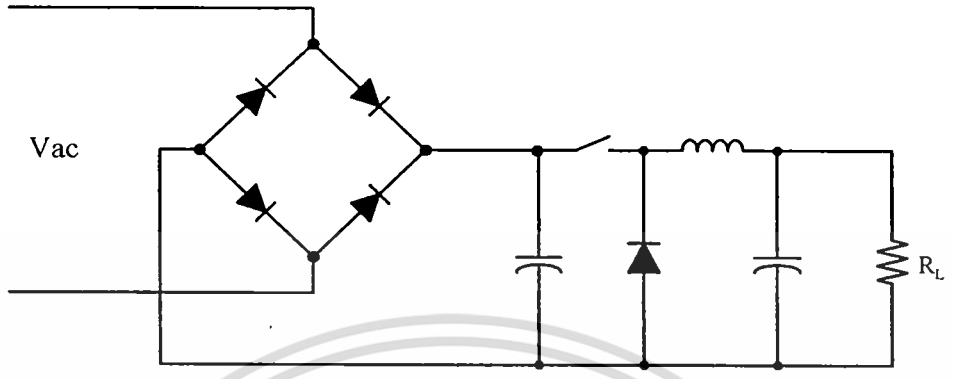
รูปที่ 4.5 วงจรเรียงกระแส



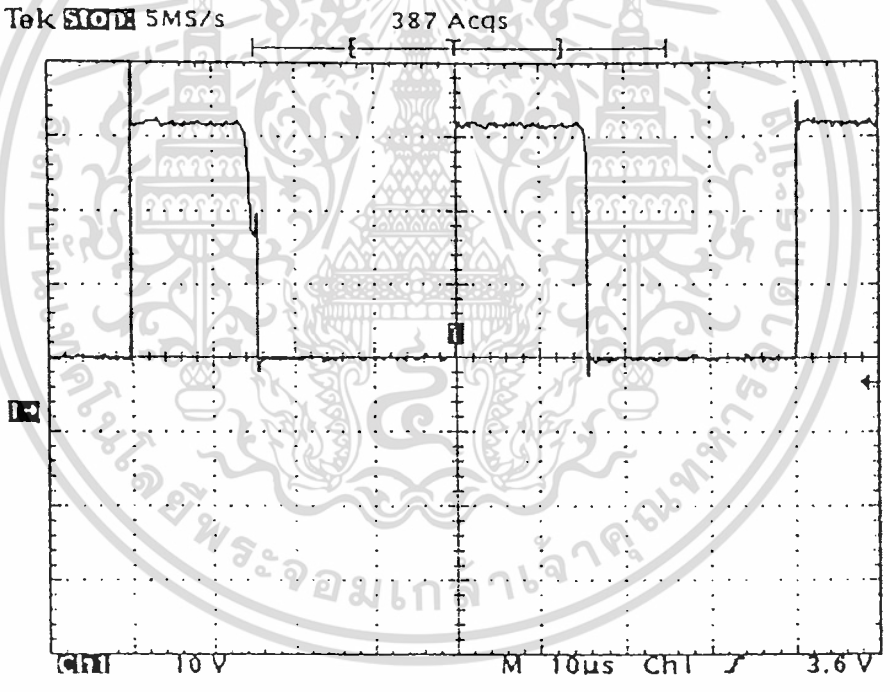
รูปที่ 4.6 แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุขณะ Test Load 3 kVA
(แรงดัน 100 V/DIV, เวลา 5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 เป็นแรงดัน (BUCK) ทำหน้าที่ลดระดับแรงดันที่ออกจากวงจรบริดจ์ จากระดับแรงดัน 300 โวลต์ เป็น 120 โวลต์



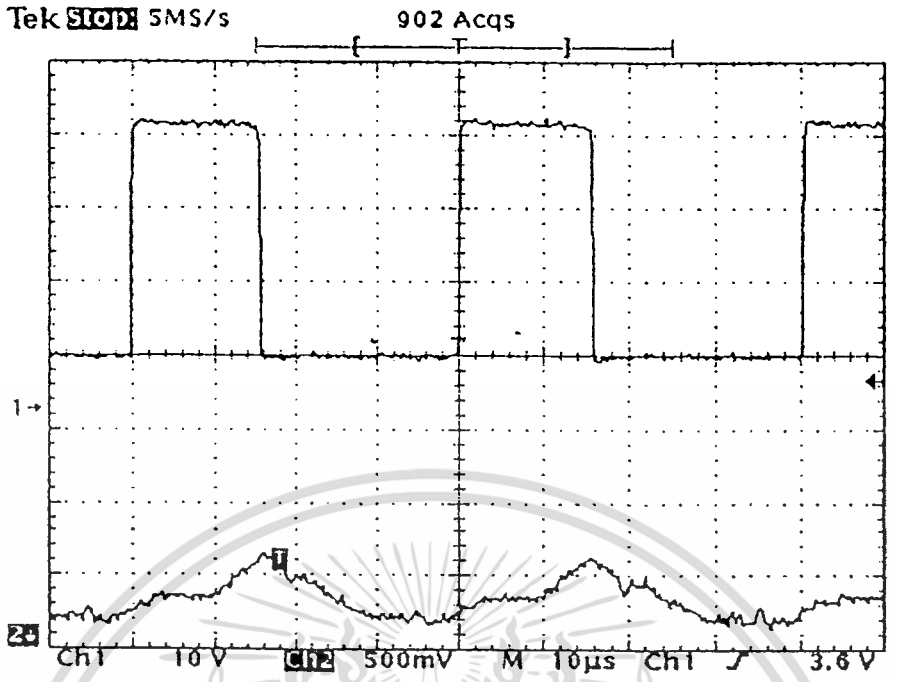
รูปที่ 4.7 วงจรทอนระดับ



รูปที่ 4.8 แรงดัน V_{DS} ของ MOSFET ขณะ Test Load 3 kVA

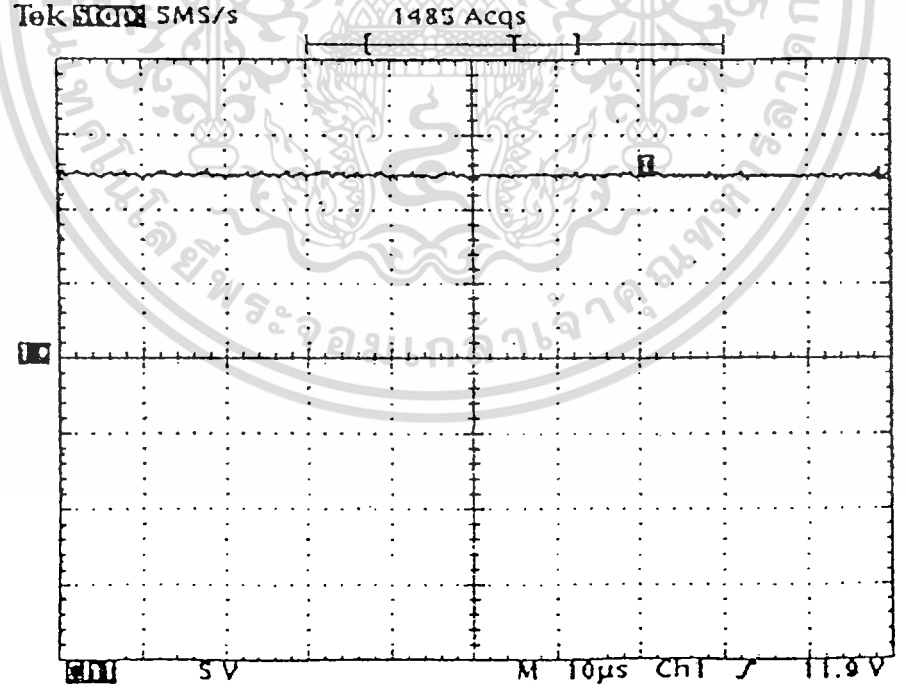
(แรงดัน 100 V/DIV , เวลา 10 µs/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 รูปคลื่นกระแสกระเพื่อมของวงจรทอนระดับขณะ Test load 3 kVA

(แรงดัน 100 V/DIV , เวลา 10 µs/DIV)

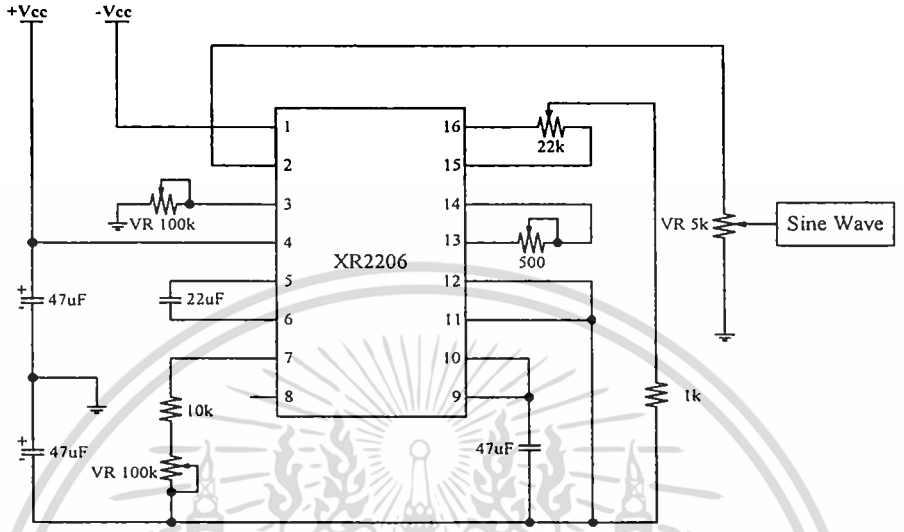


รูปที่ 4.10 แรงดันตกคร่อมโหลดขณะ Test Load 3 kVA

(แรงดัน 50 V/DIV , เวลา 10 µs/DIV)

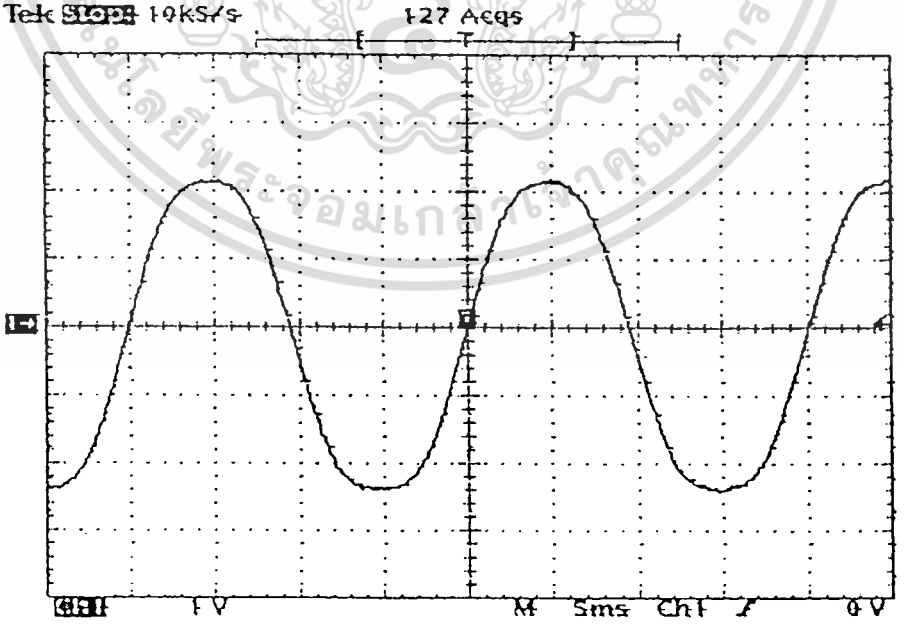
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 เป็นวงจรสร้างสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง สัญญาณขาออกเป็น Sine wave 50 Hz โดยใช้ IC เบอร์ XR 2206 เป็นตัวกำเนิดความถี่ขึ้นมา แล้วผ่านวงจร Band Pass Filter ทำให้ได้ Out put เป็น Sine Wave 50 Hz



รูปที่ 4.11 ภาคกำเนิดสัญญาณ Sine

ผลการทดลองที่ได้จากวงจรรูปที่ 4.9 จะได้สัญญาณไซน์ที่สมบูรณ์ มีความถี่ 50 Hz ดังรูปที่ 4.10 และสามารถปรับ Amplitude ของสัญญาณ โดยการปรับค่า VR. 5 kΩ สัญญาณไซน์ที่ได้จะมีการแกว่งตัวเล็กน้อย เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนในการลงอุปกรณ์และ Wiring สายต่างๆ

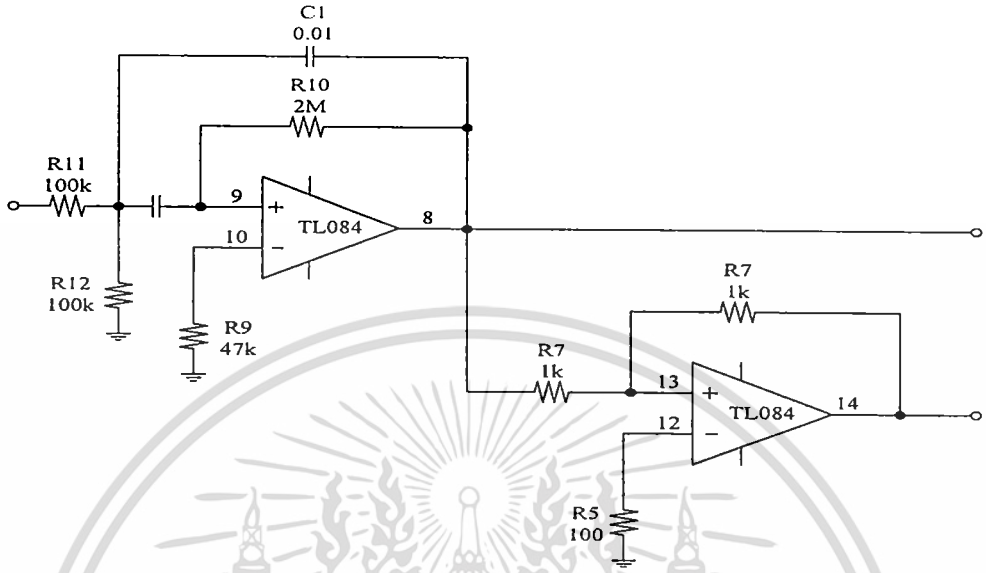


รูปที่ 4.12 แสดงรูปสัญญาณไซน์ที่ได้จากการทดลอง

(แรงดัน 1V/DIV , เวลา 5 ms / DIV)

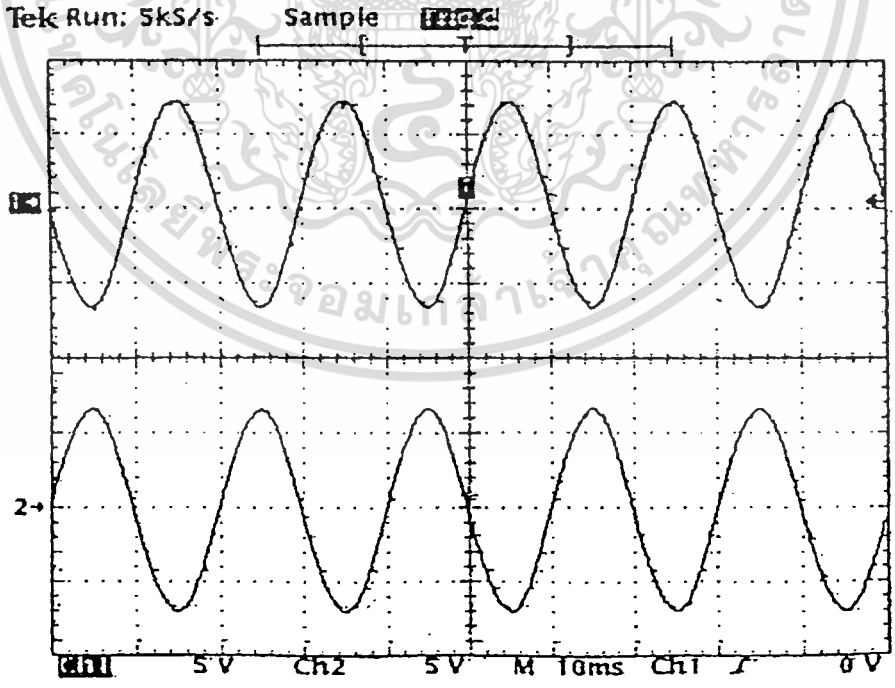
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไซน์ที่ได้ผ่านวงจร Band Pass Filter และทำการกลับเฟสสัญญาณ Sine Wave 50 Hz ทำให้ได้ Reference Sine Wave 2 ชุด ที่กลับเฟสกัน 180 องศา



รูปที่ 4.13 แสดงวงจร Band Pass Filter และวงจร Inverting

ผลการทดลองได้รูปคลื่น สัญญาณ Sine Wave 50 Hz ที่กลับเฟสกัน 180 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.13

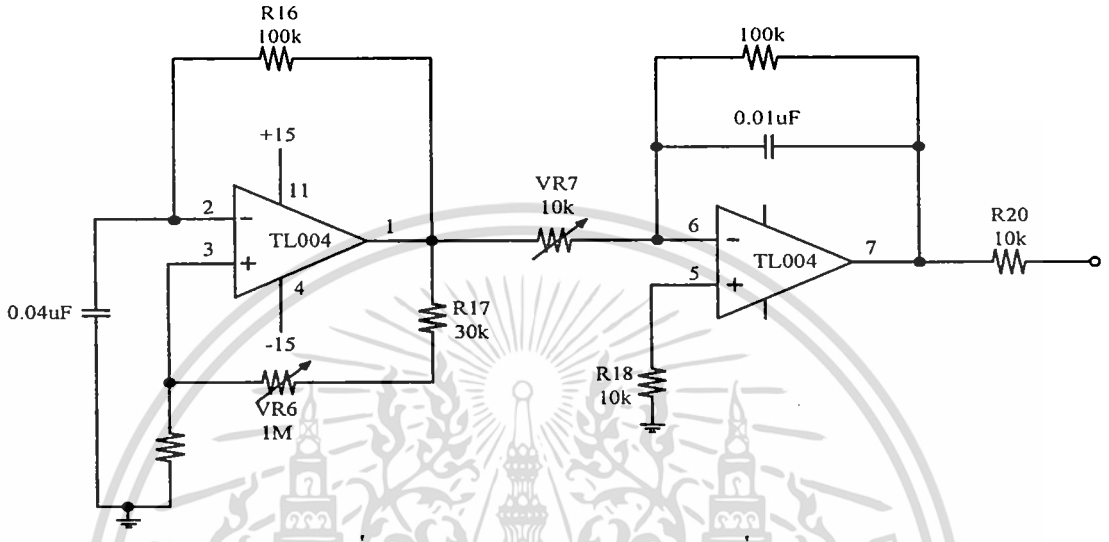


รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณเอาท์พุท Sine Wave 50 Hz กลับเฟสกัน 180 องศา

(แรงดัน 5 V/DIV , เวลา 10 ms/DIV)

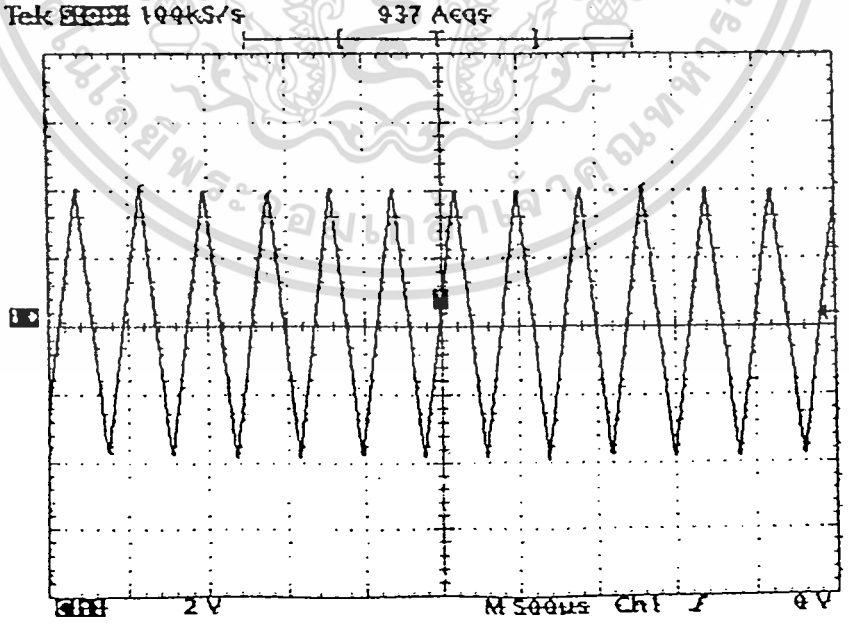
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณสามเหลี่ยม จากรูปที่ 4.15 วงจรที่ใช้เป็นวงจร integrator และ comparator โดย comparator จะเปรียบเทียบสัญญาณ out put ที่เป็น triangle wave กับแรงดันค่าๆ หนึ่ง ทำให้ได้เอาท์พุทออกเป็น square wave ที่สามารถปรับความกว้างของ pulse ได้และเมื่อผ่านวงจร integrator ก็ได้สัญญาณ triangle wave



รูปที่ 4.15 วงจรกำเนิดสัญญาณสามเหลี่ยม

ผลจากการทดลองจะได้สัญญาณรูปสามเหลี่ยม ที่จะนำไปมอดดูเลทกับสัญญาณไซน์ สำหรับความถี่ที่ทดลองคือประมาณ 2.5 kHz ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.16

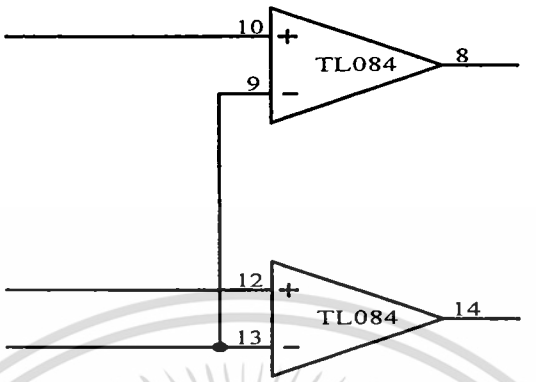


รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง

(แรงดัน 0.5 V/DIV , เวลา 2 ms/DIV)

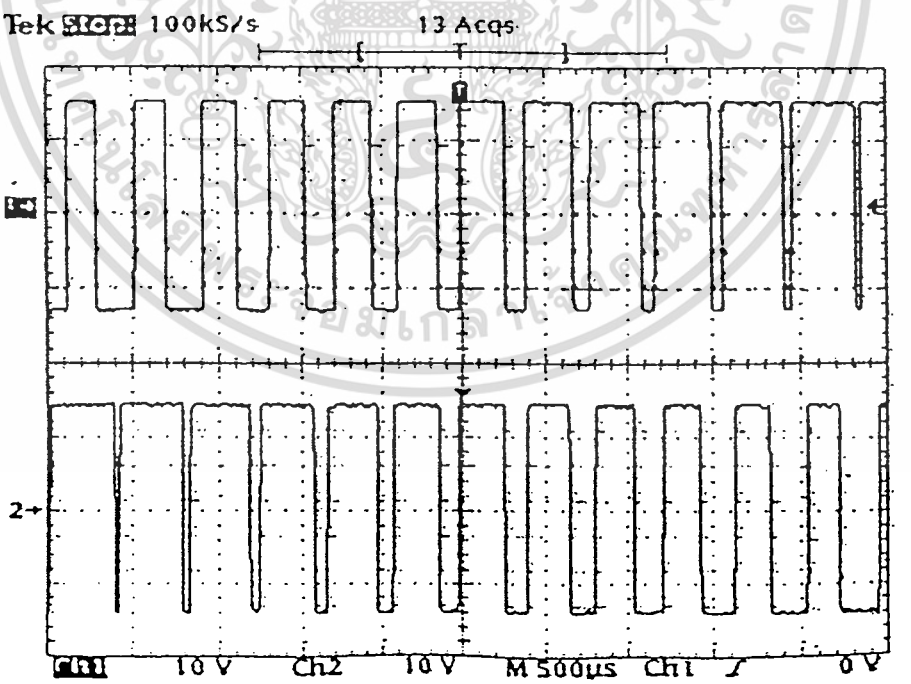
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จากรูปที่ 4.17 โดยนำสัญญาณไซน์ และสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากวงจรก่อนหน้านี้นำมาป้อนเข้าอินพุทของวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ เพื่อสร้างสัญญาณ PWM ออกมา



รูปที่ 4.17 แสดงวงจรเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้ทดลอง

ผลการทดลองจะได้รูปคลื่นสัญญาณที่ผ่านการเปรียบเทียบแรงดันแล้ว โดยจะเห็นว่าการเปรียบเทียบสัญญาณไซน์และสัญญาณสามเหลี่ยมนั้น ถ้าสัญญาณไซน์มีค่ามากกว่าสัญญาณสามเหลี่ยมเอาท์พุทที่ได้จะได้เป็นแรงดันประมาณ (+V) ซึ่งในวงจรนี้ใช้แรงดัน (+V) เท่ากับ 12 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.18

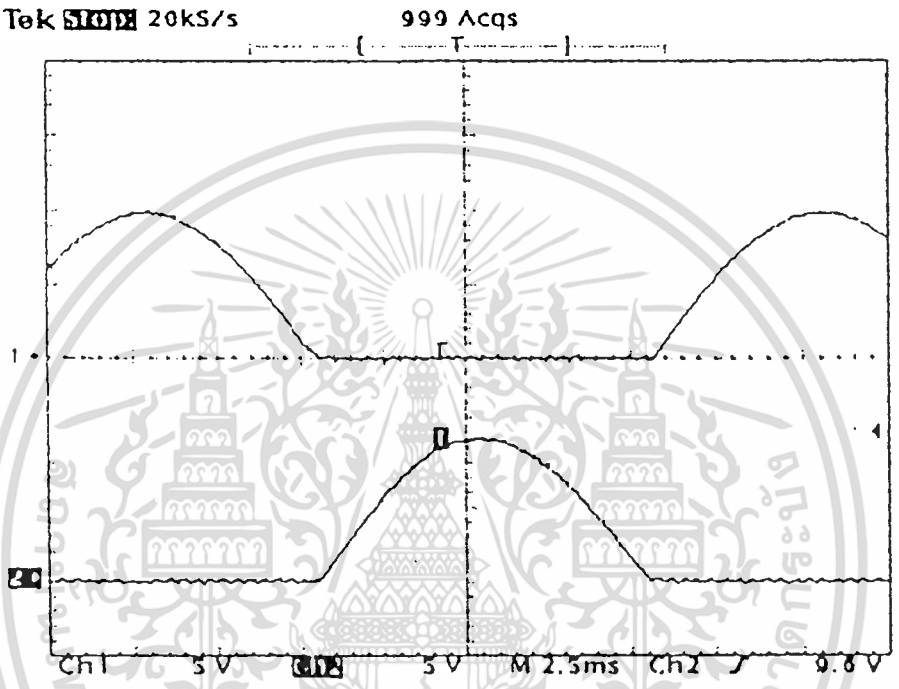


รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาท์พุท วงจร PWM ที่ได้จากการทดลอง

(แรงดัน 10 V/DIV , เวลา 5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในรูปที่ 4.18 สัญญาณที่ขับเกทวงจร Power MOSFET จาก CH1 และ CH2 จะทำให้ Power MOSFET ON พร้อมกัน ในเลคเดียวกันซึ่งเปรียบเสมือนการ Short Power Supply โดยผ่าน R_{DS} ON ของ Power MOSFET ซึ่งจะทำให้สวิทช์คู่ Power MOSFET เสียหายได้ ได้ทำการแก้ไขโดยการนำสัญญาณ Sine wave ที่ได้จากภาค Band Pass Filter และวงจรInverting มาทำการ Detect เฉพาะครึ่งบวก ดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณ sine wave ที่ถูก Detect แล้ว
(แรงดัน 5V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

แล้วจึงนำสัญญาณ Sine wave ครึ่งคลื่นมา Modulate กับสัญญาณสามเหลี่ยมซึ่งจะได้สัญญาณเอาท์พุท ดังรูปที่ 4.20

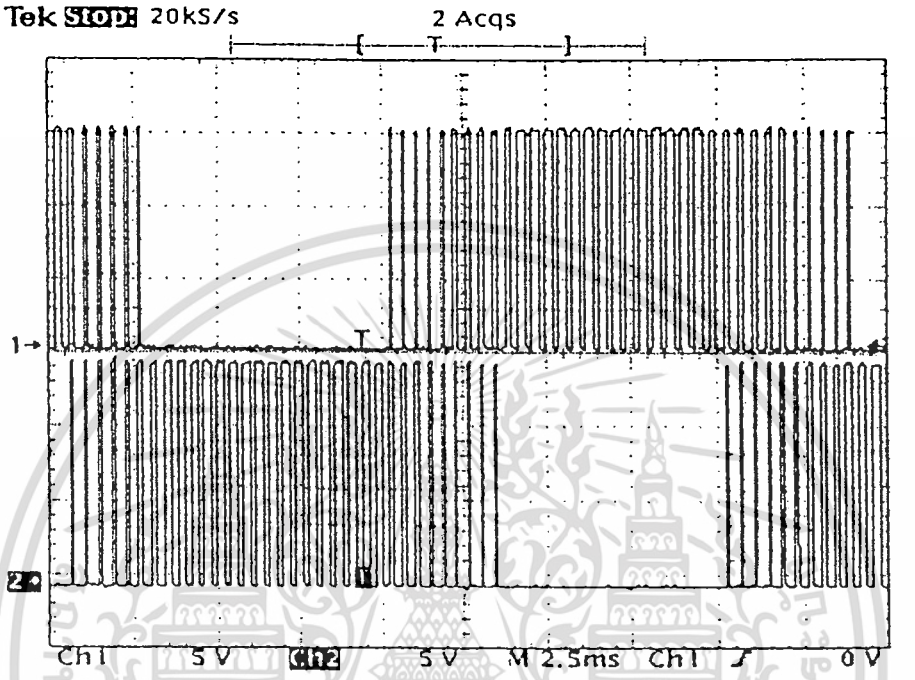
รูปที่ 4.20 จะเห็นว่าสัญญาณที่จะขับเกจวงจรชุด Power แบบ Bridge มีการเปลี่ยนกลับของสัญญาณ ซึ่งทำให้มีการ ON พร้อมกันของ Power MOSFET ในเลคเดียวกัน ซึ่งอาจทำให้ Power MOSFET เสียหายได้

สาเหตุที่เกิดการเปลี่ยนกลับของสัญญาณที่ถูก Modulated แล้วนั้น น่าจะเป็นเพราะสัญญาณ Sine wave ที่ได้ยังไม่นิ่งพอ มีการแกว่งตัวหรือสวิงเล็กน้อยระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากครึ่งบวกเป็นครึ่งลบ

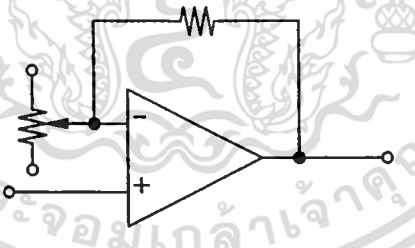
ได้ทำการแก้ไขเพื่อไม่ให้มีการเปลี่ยนกลับของสัญญาณ โดยการนำสัญญาณ Sine wave ครึ่งคลื่นที่ถูก Detect แล้วมาผ่านวงจรปรับค่า Offset Voltage เพื่อให้ช่วงต่อระหว่างครึ่งบวกและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

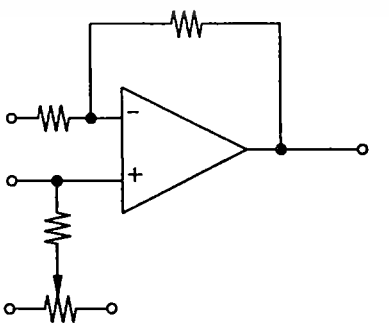
ครึ่งลบมีระยะห่างอยู่ประมาณ 2 ms แล้วจึงนำไป Modulate กับสัญญาณสามเหลี่ยม ซึ่งเอาท์พุทที่ได้แสดงในรูปที่ 4.25 ส่วนในรูปที่ 4.21 เป็นรูปแสดงวงจร การปรับค่า Offset Voltage ทั้งสองแบบ ทั้งแบบ Non Inverting และ Inverting



รูปที่ 4.20 สัญญาณที่ผ่านการ Modulate



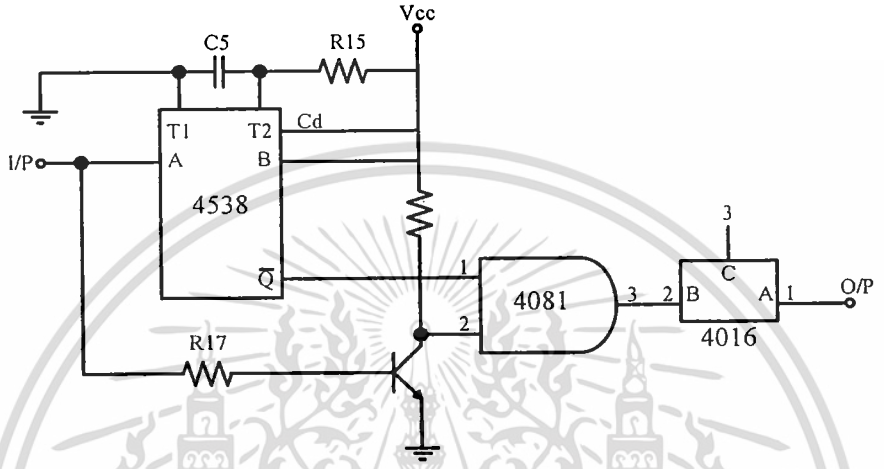
รูปที่ 4.21 ก. แสดงวงจรปรับค่า Offset Voltage แบบ Non Inverting



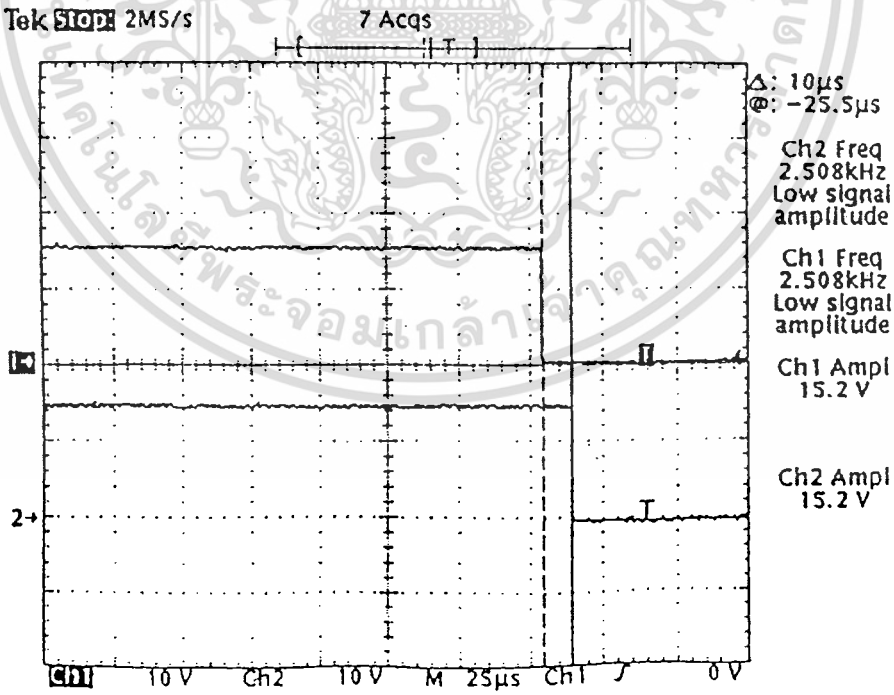
รูปที่ 4.21 ข. แสดงวงจรปรับค่า Offset Voltage แบบ Inverting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้สัญญาณที่ Modulate กันแล้ว จะนำมาผ่านวงจรหน่วงเวลาในการทดลองนี้ เลือกใช้วงจรโมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเดอร์ ผลิตความกว้างของช่วงเวลาที่หน่วงเวลาออกมาหลังจากนั้นจะนำมา AND กับสัญญาณ PWM ที่สร้างขึ้นโดยใช้ ไอซี เบอร์ 4538 มาเป็นตัวสร้างสัญญาณหน่วงเพื่อให้เกิดค่า Time Delay ในการที่จะไปขับเกทของมอสเฟสที่วงจรกำลัง ซึ่งสัญญาณ Delay นั้นจะปรับได้ที่ 10 µs



รูปที่ 4.22 แสดงวงจรหน่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง

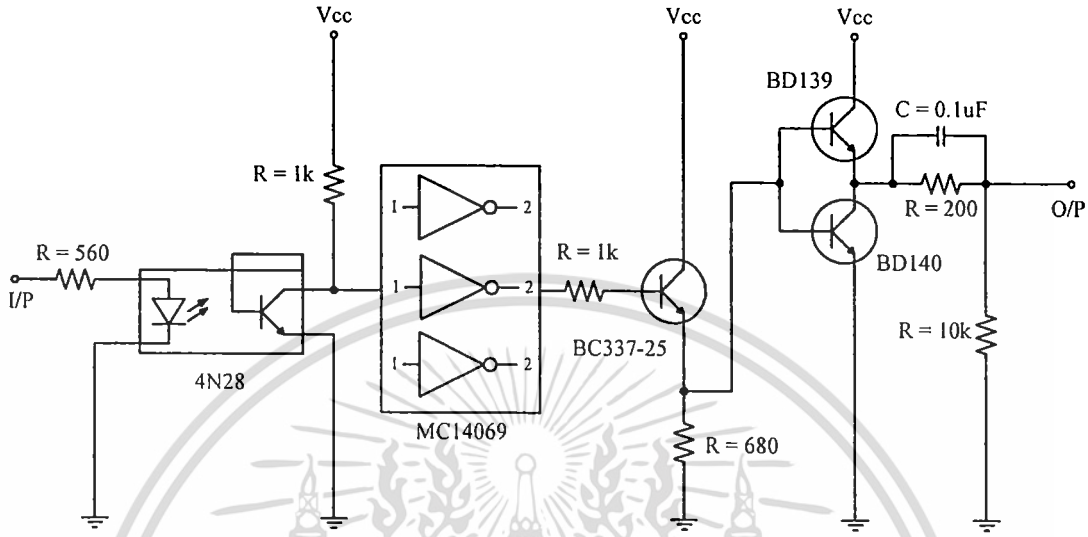


รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณเอาท์พุทของวงจรหน่วงเวลาที่กลับเฟสกัน

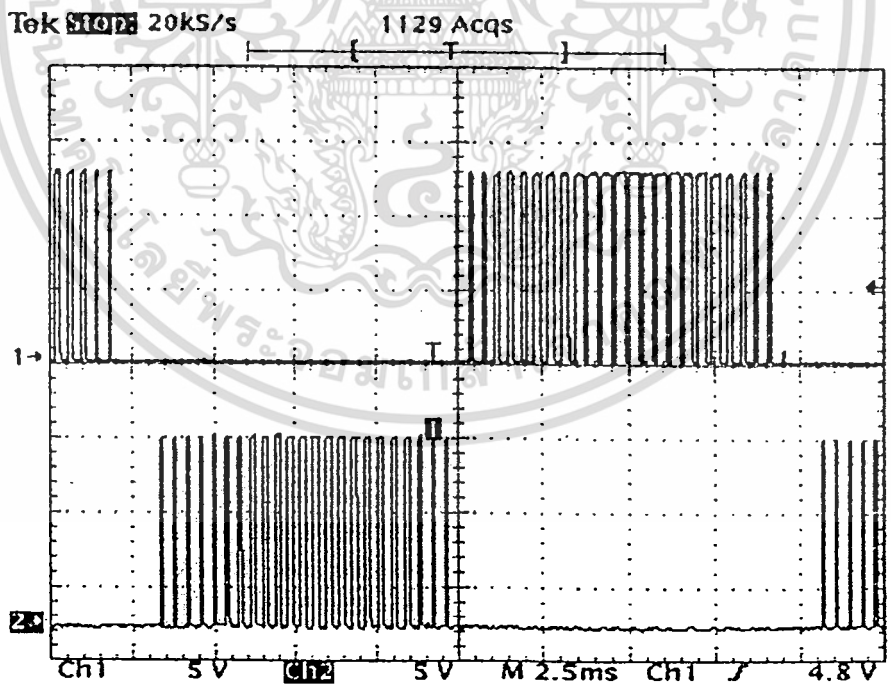
(แรงดัน 10V/DIV เวลา 25 µs/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 เป็นรูปภาคขับเกท (Gate Drive) ซึ่งใช้ Opto Coupler เป็นตัวแยกกราวด์ และใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูลเพื่อความเร็วในการสวิทช์



รูปที่ 4.24 วงจรขับเกท (Gate Drive)

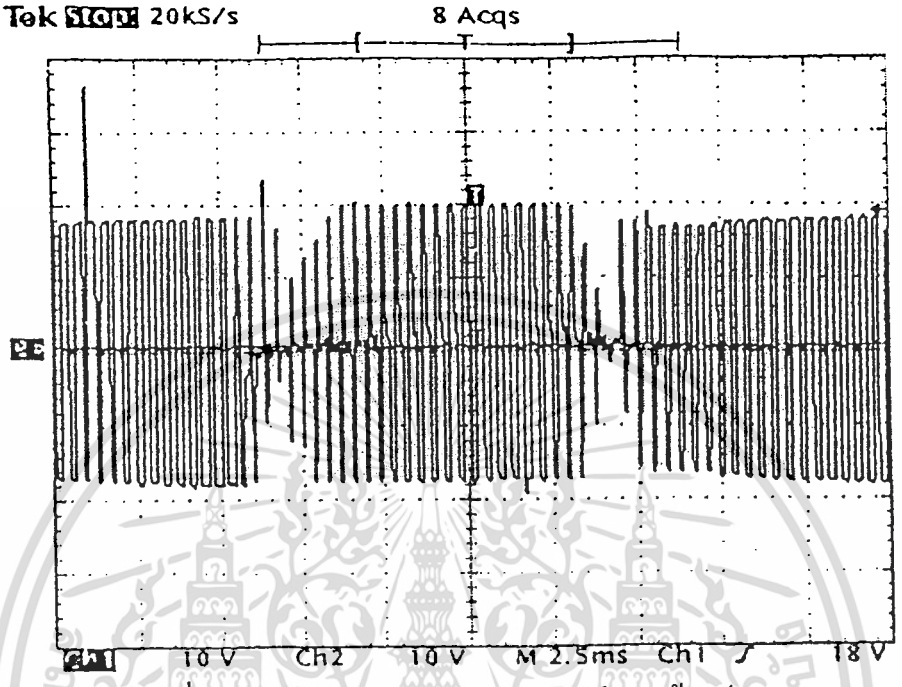


รูปที่ 4.25 แสดงสัญญาณที่นำไปขับเกทของ Power MOSFET

(แรงดัน 5V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

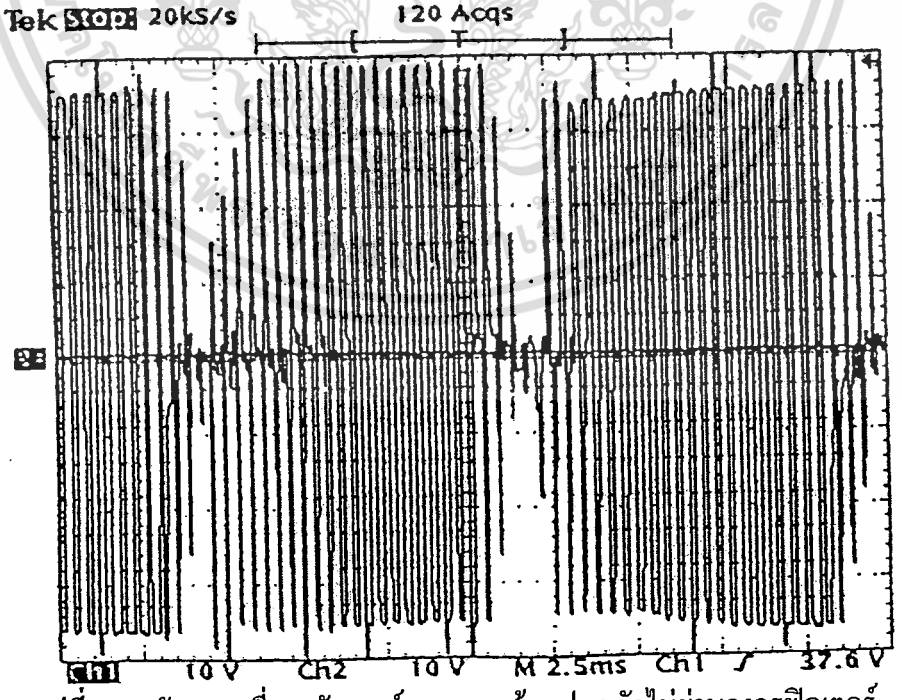
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.25 จะเห็นว่า สัญญาณที่จะนำไปขับเกทของ Power MOSFET จะไม่มีการเปลี่ยนกลับของสัญญาณในเลคเดียวกันแล้ว



รูปที่ 4.26 รูปสัญญาณแรงดันอินพุทตกคร่อมหม้อแปลง

(แรงดัน 100V/DIV , เวลา 2.5 ms/DIV)

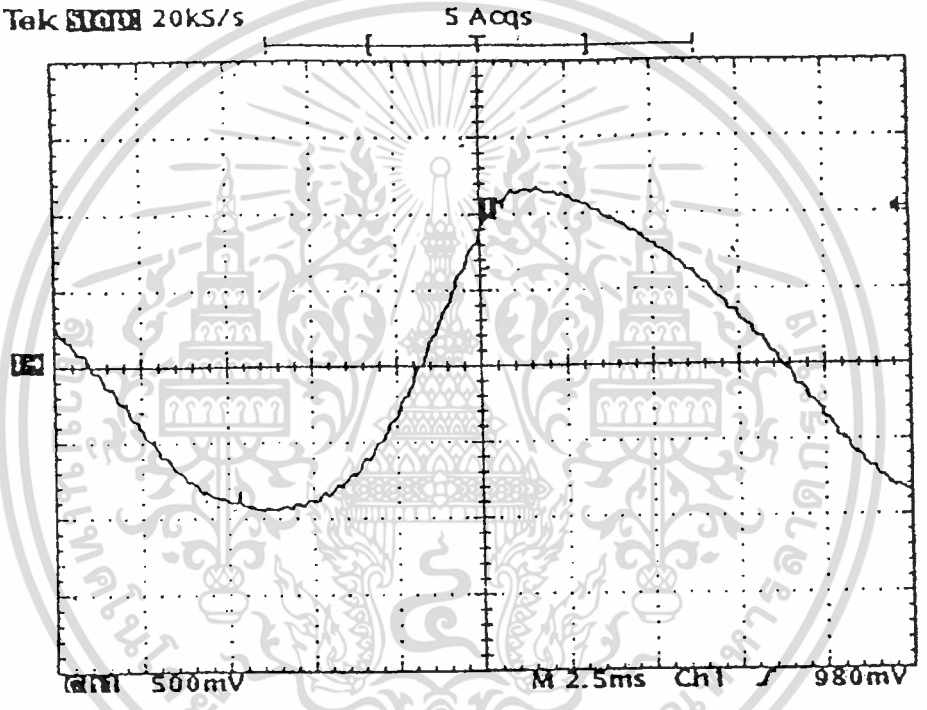


รูปที่ 4.27 สัญญาณที่แรงดันเอาท์พุทของหม้อแปลง ยังไม่ผ่านวงจรฟิลเตอร์

(แรงดัน 100V/DIV , เวลา 2.5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

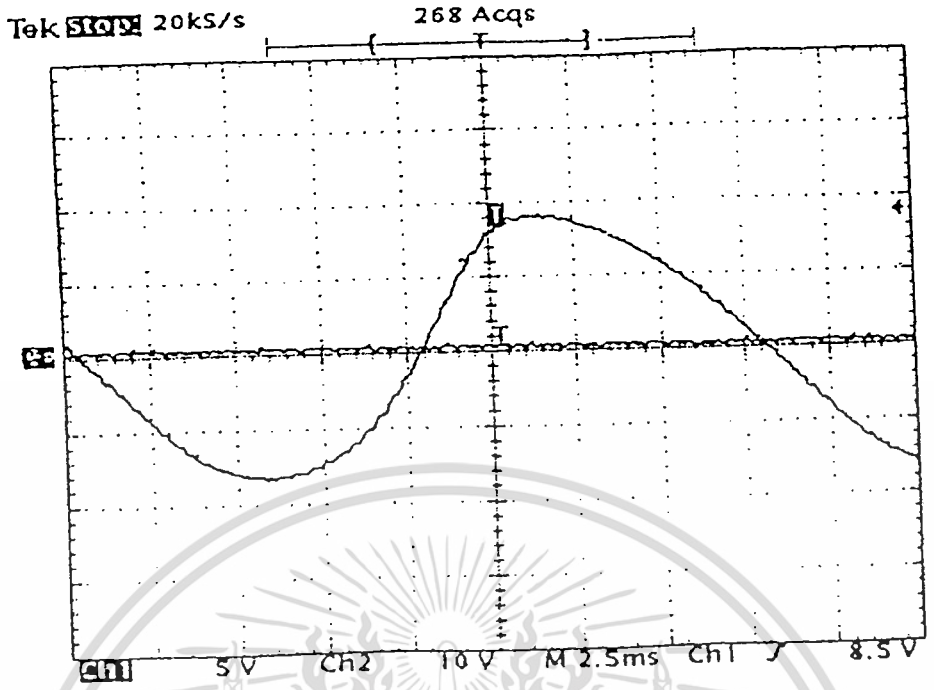
จากรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27 เป็นรูปแสดงสัญญาณอินพุทและเอาท์พุท หม้อแปลง ซึ่งจะเห็นว่า การ Turn Off ของ Power MOSFET ไม่ Off ที่แรงดันศูนย์เนื่องจากโหลดที่ใช้ในวงจร Power ที่ต่อลักษณะ Bridge เป็น Transformer ซึ่งเปรียบเสมือน L ที่ต่อเป็นโหลดอยู่ เมื่อสัญญาณ Trig ขา gate เป็นศูนย์ แต่ Power MOSFET ยังไม่ Off เนื่องจาก L คายพลังงานออกมา ทำให้ MOSFET ON ได้อีกระยะหนึ่งและเนื่องจาก วงจรภาคกำลังต่อเป็นแบบ Bridge นี้เอง ทำให้ไม่สามารถที่จะใช้วิธีการใช้ไดโอดแคลมป์ที่ขดลวดของหม้อแปลงได้และสัญญาณเอาท์พุทของหม้อแปลงเมื่อทำการผ่าน วงจร Filter แล้วจะได้เป็นสัญญาณ Sine wave



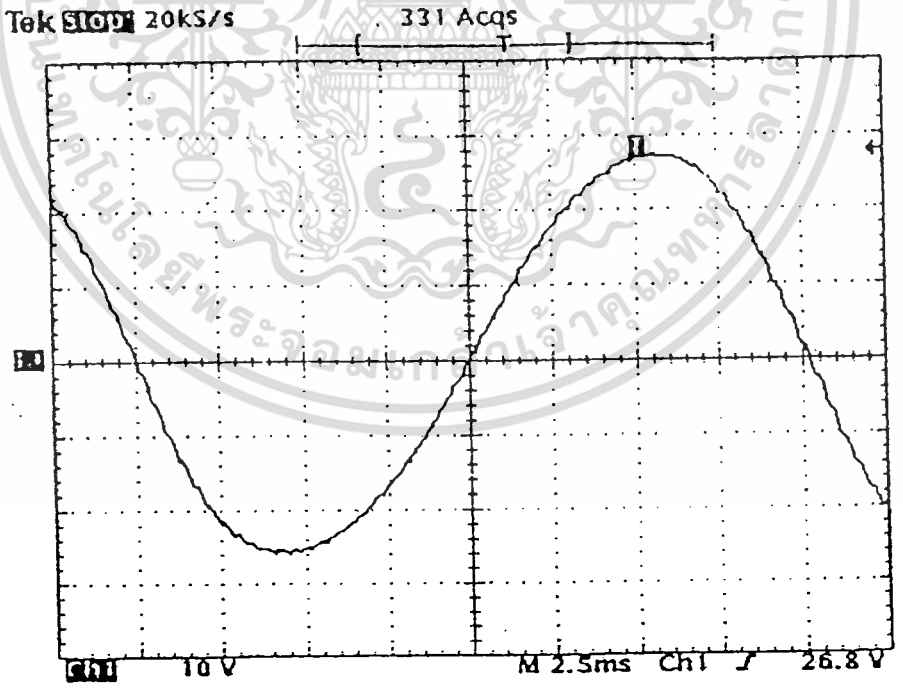
รูปที่ 4.28 สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter L=36mH ,C=325 μF,V_{rms}=10V

(แรงดัน 1 V/DIV , เวลา 2.5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

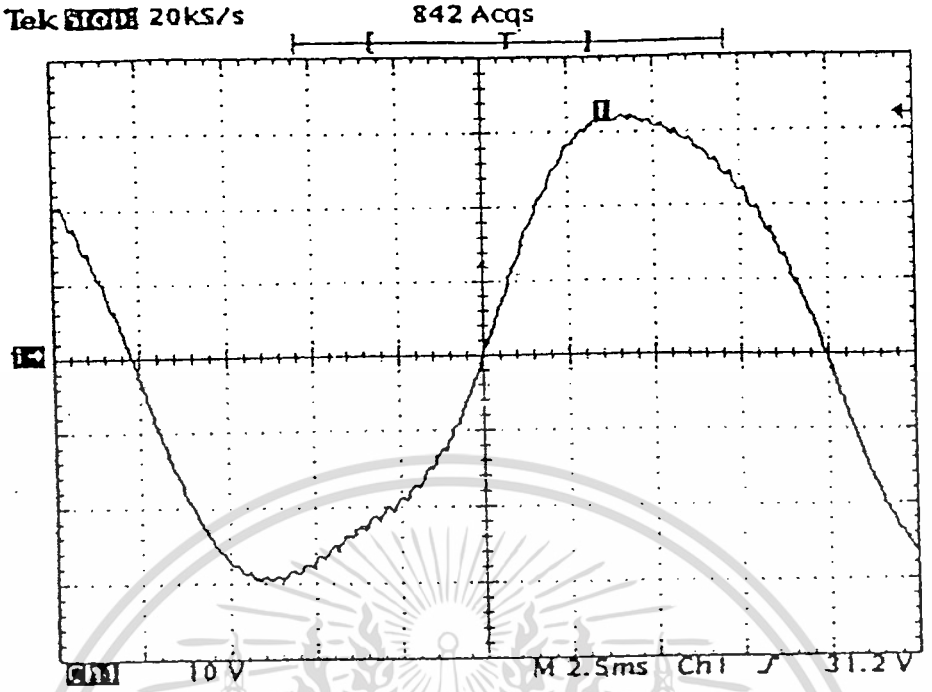


รูปที่ 4.29 สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter L=36mH ,C=10 μF ,V_{rms}=65V (แรงดัน 50V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

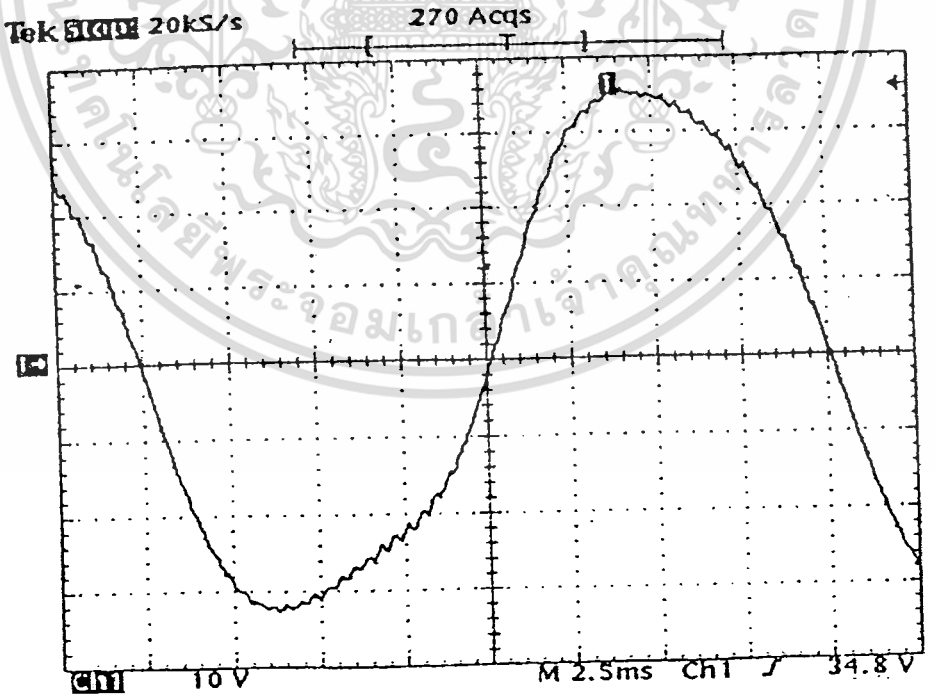


รูปที่ 4.30 สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter L=36mH ,C=325 μF ,V_{rms}=120V (แรงดัน 100V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

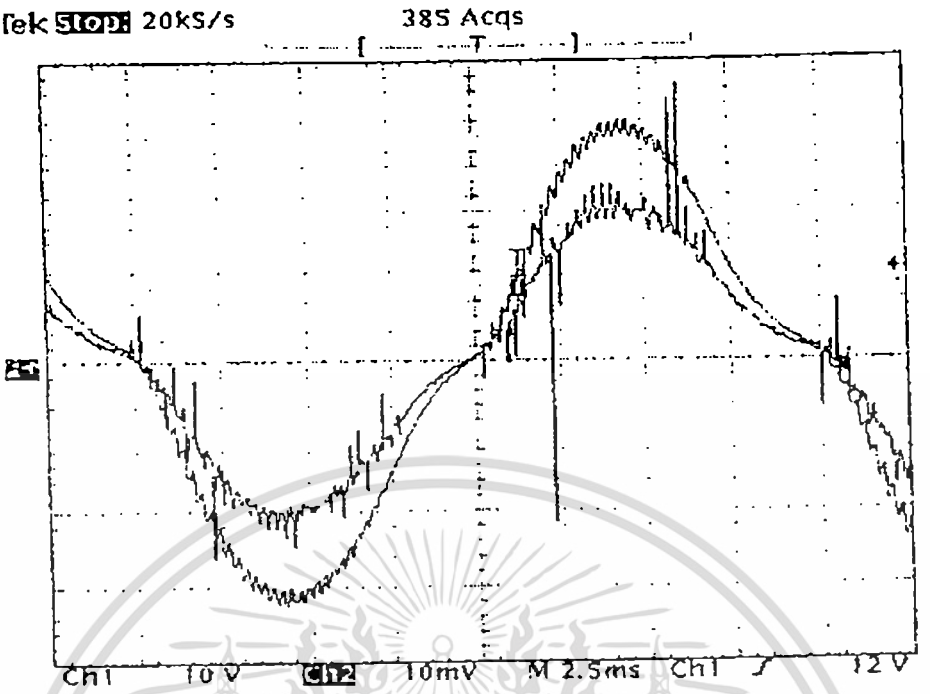


รูปที่ 4.31 สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter
โดยทำการปรับเปอร์เซ็นต์การ Modulation ลดลง L=4mH ,C=10 μF ,V_{rms}=220V
(แรงดัน 100V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

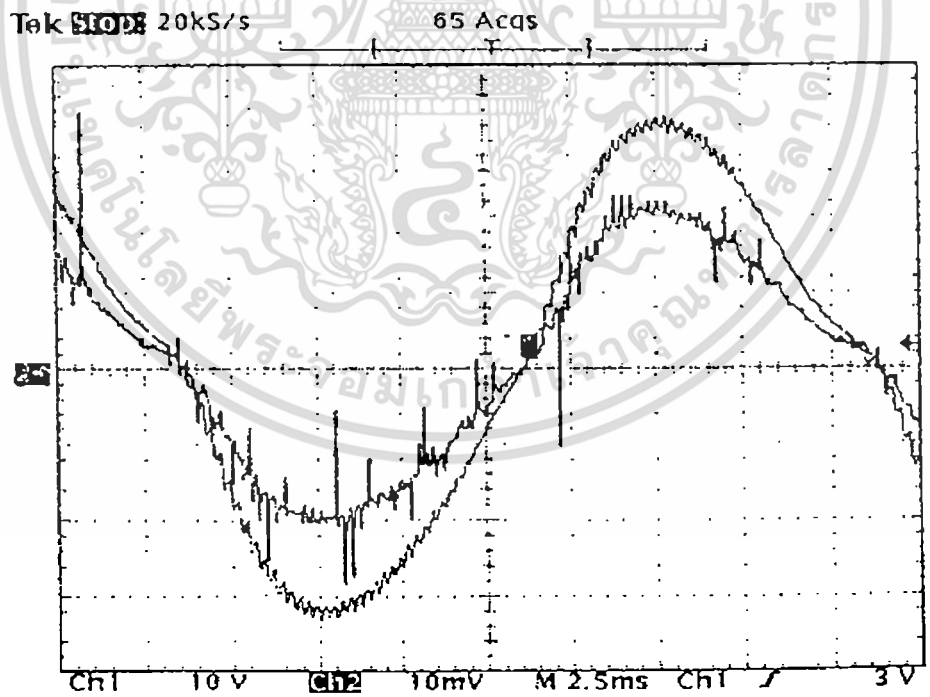


รูปที่ 4.32 สัญญาณที่เอาท์พุท ขณะ No Load หลังผ่านวงจร Filter L=1.5mH ,C=10 μF ,V_{rms}=240V
(แรงดัน 100V/DIV, เวลา 2.5 ms/DIV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

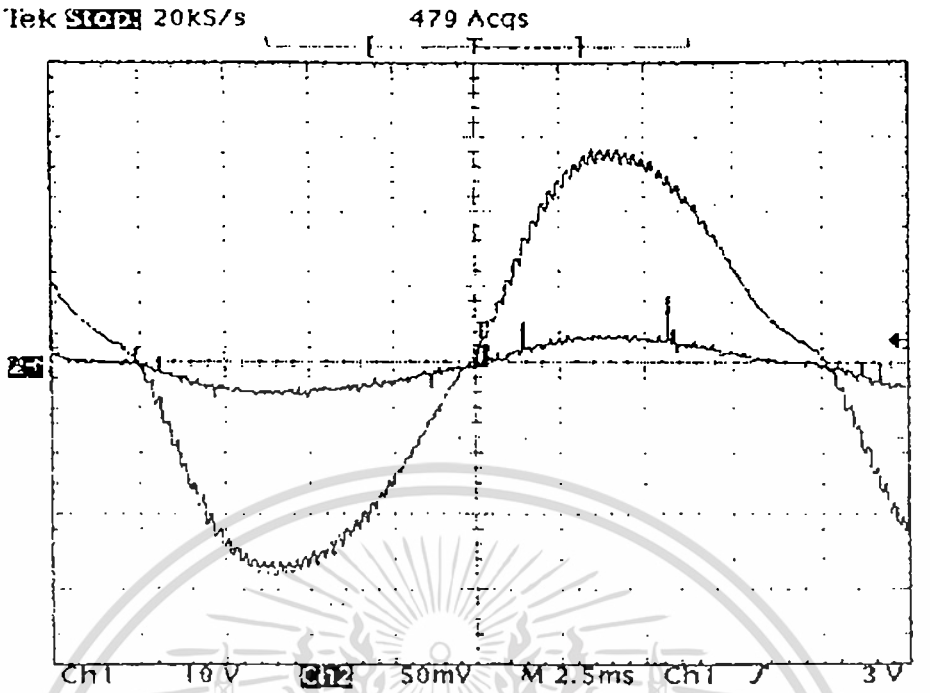


รูปที่ 4.33 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 5 หลอด แรงดัน 10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =218 V , I_{rms}=1.2A (Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)



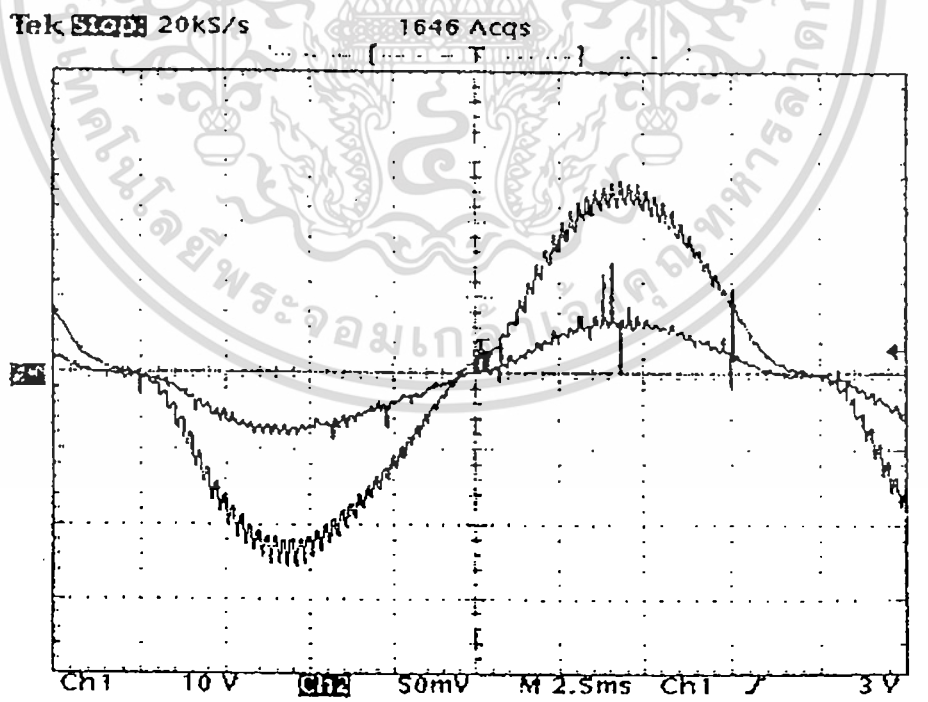
รูปที่ 4.34 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 10 หลอด แรงดัน10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =210 V , I_{rms}=1.3A (Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



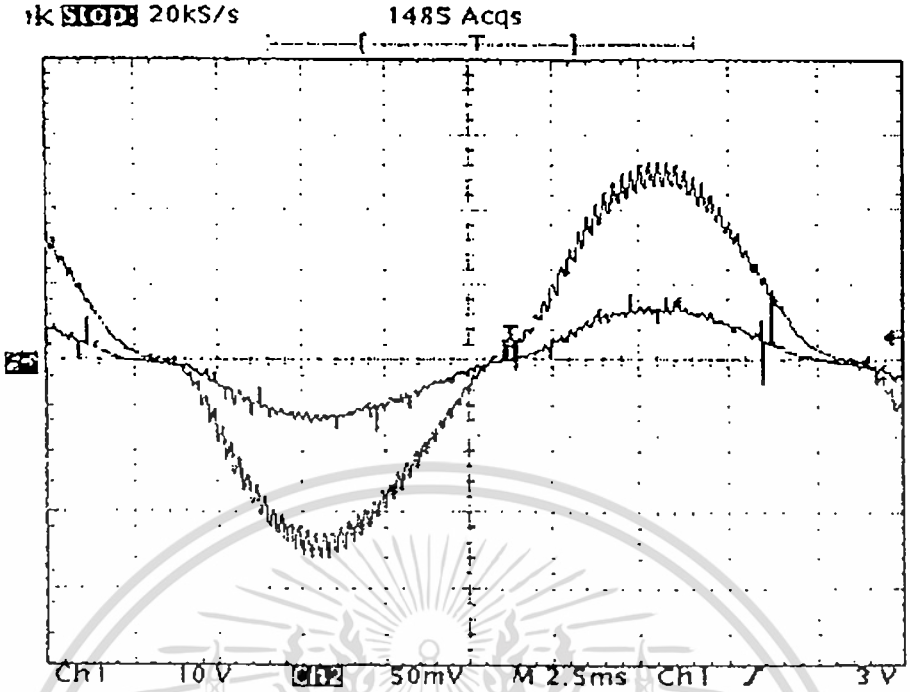
รูปที่ 4.35 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 15 หลอด แรงดัน 10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =180 V , I_{rms}=1.5A

(Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)



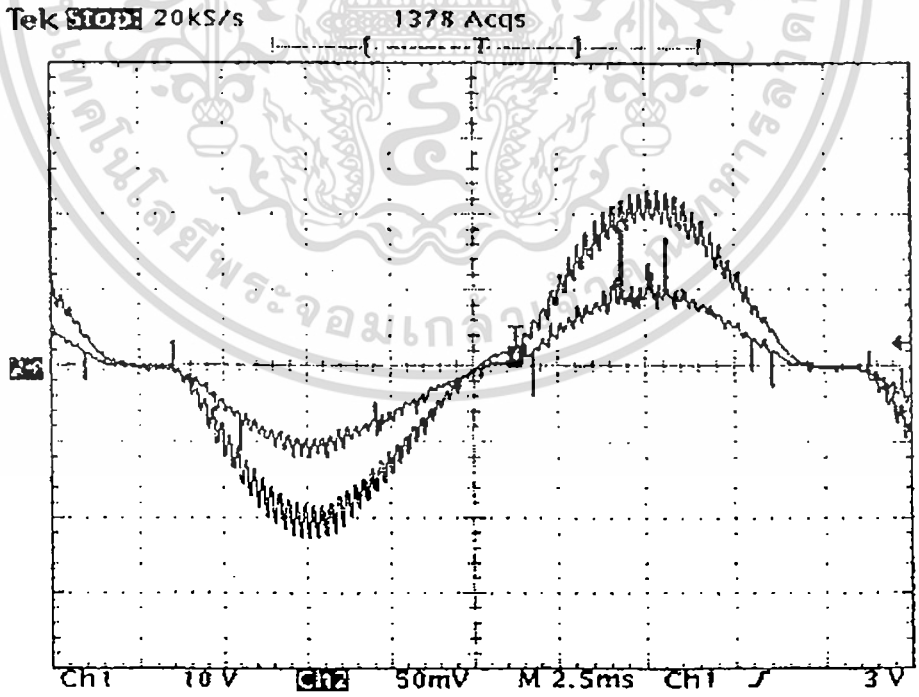
รูปที่ 4.36 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 20 หลอด แรงดัน10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =150 V , I_{rms}=2.1 A(Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



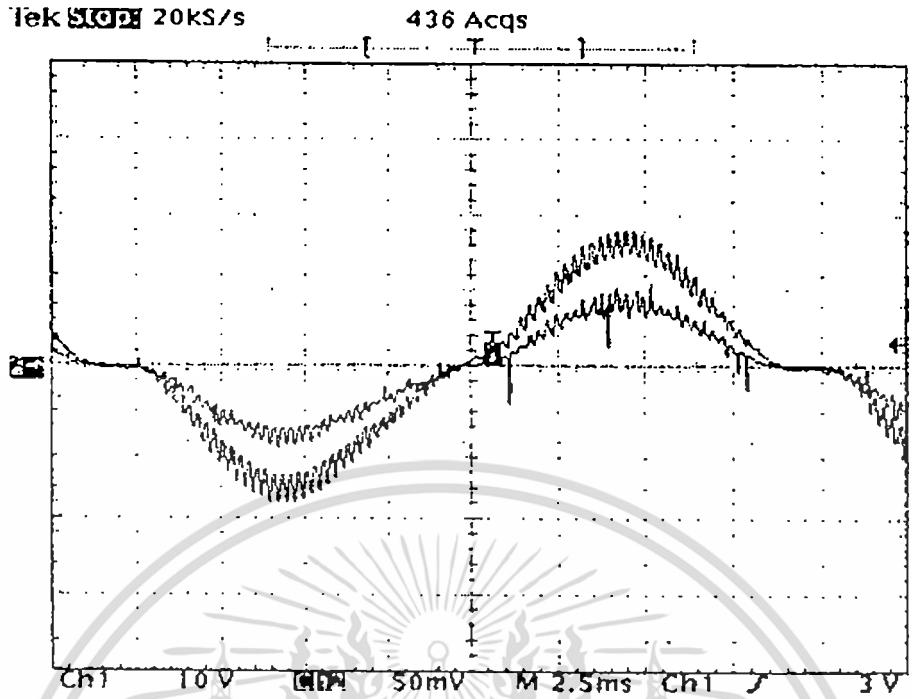
รูปที่ 4.37 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 25 หลอด แรงดัน 10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =140 V , I_{rms}=2.4 A

(Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)

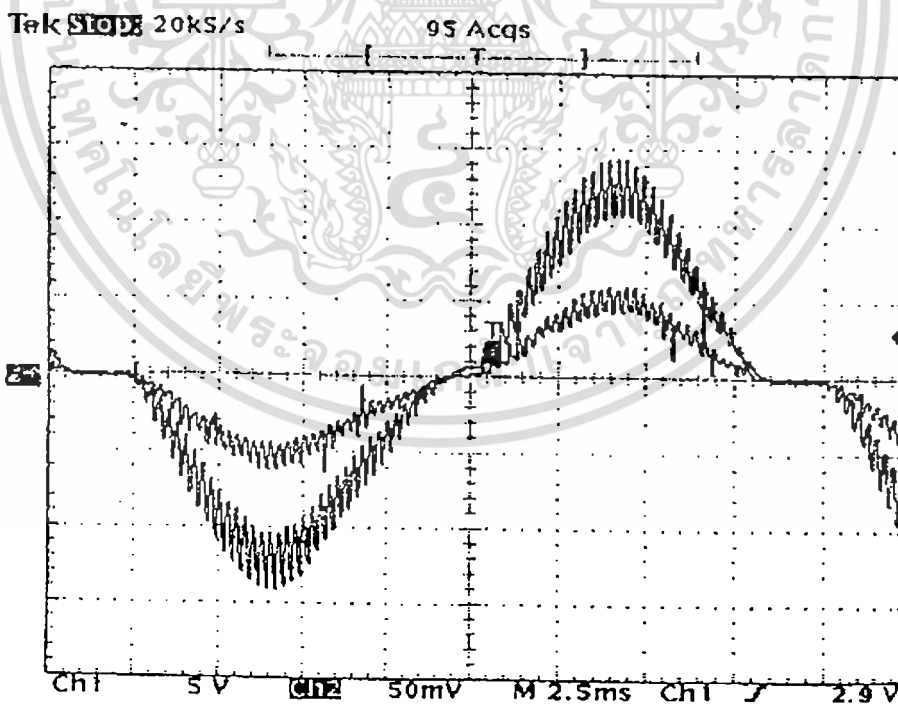


รูปที่ 4.38 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 30 หลอด แรงดัน10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} =120 V , I_{rms}=2.7 A (Probe แรงดันx10, Probe กระแส 10 mv/A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

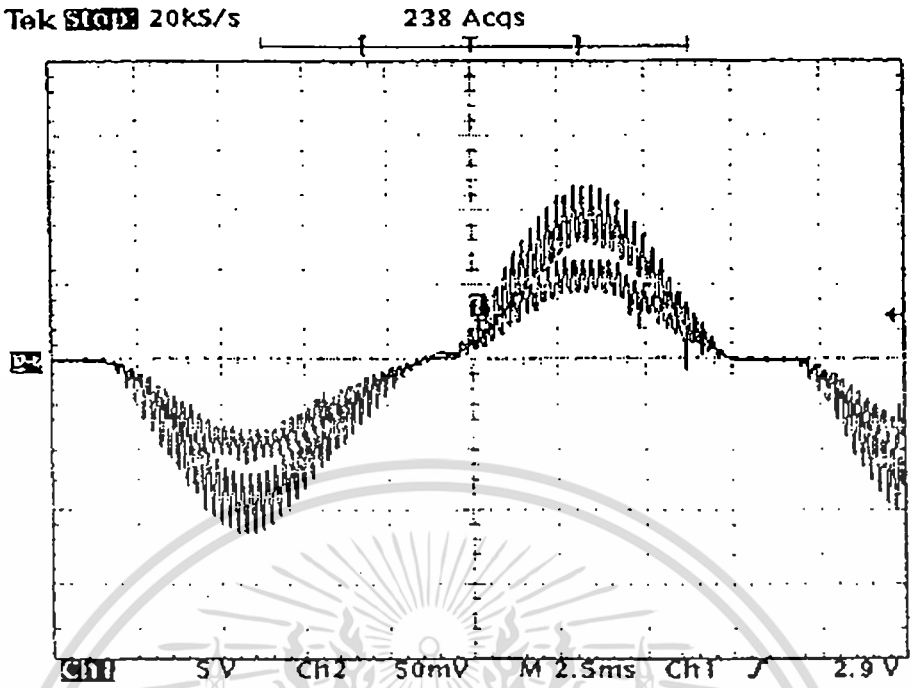


รูปที่ 4.39 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 35หลอด แรงดัน10V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} = 90 V , I_{rms}=3.0 A(Probe แรงดันx10 , Probe กระแส 10 mv/A)

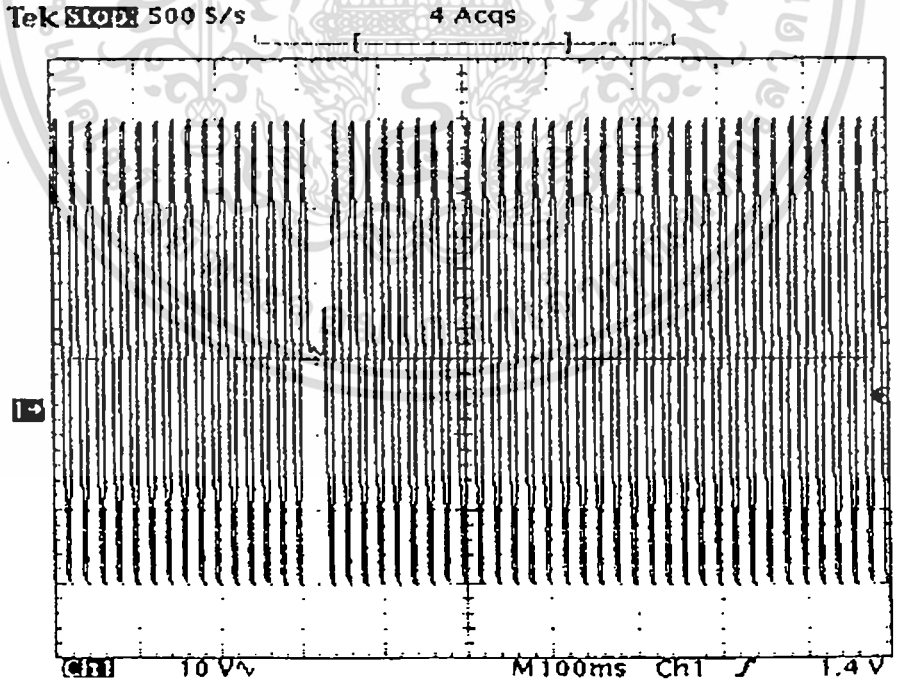


รูปที่ 4.40 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 40 หลอด แรงดัน 5 V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} = 60 V , I_{rms}=3.1 A (Probe แรงดันx10 , Probe กระแส 10 mv/A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 สัญญาณเอาท์พุท ที่โหลดทดสอบ หลอดไฟ 60 วัตต์ จำนวน 45หลอด แรงดัน 5 V/DIV, เวลา 2.5 ms/ DIV , V_{rms} = 50 V , I_{rms}=3.2 A (Probe แรงดันx10 , Probe กระแส 10 mv/A)

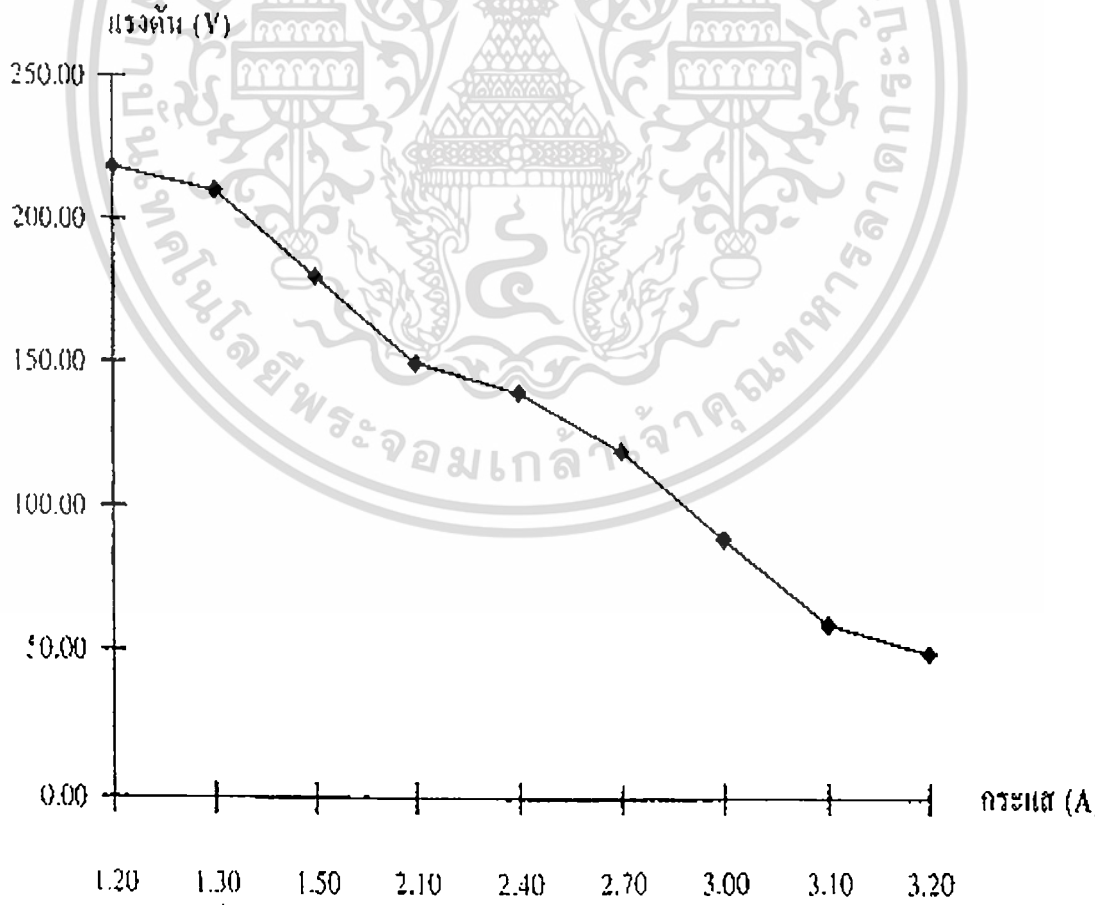


รูปที่ 4.42 รูปสัญญาณ Transfer Switch โดยใช้ Magnetic Contactorใช้เวลาในการ Transfer 15 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันขณะจ่ายโหลด

หลอดไฟขนาด 60 วัตต์ (หลอด)	แรงดันเอาท์พุท(V)	กระแสเอาท์พุท(แอมป์)
5	218.00	1.20
10	210.00	1.30
15	180.00	1.50
20	150.00	2.10
25	140.00	2.40
30	120.00	2.70
35	90.00	3.00
40	60.00	3.10
45	50.00	3.20



รูปที่ 4.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

วงจรเรียงกระแสและวงจรแปรผันกำลังไฟตรง-ไฟตรง

การทดลองในส่วนของภาค Rectifier/Charger นักศึกษาได้ทำการสร้างสัญญาณเพื่อที่จะนำไปขับเกตของมอสเฟท โดยใช้ IC MC34060 โดยวิธีการ PWM มาออกแบบซึ่ง IC เบอร์นี้ปกติใช้สำหรับทำสวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย จากการออกแบบ สามารถสร้างสัญญาณ saw tooth ตัดกับสัญญาณ dead time control เอาท์พุทที่ได้เป็นสัญญาณ Pulse ที่มีความถี่ 25 kHz จากการทดลองพบว่าสัญญาณที่ได้มีความถูกต้องจากการที่ออกแบบไว้จริงและสามารถปรับค่า Duty cycle จากวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้จริง

สัญญาณที่ได้ยังไม่สามารถขับมอสเฟทได้ เพราะต้องทำการแยกกราวด์ ของวงจรออกจากกัน การแยกกราวด์ใช้วิธี Opto Isolate เพราะว่าความถี่ในการทำงานในส่วนนี้ไม่สูงมากนักและยังได้ออกแบบวงจรขับเกทด้วย จากการทดลองพบว่า สามารถสร้างสัญญาณชุดขับเกทโดยการแยกกราวด์ ของวงจรควบคุม และวงจรกำลังออกจากกันได้

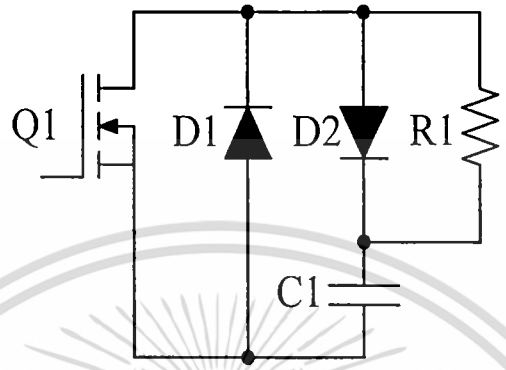
ในส่วนของชุดกำลัง แปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง ได้ทำการแปลงไฟสลับเป็นไฟตรงก่อนโดยใช้วงจรบริดจ์ และนำมาผ่าน ตัวเก็บประจุ ทำการฟิลเตอร์ และใช้มอสเฟทเป็นสวิตซ์ของวงจรทอนระดับ (BUCK) และได้ทำการออกแบบชุด ฟิลเตอร์ ที่จะจ่ายพลังงานให้แก่โหลดช่วงที่ MOSFET Turn off จากการทดลองพบว่าขณะที่วงจรทอนระดับยังไม่ต่อโหลดให้กับวงจรแรงดันไม่ลดระดับลงฉะนั้นวงจรทอนระดับต้องต่อโหลดให้กับวงจรด้วย โดยโหลดที่ใช้ต้องไม่เกิดเป็น Loss ของวงจรมากนัก เมื่อทำการทดสอบโหลดของวงจรพบว่ากระแสกระชากในวงจรทำให้มอสเฟทที่ใช้งานพังจึงทำการปรับปรุงวงจรพร้อมเปลี่ยนค่า L และ C ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดกระแส(ΔI) และแรงดัน (ΔV)กระเพิ่มในวงจรไม่มากนัก จากผลการทดลองได้เป็นที่น่าพอใจดังรูปที่ (4.9 4.10)

วงจรอินเวอร์เตอร์

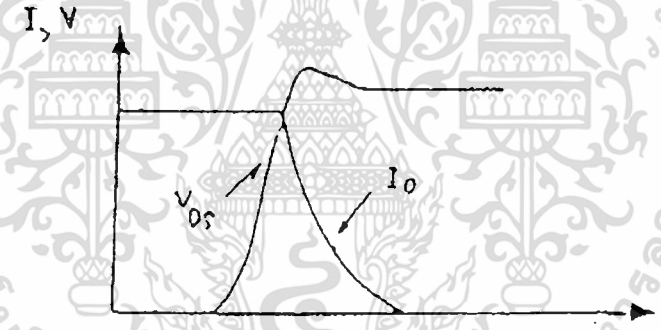
ในส่วนของวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้เป็นแบบ PWM และใช้ภาคกำลังเป็นแบบ ฟูลบริดจ์ เนื่องจากโหลดเป็นหม้อแปลงเปรียบเสมือนเป็น L และเนื่องจากภาคกำลังเป็นฟูลบริดจ์จึงไม่สามารถที่จะใช้ไดโอดแคมป์ต่อขนานกับโหลด ทำให้เวลาที่ Power MOSFET หยุดนำกระแสเดรนจะหยุดลงและแรงดันตกคร่อมเดรน ซอร์ส จะเพิ่มขึ้นแต่ในที่มอสเฟทหยุดนำกระแสจะมีกระแสย้อนกลับจากโหลดจึงทำให้มอสเฟทเสียหายได้ เพราะในการใช้งานเพื่อการสวิทกระแสเหนี่ยวนำขนาดสูงๆซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันทรานเซียนระดับสูงๆขึ้นมาซึ่งจากการทดลอง Power MOSFET เสียหายไปเป็นจำนวนมากได้ทำการออกแบบวงจรสนับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส กล่าวคือ ในกรณีที่ Power MOSFET เริ่มหยุดนำกระแสแรงดันที่ขาเดรนจะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

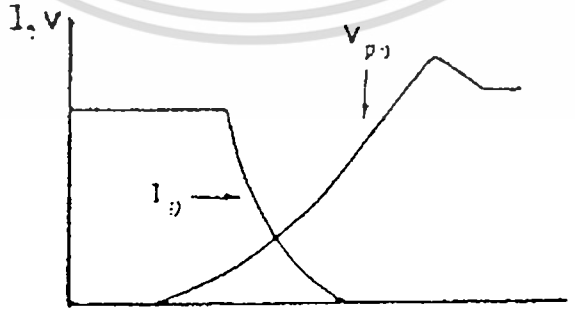
กระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C1 และไดโอด D1 แรงดันที่ตกคร่อม C1 จะทำให้เกิดแรงดันที่ขาเดรน ของ เพิ่มขึ้นช้าๆทำให้การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาเดรน จะถูกหน่วงออกไป เพื่อให้กระแสไหลผ่าน Power MOSFET ลดลงมีค่าน้อยๆได้ทัน



รูปที่ 4.44 แสดงการต่อสนับเบอร์ช่วยหยุดนำกระแส



รูปที่ 4.45 แสดงลักษณะของกระแสและแรงดันคร่อม Power MOSFET ขณะเริ่มหยุดนำกระแส

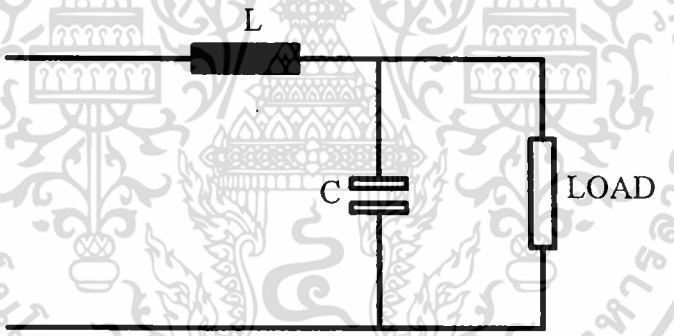


รูปที่ 4.46 แสดงลักษณะของแรงดันและกระแสที่ต่อวงจรสนับเบอร์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากโหลดเป็นหม้อแปลง จึงมีแรงดันสไปร์ขณะหยุดนำกระแสสูงมากและยังมีการเกิดขึ้นเนื่องจากผลของค่าความเหนี่ยวนำของสายของ Power MOSFET ที่ใช้เดินในวงจรอาจจะใช้สายยาวเกินไป ดังนั้นควรจะออกแบบลายวงจร ในส่วนของภาคกำลังเพื่อลดค่าความเหนี่ยวนำของสาย

ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นผลการทดลองที่ไม่มีโหลด และใส่โหลดตั้งแต่ 600W ถึง 3000W และในส่วนของวงจร LC ฟิลเตอร์ ได้คำนวณหาค่า L ที่จะใช้ได้ประมาณ 1 mH แต่ทำการพัน L โดยวิธีลองพันค่าที่พันได้เมื่อทำการวัดได้ 36 mH จึงต้องทำการปรับค่า C ให้ลดลงมาจนได้ค่า C=3.6 uF แต่เนื่องจาก L มีค่ามากเกินไป ทำให้ Voltage Regulation ของหม้อแปลงลดลง ซึ่งจากการทดลอง เมื่อทำการใส่โหลดเอาท์พุทที่ได้จะตกลงเนื่องจาก Voltage Regulation ที่ไม่ดีนั่นเอง วิธีการแก้ไข ต้องเปลี่ยนค่า L ให้มีค่าน้อยลงแล้วปรับค่า C ให้เพิ่มขึ้นซึ่งในผลการทดลองในบทที่ 4 เมื่อทำการใส่โหลดตั้งแต่ 600W ถึง 3000W แรงดันจะ drop ลงมา เมื่อเรา Onload เพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจาก เปอร์เซ็นต์ Voltage Regulation ที่แย่มากและวงจร Filter ซึ่งเป็นวงจร Lowpass LC Filter ที่ประกอบด้วย L และ C ดังรูป



รูปที่ 4.47 วงจร Lowpass LC Filter

เป็นวงจรกรองแบบความถี่ต่ำผ่าน (Lowpass LC Filter) โดยมี cut off frequency ที่ $W = 1/(LC)^{1/2}$ การกรองทำได้โดยการปรับ L,C ให้มี cut off frequency ต่ำกว่าฮาร์โมนิคอันดับที่ต่ำที่สุดเกิดจาก อินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะทำการลดทอนฮาร์โมนิคที่ไม่ต้องการออกแบบค่า LและC จะขึ้นอยู่กับ Regulation และ Inverter loading ถ้าค่า L มาก และค่า C น้อย จะทำให้ Regulation ที่แย่แต่จะเป็นการลด loading ของ อินเวอร์เตอร์และถ้าค่า L น้อยกว่าค่า C มากจะทำให้ Regulation ที่ต่ำหรือดีนั่นเอง แต่จะเป็นการเพิ่ม loading ให้กับอินเวอร์เตอร์และได้ทำการทดลองพันค่า L มาหลายค่าตั้งแต่ 36 mH, 10mH, 6mH, 1.5mH ซึ่งจากผลการทดลองจะใช้ค่า L ที่พันได้แต่ละค่าและทำการปรับค่า C โดยใช้ C ค่า 40uF, 10uF, 3.6 uFและ1.8 uF แต่ค่าที่คำนวณได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่เรโซแนนซ์ $f_0 = \sqrt{(50 \times 4000)}$

$= \sqrt{200000}$

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

$LC = \frac{1}{200000 \times 4\pi^2}$

ซึ่งขนาดของตัวเหนี่ยวนำ L ที่คำนวณมาได้ = 3.166 mH และ C =40uF แต่เนื่องจากหาค่า L ขนาด 3.166 mh ไม่ได้จึงใช้ L = 1.5 mH แล้วทำการปรับค่า C จึงได้ C =10uF และจากรูปที่ Onload จะพบว่าได้ Sine ที่ไม่ใช่ Pure Sine เนื่องมาจากไม่สามารถทำวงจรแบบ Pulse Width Modulation (PWM) แบบเต็มคลื่นได้เนื่องจากวงจรภาคกำเนิด Sine Wave ไม่เสถียร จึงมีการแกว่งของสัญญาณไซน์ซึ่งเอาท์พุทที่ได้สามารถ ปรับเปอร์เซ็นต์การ Modulate เพื่อช่วยลด Regulation ได้แต่ไม่ดีนัก และเนื่องจากโหลดในวงจรของอินเวอร์เตอร์เป็น L คือทั้งหลอดไฟที่นำมาใช้เป็นโหลดและหม้อแปลงเอง ตลอดจนค่า L ต่างๆที่อยู่ในสายไฟทำให้ช่วงการ Turn off ของ Power MOSFET ไม่สวยเนื่องจาก L มีการคายพลังงานกลับ แต่ไม่สามารถทำให้สัญญาณดูเรียบโดยการใช้ C ในวงจร Filter ซึ่งมีผลทำให้การเพิ่ม loading ให้กับอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในโครงงานนี้เป็นการออกแบบ UPS Single Phase และกำหนดให้แรงดันขาออกอยู่ในช่วง 220 โวลท์ ± 10 % ขนาดพิกัดๆไม่เกิน 3 kVA ซึ่งเครื่อง UPS ที่ทดลองขึ้นมานั้นได้ประกอบเสร็จแล้ว แต่ผลการ Test load นั้นไม่สามารถจ่ายแรงดันได้คงที่ เนื่องจากหม้อแปลงที่ได้นำมาทดลอง เมื่อเพิ่มโหลดขึ้นจะทำให้แรงดันเอาท์พุทมีค่า Voltage Regulation ไม่ได้ตามที่ต้องการ จึงทำการนำหม้อแปลง มาหาคุณสมบัติ ซึ่งผลการทดลองจะได้ Voltage Regulation ของหม้อแปลงมีค่าประมาณ 4-5 % (Voltage Regulation ที่ได้จะดูเพิ่มเมื่อเพิ่มโหลดที่ค่าเท่ากัน) เนื่องจากหม้อแปลงในโครงงานเป็นแบบหม้อแปลงแกนเหล็กแกนเหล็กซึ่งมีค่า μ ต่ำ ($\mu = \mu_0 \mu_r$) หรือแกนเหล็กมีคุณภาพไม่ดี และทำให้เมื่อป้อนแล้วแรงดันเอาท์พุทตกลงไปมาก (Voltage Regulation มีค่ามากเกิน) เพราะฉะนั้นในโครงงานที่ออกแบบ UPS Single Phase ขนาดไม่เกิน 3 kVA นี้ไม่สามารถที่จะนำหม้อแปลงนี้ไปใช้ได้ และแนวทางแก้ไขปรับปรุงดังนี้

ผลของ Loss ในหม้อแปลงมีมาก และค่า Permeability(μ) ของแกนที่ใช้ต่ำเกินไป จากสูตร Hysteresis loss และ Eddy Current loss ที่สมการพลังงานสูญเสียคือ

$Ph = kh.B^{1.6} f.v$

kh = ค่าคงที่(ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแกนเหล็ก)

B = Flux density(T)

v = ปริมาตรของแกนเหล็ก(m^3)

และ $Pe = ke.t^2.B^2 f.v$

ke = ค่าคงที่

t = ความหนาของแกนเหล็กที่ใช้(เมตร)

จะเห็นว่า core loss ที่เกิดขึ้นมีผลมาจากคุณสมบัติของแกน ค่า B และความถี่ที่ใช้งาน (อินพุต เป็นสัญญาณ PWM) ทำให้ core loss มากกว่าปกติและผลที่ได้พอเพิ่มโหลดจะทำให้แรงดันเอาท์พุท ตกลงไปมาก (พิจารณาจาก B-H Curve) ทำให้เมื่อเพิ่มโหลดค่า H นี้ตอนแรกจะเพิ่มขึ้นตาม (จาก Ø Hdl = Ni) เพื่อสร้างแรงเคลื่อนแม่เหล็ก mmf ขึ้นมาเป็นผลให้สร้าง Flux แม่เหล็กทางขด Secondary ขึ้นมาต้านกับ Flux แม่เหล็กเดิมทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมลดลงดังนั้นแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นในขด Primary จึงลดลงตามเพื่อจะดึงกระแสมากขึ้นไปสร้าง แรงเคลื่อนแม่เหล็ก mmf ขึ้นเพื่อหักล้างกับทาง Secondary ทำให้ Flux แม่เหล็กที่จะเหนี่ยวนำแรงดันมา ยังมีค่าคงเดิมแต่เนื่องจากค่า μ ต่ำทำให้การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กต่อเวลามีค่าต่ำลงไปด้วยและผลของ Stray load loss มีค่ามากขึ้น(ค่า μ น้อยทำให้มีเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหลมากขึ้น เพราะความต้านทาน

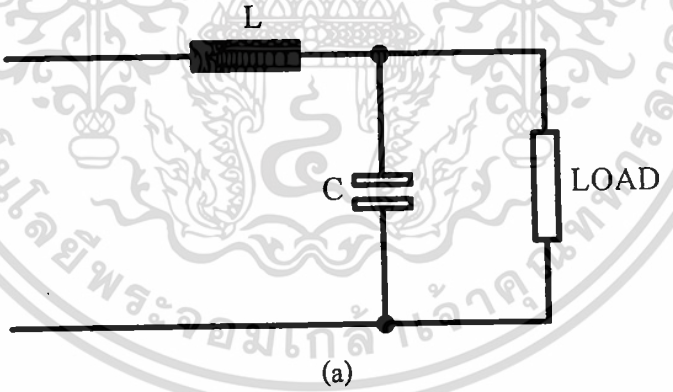
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็ก ในแกนเหล็กนี้มีมาก ทำให้ความต้านทานแม่เหล็กของอากาศกับเหล็กไม่แตกต่างกันมากนัก) รวมทั้งกำลังที่สูญเสียไปในแกนเมื่อป้อนโหลดมากขึ้นด้วย จึงทำให้แรงดัน PWM ทางด้าน Primary และแรงดันเอาท์พุททางด้าน Secondary ของหม้อแปลง ที่ถูกเหนี่ยวนำขึ้นมานั้นมีค่าต่ำลงเมื่อโหลดเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นหม้อแปลงที่สามรถนำไปใช้งานได้จะต้องมีค่า μ ของแกนสูงกว่านี้จึงจะมี V.R ดีขึ้นกว่าเดิมได้

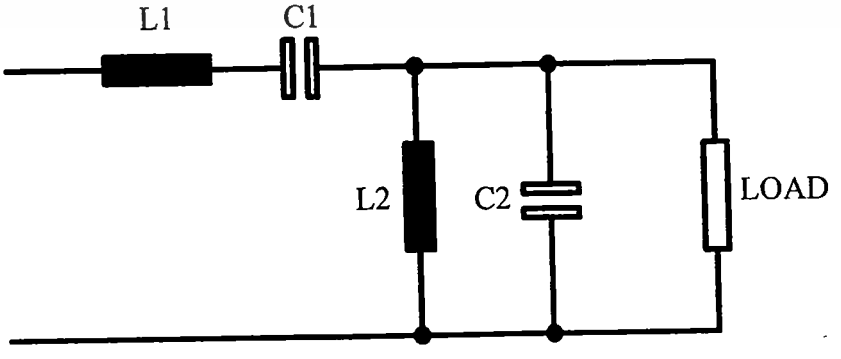
ควรใช้แกนแบบ U-D D-U U-I หรือ C-Core แทนการใช้แกนแบบ E-type เนื่องจากเป็นลักษณะที่ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กในแกนมาก E-type ในขณะที่ปริมาณกระแส (I) ,ขนาดของแกนเหล็ก,และจำนวนรอบของขดลวดเท่ากับแบบ E-type

ควบคุมขนาดของแรงดันเอาท์พุท ให้คงที่โดยควบคุมขนาดของแรงดันเอาท์พุท ให้คงที่ด้วยควบคุมค่า Modulation Index (Modulation Index = ค่ายอดของ sine wave/ค่ายอดของคลื่นสามเหลี่ยม) การปรับค่า Modulation Index นั้นทำได้โดยการปรับขนาดของแรงดัน sine wave ที่จะเข้า Modulation เมื่อแรงดันของ sine wave มีค่ามากขึ้นจะทำให้ได้รูปคลื่น PWM ที่มีช่วง on-time มากขึ้น MOSFET ก็จะนำกระแสได้มากขึ้นตาม และเป็นผลให้แรงดันทางด้านเอาท์พุทมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแต่ก็จะช่วยให้ Voltage Regulation ดีขึ้นได้ไม่มากนัก

ในส่วนของเอาท์พุท Filter ซึ่งในโครงงานที่ใช้จะเป็นแบบ Simple LC Filter

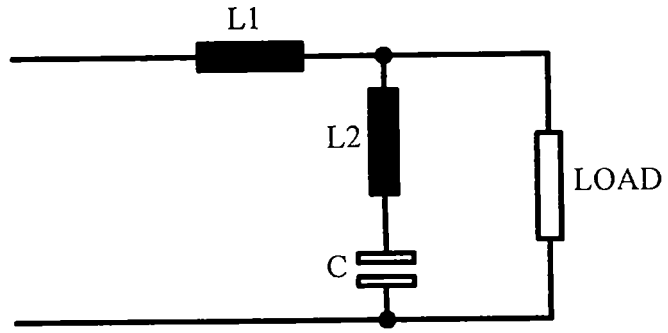


(a)



(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(c)

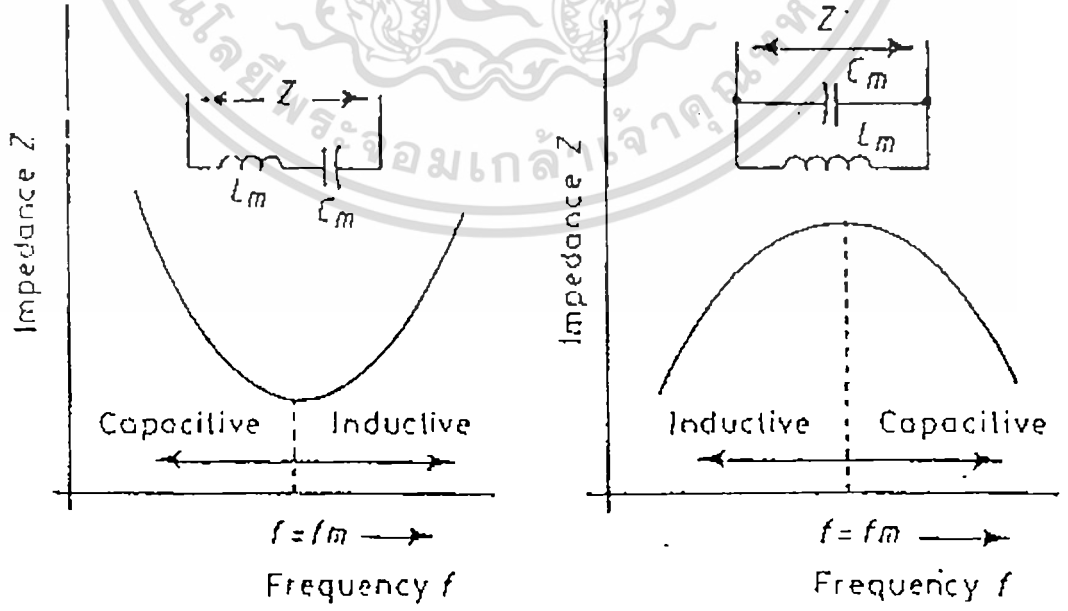
รูปที่ 5.1 วงจร Filter แบบต่างๆ

ซึ่งจากข้อเสียของวงจร Simple LC Filter คือ Regulation จะขึ้นอยู่กับ Series element และการเพิ่ม loading ของอินเวอร์เตอร์จะขึ้นอยู่กับ Shunt element ซึ่งแก้ไขโดยใช้วงจรตามรูป b จากวงจร series element ประกอบด้วยวงจร Series Resonant และ Shunt element ก็เป็นวงจร Parallel Resonant Circuit ซึ่งทั้งคู่ถูกปรับ (turned) ไว้ที่ความถี่ Fundamental

ในส่วนของ series element จะทำให้ high inductive impedance ที่ฮาร์โมนิคอันดับสูงๆและของ series element จะให้ Low Capacitive impedance ที่ฮาร์โมนิคอันดับสูงๆเช่นกันดังรูปที่ 6.2 ผลที่ได้คือจะให้ Regulation ที่ดีและลดการ loading ของอินเวอร์เตอร์ ส่วนข้อเสียของวงจรนี้คือ

(a) ให้ Transient Response ที่ไม่ดีเพราะว่ามี Storage element จำนวนมาก

(b) ค่าแพงเนื่องจาก element ถึง 4 ตัว



รูปที่ 5.2 แสดงคุณสมบัติของ Filter แบบ Series และ Shunt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแสดงในรูป 5.1(c) ประกอบด้วยวงจร LC Resonant ซึ่งถูก tuned ไว้ที่ฮาร์โมนิคอันดับที่ต่ำที่สุดที่ต้องการตัดทิ้งโดยใช้ Shunt element คือ L ในส่วนของ Series element ควรจะมีค่าน้อยเพื่อจะได้ Voltage Regulation และ Transient Response ที่ดีชุด Shunt tap จะทำการลดฮาร์โมนิคอันดับต่ำๆแต่สูงกว่าความถี่ Fundamental จะเป็นการลดราคาและขนาดการสูญเสียกำลัง

จากผลของ UPS ที่ผ่านมาถ้าพิจารณาในรูปแบบ UPS ขนาดเล็กที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์ จะสามารถให้รายละเอียดดังต่อไปนี้

คอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง (Bidirectional Converter)

ใน DC UPS จะทำการออกแบบโดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง ดังรูปที่ 5.2 หม้อแปลงนั้นจะเป็นส่วนแยกบัสระหว่าง แหล่งจ่ายไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ในวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทางจะประกอบด้วย 5.3 วงจรคือ วงจรฮาล์ฟ – บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-bridge converter) ซึ่งจะทำหน้าที่ทอนแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อไปชาร์จแบตเตอรี่ขณะที่ระบบไฟฟ้าอยู่ในสภาวะปกติ และยังช่วยในการลดขนาดของหม้อแปลง จำนวนรอบและขนาดของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ได้ ในส่วนของอีกวงจรหนึ่ง คือ วงจรกระแสพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์ (Current- fed Push-Pull converter) จะทำหน้าที่ทบแรงดันจากแบตเตอรี่ให้เท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์เพื่อจ่ายให้กับวงจรดีซี – ดี ซีคอนเวอร์เตอร์ (DC-DC converter) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายในคอมพิวเตอร์ในช่วงที่ระบบไฟฟ้าเกิดขัดข้อง โดยมีค่า L_0 ช่วยทำให้แหล่งจ่ายแรงดันจากแบตเตอรี่มีลักษณะเป็นเหมือนแหล่งจ่ายกระแส [11] ซึ่งการทำงานของวงจรนั้นแบ่งเป็น 2 โหมดการทำงานดังนี้

โหมดการชาร์จแบตเตอรี่ (Forward Converter)

การทำงานในโหมดนี้จะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่บัสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ในช่วงระบบไฟฟ้าปกติ โดยในโหมดนี้ S_1, S_2 และ D_{s3}, D_{s4} จะทำงานดังรูปที่ 5.3 ในการทำงานของโหมดชาร์จแบตเตอรี่นั้น จะมีการทำงาน 2 กรณี กรณีแรกการทำงานทางด้าน primary เมื่อ S_1 นำกระแส กระแสจะไหลผ่าน S_1 ไปเข้าที่ undot ของหม้อแปลง จากนั้นไหลออกจากหม้อผ่าน C_2 ไปเข้าขั้วลบของแหล่งจ่าย ส่วนทางด้าน Secondary นั้น กระแสจะไหลออกจาก undot ของหม้อแปลงผ่าน L_0 และเข้าไปชาร์จประจุที่แบตเตอรี่ แล้วไหลผ่าน D_{s4} ไปเข้าหม้อแปลง กรณีที่ 2 การทำงานทางด้าน primary เมื่อ S_2 นำกระแส กระแสจะไหลผ่าน C_1 ไปเข้าที่ dot ของหม้อแปลง จากนั้นจะไหลผ่าน S_2 ไปเข้าขั้วลบของแหล่งจ่าย ส่วนทางด้าน Secondary กระแสจะไหลออกจาก dot ของหม้อแปลงผ่าน L_0 และเข้าไปชาร์จประจุที่แบตเตอรี่ แล้วไหลผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D_{s3} ไปเข้าหม้อแปลง จากข้างต้นเป็นการอธิบายการทำงานของวงจรในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ โดยจะใช้เวลาชาร์จแบตเตอรี่ประมาณ 6 ชั่วโมงและสามารถสำรองไฟเพื่อทำเก็บข้อมูลขณะไฟฟ้าเกิดขัดข้อง ส่วนค่ารอบการทำงาน (Duty Cycle) d ของวงจรในโหมดชาร์จนั้นจะมีค่าไม่เกิน 0.5 โดยคำนวณค่ารอบการทำงานสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.1)

$$d = \frac{V_{batt}}{V_s}.N \tag{5.1}$$

โดยค่า d เป็นค่ารอบการทำงาน (duty cycle) ที่นำมาใช้ควบคุมการทำงานของ S_1 และ S_2 ส่วน V_{batt} เป็นแรงดันแบตเตอรี่ที่ถูกชาร์จในโหมดชาร์จ V_s เป็นแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่บัสและค่า N คือ อัตราส่วนจำนอนรอบระหว่างขด primary (N_p) และขด secondary (N_s) ในสมการที่ (5.2)

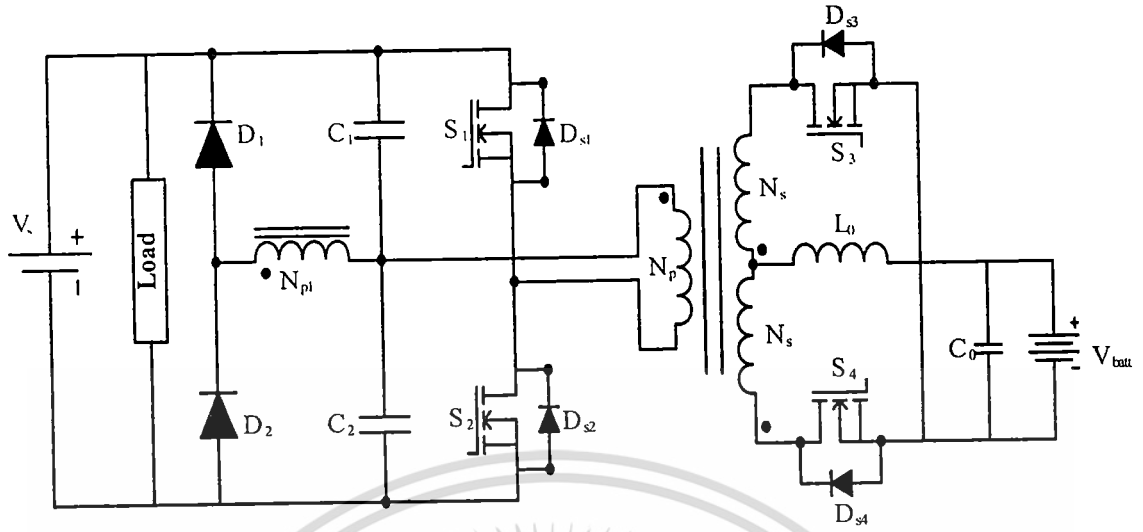
$$N = \frac{N_S}{N_P} \tag{5.2}$$

การออกแบบค่า L_0 เพื่อให้กระแสที่ผ่าน L_0 มีค่าต่อเนื่องจะสามารถออกแบบได้ดังสมการที่ (5.3)

$$L_0 = \frac{V_0.(1-2d)}{4.f_S(i_L - i_{L\min})} \tag{5.3}$$

ค่า f_s คือความถี่ในการสวิตชิงของ S_1 และ S_2 ค่า i_L คือกระแสเฉลี่ยของ L_0 ส่วนค่า I_{Lmin} เป็นค่ากระแสที่น้อยที่สุดที่ผ่านค่า L_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 วงจรการทำงานคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทาง(Bidirectional Converter)

โหมดแบ็คอัพ (Backup Mode)

ในโหมดนี้จะทำหน้าที่ทบแรงดันจากแบตเตอรี่ให้เท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์เพื่อจ่ายให้กับวงจรดีซี – ดี ซีคอนเวอร์เตอร์ (DC-DC converter) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายในคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานในโหมดนี้จะให้สวิตช์ S_3,S_4 และ D_{s1},D_{s2} ทำงานดังรูปที่ 5.4 ในการทำงานของโหมดแบ็คอัพนั้น จะมีการทำงาน 2 กรณี กรณีแรกการทำงานทางด้าน secondary เมื่อ S_3 นำกระแส กระแสจะไหลออกจากแบตเตอรี่ผ่าน L_0 ไปเข้าที่ dot ของหม้อแปลงตัวบนผ่านสวิตช์ S_3 ไปเข้าขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่วนทางด้าน primary นั้น กระแสจะไหลออกจาก dot ของหม้อแปลง ผ่าน N_{p1} และผ่านไดโอด D_1 เข้าโหลด แล้วไหลผ่าน D_{s2} ไปเข้าหม้อแปลง กรณีที่ 2 การทำงานทางด้าน secondary เมื่อ S_4 นำกระแส กระแสจะไหลผ่าน L_0 ไปเข้าที่ undot ของหม้อแปลงตัวล่าง จากนั้นจะไหลผ่าน S_4 ไปเข้าขั้วลบของแบตเตอรี่ ส่วนทางด้าน primary กระแสจะไหลออกจาก undot ของหม้อแปลงผ่าน D_{s1} เข้าโหลดแล้วไหลไดโอด D_3 ผ่าน N_{p1} ไปเข้าหม้อแปลง ซึ่งค่ารอบการทำงาน(Duty Cycle: D) ของวงจรในโหมดนี้จะต้องมีค่าสูงกว่า 0.5 โดยสมการในการคำนวณค่ารอบการทำงานในโหมดแบ็คอัพแสดงในสมการที่ (5.4)

$$D = 1 - \frac{V_{batt}}{2.V_S}.N \tag{5.4}$$

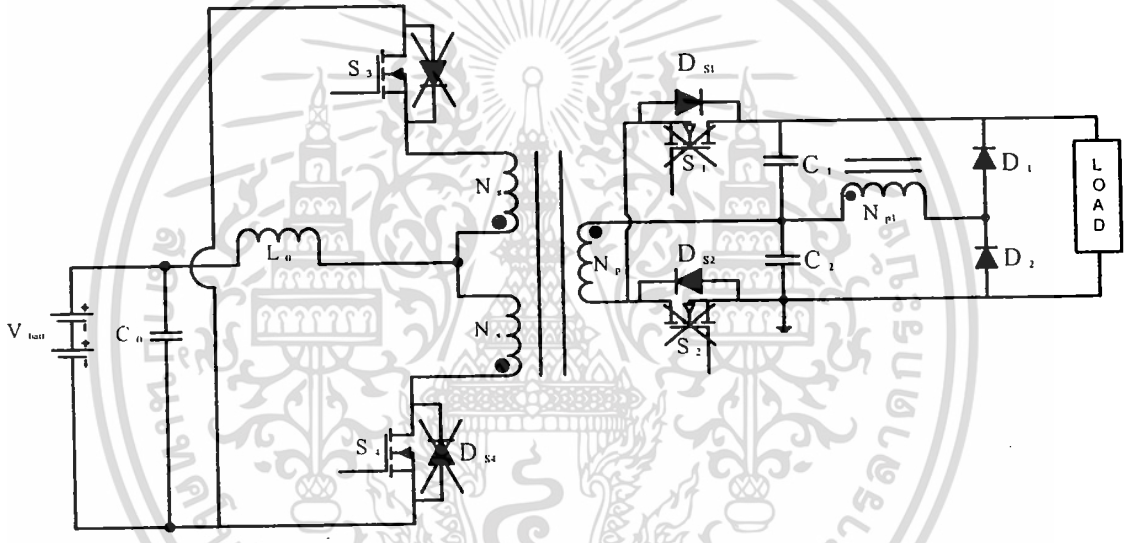
ในการคำนวณค่า L_0 เพื่อใช้ในการทบแรงดันขึ้นให้เท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์ หาได้จากสมการที่ (5)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_0 = \frac{V_{batt}.(2D-1)}{4.f_S(i_L - i_{L\min})} \qquad (5.5)$$

โดยในการออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สองทิศทางนั้นจะเลือกค่า L_o ที่มากที่สุดที่คำนวณจากสมการที่ (5.3) และ (5.5)

ในการออกแบบจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจรมีค่าดังนี้ แรงดันบัสที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์ $(V)_s$ มีค่า 310 โวลต์ แรงดันแบตเตอรี่ (V_{batt}) มีค่า 28 โวลต์ ความถี่ในการเกิดการสวิตชิ่ง (f_s) มีค่า 100 kHz โดยค่าพารามิเตอร์ที่สามารถคำนวณออกมาและเลือกใช้ในวงจรแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 5.4 วงจรการทำงานโหมดแบ็คอัพ

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าพารามิเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทาง (Bidirectional Converter)

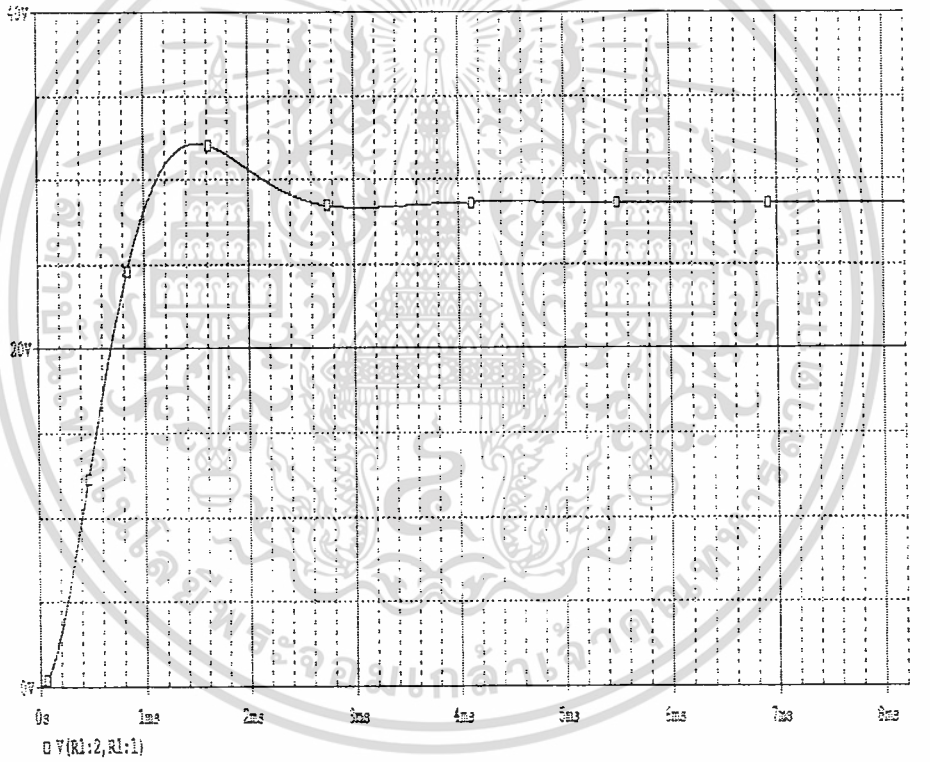
พารามิเตอร์	อุปกรณ์ / ค่าที่เลือกใช้	พารามิเตอร์	อุปกรณ์ / ค่าที่เลือกใช้
D_1,D_2	MUR460	N_p	20
C_1,C_2	470uF	N_s	5
S_1,S_2	IRF840	d	0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S_3,S_4	IRFP250	D	0.82
C_0	470uF	L_0	200uH

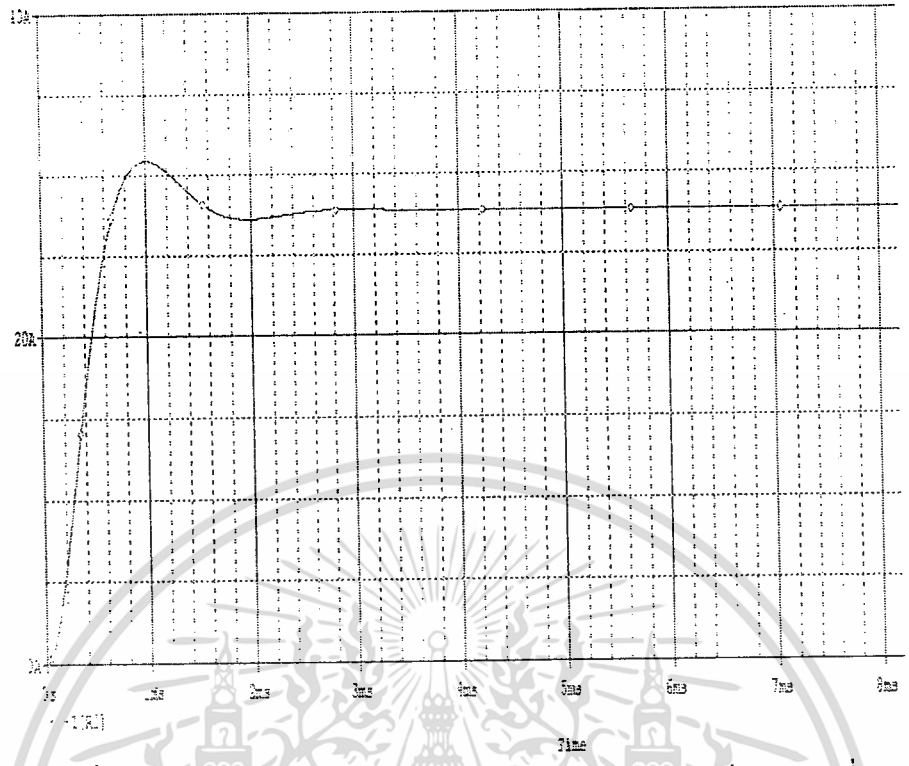
3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองนี้มาจากการจำลอง (simulation) ในโปรแกรม PSpice orcad 9.1 ในการจำลอง นั้นจะใช้ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่และในโหมดแบ็คอัพเพื่อหาค่าแรงดันตามที่กำหนดไว้ในค่าพารามิเตอร์ที่แรงดันบัสที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์ $(V)_s$ มีค่า 310 โวลต์ แรงดันแบตเตอรี่ (V_{batt}) มีค่า 28 โวลต์ โดยเมื่อทำการจำลอง แล้วจะมีผลการ จำลอง ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ดังรูปที่ 4 และ 5 ส่วนในโหมดแบ็คอัพจะมีผลการทดลองดังรูปที่ 5.7 และ 5.8

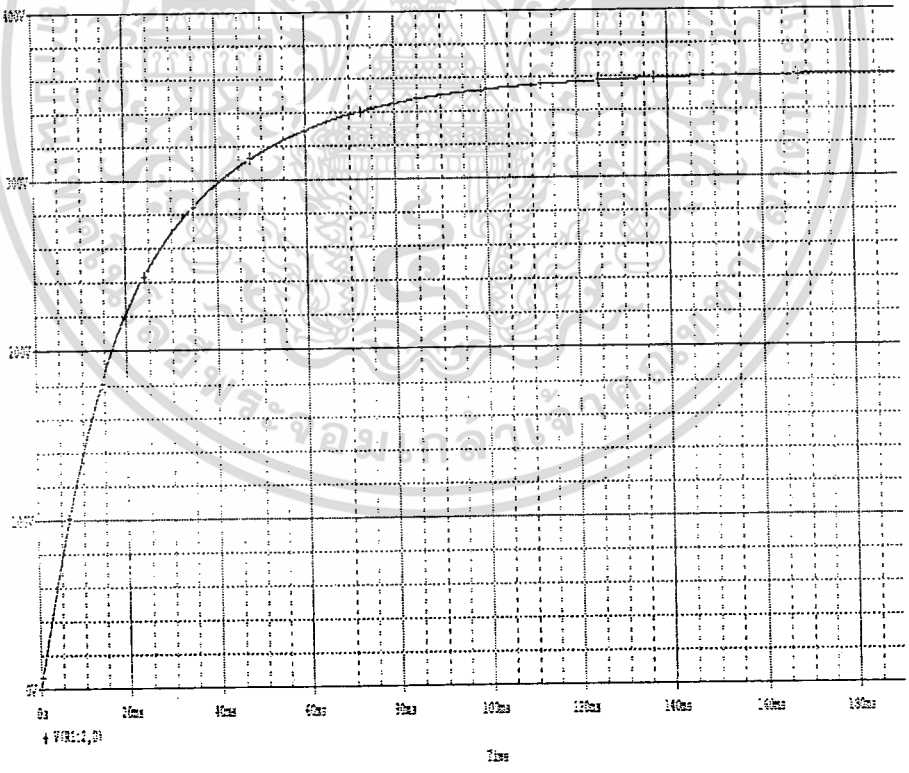


รูปที่ 5.5 ผลการจำลอง ได้ค่าแรงดันในโหมดชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

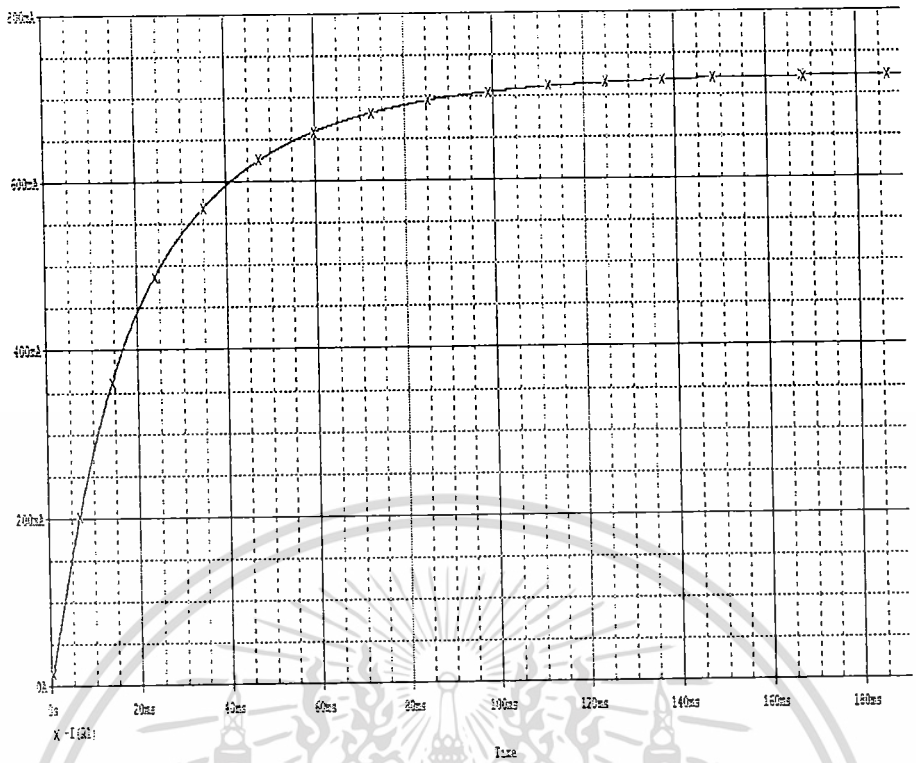


รูปที่ 5.6 ผลการจำลองได้ค่ากระแสคร่อมโหลด ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 5.7 ผลการจำลอง ได้ค่าแรงดันในโหมดชาร์จแบ็คอัพ

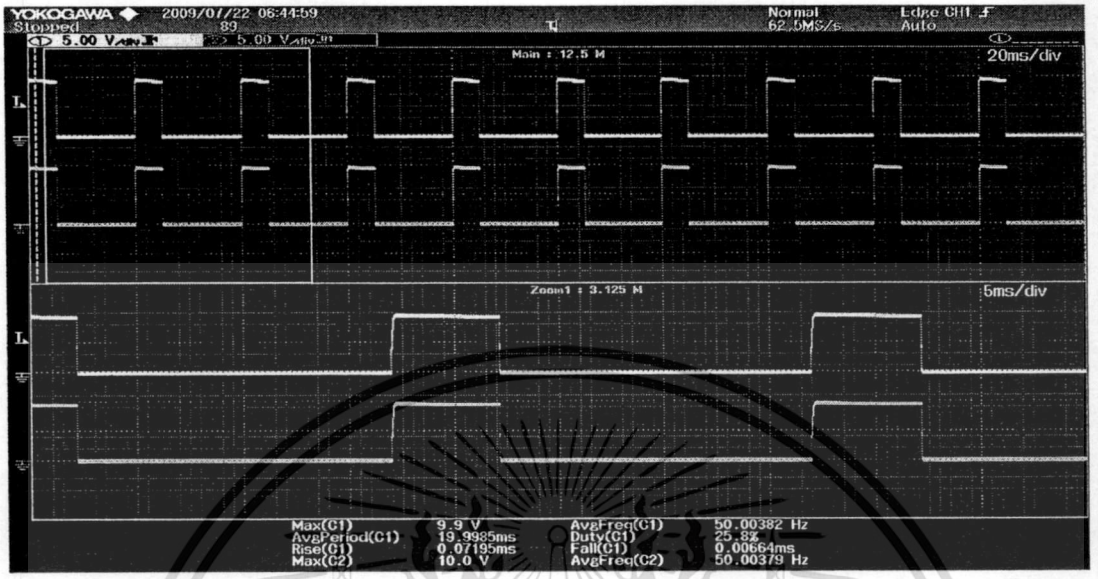
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



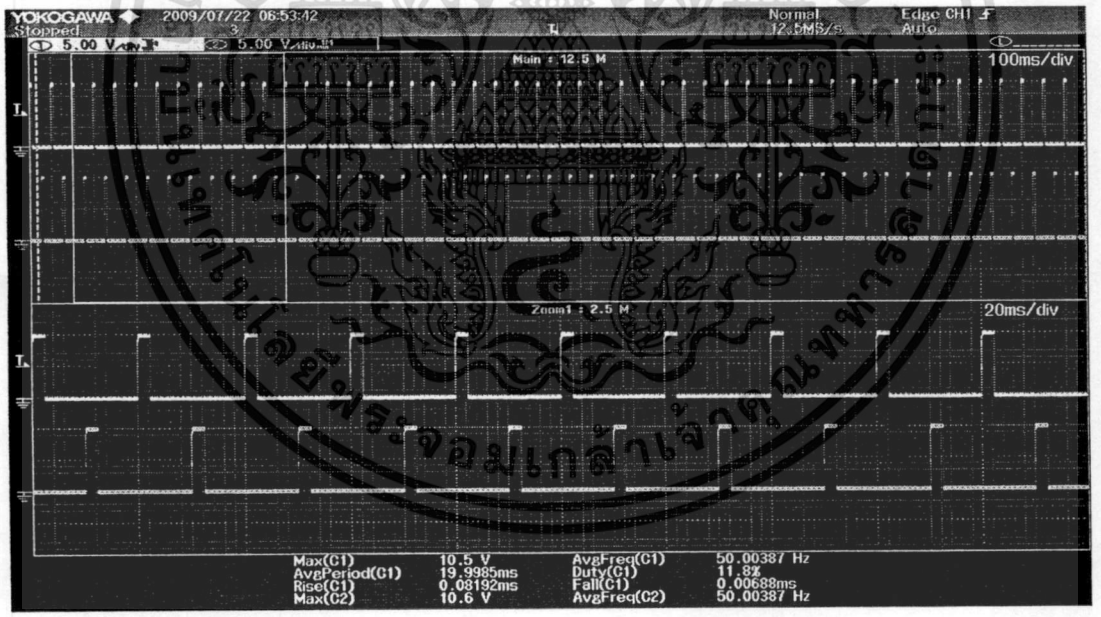
รูปที่ 5.8 ผลการ simulation ได้ค่ากระแสไหลโหลดในโหมดแบ็คอัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง (experiment)

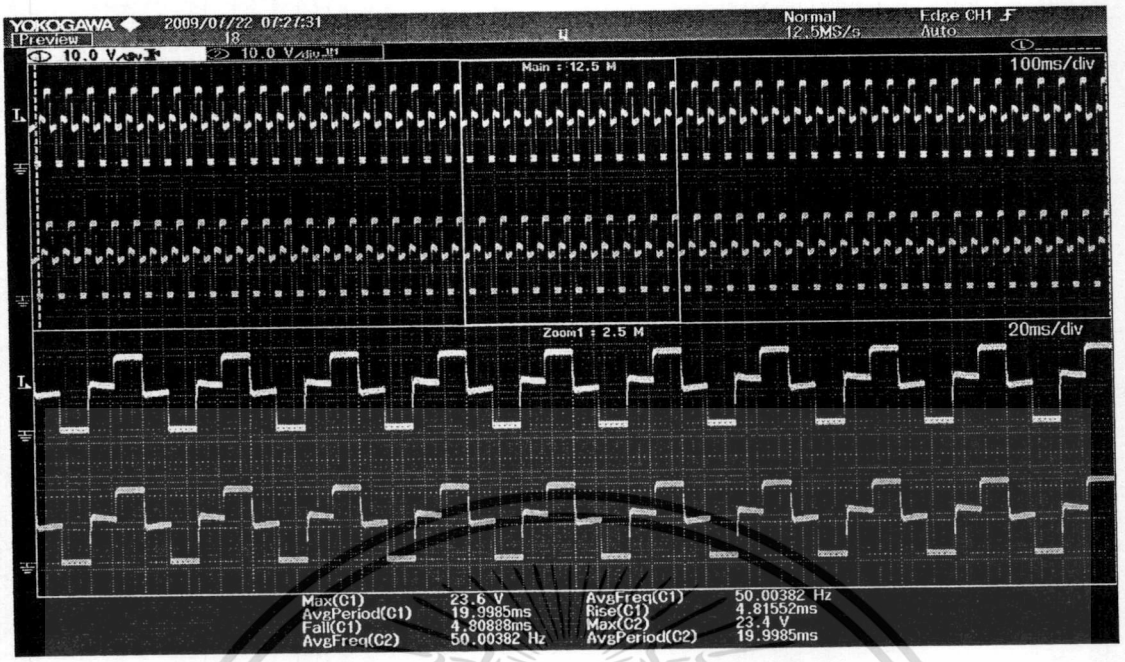


รูปที่ 5.9 แรงดันขับเกตที่สวิตช์ S1

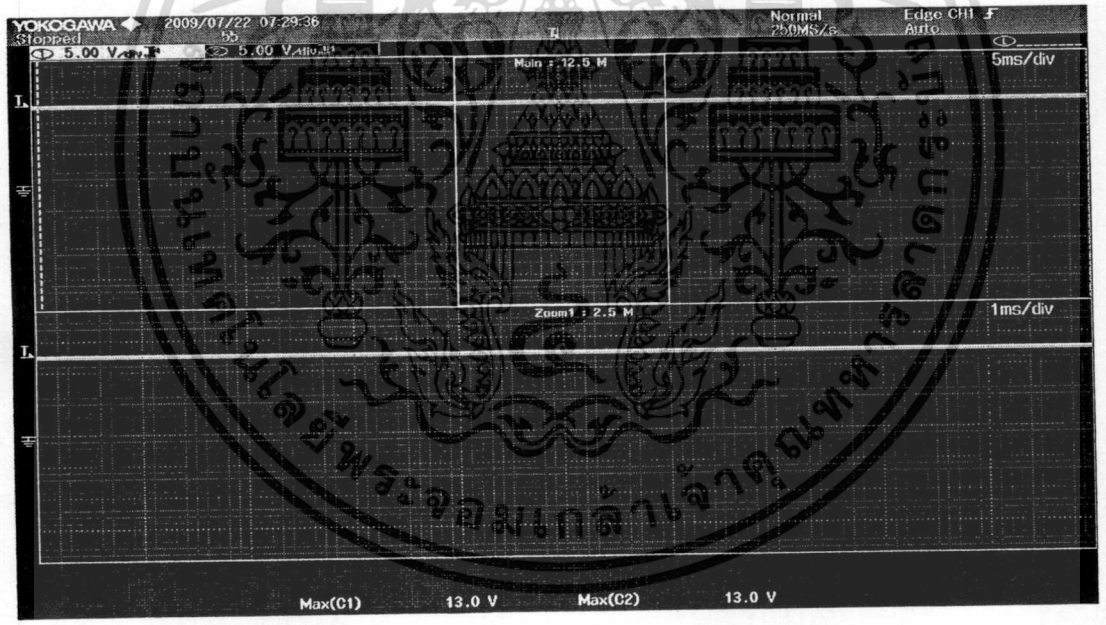


รูปที่ 5.10 สัญญาณขับเกตขณะประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



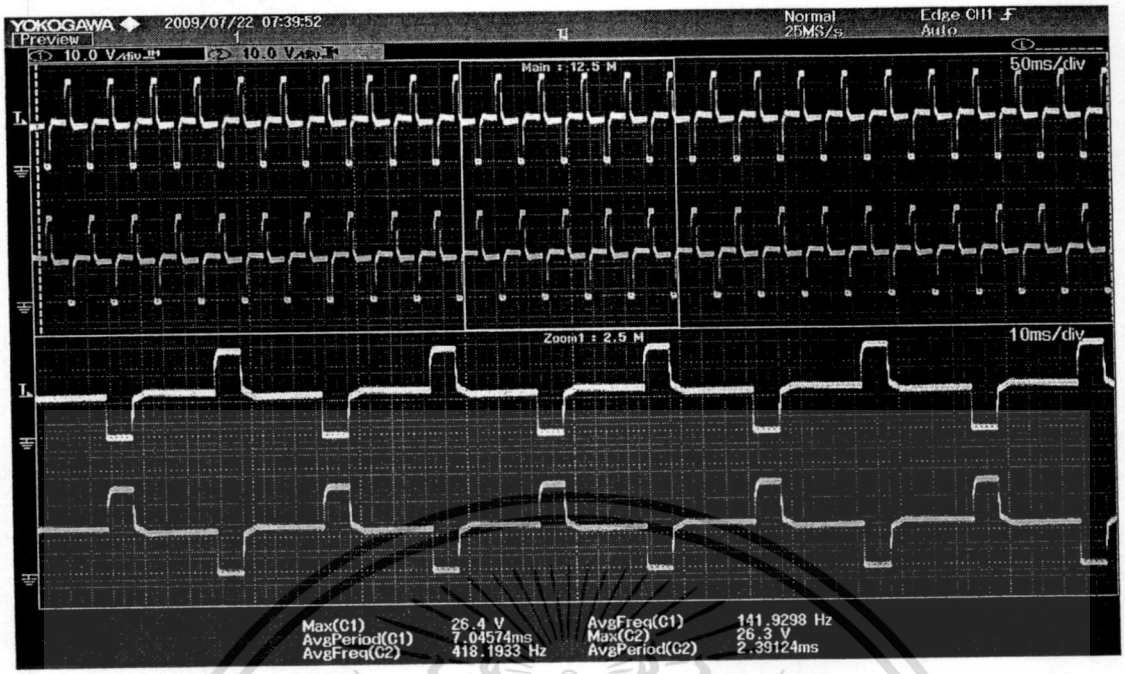
รูปที่ 5.11 แรงดันคร่อมมอสเฟต S1 และ S2



รูปที่ 5.12 แรงดันแบตเตอรี่ ขณะแหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสตรงขัดข้อง

(หรือกระแสสลับเกิดขัดข้อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แรงดันคร่อมมอสฟต ขณะต้องการ Back up

สรุปผลการทดลอง

บทความนี้นำเสนอพัฒนาการออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอย่างต่อเนื่องภายในสำหรับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ โดยใช้วงจรคอนเวอร์เตอร์สองทิศทาง (Bidirectional converter) ในการควบคุม โดยจะมีการทำงาน 2 โหมดคือ ในโหมดชาร์จแบตเตอรี่ โดยจะมีวงจรฮาร์ฟ-บริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Half-bridge converter) ควบคุมอยู่ ส่วนอีกโหมดคือโหมดแบ็คอัพหรือโหมดในการสำรองไฟจากแบตเตอรี่เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดความขัดข้อง โดยจะมีวงจรกระแสพุช – พูลคอนเวอร์เตอร์ (Current-fed Push-Pull) ควบคุมการทำงาน โดยแบตเตอรี่จะทำการชาร์จภายในเวลา 6 ชั่วโมง และสามารถจ่ายแรงดันจากแบตเตอรี่ให้แรงดันที่บัสของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในคอมพิวเตอร์เมื่อระบบไฟฟ้าเกิดความขัดข้อง ซึ่งจากการทดลองผู้ทำการทดลองเชื่อว่าสามารถนำวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบสองทิศทางมาใช้งานได้จริงในคอมพิวเตอร์ โดยต่ออยู่ภายในเครื่อง PC ของคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] เจิดกุล โสภาวิตย์, "แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่องชนิด เฟสเดียว 3 กิโลโวลท์แอมแปร์" วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปี พ.ศ. 2532.

[2] ศุลี บรรจงจิตร, "หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง," สนพ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, ฉบับปรับปรุงและเพิ่มเติม.

[3] สมบูรณ์ มาลานนท์ และ สมคิด วิริยประสิทธิ์ชัย, "แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่ง" หจก.สำนักฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

[4] สิทธิชัย โภไคยอุดม และ วัลลภ สุรกำพลธร, "วงจรขยายสัญญาณออฟแอมป์," สนพ.ดวงกมล, กุมภาพันธ์ 2523.

[5] สุขชัย เกียร์ติอุทัยวงศ์ และ เฉลิมชัย วณิชเจริญงาม, "แหล่งจ่ายไฟระบบต่อเนื่อง," ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] สุวัฒน์ ดั่น, "สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย," สนพ. เจนเทลไทยจำกัด, มกราคม 2537.

[7] อุดมศักดิ์ ยั่งยืน, "เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์," สนพ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, เมษายน 2538.

[8] Raymond Fpess, "POWER ELECTRONICS," Tryristor Controllied for Electronics the pitmen Fpess, 1973.

[9] Kwok-wai Ma, Yim-shu Lee.A, "Novel Uninterruptible DC-DC Converter for UPS Application," IEEE Trans. Industry Application, Vol.28, No 28, 1999, pp. 808-815.

[10] Manu Jain, M. Daniele, Praveen K. Jain. "A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application," IEEE Trans. on Power Electronics, July, 2000, pp. 595-606.

[11] วีระเชษฐ์ ขันเงิน และ วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์.หนังสืออิเล็กทรอนิกส์กำลัง. สนพ. วีเจพริ้นติ้ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร. ธันวาคม 2550 : หน้า 680 – 684.

[12] บวร วิทยสมบูรณ์ กุสุมาลย์ เฉลิมยานนท์ อนุวัตร ประเสริฐสิทธิ์ ณัฏฐา จินดาเพ็ชร์. "การออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างต่อเนื่องภายในคอมพิวเตอร์สำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล"วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2551.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้