

แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง
UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

จัดทาโดย



บริษัท นินเท็นท์ สวกรรรมศาสตร์ จำกัด

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีนเรศวร จอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัฏพาณิชย์การศึกษา 2533


ภาควิชา อีเลคทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง แหส่งจ่ายพัสดุเนื่อง

ผู้จัดหา

1. นาย นิยะพันธ์ เจริญวิริยะ เลขประจำตัว 301159
2. นาย เพ็ญ พรหมสาขา ณสกลนคร เลขประจำตัว 301162


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ประภากร สุวรรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง

ปิยะพันธุ์ เจริญวัฒนะ

เผด็จ พรหมสาขา ณ สกลนคร

อ. ประภากร สุวรรณะ

บทคัดย่อ

การแก้ไขปัญหาคอนกรีตจากระบบจ่ายไฟ จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า UPS (Uninterupible Power Supply) หรือ แหล่งจ่ายไฟต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะการทำงานจะเป็นตัวรับสภาพของไฟฟ้าที่รับมาจากระบบจ่ายไฟ และ แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากไฟเกิน ไฟตก หรือ ไฟดับ UPS นี้จะแปลงจ่ายไฟต่อเนื่องให้กับโหลด ส่วนที่สำคัญภายในของระบบ UPS ก็คือ อินเวอร์เตอร์ (INVERTER)

งานบริษัทยาพนธ์นี้จะกล่าวถึง อินเวอร์เตอร์ หน้าที่หลัก และ ส่วนประกอบของ DC to DC Converter กับ DC to AC Converter ตามลำดับ การออกแบบส่วนสำคัญดังกล่าวข้างต้นจะใช้วิธีการที่เรียกว่า "PWM (PULSE WIDTH MODULATION)" รวมถึงการควบคุม แบบป้อนกลับ และ ส่วนป้องกันต่าง ๆ ในส่วนควบคุมโดยเลือกเอา POWER-MOS-Fet ในส่วนกำลัง

028824

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY

Mr.PIYAPUN CHALEARNWATTANA

Mr.PADEJ PHOMASKHA NASAKOLNAKORN

PRAPAKORN SUWANNA (ADVICER)

1990

ABSTRACT

To recitfy an abnormal representation of Power disturbance discribed by UPS for interuptible power supply,that utilized as a power line conditioner eventually solved the problem of system, the most importain part of UPS is inverter.

This thesis describes a designing of UPS by means of pulse width modulation (PWM) espacially in the part of inverter using Power Mos-Fet in driving part.It's also report about those circuits used to protect over voltage ,over current, Soft-start and calulate each step by step for the result of Approxination.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ UPS	2
2.1 ชนิดของ UPS	
2.2 ส่วนประกอบของ UPS	

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างอินเวอร์เตอร์	24
-------------------------------------------	----

บทที่ 4 ผลการทดลอง	48
--------------------	----

บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์	53
--------------------------	----

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

บทที่ 1

บทนำ

UPS (Uninterruptible Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟ แบบต่อเนื่อง ซึ่งแหล่งจ่ายไฟภายนอกนั้นจะไม่มีอิทธิพลกับสัญญาณที่ออกมา ซึ่งทำให้ได้สัญญาณออกที่ค่อนข้างจะคงที่ และ ทหาระบบที่ทำงานเช่น คอมพิวเตอร์นั้น ยังคงสามารถทำงานได้แค่จะอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้ว่างานที่ข้อมูลมีความสำคัญมาก นั้นมีความจำเป็นต้องใช้อย่างยิ่ง

บทบาท และหน้าที่หลักของ UPS

UPS แก้อันตรายทางไฟฟ้ามีบทบาทได้สมบูรณ์แบบที่สุด โดยภาระหน้าที่หลักแล้ว UPS จะมีการหน้าที่หลักอยู่ 3 ประการ คือ

1. ทหาระบบที่แรงดัน และความถี่ที่ออกจาก UPS คงที่ไม่ว่าแรงดันที่จ่ายให้ UPS จะเปลี่ยนแปลงไปมากน้อยเพียงใด ลักษณะ เช่นนี้เรียกกันโดยทั่วไปว่า CVCF (CONSTANT VOLTAGE AND CONSTANT FREQUENCY)

2. ป้องกันสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ให้นำสัญญาณรบกวนในระบบสายส่งของการไฟฟ้าเข้าสู่เอาต์พุต(OUTPUT) ของ UPS ได้ ด้วยเหตุนี้เอง UPS จึงถูกออกแบบให้อิสระออกจากระบบไฟฟ้า ดังนั้นเครื่องมือที่เข้าไฟฟ้าผ่านระบบ UPS จึงไม่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

3. แก้อันตรายไฟฟ้าดับ โดย UPS จะจ่ายไฟต่อเนื่องเมื่อไฟดับ โดยไม่มีช่วงของการขาดตอนใด ๆ เลย

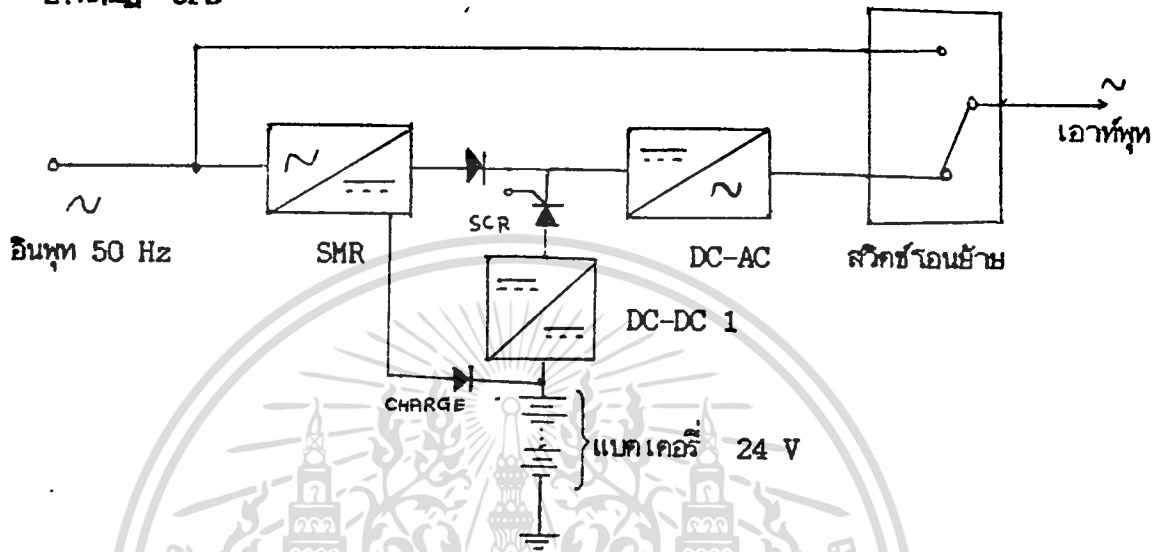
UPS นี้มีเทคนิคการทำได้หลายวิธี เช่นแบบวิธี PWM , ควอซี และ sine-step. เป็นต้นซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดี ข้อเสียต่าง ๆ กันและ เอาท์พุท ที่ได้นั้นจะมีความบริสุทธิ์ไม่เหมือนกัน ซึ่งในงานบางชนิดก็ใช้ได้ ซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานนั้นว่างานที่นำเอาวิธี PWM ซึ่งมีข้อดีคือ น้ำหนักเบา, มีขนาดเล็ก, ให้อิทธิพลที่ดี. ส่วนข้อเสียคือ มีความยุ่งยากในการทำ, ให้อายุการใช้งานไม่มากนัก, มีสัญญาณรบกวนรบกวนต่ออุปกรณ์อื่น บทความนี้อธิบาย ถึงการท างานส่วนประกอบ ของ UPS และ การออกแบบส่วนของอินเวอร์เตอร์ โดย เริ่มจากส่วนของ DC to DC Converter และ DC to AC Converter โดยมีกำลัง เอาท์พุท ประมาณ 300 VA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2. ทฤษฎี UPS

รูป 2.1 บล็อกไดอะแกรม UPS

UPS จะประกอบด้วยส่วนประกอบแบบหลัก ๆ 5 ส่วน คือ

1. SMR (Switching Mode Rectifier)
2. วงจรแปลงผันพลังงานไฟตรง - ไฟตรง
3. แบตเตอรี่ (Battery)
4. อินเวอร์เตอร์
5. สวิทช์โอนย้าย (Transfer switch)

โดยส่วนทั้งห้าจะประกอบกันเป็นระบบอยู่ระหว่างไฟเมนกับโหลด ดังรูปที่ 1

1. SMR

SMR จะเป็นวงจรที่ทำการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากไฟเมน (AC220V) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 450 V ลงที่ เพื่อจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ทำให้เกิดเอาต์พุตเป็นสัญญาณสลับ ขนาด 220 V และ วงจรแปลงผันพลังงานไฟตรง - ไฟตรง (ทำการอัดประจุให้กับแบตเตอรี่) เนื่องจากการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอยกราวี เพาเวอร์มอสเฟต เป็นสวิตช์และยังมีการควบคุมที่กระแสมีลักษณะ เป็นรูปคลื่นสามเหลี่ยมแรงดันของไฟเมน จะช่วยทำให้ เพาเวอร์แฟคเตอร์(power factor) ของระบบใกล้ 1 มากขึ้น นอกจากนี้ การใช้สวิตช์ในการสร้างแรงดันไฟตรงทำให้ไม่ก่อให้เกิด หน้อแปลงในการสร้างแรงดันให้สูงขึ้น ดังนั้นน้ำหนักจึงลดลงด้วย

2. วงจรแปลงผันพลังงานไฟตรง - ไฟตรง

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวอับประจุในแบคเคอรี (ขนาด 24V) จากไฟตรง 310 V จาก SMR ในสภาวะไฟเมนยังมีอยู่ แต่เมื่อไฟเมนดับลงวงจรนี้จะทำหน้าที่ ส่งผ่านพลังงานได้ทั้งสองทิศทาง (จาก SMR ไปแบคเคอรี และ จากแบคเคอรี ไปยัง อินเวอร์เตอร์)

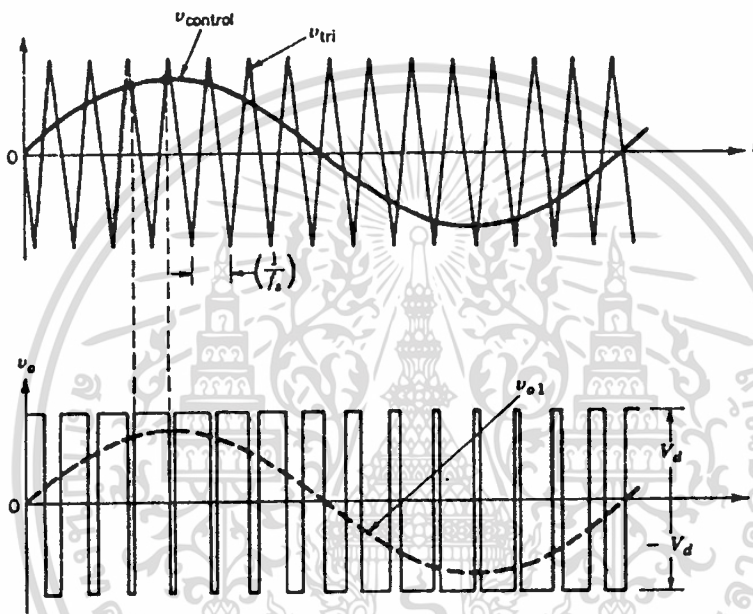
3. แบคเคอรี

แบคเคอรีเป็นแหล่งพลังงานสะสมของ UPS หากให้สามารถ จ่ายพลังงานให้กับโหลดได้เมื่อเกิดไฟดับ ระยะเวลาจ่ายไฟสำรอง (back-up time) ของ UPS จะขึ้นอยู่กับโหลดของ UPS และขนาดของแบคเคอรีที่ใช้ แบคเคอรีที่นิยมมาใช้นั้นปัจจุบันมี 2 ชนิดคือ แบคเคอรีชนิดนิกเกิล - แคดเมียม (nickel - cadmium battery) และแบคเคอรีชนิดตะกั่ว-กรด (lead - acid battery) ซึ่งมีความแตกต่างในเรื่องค่าวง หลายค่า ซึ่งสามารถทราบรายละเอียดจากบริษัทผู้ผลิต

4. อินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าตรงเป็นไฟฟ้า กระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับโหลด โดยจะจ่ายแรงดันขาออกเป็น AC ขนาด 220 V ความถี่ 50 Hz มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำ หากให้โหลดได้รับแรงดันคงที่ ไม่มีปัญหาเรื่องเพิกและเกิน

วงจรมอเตอร์ที่ประกอบไปด้วยภาคที่สำคัญ 3 ภาค คือ ภาคกำลัง ภาคควบคุม และภาคกรอง ภาคกำลังประกอบด้วยวงจรถูกนำที่คักต่อเพื่อกำหนดกำลังของภาคควบคุม ซึ่งงานที่นี้ เพาเวอร์มอสเฟต เนื่องจากการออกแบบวงจรมอเตอร์ได้ง่ายกว่าการใช้ SCR แรงดันที่ออกจากภาคนี้จะมีลักษณะพัลส์บวกลบที่มีความกว้างแปรผันลักษณะ เป็นรูปคลื่นไซน์ ดังรูปที่ 2.2



รูป 2.2 แสดงการกำหนดสัญญาณ PWM

ภาคควบคุมจะทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันออกให้คงที่ถึงแม้แรงดันไฟตรงจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม รวมทั้งควบคุมความถี่และ เฟสที่เท่ากับความถี่และ เฟสของไฟฟ้ากระแสสลับที่มาจากโรงไฟฟ้า การควบคุมดังกล่าวอาศัยการแปรผันความกว้างของพัลส์ นอกจากนี้ภาคควบคุมยังต้องกำหนดเวลาการสวิตซ์ที่เหมาะสม เพื่อเป็นการลดฮาร์โมนิกส์ของแรงดันออก ภาคกรองแรงดันออกจะทำให้แรงดันที่ออกจากภาคกำลังมีลักษณะใกล้เคียงคลื่นรูปไซน์มากขึ้น โดยวงจรถูกนี้อาจเป็นวงจร LC แบบพาสคา หรือ แบบเรโซแนนซ์ (resonant filter)

5. TRANSFER SWITCH

เป็นสวิตช์ที่จะใช้ต่อโหลด เข้ากับไฟเมนหรือคิกไฟเมน มายังอินเวอร์เตอร์ ซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบคือ

- ระบบโอนย้ายไปข้างหน้า(forward transfer system)
- ระบบโอนย้ายย้อนกลับ(reverse transfer system)
- ระบบขนานเพื่อเกินไว้(parallel redundant system)

ระบบโอนย้ายไปข้างหน้าในสภาวะปกติ โหลดจะต่อกับไฟเมน แต่เมื่อ ไฟเมนเกิดขัดข้อง สวิตช์โอนย้ายจะหาหน้าทีต่อโหลดเข้ากับ UPS ระบบนี้ไม่มีข้อเสียคือ มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ที่โหลด ตามไฟเมนจากโรงไฟฟ้า ในสภาวะปกติ แต่มีข้อเสียคือ SMR ที่ออกแบบมีขนาดเล็กลง เพราะไม่ต้องจ่ายพลังงานให้อินเวอร์เตอร์ตลอดเวลา

ระบบโอนย้ายย้อนกลับ สวิตช์จะต่อโหลดเข้ากับ UPS เมื่อไฟเมนยังปกติและขณะ เกิดขัดข้อง แต่จะคิดโหลด เข้ากับไฟเมน เมื่อกระแสที่จ่ายให้โหลดมีค่ามากกว่าที่ UPS จ่ายได้หรือ UPS ขัดข้อง UPS ในระบบนี้ข้อดีคือโหลดได้รับแรงดันและความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าระบบอื่น

ระบบขนานเพื่อเกินไว้ จะเป็นระบบที่มีอินเวอร์เตอร์หลายตัวจ่ายโหลดร่วมกัน โดยที่แต่ละตัวจะจ่ายโหลดเท่า ๆ กัน และเมื่ออินเวอร์เตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งเสีย ตัวที่เหลือจะจ่ายโหลดแทน

2.2 หลักการทำงานของ UPS

การทำงานของ UPS จะสามารถแบ่งออกได้ตามสภาวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. การทำงานของ UPS ในสภาวะปกติ ในรูปที่ 2.1

เมื่อมีกระแสไหลกลับจากระบบจ่ายไฟที่จ่ายให้กับ UPS ตามปกติ อุปกรณ์เรกติฟาย/เครื่องอัดไฟจะหาหน้าทีแปลงกระแสสลับดังกล่าวให้เป็นกระแสตรงที่ลงที่และสม่ำเสมอปราศจากสัญญาณรบกวนหรือฮาร์โมนิกส์ เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์และอัดประจุไฟให้กับแบตเตอรี่เพื่อให้อยู่ในสภาพเต็มตลอดเวลา และที่อินเวอร์เตอร์นั้นหลังจากได้รับกระแสไฟ

ฟ้าตรงแล้วจะหาหน้าทีแปลงกระแสตรงง่ากลับมเป็นกระแสสลับอย่าง ึกิม เพื่อจ่ายให้กับ
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสิทธิ์ในโครงการวิจัยและพัฒนา โดยมีผู้เป็นเจ้าของไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือหลอดไฟโดยผ่านทางสายพาสซีวส์ จากลักษณะการแปลงกระแสไฟสลับเป็น กระแสไฟตรงหรือไฟตรงเป็นไฟสลับของระบบ UPS ดังกล่าวนี้อาจเปรียบเสมือนกับเป็นเกาะ ป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟสลับจากระบบจ่ายไฟปกติ ซึ่งมีปัญหาการรบกวนเกิดขึ้นมากนั้น ผ่านเข้ามา ยังอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือหลอดไฟ ดังนั้นกระแสไฟสลับจากตู้คอนเวอร์เตอร์จึงมีคุณภาพที่ต่ำกว่า จากสิ่งรบกวนต่าง ๆ

2. การทำงานของ UPS ในสภาวะฉุกเฉิน

จากรูปที่ 2.1 เมื่อกระแสไฟสลับจากระบบจ่ายไฟปกติเกิดขัดข้อง หรือ ดับลง อุปกรณ์เรกติฟาย/เครื่องอัดไฟจะหยุดทำงานเป็นผลทำให้ไม่มีกระแสไฟตรงจ่ายออกมา ดังนั้นในช่วงขณะนั้นแบคเคอร์รี่ จะทำการจ่ายกระแสไฟตรงสำรองออกมา ให้กับอุปกรณ์อื่น เวอร์เตอร์ เป็นการทดแทนทันที จึงทำให้อินเวอร์เตอร์ สามารถทำการจ่ายกระแสไฟ สลับออกมาได้ตลอดเวลา โดยไม่หยุดชะงักและในสถานการณ์นี้ ระบบ UPS จะสามารถจ่ายกระแสไฟสลับให้กับโหลดได้นานเพียงใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของแบคเคอร์รี่ที่เก็บสำรอง (BACK UP) กระแสไฟตรงนั้นอยู่

3. การทำงานของ UPS ในสภาวะพาสซีวส์

จากรูปที่ 12.17 เมื่อระบบ UPS ทำงานขัดข้องหรือเกิดการชำรุดกระแสไฟเกิน กำลัง หรือเกิดกระแสอินรัชสูงมากขึ้น อุปกรณ์พาสซีวส์จะย้ายจุดต่อจากอินเวอร์เตอร์ไปต่อ เข้ากับแหล่งจ่ายไฟแบบกลับทางโดยอัตโนมัติ ซึ่งทำงานอย่างอัตโนมัติ และเมื่อเหตุการณ์ ภัยพิบัติพาสซีวส์จะทำการย้ายสวิตช์มาต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์คั้งเดิมโดยอัตโนมัติและไม่ ขาดคอนเช่นกัน

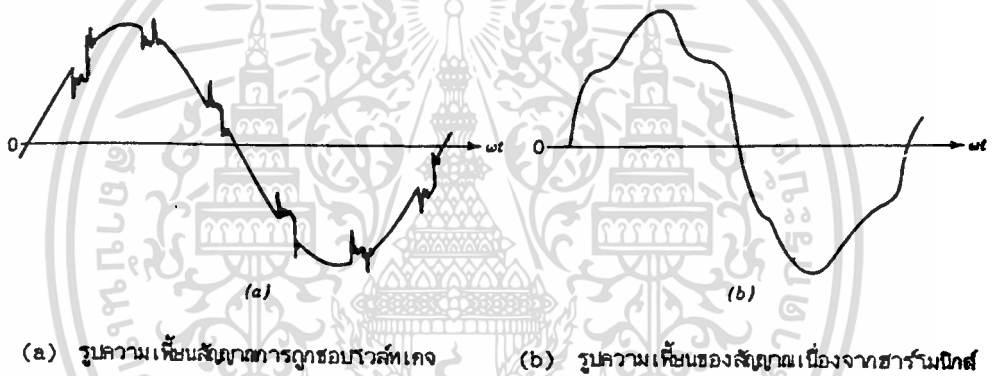
โดยปกติแล้ว UPS จะร่วมกับระบบจ่ายไฟฟ้า โดยลักษณะการ ใช้งานของ UPS จะคล้ายกับระบบป้องกันสำรอง (BACK UP SYSTEM) เพราะจะทำหน้าที่ จ่ายไฟ เมื่อระบบไฟฟ้าปกติขัดข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 รูปแบบความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ (POWER LINE DISTURBANCE)

ในอุดมคติ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะกำเนิดคลื่นไซน์ (sine wave) โดยมีฮาร์โมนิก 1 โด 7 และความถี่ของสัญญาณคงที่ 50 Hz และขนาดของสัญญาณคือ 220 Vac สำหรับระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ระบบเฟสจะสมดุลด้วยการถูกควบคุมให้ความต่างเฟสของแต่ละคู่สายมีค่า = 120 องศา ตามลำดับ

ถึงอย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้ว ความถี่ของสัญญาณย่อมเกิดขึ้น และรูปแบบของความถี่ขึ้นก็คือ



รูป 2.3 แสดงความถี่ของสัญญาณ

2.4 สาเหตุความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟฟ้า:

OVER VOLTAGE มีสาเหตุมาจากการลดลงของโหลดอย่างรวดเร็ว และในทางตรงกันข้ามก็จะเกิด UNDER VOLTAGE ขึ้น การ CHOPPED VOLTAGE การลัดวงจร (SHORT CIRCUIT) มีโอกาสมากที่จะเกิด วงจรลัด สเปคส์ ได้มาก เนื่องจากระบบสวิตช์ (SWITCHING SYSTEM) หรือความเกี่ยวข้องกับ POWER FACTOR ของขดลวดเหนี่ยวนำพวก PUMP / COMPRESSOR MOTORS การเกิดฮาร์โมนิก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแหล่งจ่ายเอง หรือเกิดจากการอ้อมตัวของหม้อแปลงไฟฟ้า การไม่แมตซ์ของระบบสวิตช์กับแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของอุปกรณ์ เมื่อเกิดความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟฟ้า: ขึ้นอยู่กับ

1. รูปแบบของความถี่ของสัญญาณไฟฟ้า
2. รูปแบบของเครื่องมือและการออกแบบสร้าง
3. กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์นั้น

ผลของการที่มี สแปร์ อย่างมาก จะทำให้ส่วนฮาร์ดแวร์ เสียหาย
จากผลดังกล่าวนี้ เราสามารถป้องกันได้ด้วยวาริสเตอร์ MOV(S(METAL OXIDE VARISTERS))
เพื่อป้องกันการ สแปร์

ผลกระทบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเมื่อเกิดกับ ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการออกแบบของตัวอุปกรณ์เอง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ ในช่วงพักที่ขอมรับได้ต่ำกว่า 100 Ms จะไม่มีผลกระทบกับแหล่งจ่ายไฟของเครื่อง

ตาราง 2-1 แสดงความสามารถของโหลด คอมพิวเตอร์

พารามิเตอร์(PARAMETER)	RANGE OR MAXIMUM
(1) Voltage regulation	+5, -10 to +10%, -15%
(2) Voltage disturbances	-25 to -30 ฝน้อยกว่า 0.5 sec
Momentary undervoltage	ต่ำข -100% ขอมรับได้ 4 ถึง 20 msec
Transient overvoltage	+150 ถึง 200% เมื่อน้อยกว่า 0.2 msec
(3) Voltage harmonic distortion	3 - 5% (เมื่อโหลดแบบเชิงเส้น)
(4) สัญญาณรบกวน (Noise)	No standard
(5) Frequency variation	50 Hz \pm 0.5% ถึง \pm 1Hz
(6) Frequency rate of change	1 Hz/sec (slewrates)
(7) 3 ϕ , Phase voltage unbalance	2.5 ถึง 5%
(8) 3 ϕ , Load unbalance	5 ถึง 20% มากที่สุดสำหรับ 1 เฟส
(9) Power factor	0.8 ถึง 0.9
(10) Load demand	0.75 ถึง 0.85 (ขกะต่อโหลด)

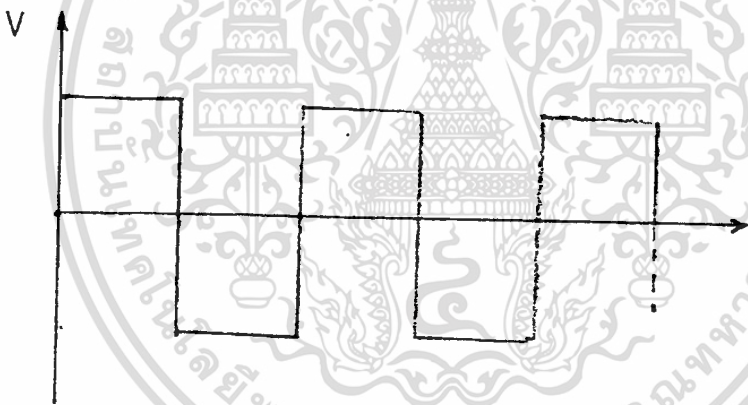
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.5 รูปแบบสัญญาณของ UPS

รูปแบบสัญญาณกระแสสลับที่ UPS จ่ายออกมา เป็นตัวประกอบที่สำคัญ ในการใช้ UPS ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ไฟฟ้า และสัญญาณไฟฟ้าบางชนิดไม่สามารถนำมาเข้ากับ เครื่องมือบางอย่างได้ ภาค อินเวอร์เตอร์ ในตัวเครื่อง UPS เป็นผู้สร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแส สลับขึ้นมา การที่สัญญาณไฟฟ้าเป็นรูปแบบไหนขึ้นอยู่กับชนิดของ อินเวอร์เตอร์ และลักษณะ การ FILTER รูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ UPS จ่ายออกมา ในปัจจุบัน มี 5 ชนิด คือ

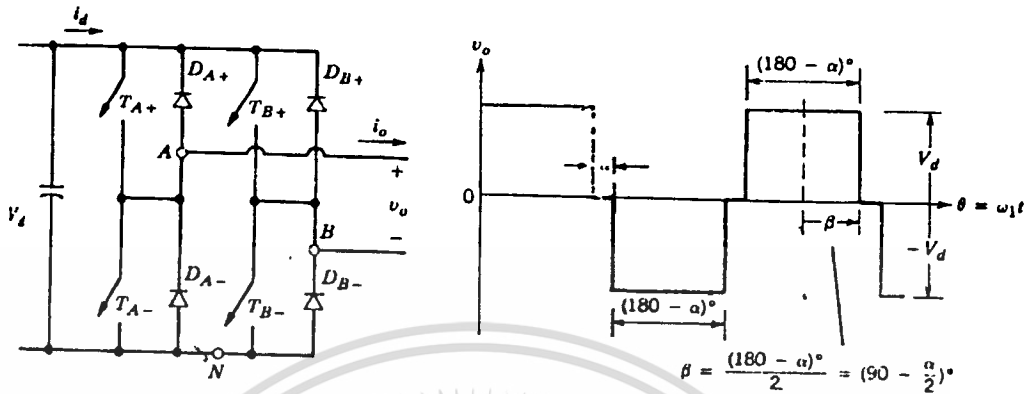
1. SQUARE WAVE
2. QUASI WAVE
3. RECTANGULAR WAVE
4. STEP WAVE
5. SINE WAVE



รูป 2.4 แสดงสัญญาณ SQUARE WAVE

1. SQUARE WAVE

สัญญาณไฟฟ้ารูป 2.4 SQUARE WAVE นี้ มักจะพบมีการควบคุม แรงดันขาออก หรืออาจควบคุมได้โดยแรงดัน DC REGULATOR หรืออาจวงจร ชอปเปอร์ (CHOPPER) อีกครั้ง หรืออาจควบคุมแรงดันที่ เอาท์พุท ของ อินเวอร์เตอร์ ด้วยการใส่ AUTOMATIC VOLTAGE STABILIZER การสร้างง่ายกว่าแบบอื่น ข้อจำกัดคือไม่สามารถใช้ กับโหลดที่เปลี่ยนแปลงของกระแสที่ทันใด ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ แต่เหมาะสำหรับอุปกรณ์ พาก VIDEO TAPE, TV, แหล่งจ่ายพลังสวิทช์ (SWITCHING POWER SUPPLY) เท่านั้น



รูป 2.5 ลักษณะ QUASI SQUARE WAVE ที่ได้จาก TRANSISTOR BRIDGE

อย่างไรก็ตาม QUASI SQUARE WAVE มีฮาร์โมนิกส์ ที่ 5, 7, 11 ปรากฏอยู่ด้วย ซึ่งไม่มีผลต่อโหลดใด ๆ (ไม่เหมือนกับ SQUARE WAVE) ซึ่งมี ฮาร์โมนิก ที่ 3 มักจะมีผลต่อมอเตอร์ และ อินдукทีฟโหลด (INDUCTIVE LOAD)

หมายเหตุ ฮาร์โมนิกส์ที่ 5 จะไม่มีผลต่อโหลดใด ๆ ยกเว้นโหลดนั้น อนาคตของสายส่งไฟฟ้าบางช่วงอาจถูกรบกวนได้

2. QUASI SQUARE WAVE

จะใช้งานไดโพล์เทียบเท่า คลื่นไซน์ ก็ต่อเมื่อมีอิมพีแดนซ์ค่า ๆ เท่านั้น ขณะเดียวกันต้องไม่มีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาที่ QUASI SQUARE WAVE ด้วย ในภาพแสดงถึง QUASI SQUARE WAVE ที่มี BACK EMF ที่เกิดขึ้นจาก INVERTER TRANSFORMER แบบ FULL WAVE CENTER TAP

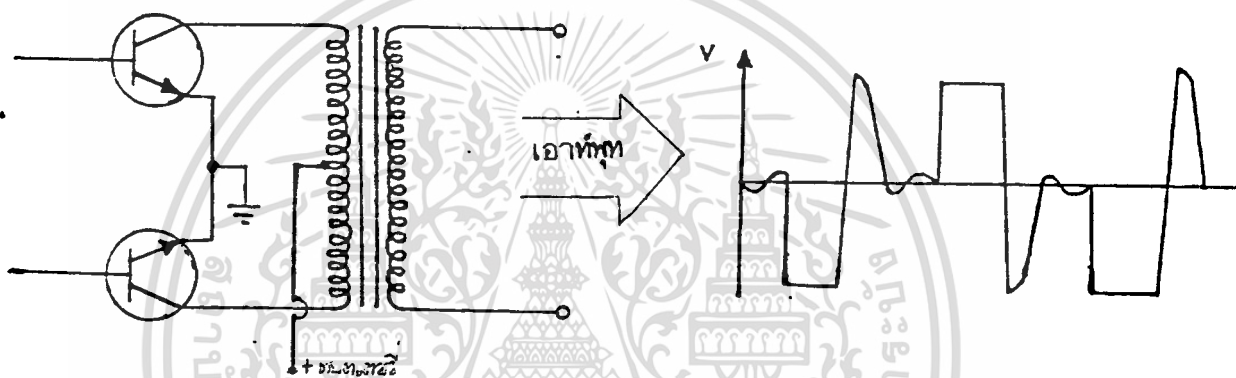
เนื่องจากแรงดันกระแสลับของ QUASI SQUARE WAVE ขึ้นอยู่กับความสูง และความกว้างของลักษณะ ดังนั้นการควบคุมแรงดันให้กับ เออร์ทุก ของ อินเวอร์เตอร์ จึงสามารถทำได้ง่ายด้วย การมอดูเลชันของวงจรถอติเลทหรอนิกสอินเวอร์เตอร์ มีคุณสมบัติความคงที่ของแรงดันและความถี่ได้ (CVCF) ข้อดีของการสวิตช์แบบ

QUASI นี้ก็คือ ให้ประสิทธิภาพสูง SWITCHING LOSS น้อย ทนทานใช้งานได้ระยะยาวขึ้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม การสร้างสัญญาณแบบ QUASI นี้ต้องใช้ทรานซิสเตอร์ และแบคเตอร์แรงดันต่ำ เอ๊าท์พุท อิมพีแดนซ์ยังสูงอยู่มาก จึงไม่สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ เครื่องบันทึกเงินสด ระบบคอมพิวเตอร์ เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือแพทย์ได้

3. รูปสัญญาณแบบ REGULAR WAVE : เป็นรูปสัญญาณเพ้าที่มีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณไซน์ มากที่สุด ค่า เอ๊าท์พุท อิมพีแดนซ์ต่ำ แต่ อินเวอร์เตอร์ ที่สร้างสัญญาณเพ้ารูป REGTANGULAR WAVE ถูกสร้างขึ้นมาจากฟิลเตอร์ QUASI SQR.WAVE ดังรูป 2.6



รูป 2.6 แสดง REGTANGULAR WAVE

สัญญาณนี้สามารถใช้กับคอมพิวเตอร์ที่เป็นแหล่งจ่ายไฟแบบสวิทช์ (SWITCHING POWER SUPPLY) แต่ไม่สามารถใช้กับ เครื่องพิมพ์ (PRINTER) ได้

ระบบนี้ไม่สามารถคิดตั้ง สวิตซ์อินย่าย ได้ นอกจากนี้ระบบยังมี เอ๊าท์พุทอิมพีแดนซ์สูง ทำให้ไม่สามารถโหลดเพ้าเวอร์แผลเคอร์ (POWER FACTOR) ต่ำ ๆ ได้ เช่น หลอด FLUORESENT, AC MOTOR ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินดักทีฟโหลดพวกพัดลม หม้อแปลง มีอายุสั้น และมีเสียงดังในขณะใช้งาน

สัญญาณเพ้ารูป STEP WAVE : จากพื้นฐานของ QUASI SQR.WAVE ที่ถูกสร้างขึ้นด้วย THYRISTER INVERTER ซึ่งสามารถจ่ายกำลังได้สูง ขณะเดียวกัน เอ๊าท์พุท อิมพีแดนซ์ต่ำ ยังนำมาซึ่งการรับโหลด POWER FACTOR ที่ต่ำอีกด้วย จึงนำเอาหลักของ QUASI SQR.WAVE มาเรียงต่อกันและค่างองศาพันหลาย ๆ ชุดยิ่งมากชุดจะทำการลดฮาร์โมนิกส์ได้มาก และยังเพิ่มกำลังของ อินเวอร์เตอร์ ได้อีกด้วย ดังนั้นระบบนี้จึงถูกนำมาสร้างเป็น MINI UPS และ MAINFRAME UPS ในปัจจุบัน

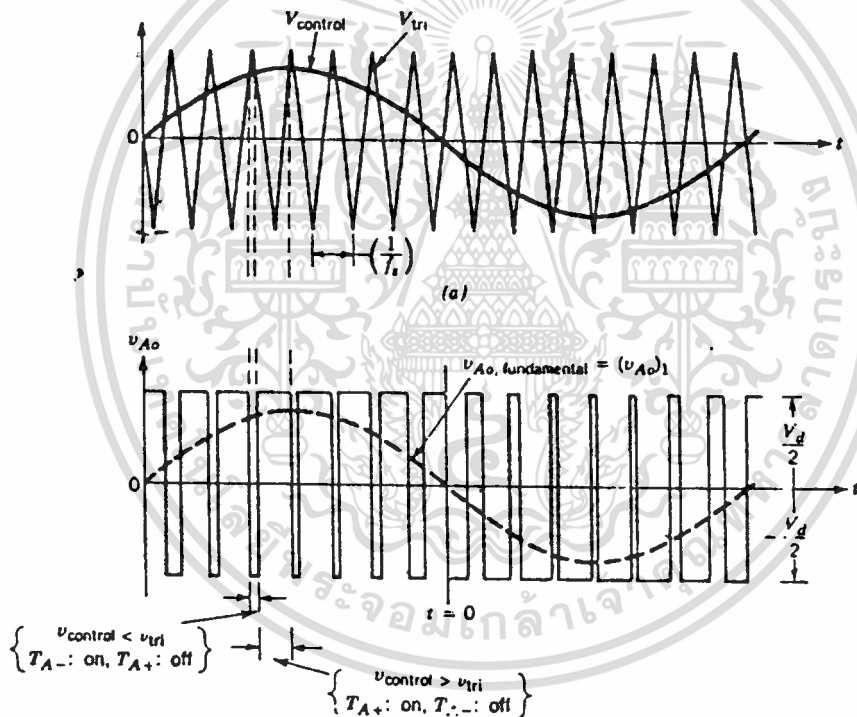
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในองค์กรศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีของ อินเวอร์เตอร์ ในการสร้างสัญญาณเพ้ารูป SINE WAVE

เพราะสัญญาณเพ้ารูป คลื่นไซน์ ที่มีอิมพิแดนซ์ต่ำ เป็นสัญญาณเพ้าที่ เหมาะสมที่สุดแก่โหลดทุกชนิด จำเป็นอยู่เองในการสร้างสัญญาณเพ้ากระแสตรง เป็นกระแสสลับ พิลเคอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างสัญญาณเพ้ารูป คลื่นไซน์

ในบริเวณนี้หนังสือจะกล่าวถึงวิธีที่ดีที่สุดในการสร้างสัญญาณเพ้าเท่านั้น วิธี PWM ซึ่งจะกล่าวละเอียดในส่วนของ DC to AC ใน INVERTERSINENVSOIDAL PWM ถูกสร้างขึ้นเพื่อลด ฮาร์โมนิกส์ ที่ไม่ต้องการออกไป เมื่อนำมาใช้กับ อินเวอร์เตอร์ ใน UPS ทำให้น้ำหนักลดลง ขณะเดียวกันกับประสิทธิภาพสูง ลักษณะของ PWM จะเป็นดังรูป 2.8



รูป 2.8 แสดงรูปสัญญาณ PWM

การใช้ PWM มาสร้างสัญญาณเพ้ารูป คลื่นไซน์ สามารถใช้วงจรรวม คู่มืออิเล็กทรอนิกส์ มาควบคุมแรงดัน เอาท์พุท ได้ง่ายด้วย PWM INVERTER สามารถใช้ TRANSISTOR หรือ THYRISTER ได้เป็นอย่างดี

บทบาทหนึ่งในการสร้าง อินเวอร์เตอร์ แบบ PWM ก็คือ SWITCHING LOSS ซึ่งเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เมื่อมีการ SWITCHING ซึ่ง PWM มีความถี่สูง SWITCHING LOSS จะมาก SWITCHING LOSS เกิดจากแรงดัน และ

กระแสสลับในตัวเหนี่ยวนำ ก็คือค่า di/dt และ dv/dt ยิ่งถ้าต้องการ อิมพิแดนซ์ (IMPEDANCE)

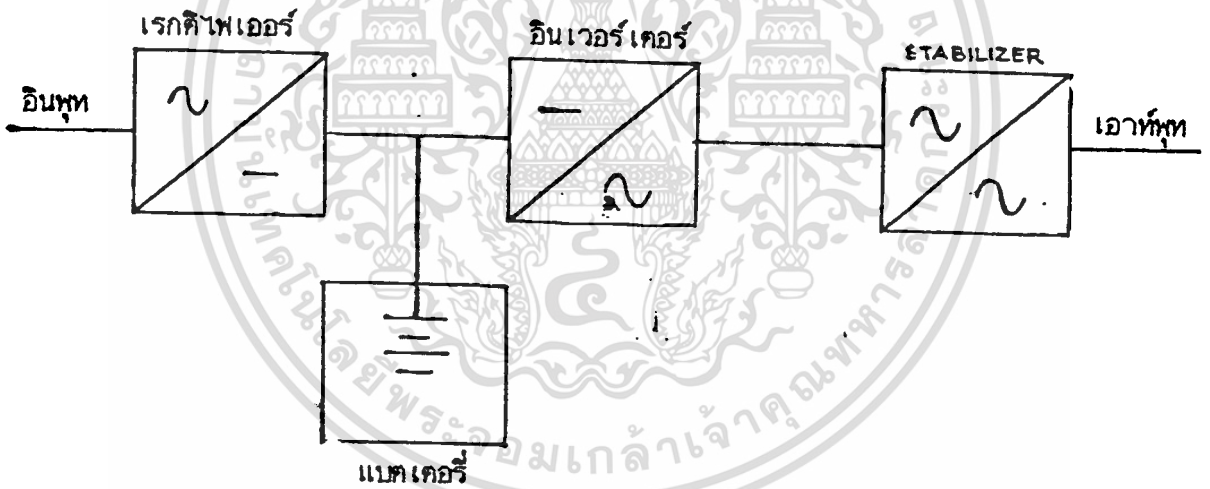
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท ไร่เจียงในเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่ในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ค่าและได้คลื่นนาฬิกา ที่สมบูรณ์แล้ว ยิ่งจำเป็นต้องใช้ความถี่ PWM ยิ่งต้องสูง แนนอนค่าของ SWITCHING LOSS จะยิ่งมากด้วย ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหาได้จะทำให้ อินเวอร์เตอร์มีเสียงดังและร้อนมาก แต่สามารถลดได้โดยการใช่วงจร snubber (SNUBBER CIRCUIT)

กรรมวิธีควบคุมแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของ UPS ที่คงที่ (CVCF)

UPS ที่ต้องการควบคุมแรงดันไฟฟ้ามากที่สุด เท่าที่จะทำได้ โดยมีการควบคุมดังต่อไปนี้

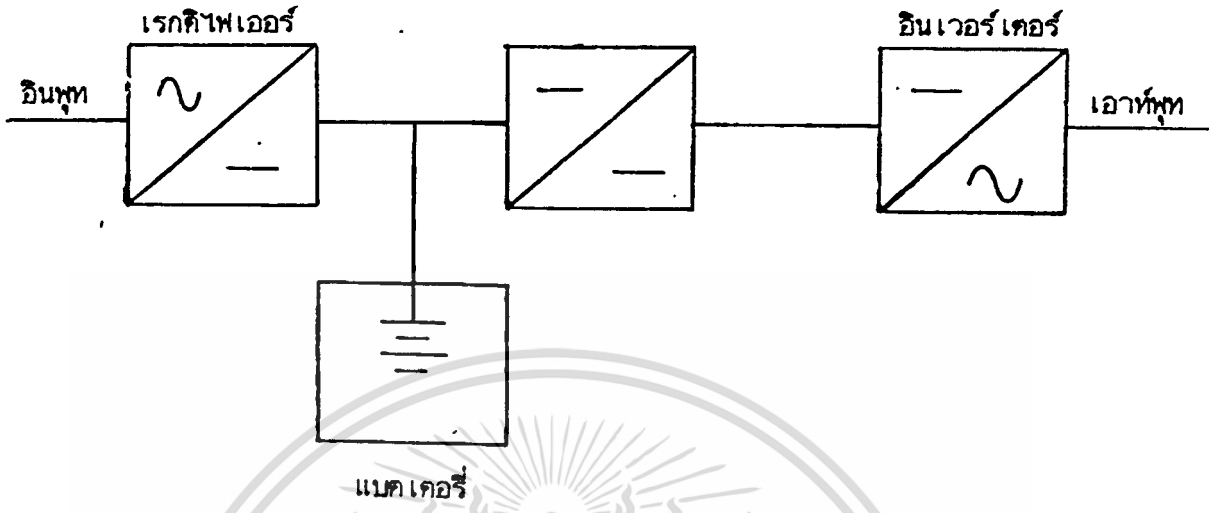
แบบที่ 1 การควบคุมแรงดันทางค่าน เอาท์พุท รูป 2.9 แสดง วิธีการแบบนี้จะใช้ STABILIZER ควบคุมในส่วนท้าย แต่ไม่ค่อยพบในปัจจุบัน



รูป 2.9 แสดง วิธีการแบบที่ 1 จะใช้ STABILIZER ควบคุมในส่วนท้าย

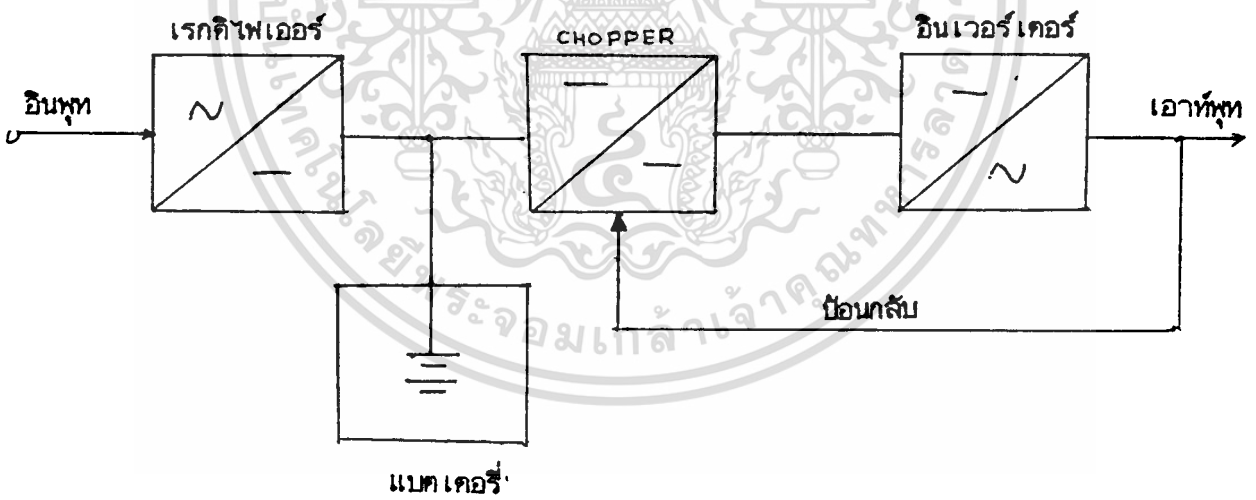
แบบที่ 2 ควบคุมแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับ อินเวอร์เตอร์ ดังรูป 2.11

วิธีการนี้ใช้หลักการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสูงของสัญญาณนาฬิกา เพื่อให้แรงดันคงที่ที่จุด ๑ หนึ่ง โดยการป้อนสัญญาณนาฬิกาออกจาก อินเวอร์เตอร์กลับเข้าไปควบคุมแรงดันกระแสตรงที่จ่ายให้กับ อินเวอร์เตอร์ วงจรนี้ก็คือ DC REGULATOR หรือ DC CHOPPER การควบคุมที่แรงดันคงที่นี้ มี 2 แบบที่นิยมใช้กันมากคือแบบ DC CHOPPER



รูป 2.10 บล็อกไดอะแกรม ส่วนควบคุม

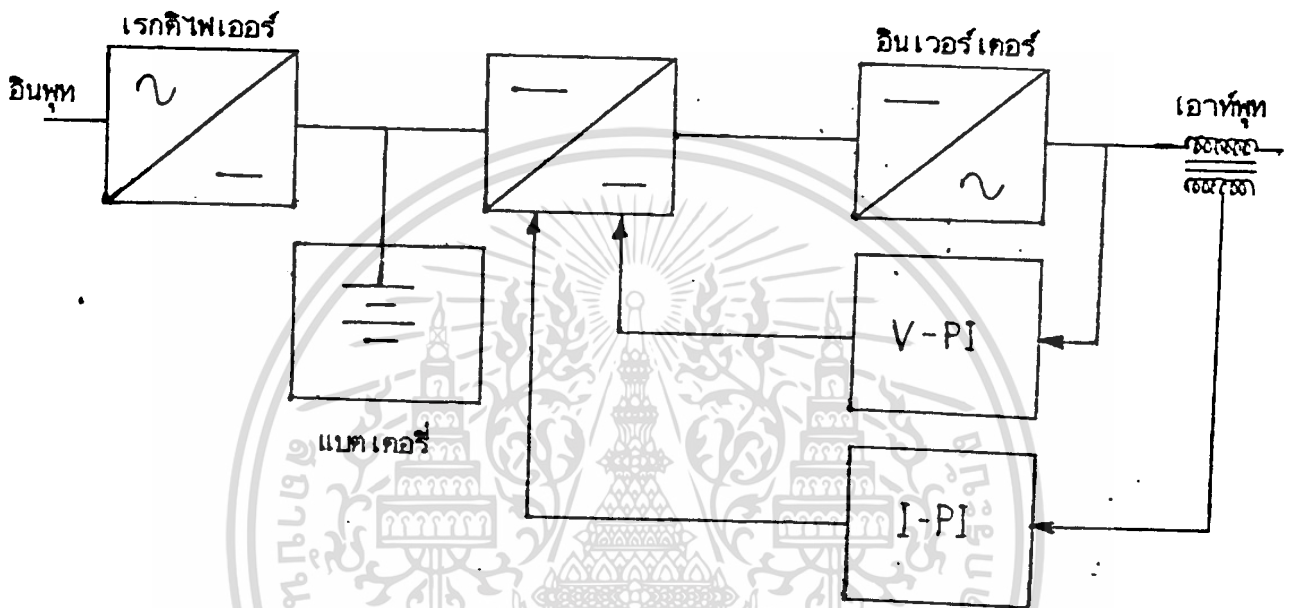
ใน รูป 2.10 เป็นหลักการพื้นฐานในการควบคุมที่จะ ใช้ในบริเวณนี้และ จะกล่าวละเอียดต่อไปในส่วนของการป้อนกลับของ อินเวอร์เตอร์



รูป 2.11 แสดงการป้อนกลับ

ใน รูป 2.11 เป็นหลักการพื้นฐานที่แสดงการควบคุม วิธีการนี้เพิ่มเสถียรภาพของความเร็วที่อาร์มิกัลงที่ สามารถที่จะกำจัดออกด้วย FILTER ได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ VOLTAGE RECOVERY TIME จะช้า ดังนั้นทางปฏิบัติสำหรับ UPS ขนาดใหญ่ จะใช้ PI CONTROL ซึ่งเป็นการควบคุมทางเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ (POWER ELECTRONICS) ที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ในระบบควบคุมในงานอุตสาหกรรม

การใช้ V-PI CONTROL ทำให้แรงดันที่ออกจาก UPS ค่อนข้างคงที่ แต่ยังมีจุดอ่อนในแง่ของ VOLTAGE RECOVERY TIME ในการรีเซ็ต เอาท์พุท ของ UPS มีโหลดน้อย ๆ ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงต้องประกอบด้วย I-PI CONTROL เข้ามาประสานด้วย เพื่อช่วยความเร็วในการปรับแรงขึ้น เมื่อมีกระแสของโหลดเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังภาพรูป 2.12

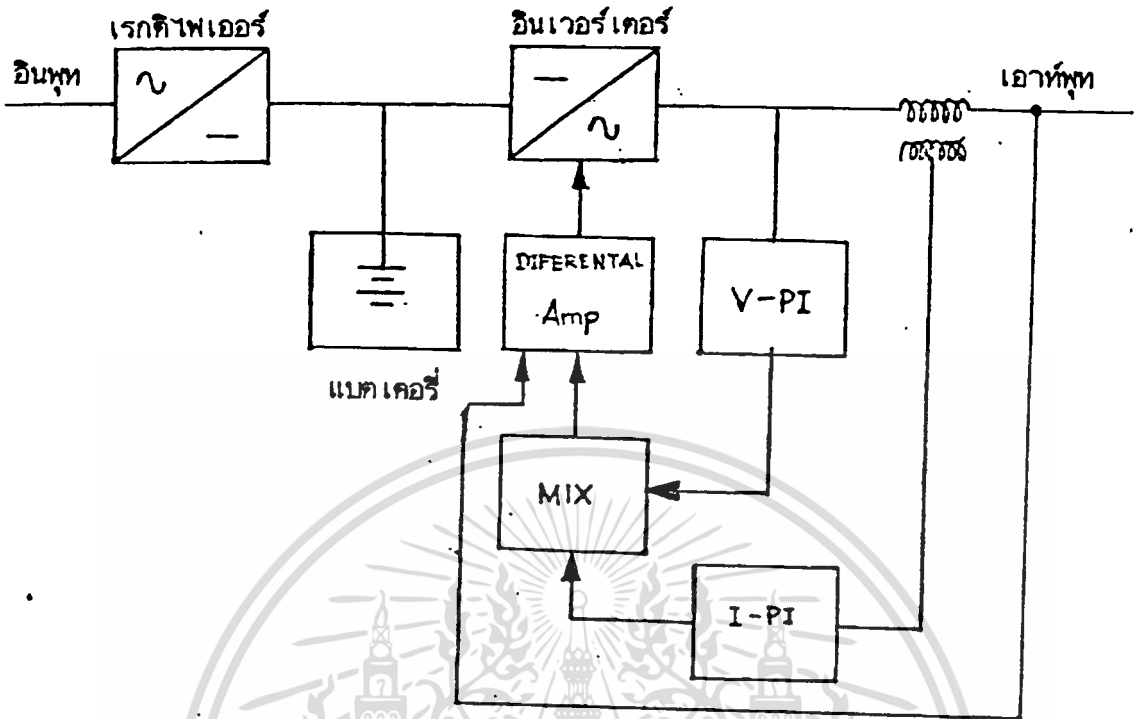


รูป 2.12 แสดง PI CONTROL

วิธีการของ PI CONTROL เป็นวิธีที่เลือกใช้ในการบ่อนกลับของการทำ PROJECT ในครั้งนี้ โดยมีหลักการคือ การนำเอาสัญญาณเพ้าค่าใด ๆ มาเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์ (PULSE) ที่มีรูปร่างแน่นอน และจงจาวไว้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางิ่งเข้าหารูปเดิม ด้วยกรรมวิธีนี้จะทำให้ เอาท์พุท วอลท์เตจ ที่ได้รับคิมมาก สมมุคิว่าเราทาหาให้แรงคั้นเพ้าค่า 220V เป็นสัญญาณ พัลส์ รูปหนึ่ง เมื่อแรงคั้น เอาท์พุท UPS เปลี่ยนแปลง สัญญาณ พัลส์ จะเปลี่ยนแปลงด้วย โดยสัญญาณ พัลส์ ที่ถูกคั้งไว้เดิมจะปรับคัวเองใหม่เพื่อรักษารูปร่างเดิม แรงคั้นที่ไค้จะคงที่ตลอดเวลา

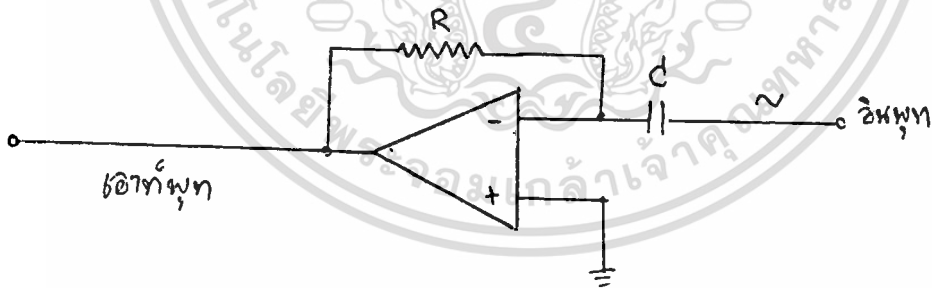
นอกจากนี้แล้วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบ่อนกลับให้มีความเร็วในการคอบสนองคั้งขึ้น จึงนามาร่วมกับ คัพเพอเรนเชี่ยลแอมป์ (DIFFERENTIAL AMP.) โดยวิธีการนี้นอกจากจะมีแรงคั้นคงที่แล้วยังทาให้ วอลท์เตจใหม่ (VOLTAGE TIME) เร็วขึ้นภายใน 10-12 msec (มิลลิวินาที) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.13 การควบคุมแบบ V-PI

การใช้คิฟเฟอเรนเชียลเอมป์ เพื่อมาควบคุมกำลังการขยายของสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ที่จะนำมา มอด เป็นสัญญาณ PWM ทำให้ความเร็วในการปรับแรงดันเร็วขึ้น



รูป 2.14 วงจร คิฟเฟอเรนเชียลเอมป์

ในการนี้ โหลด เกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด แรงดัน เอาท์พุท อินเวอร์เตอร์ ที่ตกลงจะส่งมาเปรียบเทียบกับ คิฟเฟอเรนเชียลเอมป์ ทันที ทำให้สัญญาณ คลื่นไซน์ ถูกขยายขึ้น โดยอัตราที่มีภายใน 10msec PI CONTROL จะวิ่งเข้าหาจุดเดิมเพื่อควบคุมความกว้างของ พัลส์ ของ PWM. ซึ่งก็คือการควบคุมแรงดันนั่นเอง เวลา 2 msec ที่เพิ่มขึ้นก็คือ เวลาการทำงานของ IC และเวลาของกระแสไฟฟ้าที่ เอาท์พุท UPS เดินทางผ่าน อุปกรณ์ต่าง ๆ

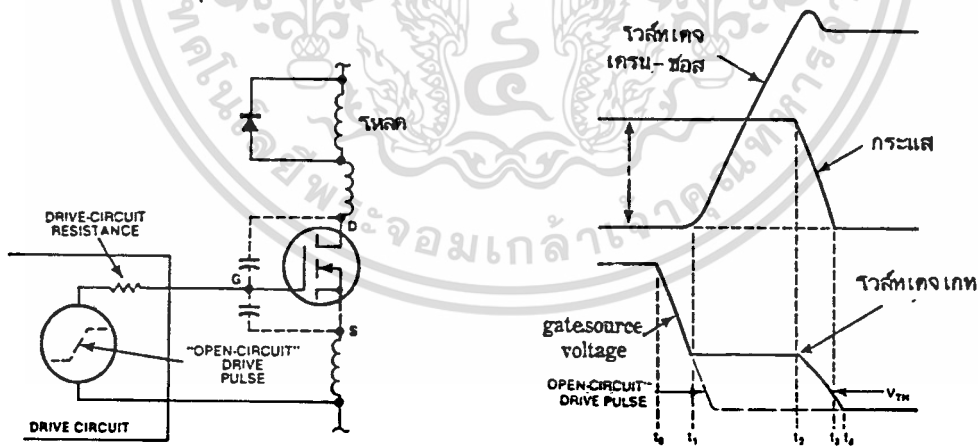
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 หลักการใช้เพาเวอร์มอสเฟต

เพาเวอร์มอสเฟตมีคุณลักษณะสมบัติหลายประการแตกต่างกันไป จากอุปกรณ์โมดูลาร์ซึ่งปกติต้องการสัญญาณขับแรงดันค่า แต่กระแสสูง ในขณะที่เพาเวอร์มอสเฟตต้องการสัญญาณแรงดันสูงโดยที่กระแสอินพุตต่ำมาก (นั่นก็หมายถึง) อีกประการหนึ่ง แหล่งสัญญาณเพสลับต้องสามารถซาร์จและดิสซาร์จแก่ตัวเก็บประจุพิกัดทางขาเกต ทั้งนี้เนื่องจากเพาเวอร์มอสเฟตใช้พื้นที่ชิปค่อนข้างใหญ่ ค่าความจุทางขาเกตจึงสูง เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของวงจรถับเกตก็ เป็นแหล่งก่อเกิดปัญหาหากว่ามีค่าสูงเกินไป การสั่งเพาท์อิมพีแดนซ์อาจทำได้แน่นอน การใช้ซีเนอร์ป้องกันไว้ทางขาเกตในลักษณะวงจรถับเกตแรงดัน อาจช่วยได้พอสมควร แต่แนวทางป้องกันที่ดีที่สุดคือต้องระวัง เรื่องการออกแบบวงจรถับเกต

จะเกิดอะไรขึ้นหากว่าวงจรถับเกตมีค่า

เอาท์พุทอิมพีแดนซ์สูงเกินไป พิจารณารูปคลื่นต่าง ๆ ในรูปที่ 2.15 โดยในรูป 2.15a เป็นกรณีเลวร้ายที่สุดโดยวงจรถับเกตจะมีโหลดแบบชดลวดที่ถูกแคว้งไว้ด้วยเคปซอร์ และมีค่าความเหนี่ยวนำหลงเหลืออยู่ในวงจรถับเกต เพื่อความง่าย เราจะพูดถึงในกรณีอิมพีแดนซ์ของวงจรถับเกตเป็นความต้านทานบริสุทธิ์



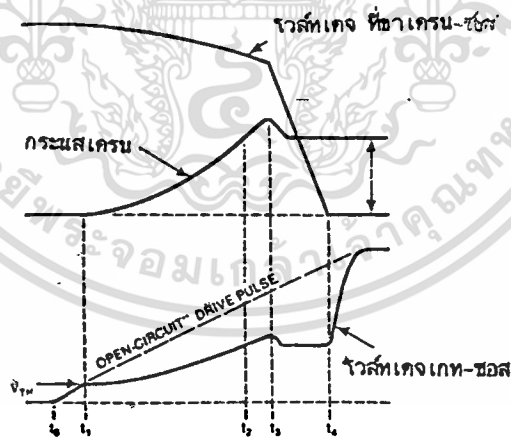
รูป 2.15 แสดงการขับขาเกต และ สัญญาณที่ขาเค-ซอร์ส

ที่เวลาสั่งปิดวงจรถับเกต (T_0) ของรูป 2.14 หัวแรงดันจากภาคขับเกตจะเริ่มต้นแรงดันสูงขึ้น ที่เวลา t_1 จะต่ำลงจนเท่ากับแรงดันจุดเริ่มทำงานของมอสเฟต และกระแสเกรนจะเริ่มมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่รูปคลื่นของแรงดันเกต-ซอร์สจะเอียงไปทิศทางที่ควรจะเป็น ประการแรกชดลวดที่อนุกรมกับขาซอร์สจะสร้างแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของกระแสซอร์ส

ศึกษาแรงดันนี้จะพบหักล้างกับแรงดันขับเกตหากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการใช้แรงดันคร่อมขาเกต-ซอร์สช้าลง ส่งผลให้อัตราการใช้กระแสซอร์สช้าลง นั่นคือเกิดการโอนกลับสม อันเนื่องมาจากกระแสซอร์สสูงขึ้นแล้วปรับแรงดันให้หักล้างกับแรงดันเกต เกิดการต้านความเปลี่ยนแปลงของกระแสทั้งกล่าว

องค์ประกอบที่สำคัญอีกอย่างที่เกี่ยวข้องกับแรงดันเกต-ซอร์ส คือ ผลของมิลเลอร์ ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 จะเกิดแรงดันตกคร่อมแกชชบาทหลง เหลือในวงจรซึ่งอนุกรมกับขาเกต ทำให้แรงดันเกต-ซอร์สมีแนวโน้มลดลง อันนี้จึงส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าในระหว่างเกต ทำให้แรงดันเกต-ซอร์สมีแนวโน้มลดลง อันนี้จึงส่งผลต่อค่าความจุไฟฟ้าในระหว่างเกต-เกตโดยตรง โดยจะดึงเอาประจุไฟฟ้าผ่านตัวมัน จึงส่งผลให้เกิดคาปาซิทีพโหลดสูงขึ้นแก่วงจรขับเกต ซึ่งก็ส่งผลให้แรงดันตกคร่อมอิมพีแดนซ์ของวงจรถับเกตสูงขึ้นและปลดอัตราการใช้แรงดันที่ปรากฏระหว่างขาเกตกับซอร์ส โดยแท้จริงแล้วหากอิมพีแดนซ์ของภาคขับเกตต่ำลง ผลดังกล่าวนี้จะน้อยลง การเพิ่มกระแสแกนเกตทำให้แรงดันเกต-ซอร์สลดลง ทำให้แรงดันเกต-ซอร์สเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และจึงเป็นการเพิ่มกระแสเกต



รูป 2.16 แสดงช่วงการ OFF ของ T-MOS

ปรากฏการณ์เช่นนี้จะเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงที่เรียก t_1 ถึง t_2 กระแสแกนเมอสเพิ่มขึ้นถึงระดับ I_{max} และไหลผ่านทรานซิสเตอร์ โดยที่มันจะยังคงต่อเนื่องมาจนถึงช่วงที่เรียก t_2 ถึง t_3 กระแสจะสูงขึ้นด้วยเนื่องจากแบ่งผ่านส่วนหนึ่งไปไหลในทรานซิสเตอร์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เวลา t_3 เมื่อไดโอดมีแรงดันสูงถึงจุดทางานกระแส
 เทรนในโหมดสแตทและแรงดัน เทรนจะเริ่มลดลง ขณะนี้ผลของมิลเลอร์จะมาเกี่ยวข้องกับอัตรา
 การลดของแรงดัน เทรนจนวงจร เข้าสู่สภาวะสมมูลย์แรงดัน เทรนจะตกลงในอัตราที่ต่ำเป็น
 เพียงให้แรงดันระหว่างขั้ว เกทกับซอร์สในคาบความถี่ที่กระแส เทรนที่ไหลผ่านโหลด (คุณสมบัติ
 นี้เองที่ใช้อธิบายว่าทำไมแรงดัน เกท-ซอร์สจึงลดลงในขณะ ที่กระแสไหลในพรีวิลลิ่ง ไดโอดลดลง
 จากนั้นก็มีค่าคงที่ความถี่กระแส เทรนที่ควรจะเป็นแม้ว่าแรงดัน เทรนจะลดลง (ข้ออีกต่อไป) จริง ๆ
 แล้วหากอิมพีแดนซ์ของวงจรขั้ว เกทมีค่าต่ำลงก็จะทำให้เกิดกระแสที่ช้ากว่าผ่านทางค่า
 ความจุที่ระหว่าง เทรน-เกท และทำให้ช่วงเวลาตก (FALL TIME) ของแรงดัน เทรนสั้น
 กว่า

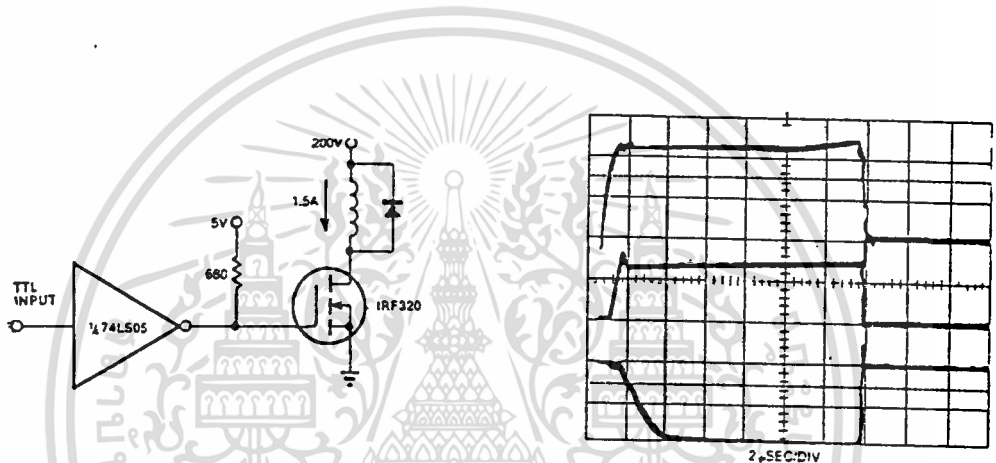
จุดสุดท้ายคือ t_4 เป็นกรณีที่มีผล เห็นว่าพหุคูณสมมูลย์แรงดัน เกท-ซอร์ส
 จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เข้าสู่สภาวะที่เกิดขึ้นในขณะ เปิดวงจร
 ในทานองเดียวกัน อาจพิจารณาช่วง เวลาสั้น OFF ให้นับรูป 2.16 ที่เวลา t_0
 แรงดันขั้ว เกทจะ เริ่มลดลงจนกระทั่ง แรงดัน เกทจะ เท่ากับระดับที่คงค่ากระแส เทรน ไว้หรือที่หา
 ให้อุปกรณ์มอสเฟตทางานแบบลิเนียร์จากนั้นแรงดัน เทรน-ซอร์สจะ เริ่มสูงขึ้น ผลของมิลเลอร์จะ
 ใช้ควบคุมอัตราที่เพิ่มขึ้นของแรงดัน เทรนและจะคงค่าแรงดัน เกท-ซอร์สไว้ในระดับกระแส
 เทรนคงที่ค่าหนึ่ง ๆ และก็ เช่นเดียวกับกรณีอื่น ๆ หากอิมพีแดนซ์ของวงจรขั้ว เกทลงกระแส
 ชาร์จจะเพิ่มขึ้น เวลาการที่ขึ้นของแรงดัน เทรนจะสั้นลง ที่เวลา t_3 แรงดัน เทรนจะเข้า
 ถึงระดับสูงสุด แรงดัน เกทกับกระแส เทรนจะลดลงในอัตราหนึ่งที่จะวัดไว้โดยค่าอิมพีแดนซ์
 ของวงจรขั้ว เกท-ซอร์ส

- การออกแบบวงจรขั้ว เกทแบบดิจิทัล

ลอจิกไอซีในปัจจุบันนิยมใช้กันแพร่หลายทั้งในตระกูล TTL และ CMOS
 แต่ก็มิใช่ว่าอุปกรณ์ไอซี TTL มาตรฐานทุก ๆ เบอร์จะสามารถใช้สั่งงานเกทเวออร์มอสเฟต
 หนักเปิดวงจรอย่างกับปราศจากเงื่อนไข ทางที่ควรตรวจสอบถึงความสามารถต่าง ๆ จาก
 อุปกรณ์ TTL จากหนังสือคู่มือซึ่งจะบอกถึงขนาดกระแสทั้งในแบบ SOURCE และแบบ SINK
 เช่น หากไอซีอนุกรม 74LS กระแสที่จ่ายออกจาก เอาท์พุท ไอซี (SOURCEING CURRENT)

เอกสารนี้จะมีค่าค่าเพียง 0.4 mA โดยลอจิก 1 มีการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดแรงดันไฟสูง เพียง 240V ซึ่งนับว่าต่ำกว่าจุดทำงานของมอสเฟตยุคก่อนข้างมาก และหากใช้ความต้านทานค้ำ เอาท์พุท ของเกท TTL ขึ้นแบบปกติก็มีใช้หมายความว่ามอสเฟตจะเปิดเปิดกว้างอย่างดีเสมอไป ตัวอย่างเช่น หากใช้มอสเฟตแรงดันค่าเบอร์ IRF-130 การไบอัสที่ขาเกทในระดับ 5 V จะทำให้ได้กระแสแตรนประมาณครึ่งหนึ่งของระดับกระแสแตรนตามอัตราปกติใช้งาน แต่หากใช้เบอร์ IRF 330 ซึ่งทนแรงดันได้สูงขึ้น แรงดันอินพุท 5 V ก็สามารถทำให้เกิดกระแสแตรนไหลได้สูงกว่าปกติ



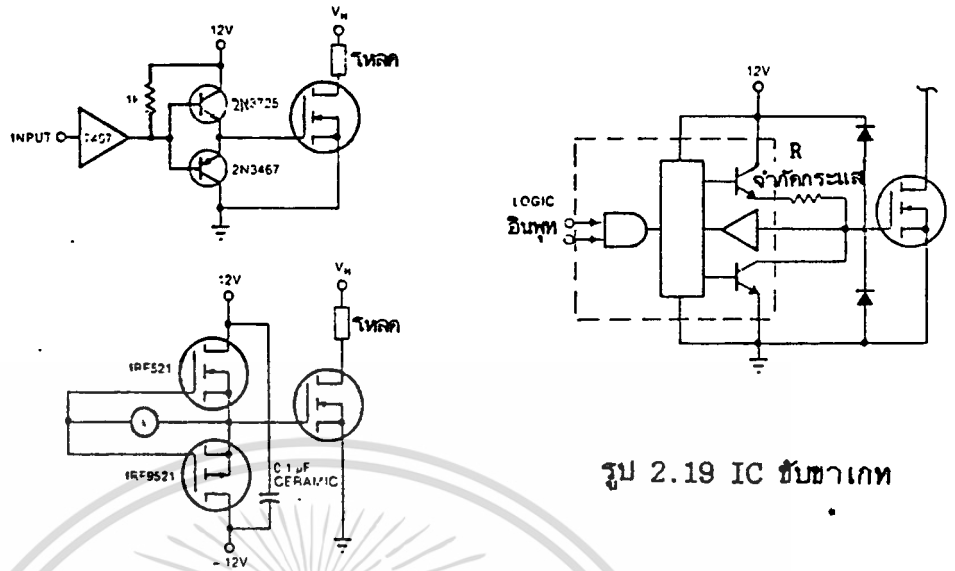
รูป 2.17 การขับเพาเวอร์มอสเฟตด้วย TTL

เราสามารถจะลดช่วงเวลาสั่ง ON โดยใช่เกทหลาย ๆ ตัวต่อขนานกัน หรือโดยลดค่าพูล์อัพรีซิสเตอร์ (PULL UP RESISTER) หรือโดยใช่แหล่งจ่ายไฟสูงกว่า 5V เช่น TTL เบอร์ 74D6 และ 74D โดยกรณีเหล่านี้จะลดเวลาสั่ง ON ได้รวดเร็วขึ้น

ในกรณีใช้งานสวิตช์ที่ความถี่สูงในช่วงจรแบบคอมพลิเมนทารี (COMPLEMENTARY) ดัง แสดงงานรูปที่ 2.18 ทั้งสองแบบจะมีเส้นทางอิมพีแดนซ์ค่าทั้งในกรณีซาร์จและดิสซาร์จแก่ความจุไฟฟ้าทางขาเกท หากให้คุณภาพการทางานสูงขึ้นแม้ที่ความเร็วสูง

ส่วนในรูปที่ 2.19 เป็นการนำเอาซีเบอร์พิเศษที่ออกแบบมาใช้งานเป็นวงจรสวิตช์ที่หลาย โดยที่สามารถรับ/จ่ายกระแสได้ 500 mA รับสัญญาณ TTL ได้ดี ทำให้เหมาะแก่การนำใช้ขับเกทของเพาเวอร์มอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.19 IC ชิปขาเกท

รูป 2.18 วงจรขั้วขาเกทคอมพลีเมนต์
- การพิจารณาโลจิกตระกูล CMOS

ข้อดีของลอจิกเอซีแบบ CMOS คือใช้แหล่งจ่ายไฟได้สูงกว่าที่ใช้กับ TTL ทำให้สามารถได้ขนาดกระแสเกรนโดยง่ายต้องเพิ่มบัฟเฟอร์ใด ๆ กันอีก นอกจากนี้ อุปกรณ์ CMOS เองยังมีคุณสมบัติสมมูลกันต้านเอาท์พุททั้งในภาครับและจ่ายกระแส ในการใช้งานที่แรงดันสูงกว่า 8V ค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ตกในราว 500 โอห์ม แต่หากใช้แหล่งจ่ายไฟช่วงต่ำกว่า 8V จะมีค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ราว 1 กิโลโอห์ม อย่างไรก็ตามก็ช่วงเวลาในการสวิตช์ของ มอสเฟต ช้ากว่าอุปกรณ์ TTL ช่วงสั่ OFF แก่ มอสเฟต จึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเท่าในรูปที่ 2.19 ทว่าช่วงสั่ ON จะดีกว่าเล็กน้อย และหากจะลดค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรขั้วเกทลงก็อาจทำได้ง่าย ๆ โดยขาใช้เกท CMOS หลาย ๆ ตัวนำมาต่อขนานกัน หรือหันมาใช้บัฟเฟอร์ที่จ่ายกระแสสูง เช่น CD4049 และ CD4050 ก็จะมีคุณภาพการทางานดีขึ้นอีกมาก

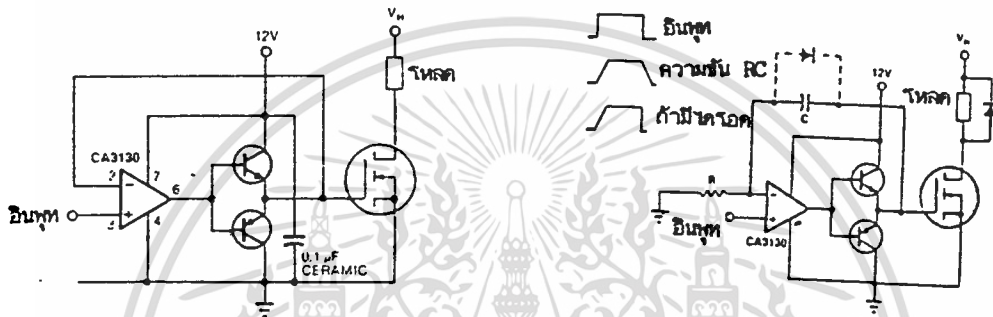
เพื่อความรวดเร็วการปิดเปิดควารสูงสูด อาจใช้วงจรขั้วเกทแบบเดียวกับรูปที่ 2.18 โดยขาใช้ CMOS แทน TTL แล้วค้ดอุปกรณ์พาสซีฟหรือสเกอร้ออกไป หากแล้ว CMOS มีคุณสมบัติการจ่ายกระแสเหนือกว่า TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรขับเกทแบบใช้คอมพาราเคอร์

การกระชากของกระแสอาจทำอันตรายแก่มอสเฟตตัวเอง

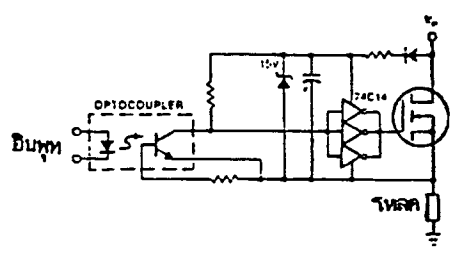
เมื่อเพาเวอร์มอสเฟตนำกระแสในเวลารวดเร็วเกินไป ในรูปที่ 2.20 จะแสดงวิธีการที่เหมาะสมในการควบคุมเวลาการเปิดปิดวงจรของอุปกรณ์มอสเฟตโดยมีการหน่วงเวลาช่วง ON แต่ไม่มีผลในช่วง OFF



รูป 2.20 วงจรขับเกทแบบใช้คอมพาราเคอร์

- การต่อโหลดแบบคอมมอนซอร์ส

ในรูปที่ 2.21 แสดงวงจรขับเกทโดยใช้กับมอสเฟตที่ต่อโหลดเข้าทางซอร์ส ปัญหาที่พบบ่อยกว่าก็คืออะไรขึ้นเมื่อวงจรขับเกทให้สัญญาณอ้างอิงกับกราวด์แทนที่จะเทียบกับซอร์ส ในกรณีเช่นนี้ กระแสใด ๆ ที่ไหลผ่านโหลดจะสร้างแรงดันในอัลสซ้อกลับใบค้ำกับสัญญาณเอาท์พุทจากวงจรถับเกทที่กระแสไหลค่า ๆ หนึ่ง พาดิกรรรมนี้จะถึงจุดสมดุล



รูป 2.21 การต่อโหลดแบบคอมมอนซอร์ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างอินเวอร์เตอร์

3.1 อินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบและสร้าง

อินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นประกอบด้วยวงจรหลัก 2 ส่วน คือ
วงจรรักษาพลังงาน และ วงจรภาคควบคุม

- วงจรรักษาพลังงาน

มีโครงสร้างเหมือนกันกับอินเวอร์เตอร์ที่ขั้วแหล่งแรงดัน (VOLTAGE SOURCE INVERTER) โดยทั่ว ๆ ไป แต่จะเพิ่มเติมวงจรเบรกพลวัต (DYNAMIC BRAKE) เมื่อลดความเร็วลงอย่างทันทีทันใด พลังงานที่ไหลคืนมาจะหาทางให้เรียงกันที่บัสไฟตรงเพิ่มขึ้นจากปกติ เราทำการตรวจวัดแรงดันนี้ และทำการคอสวิตซ์หาทางให้พลังงานที่คืนกลับมาสูญเสียความร้อนไปในตัวต้านทาน

- วงจรภาคควบคุม

ประกอบด้วย วงจรปรับค่าต่าง ๆ คือ วงจรปรับค่าอัตราเร่ง อัตราการชะลอ วงจรจำกัดกระแส และวงจรรักษาแรงดันอินพุทอย่างอิงรูปไซน์ การกำหนดขนาดและความถี่ของสัญญาณอ้างอิง จะกระทำพร้อมกันโดยการปรับเพนซีโอมิเตอร์ สัญญาณอ้างอิงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับแรงดันที่โถงกลับเพื่อสร้างสัญญาณ PWM แรงดันที่โถงกลับคือแรงดันระหว่างสายออก กับจุดกลางของตัวเก็บประจุที่เป็นตัวกรองแรงดันค่านอกของวงจรเรียงกระแส เราใช้ออกพุทคัลบ์เพลอร์เป็นตัววัดและแยกโดด (ISOLATE) แรงดันที่วัดด้วยออกพุทคัลบ์เพลอร์จะมีแอมพลิจูดคงตัวจึงต้องมาคูณกับแรงดันที่ตรวจวัดจากบัสไฟตรง จึงจะได้แปรคามแรงดัน V_{ao}, V_{bo} สัญญาณ PWM จะผ่านไปยังวงจรจัดลำดับเฟส (PHASE SEQUENCE SWITCHER) เพื่อจัดลำดับการสวิตซ์ และกำหนด DEAD TIME เมื่อได้สัญญาณที่จัดลำดับเฟสแล้วก็ส่งไปยังวงจรรับนาเบส (BASE DRIVE CIRCUIT) วงจรจัดลำดับเฟสจะรับสัญญาณที่เกิดจากการทำงานผิดปกติของอินเวอร์เตอร์จากวงจรมอง (PROTECTION CIRCUIT) สำหรับวงจรมองกันนี้จะรับสัญญาณจากวงจรวัดกระแสและแรงดัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้สำหรับระดับแรงดันหรือกระแสที่ถือว่าผิดปกติกล่าวคือ วงจรมองกันจะทำการตรวจสอบระดับแรงดันไฟตรงว่าเกิดแรงดันเกิน (OVER VOLTAGE) แรงดันต่ำ (UNDER VOLTAGE) และตรวจสอบระดับกระแสว่ากระแสเกินพิกัด (OVER CURRENT) หรือแม้เมื่อเกิดการผิดปกติ วงจรจัดลำดับเฟสจะปิดกั้นสัญญาณไฟผ่านไปยังวงจรรับนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

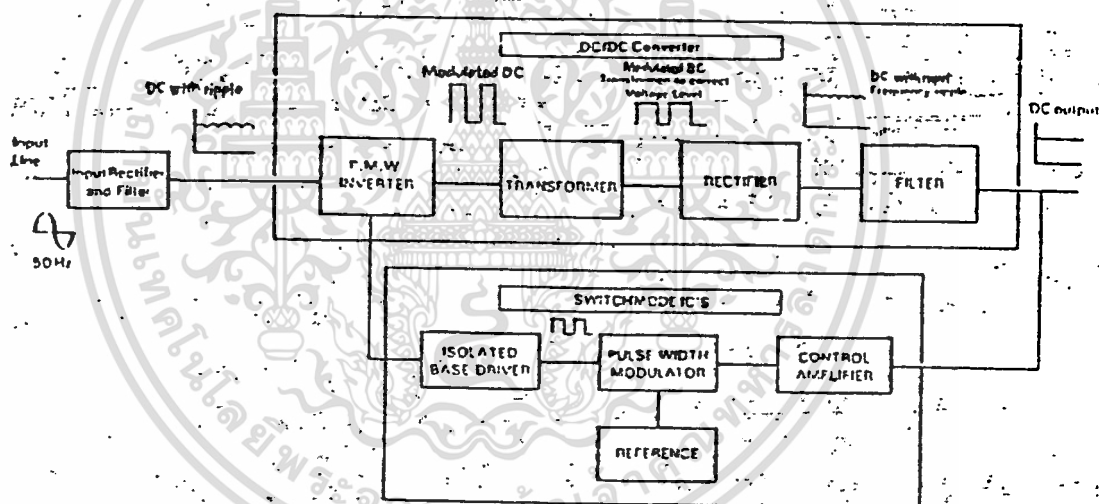
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเวอร์เตอร์โครงงานนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของ DC to DC Converter 1
2. SMR และ แบตเตอรี่ชาร์จเจอร์ (Battery Charger)
3. DC to AC

3.2 DC to DC Converter 1

เป็นส่วนที่ทำการยกระดับแรงจาก 24 Vdc. ไปเป็น 320 Vdc. ใช้หลักการของ PWM และมีส่วนป้อนกลับทั้ง แรงดัน และ กระแส เพื่อให้งานมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น



รูป 3.1 บล็อกไดอะแกรม DC to DC Converter

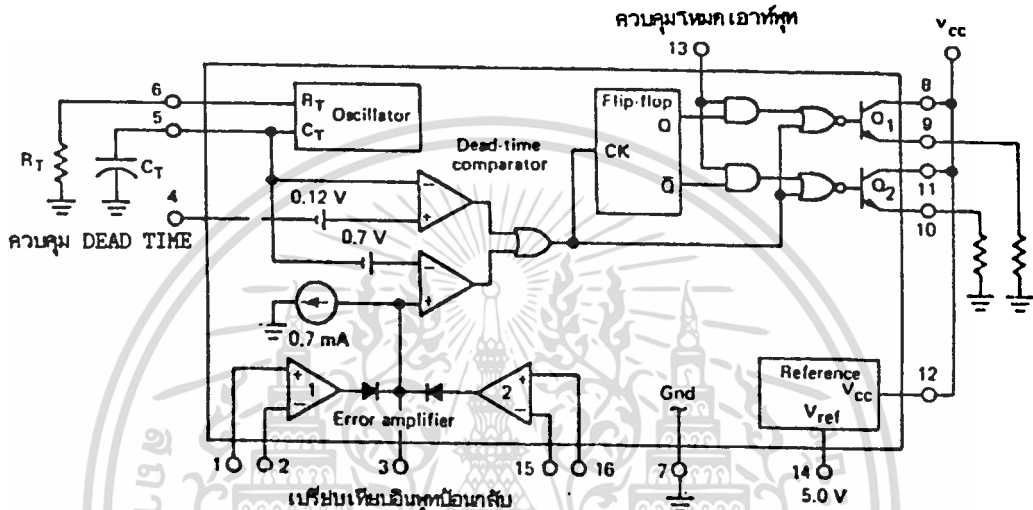
สิ่งสำคัญ ในส่วนของ DC to DC นี้ก็คือ

1. ส่วน Control PWM
2. การเลือกแบบ ของ Driver
3. การเลือกแบบหม้อแปลง
4. การหาค่าของ LC-Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนควบคุม PWM

ใช้ IC TL 494 ดังรูป 3.2 ซึ่งความถี่ของการ สวิทซ์ (Switch) = 40 KHz



รูป 3.2 บล็อกภายใน IC TL 494

สูตรความถี่ออสซิลเลเตอร์ (f_{osc})

$$f_{osc} = \frac{1.1}{C_t * R_t}$$

ถ้าค่า $C_t = 0.001 \mu f$ จะทำให้ $R_t = 28 K$

และค่า Dead time คำนวณจาก

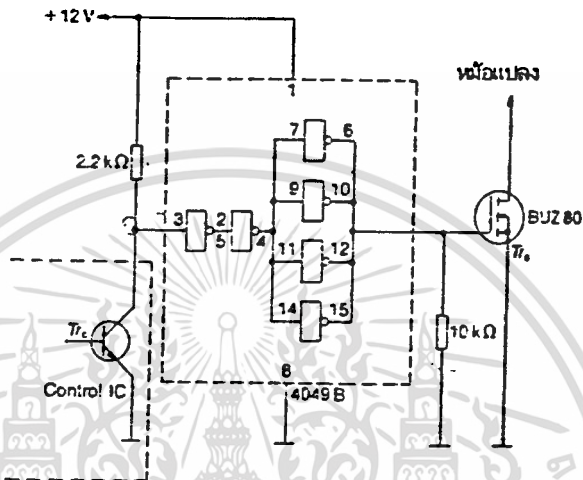
$$45 - \frac{80}{(1 - \frac{R_1}{R_2})}$$

วงจรการนำใช้ On-Time = 40 % จะใช้ค่า $R_1 = 1K$, $R_2 = 15K$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนอุปกรณ์ เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์

- การขับขา เกท(Gate) ของ เพาเวอร์มอสเฟต



รูป 3.3 การขับขา เกท เพาเวอร์มอสเฟต

อธิบาย

ลักษณะของการต่อแบบ พูชพูล(PUSH-PULL) นี้ มอสเฟต แต่ละตัวจะสลับการทำงาน ดังนั้นวงจร Drive ขาเกท ของ T-MOS จะต้องไม่พร้อมกัน ไม่จำเป็นต้องถึง 50 % ของ duty cycle ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโหลด ถ้าโหลดมาก ความกว้างของ pulse ก็จะมากตาม ส่วนมากจะกำหนด มากที่สุด = 45% ของ duty cycle

ข้อสังเกตของ การขับ แบบพูชพูล นี้ก็คือในขณะที่โหลด จะเกิด สเปคส์(SPIKE) สูงกว่าการต่อแบบอื่นว่า ดังนั้นจำเป็นต้องต่อ RC Snubbers เพื่อลดการสเปคส์

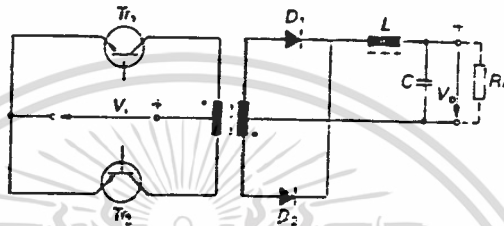
หมายเหตุ

เอาท์พุทของ IC TL 494 นั้น ต้องต่อ R พูล์อัพเอาไว้เนื่องจากเอาท์พุททุกขาในตัว IC เป็นแบบ โอเพนคอลเลกเตอร์ (Open Collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบหม้อแปลง

หม้อแปลงที่ใช้เป็นหม้อแปลงที่มีความถี่สูง โดยแกนที่ใช้เป็นแกน เฟอร์ไรท์ (ferite) ซึ่งจะเป็นตัวนำ ฟลักซ์ (flux) แทนแกนเหล็ก การพันหม้อแปลงเป็นการพันแบบยกกระดืบเพี้ยน (step up) และ ทางด้าน ปรปฐมภูมิ(primary) จะพันแบบ เซนเตอร์เทป (Center tap) เนื่องจากรูปแบบของการขับ(drive) T-Mos เป็นแบบ push-pull



รูป 3.4 แสดงการต่อหม้อแปลงแบบ พูชพูล

สิ่งจำเป็นในการออกแบบหม้อแปลงคือ

1. เลือกขนาดของหม้อแปลงให้เหมาะสมกับ กำลังโดยดูจาก สเปค(SPEC) ของหม้อแปลง
2. คำนวณจำนวนรอบทางด้าน ปรปฐมภูมิ และ ทุติภูมิ
3. คำนวณขนาดของ เส้นลวด

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

จำนวนรอบทางด้านทุติภูมิ (N_p)

$$N_p = \frac{V_p * 10^8}{K_g * f * B_{max} * A_e}$$

V_p คือ แรงดันทางด้านปรปฐมภูมิในโครงการมีค่า = 18-24 Vdc

เลือกใช้ค่าต่ำสุดในการออกแบบคือ 18 Vdc

K_g คือ ค่าคงที่ สำหรับการต่อแบบ พูชพูล มีค่า = 4

f คือ ความถี่ที่ใช้ = 40 KHz

B_{max} คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก จาก สเปค(Spec)ของหม้อแปลง มีค่า = 3,300 Gauss

A_e คือ Effective Area ของหม้อแปลงดูจาก สเปค มีค่า = 2.21 cm^2 ระเบียบขั้นตอนการคำนวณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore N_p = 5 \text{ รอบ}$$

จำนวนรอบ ทางค้ำานทุคยภูมิ (Ns)

$$N_s = \frac{N_p \cdot V_s}{\text{eff} \cdot V_p}$$

V_p, V_s คือ แรงค้ำานทางค้ำาน ปรจุมภูมิ และ ทุคยภูมิ ตามล้ากับ

eff คือ ประลศคหภาพของหม้อแปลง าคหมีค่า = 85% = 0.85

$$\therefore N_s = 85 \text{ รอบ}$$

ขนาดของ ล้ันลวด

ขนาดของ ล้ันลวดจะขึ้นอยู่กบ กระแสทางค้ำานปรจุมภูมิ

$$I_p = \frac{3 P_{out}}{V_{in}}$$

P_{out} คือ เพาเวอร์เอาท์พุท = 300 VA

V_{in} คือ แรงค้ำาน อินพุทใช้ค้ำาลด = 18 Volt

$$\therefore I_p = 20 \text{ Amp.}$$

กระแสทางค้ำาน ทุคยภูมิ $I_s = 1.5 \text{ A}$

เปิดตารางจะล้ันขนาดของลวดทางค้ำานปรจุมภูมิ # 11 AWG.

ขนาดของลวดทางค้ำานทุคยภูมิ # 21 AWG.

หมายเหตุ

ชคลวดทางค้ำานปรจุมภูมิใช้ลวด เบอร์ 21 จำนวน 5 ล้ันม้ค้รวมกันแทน เบอร์ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งล้ัน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบ ฟิลเตอร์

ฟิลเตอร์ที่จะเป็น LC ฟิลเตอร์

- ตัวเหนี่ยวนา

ในส่วนที่เป็นกระแสตรง DC

$$NI=HL$$

$$NI=\mu BI$$

ถ้าต้องการให้ตัวเหนี่ยวนามีลักษณะของ B-H Curve เป็นเส้นตรง (Linear) จะต้องทำให้ ศักย์แม่เหล็ก (Magnetic Potential) มากพอครอบคลุมช่องอากาศ (Air Gap) คือเพิ่มจุดอิ่มตัวให้มีค่าสูงขึ้น

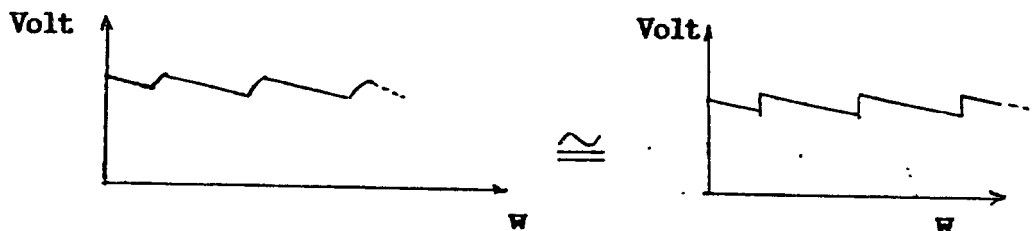
ในส่วนที่เป็นกระแสสลับ AC

$$V=4.44fNBA$$

ในทาง AC ค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก จะขึ้นอยู่กับแรงดัน ที่ตกคร่อม แต่ในกรณีของ DC ค่าความหนาแน่นฟลักซ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสที่ไหลผ่านจากขั้วออกทั้งสอง สามารถออกแบบตัวเหนี่ยวนาให้มีค่าเท่ากับ 0.5 mH (มิลลิเฮนรี่)

- ตัวเก็บประจุ

สำหรับการหาค่าของตัวเก็บประจุนั้น เราจะทำการ ประมาณช่วงที่ทำการประจุ และคายประจุตัวเก็บประจุ ในลักษณะของเส้นตรง ดังรูป 3.5



รูป 3.5 แสดงการประมาณเป็นเส้นตรงการกรองประจุผ่าน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $Q(RL) =$ ประจุที่จ่ายให้กับโหลด ในรูปของกระแส

$T =$ คาบเวลาที่(คิสซาร์จ)

ในการประจุตัวเก็บประจุด้วยค่า แรงดันกระเพื่อม(RippleVoltage) จา
นวนประจุที่ได้รับคือ

$$Q_c = C * V_R$$

และ Q_c จะจ่ายให้กับโหลดดังนี้

$$Q_c = Q(R_L)$$

จากสมการทั้งหมดจะได้

$$I_c * T_{on} = C * V_R$$

$$= Q_c$$

ดังนั้น $C = \frac{I_c * T_{on}}{V_R}$

จากการคำนวณ จะได้ค่า

$$C = 1.1 \text{ uf}$$

แต่ในทางปฏิบัติ จะใช้

$$C = 2 \text{ uf}$$

โดยลักษณะการออกแบบ จะต้องคำนึงถึงค่า พลังงานทั้งสองตัว จะต้องรับได้ดังนี้

$$E = 1/2 (C * V^2) \quad \text{และ} \quad E = 1/2 (L * I^2)$$

E คือ ค่าพลังงานที่สะสมอยู่ (Joule)

V คือ ค่าศักย์ไฟฟ้า (Volt)

L คือ ค่าตัวเหนี่ยวนำ (Henry)

I คือ ค่ากระแส (Amphere)

C คือ ค่าตัวเก็บประจุ (Farad)

ในส่วนของเรกติไฟเออร์(RECTIFIER) ควบคุม (DIODE) ที่ใช้เป็นแบบ
fast recovery เพื่อให้ เรกติไฟเออร์ ที่ความถี่สูงได้ทัน แล้วจึงไปผ่านชุด LC-Filter เพื่อ
ให้ได้ไฟ DC ออกมา โดยชุดฟิลเตอร์นั้น สามารถแสดงวิธีคำนวณได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการหา L & C

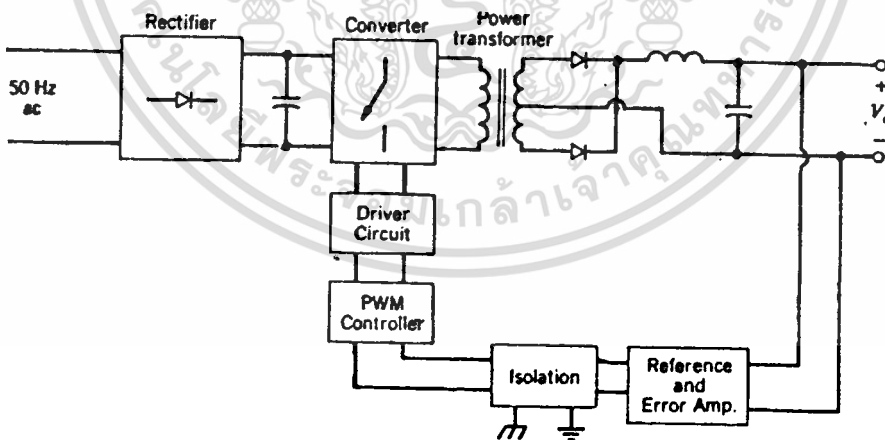
$$t_{on} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 - (E_o/E_u)}{f} \right) \implies \frac{1}{2} \left(\frac{1 - \frac{320 \text{ V}}{800 \text{ V}}}{40 \text{ kHz}} \right) = 5.83 \text{ usec}$$

$$L = \frac{E_o t_{on}}{0.25 I_o} \implies \frac{320\text{V} \cdot 5.83\text{us}}{0.25 \cdot 1.4} = 5.3 \text{ mH}$$

$$C = \frac{I_o}{f \cdot V} \implies \frac{0.25 \cdot 1.4}{8 \cdot 40\text{kHz} \cdot 1} \approx 1.1 \text{ uf}$$

ในส่วนของการป้อนกลับจากเอาต์พุตมาเข้าที่ error amp เพื่อควบคุมเอาต์พุตรวมเตงาให้คงที่โดยการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ที่ค่าหลอดต่างกัน ซึ่งส่วนย้อนกลับ นั้นคำนวณหาใช้หลักของ Divider resistance

ส่วนกระแสแกนที่มี รวดเกินพิกัด นั้นถ้าระบบมีการป้องกันเอาไว้ จะหาหาค่าปรกติเสียได้ จึงนำวิธีนี้ซึ่งต่อดังรูป 3.6



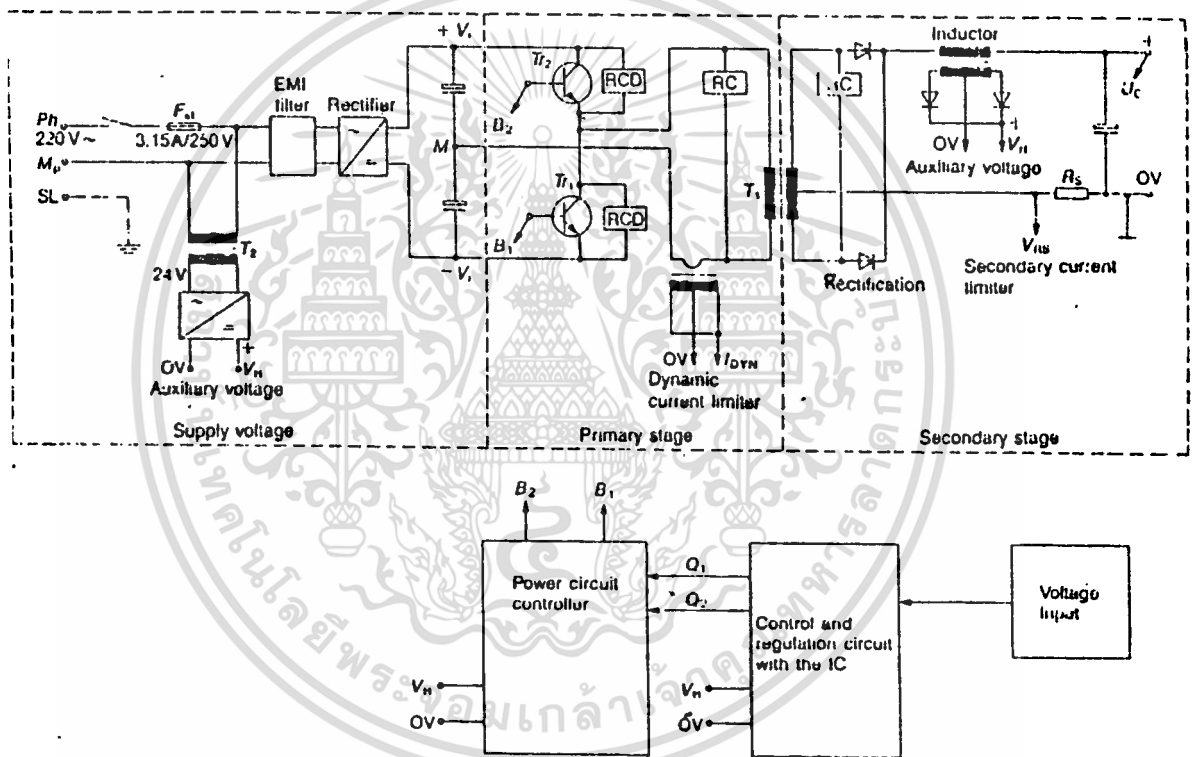
รูป 3.6 แสดงการป้องกันแบบแยกโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการ DC TO DC และ CHANGER 2

วงจรภาคกำลัง

ภาคแรกของวงจรภาคกำลัง คือวงจรเรียงกระแสซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 220V จากสายโดยตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันประมาณ 310V วงจรเรียงกระแสที่ใช้เป็นวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวแบบบริดจ์เต็มคลื่นซึ่งใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรอง สำหรับวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงนั้น จะใช้วงจรบริดจ์แบบไม่สมมาตร ซึ่งความถี่การทำงานของสวิตช์ประมาณ 85 KHz ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูป 3.7 แสดงวงจรกำลัง แบบครึ่งบริดจ์

การทำงานของวงจรครึ่งบริดจ์สามารถอธิบายการทำงาน ได้ดังนี้

สวิตช์ทำงาน T_{R1}, T_{R2} จะสลับกันทำงาน มีผลทำให้การนำของกระแส ทำให้แรงดันคร่อมขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลง T₁ มีค่าเท่ากับ V_S และแรงดันทางทุติยภูมิเท่ากับ V_S/2 ตัวเก็บประจุ ทางก้านอินพุท ทำหน้าที่แบ่งครึ่งโวลต์เตจ จากนั้นจะผ่านวงจรกรอง LC ผ่านออกขาออก

กระแสแม่เหล็กของหม้อแปลง T1 ซึ่งจะไหลวนทิศทาง เคมีมีผลให้ D1, D2 นำกระแสคืนแหล่งจ่าย และมีแรงดันค่าลบคร่อมขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงซึ่งในช่วงนี้ D3 จะหยุดนำ แต่ D4 จะนำกระแสแทนผ่านวงจรกรอง LC ผ่านขาออก

ในส่วนของ วงจรควบคุมใช้ IC TL 494 ส่วนวิธีคำนวณ และ หลักการ เกี่ยวกับ DC-DC1

วัฏจักรการทำงาน (DUTY CYCLE)

วงจรแปลงไฟตรง-ไฟตรงครึ่งบริดจ์เป็นวงจรที่มีคุณสมบัติที่หลายประการ คือ แรงดันสูงสุดของสวิตช์จะมีค่าไม่เกินแรงดันไฟตรงขาเข้าเช่นเดียวกับวงจบบริดจ์ไม่สมมาตรและวง จะเปรียบเทียบกับกระแสจากตัวเหนี่ยวนำ L1 กับค่ากระแสอ้างอิง เมื่อกระแสตัวเหนี่ยวนำเท่ากับกระแสอ้างอิง วงจรเปรียบเทียบกับจะส่งสัญญาณเปลี่ยนสถานะ ฟลิปฟลอป (Flip-Flop) ทำให้สวิตช์วงงานหยุดนำกระแสและสวิตช์วงงานจะ เริ่มนำกระแสอีกครั้ง เมื่อ ฟลิปฟลอปได้รับสัญญาณอีกครั้ง ซึ่งเป็นการทำงานใหม่หมุนเวียนไป โดยในภาวะปกติสวิตช์วงงานจะมีค่าน้อยกว่า 50% แต่ในภาวะมีการเพิ่มโหลดอย่างกระทันหัน จะทำให้กระแสอ้างอิง เพิ่มขึ้นอาจทำให้วัฏจักรการทำงานของสวิตช์สูงกว่า 50% ได้ ทำให้กระแสแม่เหล็ก เพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ แกนของหม้อแปลงอิ่มตัวได้ ดังนั้น สัญญาณนาฬิกา มาควบคุมสวิตช์วงงานหยุดทำงานเมื่อวัฏจักรการทำงานของสวิตช์ไม่เกิน 50% ซึ่งกระแสแม่เหล็กจะลดลง เป็นศูนย์ทุกครั้งก่อนสวิตช์จะ เริ่มทำงานอีกครั้ง

และในส่วนวงจรป้องกันเมื่อกระแสสวิตช์มีค่าเท่ากับกระแสที่ค้างไว้ป้องกัน จะส่งผลให้มีสัญญาณนาฬิกาถูกส่งออกไป ซึ่งจะทำให้สวิตช์ไม่ทำงานนำกระแส วงจรจะไม่มีการทำงานเป็นการป้องกันสวิตช์ของวงจร

กระแสอ้างอิงจะได้รับจากการ เปรียบเทียบแรงดันขาออก กับแรงดันอ้างอิง โดยผ่านวงจรปรับแรงดันแบบ PI ขนาดของกระแสอ้างอิง จะขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันออก และความต้านทานของโหลดค่าของกระแสจะถูกปรับให้ผลคูณของกระแสเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำต้านขาออกกับความต้านทานของโหลด ซึ่งก็คือ แรงดันออกมีค่าเท่ากับแรงดันอ้างอิง เราสามารถจำกัดกระแสออกและกระแสสวิตช์วงงานได้โดยการจำกัดขนาดของกระแสอ้างอิง ทำให้ง่ายและมีการตอบสนองที่รวดเร็ว

ความจำเป็นในการเข้าเฝ้าขอคนเฝ้าเร็ว

ในระบบการสวิตช์ด้วยความถี่สูงกระแสผ่าน ไครออสแตทถูก เปลี่ยน จาก การไหลผ่านตรง มาช้อนกลับเมื่อไครออสแตทเริ่มทำงานน้ำมันจะเกิดแรงดันไฟฟ้าช้อนกลับทันที และกระแส จะลดลงทันที โดยถูกจำกัดด้วยค่า di/dt ของรีแอคเตอร์ (reactor) ในวงจร แต่เนื่องจากประจุที่สะสมว่าในไครออสแตทจะทำให้กระแสในไครออสแตทเป็นกระแสช้อนกลับ ช่วงหนึ่งก่อนที่ไครออสแตทจะหยุดการกระแส ซึ่งจะทำให้เกิดค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงในวงจร

ดังนั้นจึงควรรู้เข้าเฝ้าขอคนเฝ้าที่มีประจุสะสมค่า ซึ่งมีช่วงเวลาหยุดการทำงานเร็ว

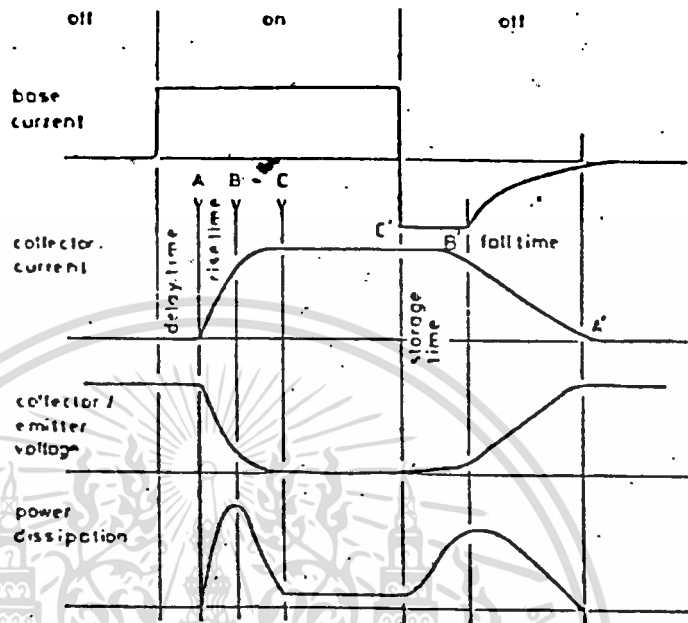
การลัดวงจรทรานซิสเตอร์นี้จะทำให้ค่ากระแสต่อเนื่องประมาณถึง 100 แอมป์ ความถี่ 850 วัตต์ ให้อัตราการขยาย 30 - 50 เท่า แต่ช่วงเวลาในการสวิตช์จะเป็น 2 เท่าของแต่ละตัว ทั้งรูปแสดงถึงวงจรช่วยให้มีเสถียรภาพขึ้น รูปถัดไปมีไครออสแตทช่วยให้ช่วงเวลาหยุดการทำงานเร็วขึ้น

คุณสมบัติของการสวิตช์ชิงชะทำงาน (TURN ON)

ทรานซิสเตอร์จะสามารถทำงานได้ เมื่อมีการป้อนกระแสเบสให้เพียงพอต่อการทำงานในย่านอิมิตัว โดยต้องจ่ายกระแสเบสให้มากกว่าค่าปกติที่จะให้กระแสคอลเลคเตอร์ตามต้องการ ทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงานทันทีทันใด แต่จะมีช่วงเวลาสั้น ๆ ในการเริ่มกระแสคอลเลคเตอร์และในการลดค่า V ซึ่งจะทำให้เกิดค่าความสูญเสียพลังงานอันเนื่องจากการสวิตช์ ค่ากระแสเบสยิ่งมากก็จะให้ช่วงเวลาทำงานเร็วขึ้น

ชะหยุดทำงาน (TURN OFF)

เมื่อไม่มีกระแสเบสทรานซิสเตอร์จะหยุดทำงานลงโดยมีช่วงเวลาสั้น ๆ ในการลดกระแสคอลเลคเตอร์ และในการเพิ่ม V



รูป 3.8 สัญญาณ ON-OFF ที่ขา เบส เปรียบเทียบกับ สัญญาณ ชาคอลเล็คเตอร์

จากรูป 3.8 เมื่อมีการป้อนกระแสเบสให้แก่ทรานซิสเตอร์ กระแสคอลเล็คเตอร์จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เมื่อกระแสเบสลดลงกลายเป็นกระแสกลับทิศเพื่อกำจัดประจุที่ค้างงานซิลิคอน ก็จะทำให้กระแสคอลเล็คเตอร์ลดลงและค่า V_{CE} เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความสูญเสียขึ้นมากในขณะที่เริ่มทำงาน และหยุดทำงานเมื่อเทียบกับขณะทำงานย่านอิ่มตัว

การใช้เพาเวอร์ MOSFET ในลักษณะชานาน

ถ้าหากต้องการกำลังไฟที่สูง ๆ การต่อแบบชานานจะช่วยเพิ่มกระแสแรงจูง เนื่องจากปัญหาในการสวิตชิ่งจึงไม่ควรต่อแบบอนุกรมเพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟที่สูง ๆ ดังนั้นจึงถูกจำกัดให้ใช้งานช่วง 600 - 800 Vdc ในการใช้งานแบบชานานนี้สำหรับ T-MOS สามารถชานานได้เลข โดยต่อ R อนุกรมที่ขาเกต เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

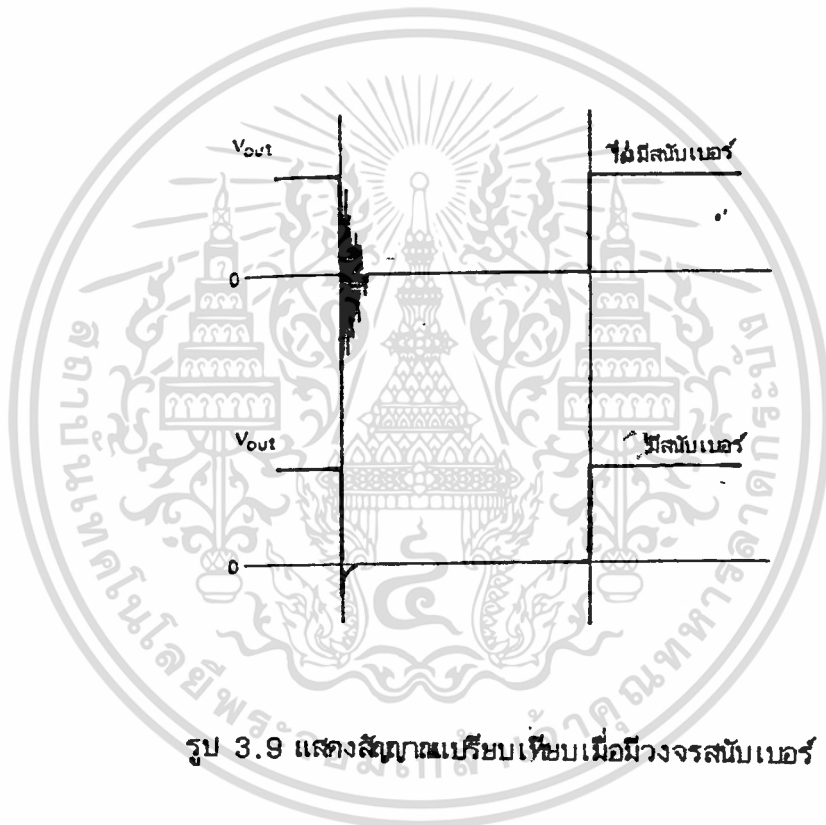
วงจรป้องกันอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าสูง (Snubber circuit)

เพื่อเป็นการป้องกันจากรีจังก์ชันการเพิ่มของแรงดันไฟฟ้าให้

น้อยกว่า $(di/dt)_{max}$ สูงสุดที่ทนได้ สำหรับ อินคัลทิพทรอด

$$C_S = (2/9)I_m * t_{if} / V_s \quad \text{----- (ฟารัด)}$$

$$R_S = t_{on} / 5C_S \quad \text{----- (โอห์ม)}$$



รูป 3.9 แสดงสัญญาณเปรียบเทียบเมื่อมีวงจร snubber

ส่วนวงจรแยกกราวด์เพื่อความปลอดภัย

เอาท์พุทของคอมพาราเตอร์ที่ได้จากวงจรป้องกันกระแสเกิน

วงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้านี้จะนำมา ขับทรานซิสเตอร์ เพื่อให้เอาต์พุตขับเปิดทำงานอีกที่
รอยท่อน้ำที่แยกกราวด์ระหว่างวงจรตรวจับความผิดปกติ ซึ่งมีกราวด์ร่วมกับวงจรกำลัง
และวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ซึ่งเป็นวงจรกำลังค่า

3.3 การออกแบบอินเวอร์เตอร์ เป็นส่วนที่หาหน้าทีแปลงพลังงาน

ไฟตรงเป็นเฟสลับ วิชาข้อมูลสารสนเทศทั้งด้านหาหน้าทีเหมือนเป็นสวิตช์ โดยมีหลายรูปแบบ ดังนี้

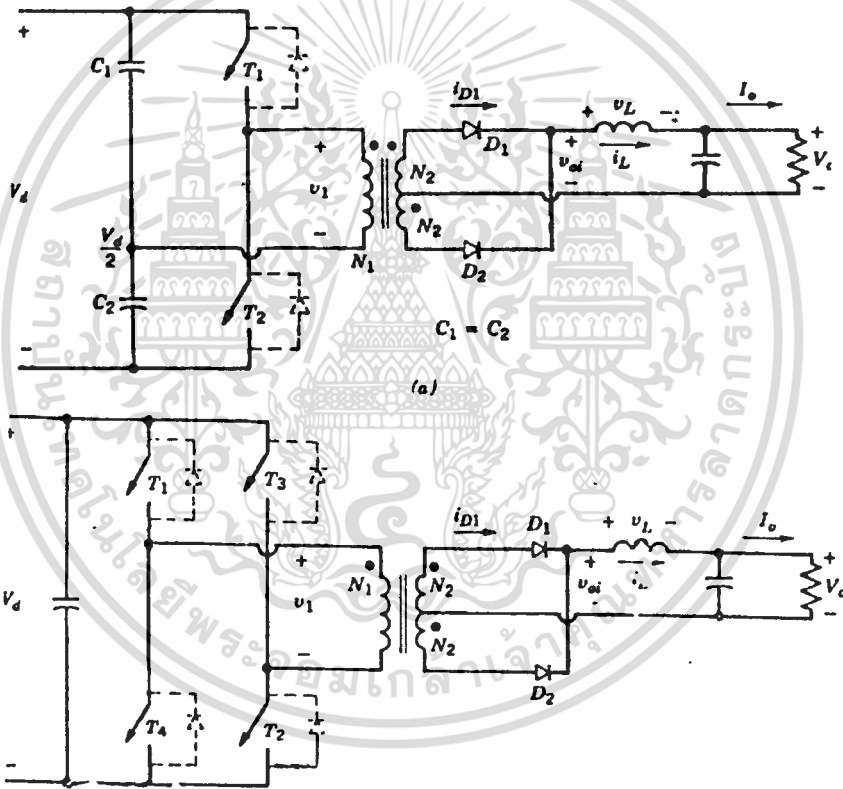
ตาราง 3-1 แสดงคุณสมบัติของ อินเวอร์เตอร์

	ชนิดของอินเวอร์เตอร์	ข้อดี	ข้อเสีย
<p>ลักษณะเอาต์พุต รูป SQUARE-WAVE</p>	<p>แบบ Saturating output transformer</p>	<p>-ประหยัด</p>	<p>-โวลต์เตจแรงดันที่ -ความถี่ แรงดันที่ -การป้องกันการลัดวงจรทำ ได้ยาก</p>
	<p>แบบ Saturating base drive transformer</p>	<p>-มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแรก</p>	<p>(เหมือนแบบแรก)</p>
<p>ลักษณะเอาต์พุต รูป คลื่นไซน์ แบบ เฟสเต็ม และ 3 เฟส</p>	<p>แบบ Clock อินเวอร์เตอร์</p>	<p>-Switching loss น้อย ประสิทธิภาพดี</p>	<p>-โวลต์เตจแรงดันที่ -ยากในการป้องกันการลัดวงจร</p>
	<p>แบบ Quasi wave PWM</p>	<p>-ความถี่ คงที่ ดีมาก -โวลต์เตจคงที่ดี -ประสิทธิภาพสูง -การป้องกันการลัดวงจรทำได้ง่าย</p>	<p>-ถูกจำกัดแอมป์ของกำลัง ออกจะอยู่ในระดับปานกลาง ถึง ต่ำ เนื่องจากเอาต์พุต ฟิลเตอร์</p>
	<p>แบบ Harmonics cancellation</p>	<p>-เหมือนกับ แบบ Quasi และ ฟิลเตอร์มีขนาดเล็ก</p>	<p>-วงจรควบคุมมีความซับซ้อน สำหรับการ switching แบบ ครึ่งไซน์เซลล์</p>
	<p>แบบ PWM ความถี่สูง</p>	<p>-ความถี่เอาต์พุตสูงที่ -ความถี่สัญญาณน้อย -การตอบสนองต่อโหลดเร็วมาก -ขนาดเล็กและเบา -ประหยัดมาก -ความถี่เอาต์พุตสูงที่ -โวลต์เตจเอาต์พุตสูงที่ -ง่ายต่อการควบคุมการขับกำลัง -มีการป้องกันการลัดวงจรในตัว</p>	<p>-วงจรควบคุม ซับซ้อน -Switching loss มากทำให้ ประสิทธิภาพลดลง -มีข้อจำกัด เรื่องโหลดที่มีค่ามาก -ข้อจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพ -ไม่สามารถประยุกต์ใช้กับ 3 เฟส ได้ เนื่องจากเกิด เฟสชิฟ(phase shift)ขึ้น</p>
	<p>แบบ Step wave</p>	<p>-ความถี่เอาต์พุตสูงที่ -โวลต์เตจเอาต์พุตสูงที่ -ความถี่สัญญาณน้อย -เหมาะกับการประยุกต์กับการ ขับกำลังมาก</p>	<p>-รูปแบบของการสวิตช์คาบการ ประยุกต์ใช้กับระบบ 3 เฟส</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานใน... ไม่ให้นำไปใช้ในการค้า...
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อ... เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งงานการทดลองนี้ก็ได้ใช้วิธีแบบ PWM ซึ่งจะมีแบบ ฮาร์ทบริดจ์(HALF BRIDGE) และ พูลบริดจ์(FULL BRIDGE) ซึ่งมีข้อดี ข้อเสีย คือ

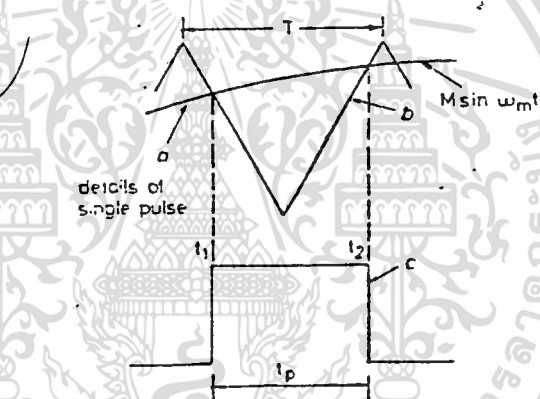
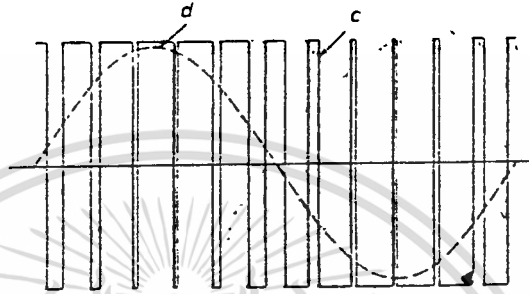
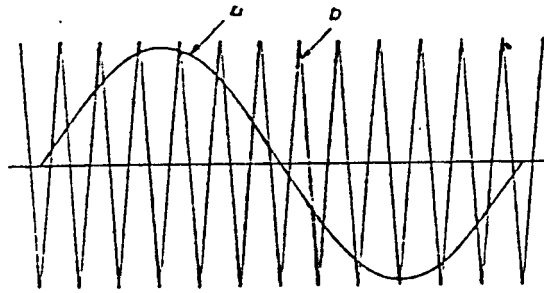
- | ฮาร์ทบริดจ์ | พูลบริดจ์ |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. ทรานซิสเตอร์ | 1. ทรานซิสเตอร์มากกว่า |
| 2. ทนกระแสเป็น 2 เท่า | 2. ทนกระแสเป็น 1 เท่า |
| 3. ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดมากกว่า | 3. ฮาร์โมนิกส์ที่เกิดน้อยกว่า |



รูป 3.10 (a) ฮาร์ทบริดจ์ (b) พูลบริดจ์

ส่วนการสร้างสัญญาณ PWM นั้นมีวิธีสร้างได้หลายแบบ เช่น การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กำเนิดสัญญาณ การป้อนกลับของกระแสหรือแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ และการใช้สามเหลี่ยมเปรียบเทียบกับคลื่นสามเหลี่ยม ซึ่งงานที่มีค่าใช้วิธีสามเหลี่ยมเปรียบเทียบกับคลื่นสามเหลี่ยมมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- (a) สัญญาณมอดูเลชันอย่างง่าย
 (b) สัญญาณพาหะ(Carrier signal)
 (c) PWM Voltage
 (d) PWM Voltage มุ่ลฐาน(Fundamental)

รูป 3.11 แสดงรูปแบบของ PWM 2 ระดับ(LEVEL)

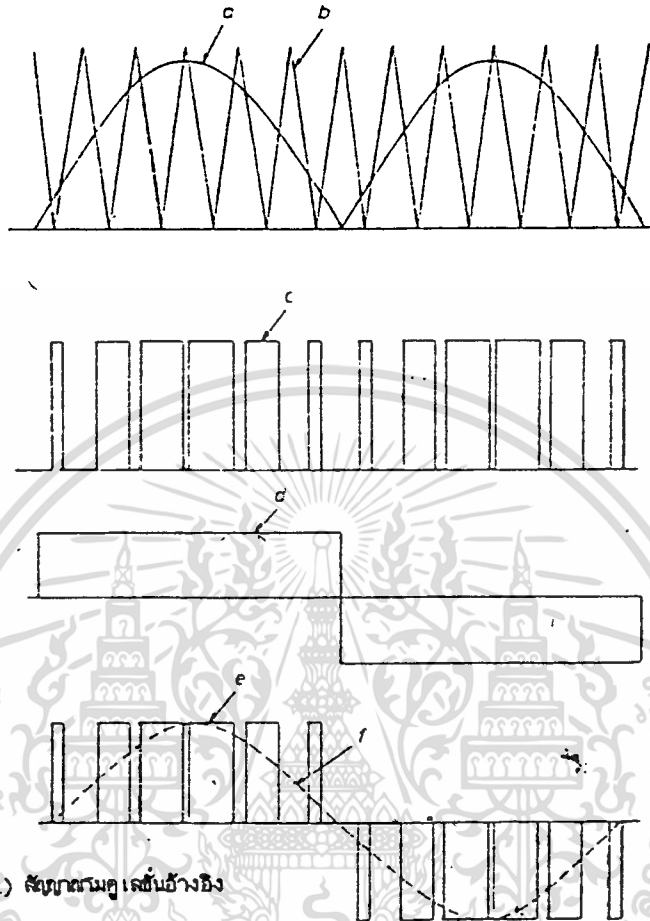
1. NATURAL SAMPLED PWM มี 2 แบบคือ

1. แบบ 2 ระดับ
2. แบบ 3 ระดับ

2. REGULAR SAMPLED PWM มี 2 แบบคือ

1. แบบ 2 ระดับ
2. แบบ 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- (a) สัญญาณมุมคลื่นอ้างอิง
 (b) สัญญาณพาหะ
 (c) สัญญาณควบคุม PWM แบบ 2 ระดับ
 (d) สัญญาณควบคุม ลอจิก 100 Hz
 (e) อินเวอร์เตอร์ PWM แบบ 3 ระดับ
 (f) PWM Voltage มุขฐาน

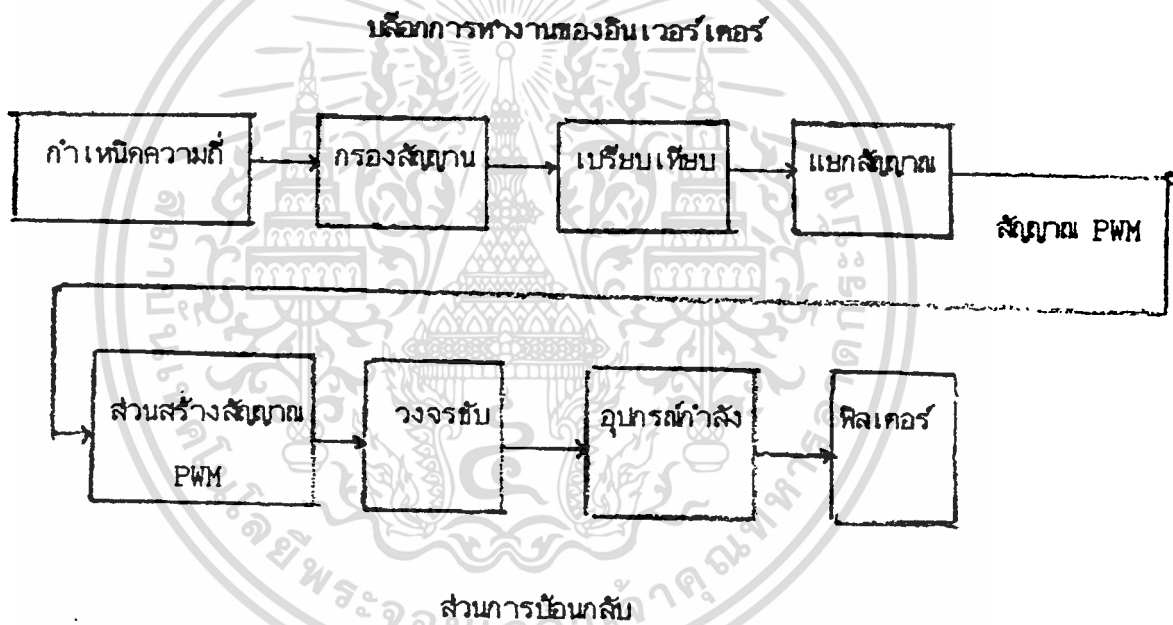
รูป 3.12 แสดงรูปแบบของ PWM 3 ระดับ

ซึ่งจากการวิเคราะห์แล้ว แบบ 3 ระดับ นั้นเป็นทั้งแบบ NATURAL และ REGULAR นั้นจะให้สเกลใกล้เคียงกัน คือจะมี ฮาร์มอนิกส์น้อยกว่า แบบ 2 ระดับ ทั้งคู่ แต่จากรูปแบบการโคจรแล้ว จะเห็นว่า ตัวอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ นั้น ทำงานเท่ากันคือ 2 ตัว จะหาหน้าทึ่สวิตซ์ที่ 50Hz ส่วนอีก 2 ตัวจะหาที่ความถี่ ของคลื่นสามเหลี่ยม ซึ่งจะหาที่ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น บทนี้จึงใช้การสร้างรูปแบบ ใหม่ โดยวิธีดังรูป 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งงานที่ใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทุกตัวจะทำงานเท่า ๆ กัน และ ผลพลอยได้ของวิธีนี้ก็คือที่ด้าน เอาท์พุทนั้น จะให้ความถี่เป็น 2 เท่าของความถี่สามเหลี่ยม ซึ่ง จะทำให้การกรองหาได้ง่ายขึ้นอีก

และจากการที่เราได้โพตรงที่จะใช้ช่วงจอร์จเวอ์เคอร์สวิตช์ นั้นสูง ทำให้เราไม่จำเป็นต้องใช้หม้อแปลง เพื่อแปลงแรงดันที่สูงขึ้นมา ทำให้เราสามารถลดขนาดของตัว UPS นี้ได้ เพราะถ้าใช้หม้อแปลงแล้วนั้นจะต้องเป็นหม้อแปลง 50 Hz ซึ่งจะทำให้มีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมากขึ้นด้วย



ส่วนสร้างสัญญาณ PWM

จากการที่เราต้องการความถี่เอาท์พุท 50 Hz และ 10 KHz นั้น ซึ่งเราต้องการให้มันค่อนข้างคงที่ ดังนั้น จึงใช้คริสตัล (X'tal) 4 MHz คู่กับ IC1 วงจรออสซิลเลเตอร์ และ IC2-IC4 โดย IC2, IC3 เป็นวงจรถ่าย 10 และ IC4 เป็นวงจรถ่าย 4 ซึ่งจะให้ความถี่เอาท์พุทที่ 10 KHz ส่วนสัญญาณ 50 Hz นั้น มาจากเอาท์พุทของ IC3 แล้วหารด้วย IC5-IC4 โดย IC5, IC6 เป็นวงจรถ่าย 10 และ IC7 เป็นวงจรถ่าย 8 ซึ่งเอาท์พุททั้งสองนั้นจะให้เอาท์พุทที่เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยม

ซึ่งจะนำมาสร้างสัญญาณอ้างอิงซึ่งก็คือรูปสามเหลี่ยม และรูปสามเหลี่ยม โดย IC8a-d ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดที่นำมาใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย

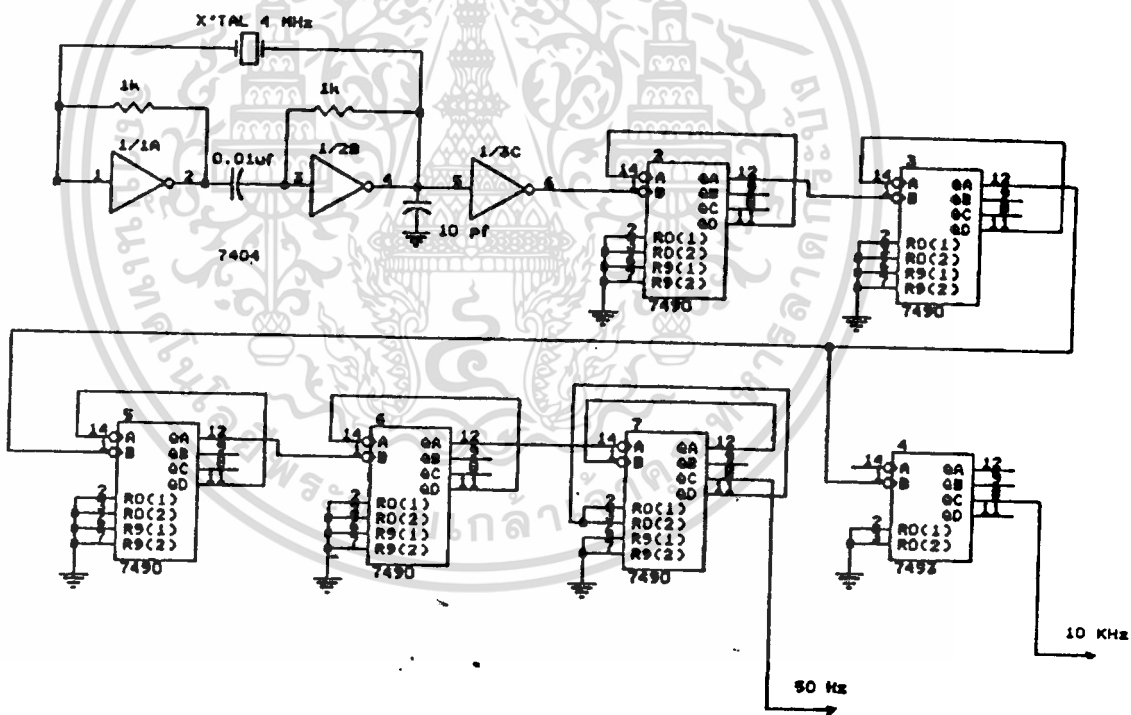
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารชุดนี้ที่มีการนำไปใช้



เป็นควาทาหน้าทีกรองสัญญาณที่จะเอาท์พุทเป็นคลื่นรูปซายน์ หลังจากนั้นก็ปรับขนาดโดย IC8c และสร้างสัญญาณกลับเฟสโดย IC8cd เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ตามลำดับ

ส่วนสัญญาณแคร์เรียร์ หรือสัญญาณ 10 KHz นั้น เราต้องสร้างเป็นคลื่นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเกิดจากการอินทิกรัล โดย ICa ก็จะทำให้สัญญาณสามเหลี่ยมออกมา และปรับขนาดโดย ICab

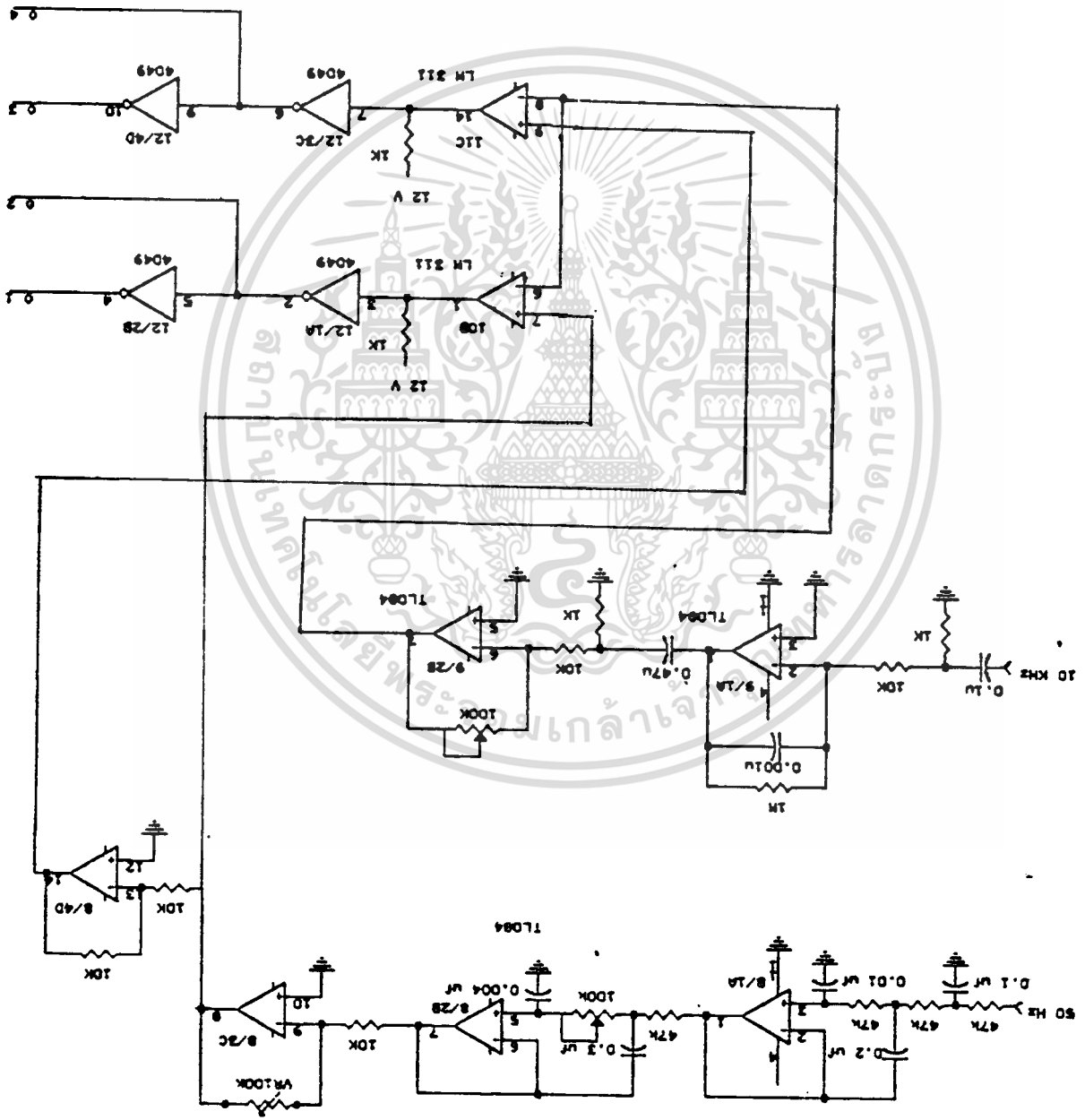
หลังจากนั้นก็นำสัญญาณเอาท์พุทของ ICa และ IC8 เข้ามาเปรียบเทียบโดย IC 10-11 ตามลำดับ ก็จะทำให้สัญญาณออกมาแล้วผ่าน IC11 ซึ่งเอาท์พุทที่ได้คือ สัญญาณ PWM นั้นเอง



รูป 3.13 วงจรควบคุม (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.13 วงจรแบบ (2)

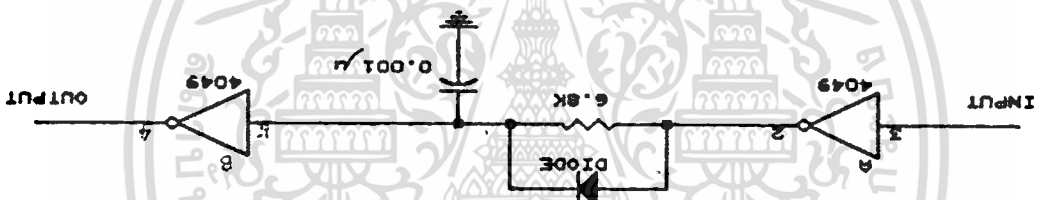


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่สร้างขึ้นแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันขาอินพุตของอินเวอร์เตอร์เป็นระยะเวลาที่ปรากฏบนกราฟ ซึ่งคือช่วงเวลาของอินเวอร์เตอร์คอมโพสิตในช่วงเวลาที่ทำงานในช่วง 98% ของคาบเวลา ซึ่งจะเป็นลักษณะของอินเวอร์เตอร์คอมโพสิตในช่วงเวลาที่ทำงาน 3 วัฏ และค่าความถี่ของอินเวอร์เตอร์จะเป็นค่าที่แสดงในกราฟที่แสดงไว้

3. วงจรขับ (DRIVER CIRCUIT)

รูป 3.14 วงจรสร้าง DEAD TIME



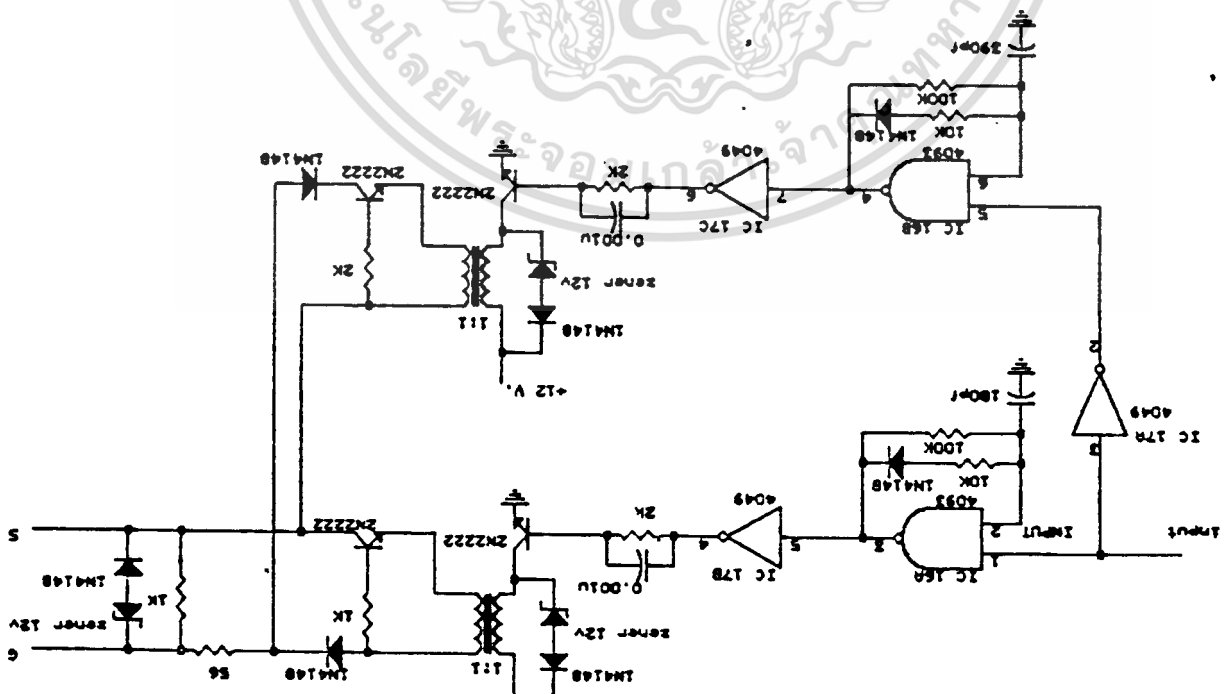
เพื่อเป็น

ส่วนสร้างสัญญาณ DEAD TIME ที่อินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้า โดยที่อินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานเป็นระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งค่าที่แสดงในกราฟที่แสดงไว้จะเป็นค่าที่แสดงในกราฟที่แสดงไว้ ซึ่งคือช่วงเวลาของอินเวอร์เตอร์คอมโพสิตในช่วงเวลาที่ทำงานในช่วง 98% ของคาบเวลา ซึ่งจะเป็นลักษณะของอินเวอร์เตอร์คอมโพสิตในช่วงเวลาที่ทำงาน 3 วัฏ และค่าความถี่ของอินเวอร์เตอร์จะเป็นค่าที่แสดงในกราฟที่แสดงไว้

รูปที่ 3.15 วงจรขับ

เป็นตัวอย่างของวงจรขับสัญญาณเสียง ซึ่งประกอบด้วย IC 17A และ IC 17B ซึ่งทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter และ Driver ตามลำดับ วงจรขับสัญญาณเสียงนี้ใช้ IC 17A และ IC 17B ซึ่งทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter และ Driver ตามลำดับ

รูปที่ 3.15 วงจรขับ
 เป็นตัวอย่างของวงจรขับสัญญาณเสียง ซึ่งประกอบด้วย IC 17A และ IC 17B ซึ่งทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter และ Driver ตามลำดับ วงจรขับสัญญาณเสียงนี้ใช้ IC 17A และ IC 17B ซึ่งทำหน้าที่เป็น Low Pass Filter และ Driver ตามลำดับ



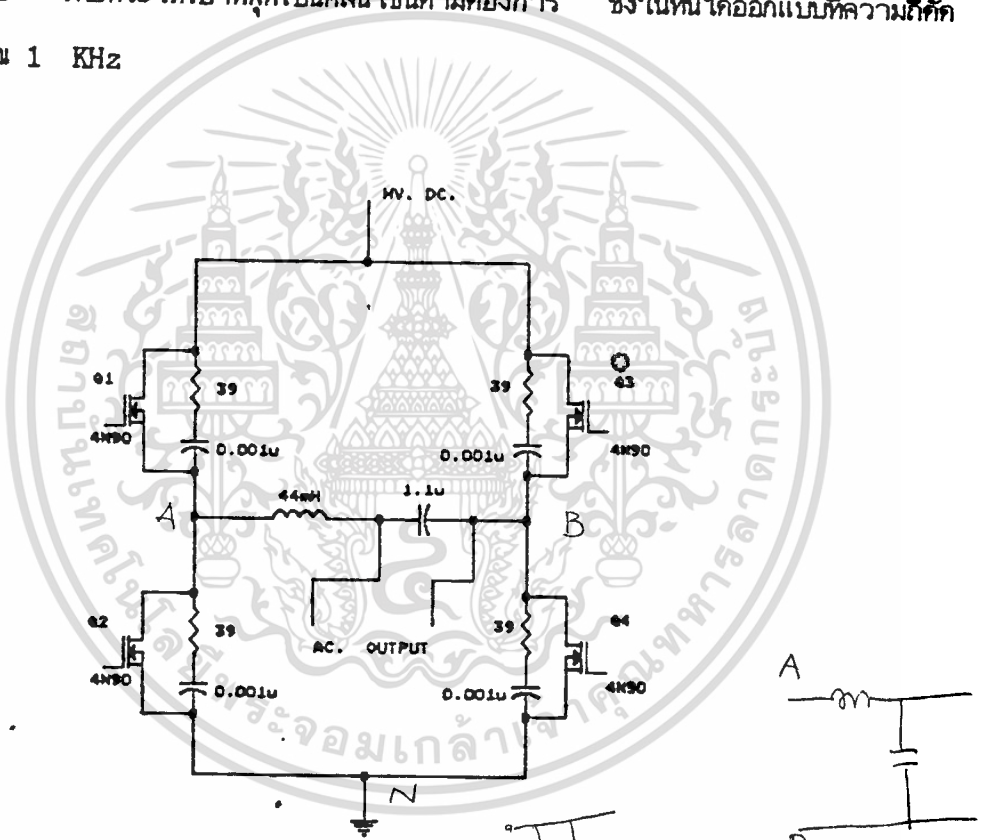
รูป 3.15 วงจรขับ

4. ส่วนอุปกรณ์กำลัง และการกรอง

ตัวอุปกรณ์กำลังนั้นงานที่มีใช้มอสเฟตเพราะมีข้อดี คือ

1. วงจรซับซ้อน เพราะควบคุมด้วยรอลเตอร์
2. ทางานที่ความถี่สูงได้ดี

ส่วนฟิลเตอร์นั้น เนื่องจากในที่นี้ได้สวิตช์แล้วที่เอาท์พุทนั้น จะมีควอมมาคือ 20 KHz ซึ่งสูงพอสมควร ซึ่งจะใช้เพียง LP FILTER ORDER 2 ก็เพียงพอ เพื่อที่จะให้เอาท์พุทเป็นคลื่นไซน์ตามต้องการ ซึ่งในที่นี้ได้ออกแบบที่ความถี่คัทประมาณ 1 KHz

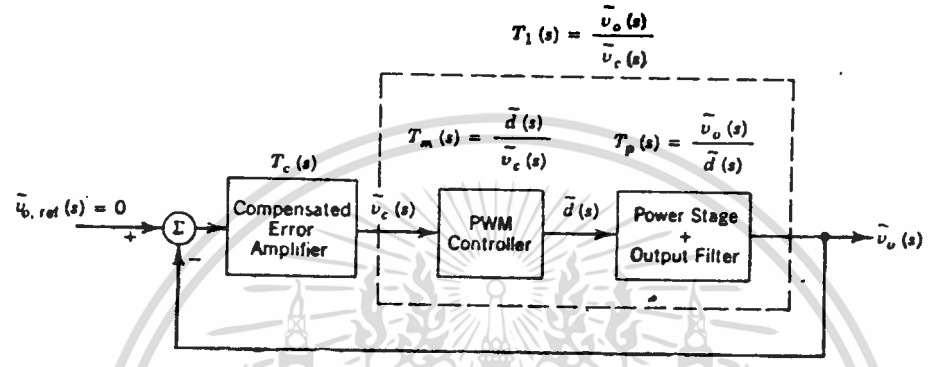
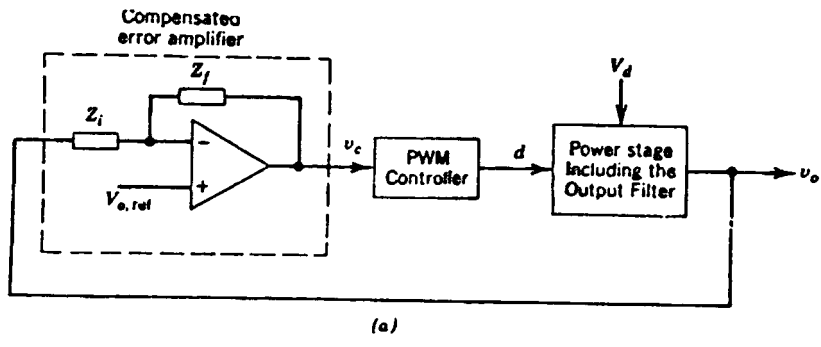


รูป 3.16 วงจรส่วนกำลัง

5. ส่วน FEED BACK

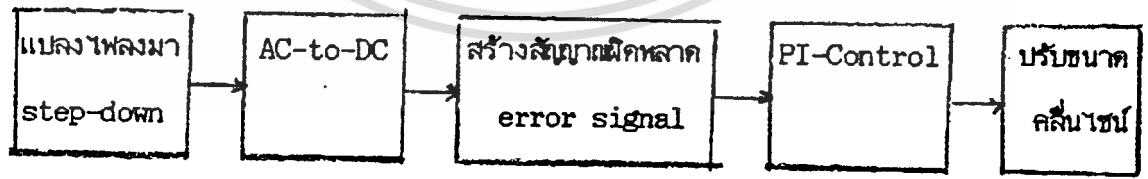
จากการที่เราใช้วิธีการทำให้ Vdc นั้นสูงและคงที่นั้น หากที่ค่าของแรงดันที่เอาท์พุทก่อนช่วงคงที่ แต่ก็เมื่อมีโหลดมาก ๆ มันก็จะตกบ้าง ซึ่งจะตกานอุปกรณ์กำลังและาน ฟิลเตอร์ จึงจำเป็นต้องมี วงจรฟีดแบคกลับเพื่อรักษาให้แรงดันที่เอาท์พุท มีขนาดคงที่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.17 บล็อกคอนโทรลเลอร์ FEEDBACK

ซึ่งแนวคิดนี้จะทำให้ระบบมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างรวดเร็ว และส่วนที่สร้างสัญญาณผิดพลาดนั้น ควรใช้แบบ PI CONTROL เพราะไม่มีออฟเซต (OFFSET) วงจรตัวอย่าง



รูป 3.18 แสดง บล็อก PI-Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ในเทอมแรกนี้ได้ทดลองทำ UPS ในส่วนของ DC to DC

DC to DC

-ใช้ IC TL 494 เป็นตัวควบคุม

-วงจรกำลังใช้ T-MOS เบอร์ 8N20

ได้ผลการทดลองดังนี้

-วงจรขับแบบ พูลบูท ใช้ T-MOS 2 ตัว(1 คู่)

ตาราง 4-1 แสดงผลการทดลอง DC to DC

จำนวน T-MOS	โหลดR (Ohm)	แรงดันเอาต์พุต (Volt dc)	Power Input (W)	Power Output(W)	ประสิทธิภาพ (%)
1 คู่	3.3 k	320	21.7	20	92.3
	1.65k	320	55.8	50	89.6
	1.1 k	318	108.0	93	86.1
2 คู่	560	318	217.6	180	82.7
3 คู่	380	315	338.8	265	78.2
4 คู่	*	*	*	*	*

* ยังไม่ได้ทดลองแต่คาดว่า Power output จะมากกว่า 300 วัตต์

หมายเหตุ การต่อ T-MOS 2 คู่ นั้นคือ นำ T-MOS มาต่อขนานเข้าขา B และมี R ขนาน เกท แยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การออกแบบและปรับปรุงชุดควบคุม ชุดกำลังของ อินเวอร์เตอร์

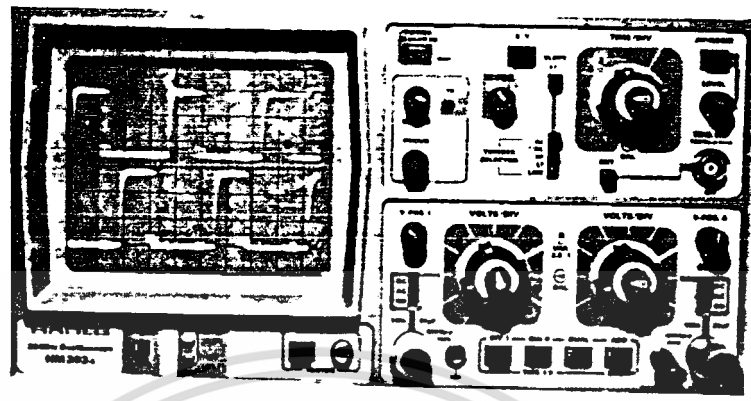
การทดลองในส่วนของ อินเวอร์เตอร์ คือ DC to AC ที่มีการเชื่อมต่อกับ DC to DC 1

ตาราง 4-2 แสดงผลการทดลองและประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

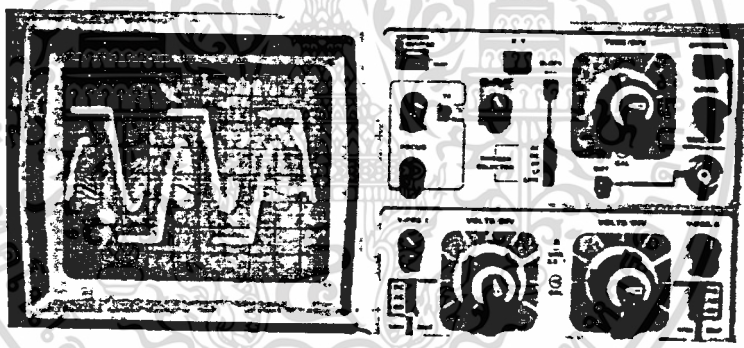
โหลด (W)	V_{in} (V _{dc})	I_{in} (A)	V_o (V _{rms})	I_o (A)	ประสิทธิภาพ (%)
0	400	0.03	220	-	-
40	400	0.10	198	0.18	80
80	400	0.19	188	0.35	87
120	400	0.29	182	0.55	85
160	400	0.42	180	0.73	78
200	400	0.53	176	0.91	76
240	400	0.65	174	1.10	74
280	400	0.76	170	1.27	71
320	400	0.86	167	1.45	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

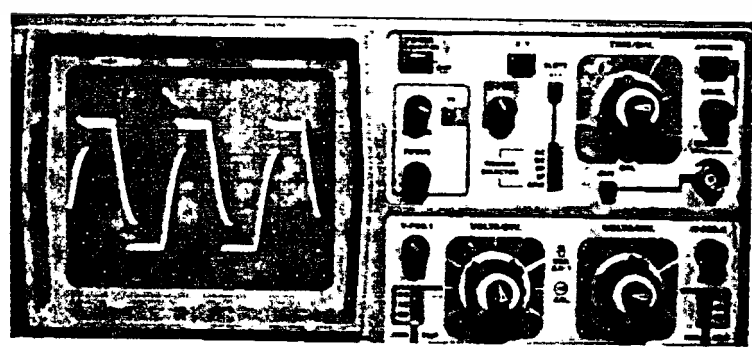
รูปสัญญาณ เอาท์พุท DC to DC converter



รูป 4.1 สัญญาณขาเอาต์พุตแบบ push-pull โหลด 100 วัตต์ ของ DC to Dc converter

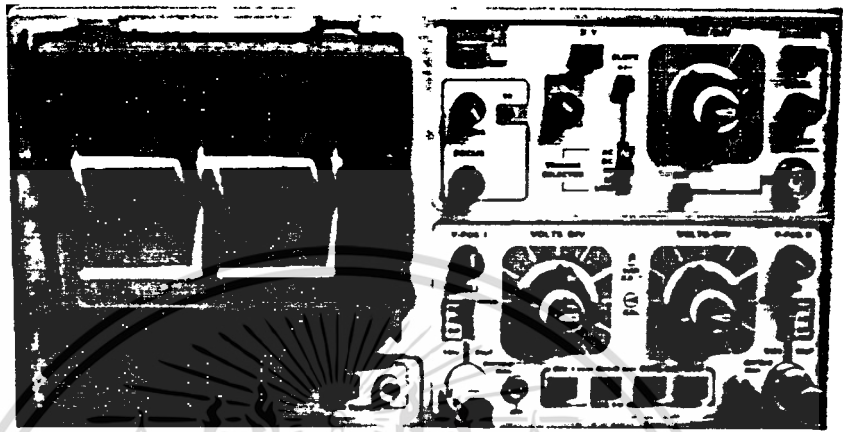


รูป 4.2 สัญญาณเอาท์พุท เมื่อผ่านหม้อแปลง เมื่อโหลด 100 วัตต์

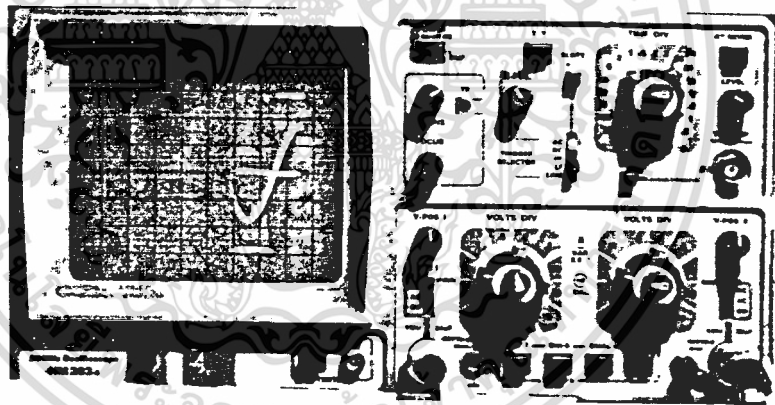


รูป 4.3 สัญญาณเอาท์พุท คร่อมไดโอด

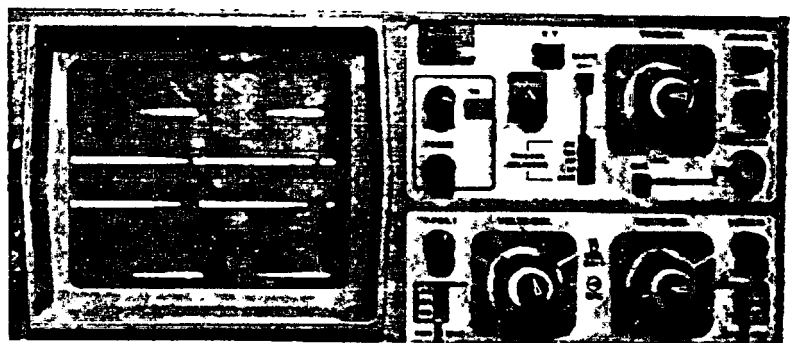
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เมื่อโหลด 100 วัตต์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.7 แสดงสัญญาณ เกท ของ อินเวอร์เตอร์



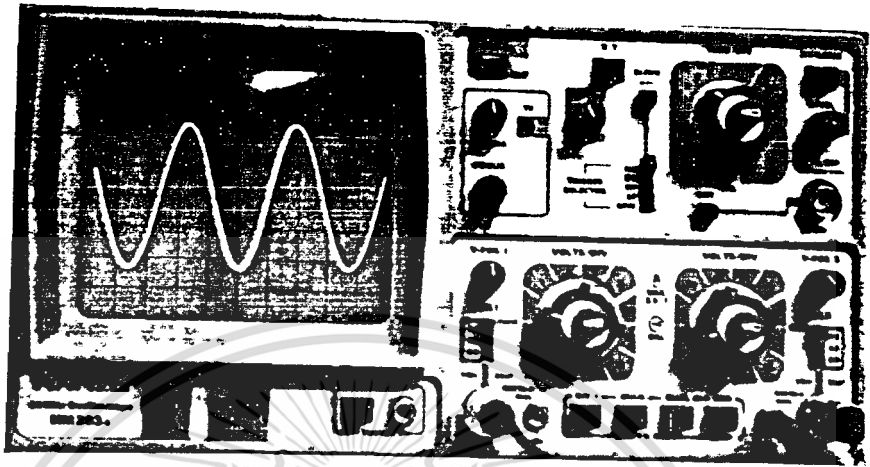
รูป 4.8 แสดงสัญญาณ เกท เทียบกับ เอ๊าท์พุท



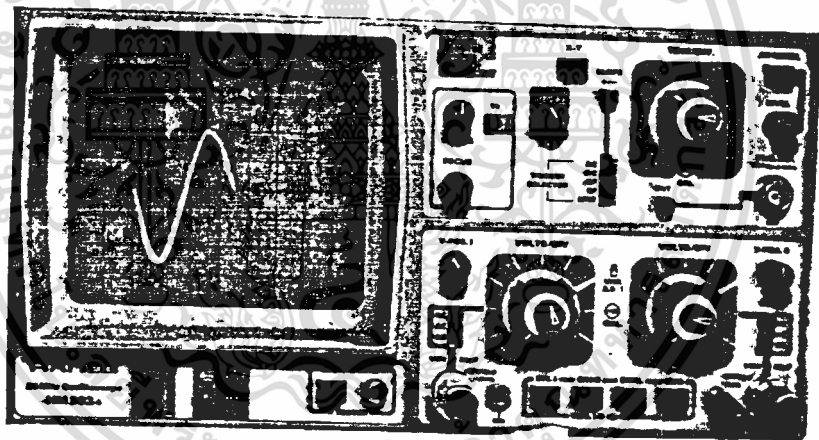
รูป 4.9 แสดงสัญญาณ เกท เทียบกับขา เกรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูประจำชั้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้ผู้ใดอื่นไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

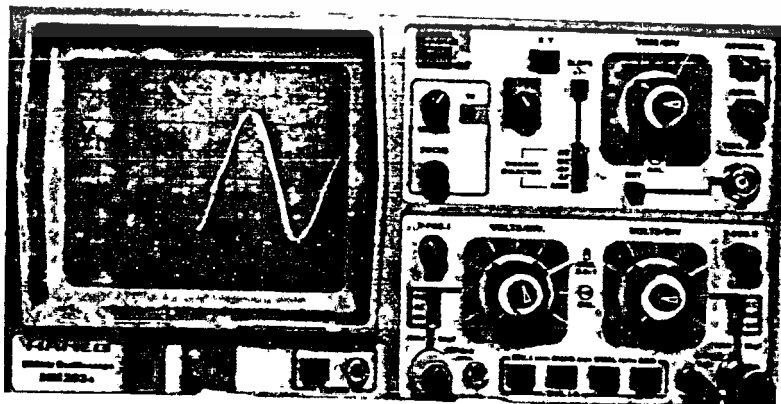
รูปสี่เหลี่ยมเอวาทิศ อินเวอร์เตอร์



รูป 4.4 NO LOAD



รูป 4.5 โหลด 100 วัตต์



รูป 4.6 โหลด 200 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1. ในส่วนของ DC to DC

วงจรที่ทดลองนี้มีประสิทธิภาพ ที่พอสมควร การขึ้นแบบ พุชฟูล เพราะมีการบ้อนกลับและสามารถโหลดได้มากกว่า 300 วัตต์ มีการสูญเสียกำลังพอสมควร

2. ในส่วนของ SMR และ ชาร์จเจอร์

สามารถโหลดได้มากกว่า 300 วัตต์ แต่จะมีประสิทธิภาพ มากกว่า DC-DC เพราะการขึ้นกำลังแบบ ฮาฟบริคจะเกิดการสั่นน้อย ทาให้ความร้อนที่เกิดขึ้นที่มอสเฟต น้อยกว่ามีผลให้มีการสูญเสียกำลังน้อยกว่าด้วย

3. ในส่วนของ DC to AC หรืออินเวอร์เตอร์

จากการทดลองวงจรนี้ออกแบบ มีเสถียรภาพ ที่ พอควร คลื่นไซน์ หลังจากผ่านฟิลเตอร์ แล้ว มี ฮาร์โมนิก เกิดขึ้นน้อย มีผลมาจากสามคลื่นไซน์ และ คลื่น สามเหลี่ยม นั้น ซิงโครไนส์(Synchronized) กันก็เพราะ เริ่มมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน แต่เมื่อผ่านคอมพาราเคอร์(comparator) เปรียบเทียบสัญญาณยังกระเพื่อมเล็กน้อย เนื่องมาจากสัญญาณรบกวน ในส่วนขึ้นกำลัง มีการลดได้ โดยการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ และ ระบบกราวด์ให้เหมาะสม

วิจารณ์และส่วนที่ควรจะพัฒนาต่อไป

1. ในส่วนของวงจรขับเกทแยกกราวด์โดยใช้วิธี มอดคูลเลอร์ผ่าน หม้อแปลงความถี่สูงนั้นทำให้เกิดปัญหาการรบกวน ควรเปลี่ยนมาใช้ ออกพุทส์ับเปิดความเร็วสูง แทน

2. การสูญเสียมีสาเหตุที่สำคัญ คือ ความเหมาะสมของความถี่ กับ การขึ้นกำลังโดยเพาเวอร์เวอ์มอสเฟตผ่าน หม้อแปลงความถี่สูง

3. รูปแบบของการบ้อนกลับแบบ P-I ในส่วนของอินเวอร์เตอร์ นั้น ผลการตอบสนองยังช้าอยู่ แต่เอาท์พุทที่ได้ออกมา ที่พอควร

4. รูปสัญญาณเมื่อมีการขึ้นกำลัง มากกว่า 220 วัตต์ จะมีฮาร์โมนิกส์เพิ่มขึ้น

มากต้องปรับปรุงในส่วนของ L-C ฟิลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภคภิกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำ ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ประภากร สุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา และ อาจารย์ มุทนา ศิลาใจเขียว ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนวทางตลอดระยะเวลาการเรียน
งานเล่มนี้ และขอบคุณ เพื่อน ๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่ช่วยเหลือในการซื้ออุปกรณ์ให้ แก่คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- Net Mohan, ' *Power Electronics: Converter Application and Design* ',
John Wiley & Sons ,1989
- Jacob Millman, ' *MICROELECTRONIC :DIGITAL AND ANALOG CIRCUIT AND SYSTEM*
McGAW-HILL,1983
- David E.Johnson,John L. Hilbern and Johny R.Johnson, ' *BASIC ELECTRIC
CIRCUIT ANALYSIS* ', Prentic-Hall ,1984 ,Chapter 15
- George Chryssis, ' *HIGH-FREQUENCY SWITCHING POWER SUPPLY :Theory and
Design* ', McGAW-HILL in the United State ,1989
- Otmar Kilgenstein , ' *SWITCHED-MODE POWERSUPPLIES IN PRACTICE* ',
John Wiley & Sons ,1976
- Dayanani and Gobin, ' *PRINCIPLE OF ACTIVE NETWORK SYNTHESIS AND DESIGN* ',
Johh Wiley & Sons ,1976
- W.K. Chen , ' *PASSIVE AND ACTIVE FILTER Theory and implementations* ',
John Wiley & Sons ,1989 ,Chapter 9
- Ander Broms , ' *UNINTERUPTED POWER SYSTEM PRINCIPLES,Features and
future trends* ',การประชุมทางวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, 2528
- S.B.Dewan and P.D.Ziogas , ' *Optimum Filter Design for a Single phase
Solid-State UPS System* ',IEEE transaction on industrial applications, vol IA-15,
No.6 , NOVEMBER/DECEMBER 1979
- ALAN H., Weinberg and Jan Schreuders ', ' *A HIGH-POWER HIGH VOLTAGE
DC-DC Conerter for Space Application* ', IEEE transaction on power electronics
vol PE.1,No.3 , JULY 1986
- Phoivos D. Zilogus and Guy Dliver , ' *A HIGH-FREQUENCY OFF LINE SMR Converter
WITH IMPROVE CHARACTERISTICS* ', IEEE transactions on industrial applications
vol 25,No.6 , NOVEMBER/DECEMBER 1989

ขอสงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้