เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์

ARC WELDING CONTROL VOLTAGE BY SCR

นายอภิชิต ศิลปสุวรรณ

MR.APICHIT SILLAPASUWAN

นายจรัส เล่หลิงห์

MR.CHARAT LAHSING

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาตรี

สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2532

22 พ.ย. 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปีการศึกษา 2532

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์

โดย

นายอภิชิต ศิลปสุวรรณ 29.1325

นายจรัส เล่ห์สิงห์ 29.1327

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วิริยะ พิเชฐจำเริญ

027017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา ไฟฟ้ากำลัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์

ผู้จัดทำ

1. นายอภิชิต ศิลปสุวรรณ 29.1325

2. นายจรัส เล่ห์สิงห์ 29.1327

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ วิริยะ พิเชฐจำเริญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์
โดย	นายอภิชิต ศิลปสุวรรณ
	นายจรัส เล่ห์สิงห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิริยะ พิเชฐจำเริญ
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	ไฟฟ้ากำลัง
ปีการศึกษา	2532

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

027017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์

อภิชิต ศิลปสุวรรณ
จรัส เส่ห์สิงห์

รศ.วิริยะ พิเชฐจำเริญ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เรียบเรียงขึ้นจากผลงานที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือที่ใช้เชื่อมชิ้นงาน โดยการนำเอาเพาเวอร์ เซมิคอนดัคเตอร์ (Power Semiconductor) มาใช้ควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งจะควบคุมการทริกเกทของไทริสเตอร์ (Thyristor) จำพวกเอสซีอาร์ (SCR : Silicon Control Rectifier) สามารถนำไปใช้กับหม้อแปลงได้ วงจรจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นวงจรที่สร้างสัญญาณกระตุ้น ซึ่งใช้ปรับมุมของการกระตุ้นให้ขาเกทของไทริสเตอร์ เพื่อใช้ปรับแรงดันไฟออกของไทริสเตอร์ และส่วนที่ 2 เป็นวงจรกำลัง เป็นการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัว มาใช้งานโดยต่อกลับขั้วกัน เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมานี้ สร้างขึ้นโดยสอดคล้องกับความต้องการซึ่งความสามารถในการทำงานและราคาอุปกรณ์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1 - 1
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	
2.1	นิยามต่าง ๆ ที่ควรทราบ	2 - 1
2.2	ชนิดของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	2 - 4
2.3	อุปกรณ์การเชื่อม	2 - 17
2.4	หลักปฏิบัติในงานเชื่อม	2 - 24
2.5	การเริ่มต้นอาร์ค	2 - 27
2.6	การเชื่อม	2 - 29
บทที่ 3	ซิลิกอนคอนโทรลเรคติไฟเออร์	
3.1	โครงสร้างของเอสซีอาร์	3 - 1
3.2	การทำงานของเอสซีอาร์	3 - 4
3.3	คุณสมบัติของเอสซีอาร์	3 - 6
3.4	ระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์	3 - 7
3.5	วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส	3 - 8
3.6	Turn-off Time ของเอสซีอาร์	3 - 9
3.7	ขีดจำกัดทางด้านแรงดันไฟของเอสซีอาร์	3 - 11
3.8	ขีดจำกัดทางด้านกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์	3 - 13
3.9	ขีดจำกัดทางด้านอุณหภูมิ	3 - 14
3.10	ขีดจำกัดของเกท	3 - 15
บทที่ 4	การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	4 - 1
4.1	ชนิดของการควบคุมแรงดันไฟฟ้า	4 - 2
4.2	การควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส	4 - 5
4.3	สัญญาณทริกเกอร์	4 - 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5 การออกแบบและการสร้าง

5.1 การออกแบบวงจรอิเล็คทรอนิคส์ 5 - 1

5.2 การสร้างเครื่องเชื่อม 5 - 9

5.3 รายการอุปกรณ์ 5 - 12

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดลองวงจรทริกเกอร์ 6 - 1

6.2 การทดลองเครื่องเชื่อมและผลการทดลอง 6 - 3

บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ 7 - 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

Introduction

ปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมเกี่ยวกับเหล็กได้เจริญขึ้นมาก การเชื่อมจึงมีความจำเป็นตามไปด้วย ถ้าใช้หลักการเชื่อมที่ถูกวิธีแล้ว งานนั้นจะมีความคงทนแข็งแรงและยังสามารถเชื่อมได้ทั้งโลหะบางและโลหะหนา กระบวนการของการเชื่อมไฟฟ้าไม่เพียงแต่สะดวกในการเก็บรักษาเท่านั้น ยังสามารถผลิตสินค้าและเครื่องจักรได้รวดเร็วอีกด้วย

บทบาทของการเชื่อม

การเชื่อมนับว่าเป็นกระบวนการที่มีบทบาทต่อการผลิตและการขยายตัวของวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก กล่าวได้ว่ากระบวนการเชื่อมมีส่วนส่งเสริมสนับสนุนอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ ให้เจริญก้าวหน้า ซึ่งพอสรุปหน้าที่หลักของกระบวนการเชื่อมได้เป็น 2 ประการ คือ

1. กระบวนการเชื่อมทำให้เกิดการผลิตหรือสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้เกิดขึ้น

2. กระบวนการเชื่อมมีบทบาทในการแก้ปัญหาด้านบำรุงรักษา และซ่อมแซมชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ ล้วนอาศัยกระบวนการเชื่อมแทบทั้งสิ้น อาทิเช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องบิน โครงสร้างต่าง ๆ อุปกรณ์เหมืองแร่ อุปกรณ์น้ำมัน อุปกรณ์อาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ งานวางท่อ งานเครื่องประดับ ฯลฯ เป็นต้น

ลักษณะเด่นของกระบวนการเชื่อมที่เห็นได้อย่างชัดเจนก็คือ สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพรวมทั้งประหยัดต้นทุนด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ สนับสนุนด้วย ซึ่งพอจะกล่าวเป็นสังเขปได้ดังนี้คือ

1. มีความคล่องตัวในการออกแบบสูง การออกแบบงานเชื่อมสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย

2. การเชื่อมไม่มีความจำเป็นจะต้องมีกระสวน (Pattern) เหมือนการหล่อโลหะ ดังนั้นจึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้ การออกแบบงานเชื่อมจะออกแบบโดยอาศัยมาตรฐานของเหล็กรูปร่างต่าง ๆ ซึ่งมีมาตรฐานในการผลิตอยู่แล้ว

3. ในการออกแบบงานเชื่อมสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุได้ เพราะมีโอกาสเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงที่เหมาะสม และมีน้ำหนักเบาได้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ค่าแรงงานในการผลิตค่อนข้างต่ำ เพราะไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตกแต่งด้วยเครื่องจักรกล สำหรับงานเชื่อมที่ใช้งานทั่ว ๆ ไปก็ไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วย ยกเว้นงานที่ต้องการความปลอดภัยสูง หรือภาชนะที่ใช้รับแรงดันสูง ๆ เช่น pressure vessel เป็นต้น ฯลฯ ซึ่งจะต้องตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการฉายรังสีเอ็กซ์ (x-rays) ดูความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและการใช้งาน

5. การใช้กรรมวิธีการเชื่อมเข้ามาทดแทนการย้ำหมุด นับว่าเหมาะสมทั้งทางด้านเทคโนโลยีและเศรษฐกิจ เพราะสามารถประหยัดต้นทุนการผลิตได้ประมาณ 35%

6. ในกรณีที่เป็นงานซ่อมแซม ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมจะต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่จะซื้อชิ้นส่วนมาเปลี่ยนใหม่ เช่น การเชื่อมพอกแข็งเฟืองขนาดใหญ่ที่สึกหรอ เป็นต้น

จากที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่ากระบวนการเชื่อมมีบทบาทต่ออุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ทำให้การผลิตต่าง ๆ ดำเนินไปด้วยความรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี

ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ ได้ใช้หลักการของเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับโดยการใช้หม้อแปลงแกนเหล็กรูปตัวซี (C) พันขดลวดไพรมารี่ (Primary winding) และขดลวดเซคคันดารี่ (Secondary winding) อยู่บนแกนที่แยกกันแบบคงที่ (Fixed) ดังนั้นในการปรับกระแสสามารถทำได้โดยการปรับแรงดันเข้าหม้อแปลงซึ่งควบคุมด้วยวงจรอิเลคทรอนิคส์ (Electronic Voltage Controlled) วิธีการคือสร้างชุดทริกเกอร์ (Gate Trigger) ใช้กับเอสซีอาร์จำนวน 2 ตัว ที่ต่อกลับขั้วกัน ทำให้สามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จะจ่ายให้กับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ จุดเด่นของการเชื่อมด้วยไฟฟ้ากระแสสลับคือ ไม่ทำให้เกิดการหนีแนว (Arc Blow) เหมือนกับการเชื่อมด้วยกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

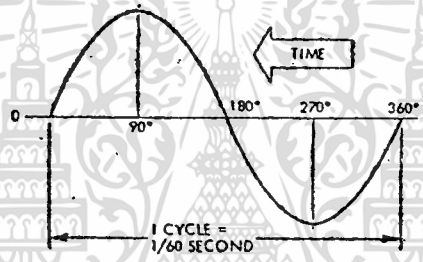
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

(Theory and Principles of Arc Welding)

2.1 นิยามต่าง ๆ ที่ควรทราบ

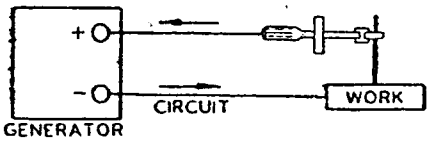
- กระแสสลับ (Alternating Current) หมายถึงกระแสไฟฟ้าสลับ ซึ่งนิยมเรียกสั้น ๆ ว่า AC ลักษณะของกระแสไฟฟ้าสลับจะมีค่าเป็นบวกและลบ กล่าวคือในครึ่งไซเกิ้ล (Cycle) แรก กระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางหนึ่ง แล้วจะเปลี่ยนทิศทางเป็นตรงข้ามในครึ่งไซเกิ้ลถัดมา ดังรูป 2-1



รูป 2-1

อัตราการเปลี่ยนแปลงการไหลของไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) เช่น ความถี่ 60 ไซเกิ้ลต่อวินาทีเป็นต้น กระแสไฟฟ้าในประเทศไทยเราจะใช้ความถี่ 50 ไซเกิ้ลต่อวินาที จากรูปจะแสดงให้เห็นถึงการไหลของกระแสไฟฟ้าใน 1 ไซเกิ้ล ใช้เวลา 1/60 วินาที ดังนั้นถ้ากระแสไฟฟ้าไหลกลับไปกลับมา 60 ไซเกิ้ล จะใช้เวลา 1 วินาที

- วงจรไฟฟ้า (Electrical Circuit) หมายถึงวงจรไฟฟ้าซึ่งแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำจากขั้วหนึ่งของแหล่งกำเนิดไปยังอีกขั้วหนึ่ง



รูป 2-2 แสดงวงจรไฟฟ้าแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

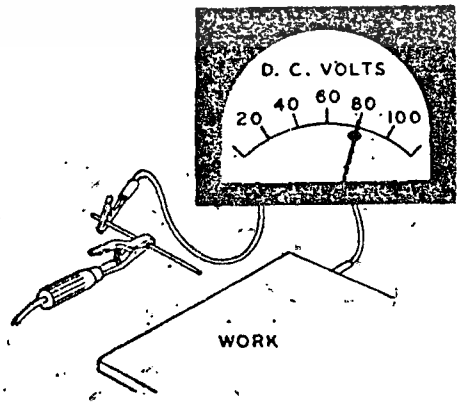
จากรูปจะแสดงการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยเริ่มต้นจากขั้วลบของเครื่องเยนเนอร์เรเตอร์ (Generator) ผ่านสายไฟฟ้าไปยังชิ้นงาน (Work) แล้วไหลกลับไปยังขั้วบวก

- แอมแปร์ (Ampere) หมายถึงปริมาณหรืออัตราของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจร มักจะเรียกย่อ ๆ ว่า Amp หรือ Amps เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดกระแสเรียกว่า แอมมิเตอร์ (Ammeter)

- แรงเคลื่อน (Voltage) หมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ซึ่งเป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจร เรียกทั่ว ๆ ไปว่า Volt หรือ Voltage แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ก็คล้ายคลึงกับความดันที่ดันให้น้ำภายในท่อไหลไปได้ กล่าวคือ ระบบของน้ำมีปั๊มน้ำ (Pump) จะทำให้เกิดความดัน ส่วนในวงจรไฟฟ้า แหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า เพื่อผลักดันให้ไหลไปตามตัวนำ (กระแสไฟฟ้าเท่านั้นที่ไหลในวงจร) เครื่องมือที่ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเรียกว่า โวลท์มิเตอร์ (Voltmeter)

- แรงเคลื่อนลดลง (Voltage drop) เกิดเนื่องจากระยะทางจากเครื่องเชื่อมไกลเกินไป เมื่อแรงเคลื่อนลดลงจะทำให้การเชื่อมไม่ได้ผลเท่าที่ควร

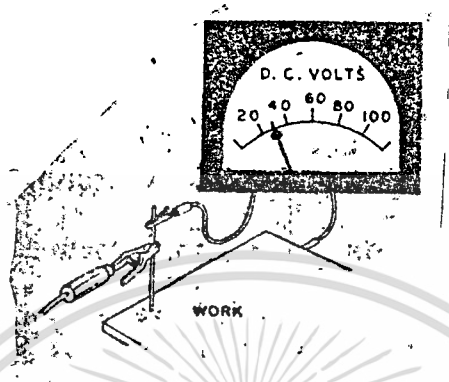
- แรงดันวงจรเปิด (Open Circuit Voltage) หมายถึงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ระหว่างขั้วทั้งสองของวงจรในขณะที่เครื่องเชื่อมทำงาน แต่ยังไม่ได้ปฏิบัติการเชื่อม ค่า Open Circuit Voltage แปรผันอยู่ระหว่าง 50-100 โวลท์ รูป 2-3 แสดงค่าที่วัดได้ 80 โวลท์



รูป 2-3

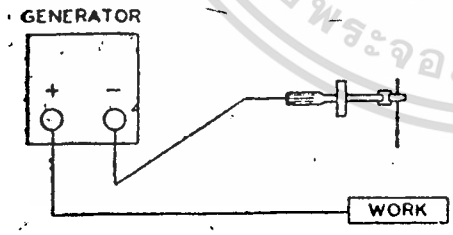
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อาร์ค โวลท์เตจ (Arc Voltage) หมายถึงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งวัดได้ในขณะทำงานเชื่อม ค่า Arc Voltage จะอยู่ระหว่าง 18-36 โวลท์ อาจจะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Working Voltage ก็ได้ ดังรูป 2-4

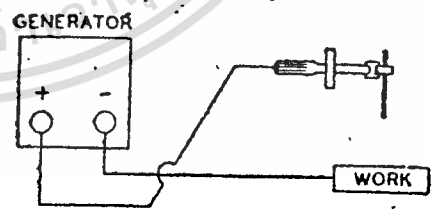


รูป 2-4

- ขั้วไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม (Polarity) เป็นสิ่งที่แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ทั้งนี้ก็เพราะว่า เครื่องเชื่อมชนิดกระแสตรงนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางเดียวเท่านั้น Polarity หรือขั้วจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากในบางกรณีของการเชื่อมจำเป็นต้องเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร จึงสังเกตการต่อวงจรแบบขั้วตรง (Straight Polarity) กับแบบกลับขั้ว (Reverse Polarity) ดังรูป 2-5, 2-6



รูป 2-5 วงจรแบบขั้วตรง



รูป 2-6 วงจรแบบกลับขั้ว

เครื่องเชื่อมชนิดกระแสตรงที่ทันสมัยในปัจจุบันนี้ จะมีสวิทช์สำหรับเปลี่ยนขั้วได้ ซึ่งเรียกว่า Polarity Switch ยังมีเครื่องเชื่อมอีกชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทำให้กระแสไฟฟ้าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เรียกว่าเครื่องเชื่อมกระแสสลับ ซึ่งสายเชื่อมและสายงานจะต่อกับขั้วไหนก็ได้ไม่จำเป็น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งกำเนิดพลังงาน (Source) แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมมี 3 ชนิด คือ

1. มอเตอร์เยนเนอร์เรเตอร์ (Motor Generator)
2. ทรานสฟอร์เมอร์ (Transformer)
3. เรคติไฟเออร์ (Rectifier)

- ความสามารถในการทำงานของเครื่องเชื่อม (Duty Cycle) หมายถึง อัตราส่วนของเวลาที่ทำการอาร์คกับเวลาทั้งหมด สำหรับเครื่องเชื่อมคือระยะเวลา 10 นาที เป็นเวลาทั้งหมด ดังนั้นเครื่องเชื่อมมีความสามารถในการทำงานในการเชื่อมได้ดี 60 % (Duty Cycle 60 %) หมายถึงเครื่องเชื่อมนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อเนื่องกันได้เป็นเวลา 6 นาที พัก 4 นาที

2.2 ชนิดของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เครื่องเชื่อมไฟฟ้า จัดเป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญในการทำงานทั้งนี้เพราะว่า กระแสไฟฟ้าที่นำไปใช้เชื่อมงานนั้นได้มาจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งสามารถแบ่งตามชนิดของกระแสที่ใช้เชื่อมเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสตรง (DC Arc Welding)

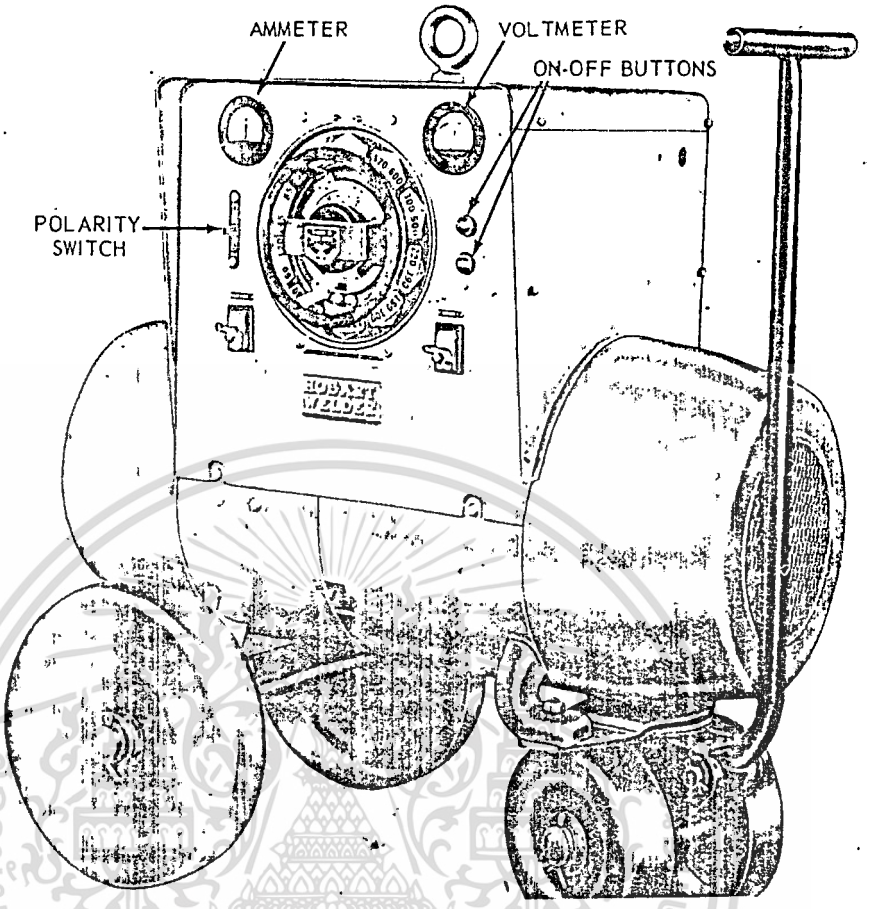
เครื่องเชื่อมไฟฟ้าชนิดกระแสตรง มีหลายแบบ เช่น แบบเยนเนอร์เรเตอร์ (Generator) ที่ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor Driven Motor Generator, ขับด้วยเครื่องยนต์ (Engine Motor Generator), แบบเรคติไฟเออร์ (Rectifier) เป็นต้น

เครื่องเชื่อม DC แบบ Motor Generator ขับด้วยไฟฟ้านี้ เหมาะสำหรับใช้งานในโรงงานทั่วไป เคลื่อนย้ายไปมาสะดวก ข้อมูลที่ควรทราบคือ

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 30-375 Amp
2. ค่า Open Circuit Voltage 50-85 Volt
3. ความสามารถในการเชื่อม 60 % Duty Cycle ที่ 300 Amp
4. มี Polarity Switch เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เครื่องเชื่อมแบบนี้แสดงในรูป 2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-7 เครื่องเชื่อม DC ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

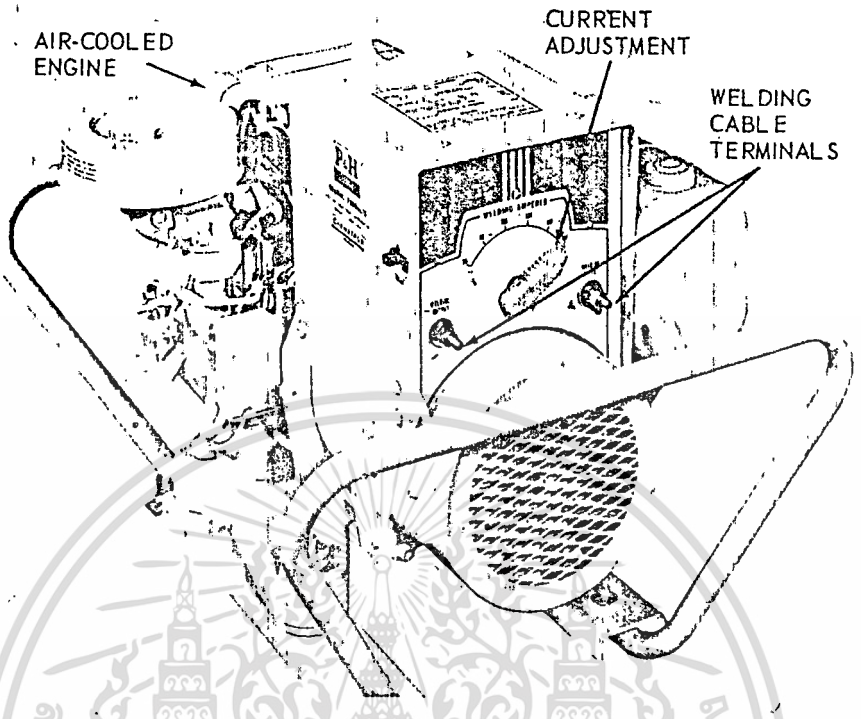
เครื่องเชื่อม DC ขับด้วยเครื่องยนต์นั้น อาจจะขับด้วยเครื่องยนต์เบนซิน หรือดีเซลก็ได้ เครื่องเชื่อมแบบนี้เหมาะสำหรับใช้งานในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ งานที่ประกอบนอกโรงงาน งานก่อสร้างถนน ฯลฯ เป็นต้น ข้อมูลที่ควรทราบมีดังนี้ คือ

1. ขับด้วยเครื่องยนต์โฟล์คสวาเกน (Volkswagen)

   ชนิด 4 จังหวะ (Stroke) 29 HP
2. ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 30-375 Amp
3. ค่า Open Circuit Voltage 50-85 Volt
4. ความสามารถในการเชื่อม 60 % Duty Cycle ที่ 300 Amp
5. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 220 โวลท์ ดีซี ได้ 1.5 กิโลวัตต์ เพื่อใช้เป็นแสงสว่าง หรือต่อเข้ากับสว่านมือ ฯลฯ เป็นต้น

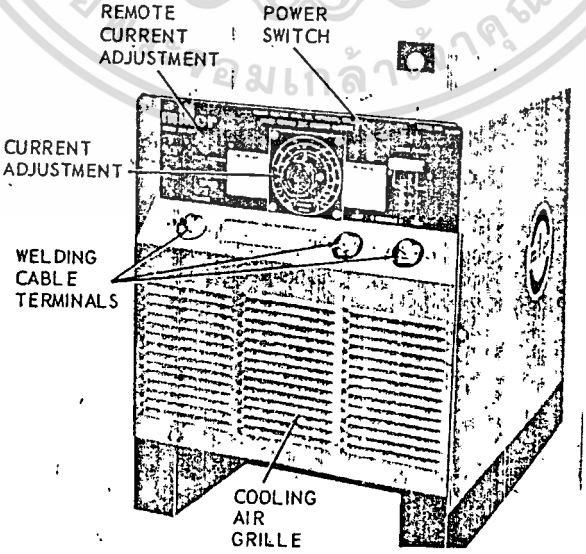
เครื่องเชื่อมแบบนี้แสดงในรูป 2-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-8 เครื่องเชื่อมDC ขับด้วยเครื่องยนต์

เครื่องเชื่อมแบบ Rectifier ดังรูป 2-9 จะมี Rectifier Unit ทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยน AC ให้เป็นDC

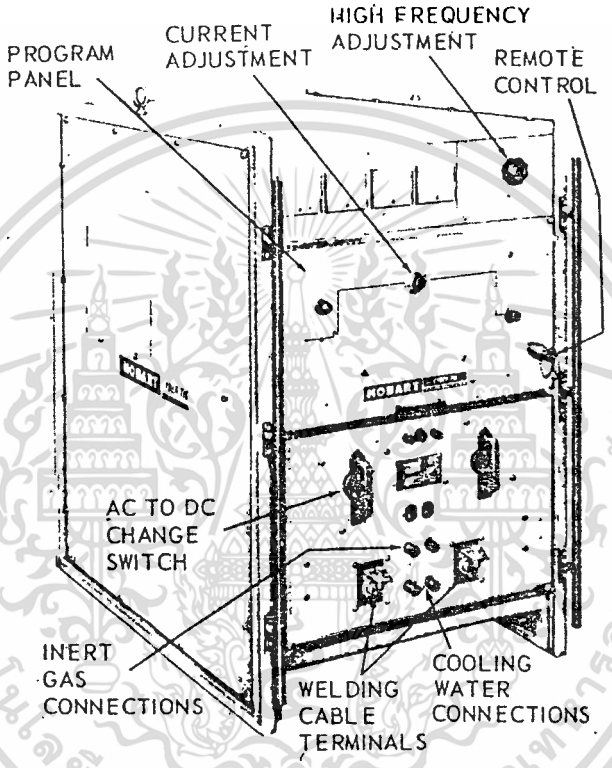


รูป 2-9 เครื่องเชื่อมแบบ Rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติแล้วเครื่องเชื่อมแบบนี้ จะไม่มีชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ (Moving parts) นอกจากพัดลมที่ตัวเครื่องเพื่อระบายความร้อนเท่านั้น ข้อมูลที่ควรทราบมีดังนี้ คือ

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 35-250 Amp DC
2. ค่า Open Circuit Voltage 80 Volt
3. ความสามารถในการเชื่อม 40 % Duty Cycle ที่ 200 Amp



รูป 2-10 เครื่องเชื่อมแบบผสม AC-DC

เครื่องเชื่อมแบบผสม AC-DC เหมาะสำหรับงานซ่อมสร้าง ในกิจการของงานอุตสาหกรรมหนัก เพราะสามารถทำงานได้อย่างกว้างขวาง เช่น เชื่อมท่อ (Pipe) เชื่อมงานใด ๆ ที่ต้องการใช้ลวดเชื่อมชนิดพิเศษหรือลวดเชื่อม Low Hydrogen) จะสามารถใช้กับลวดเชื่อมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตถึง 5 มิลลิเมตรได้ และสามารถใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ในกรณีที่ไฟฟ้าจากโรงผลิตเกิดขัดข้อง ข้อมูลที่ควรทราบคือ

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 45-225 Amp AC
   35-200 Amp DC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่า Open Circuit Voltage 80 Volt AC

72 Volt DC

3. ความสามารถในการเชื่อม 100 % Duty Cycle ที่ 225 Amp AC

100 % Duty Cycle ที่ 200 Amp DC

4. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 200 Volt AC Single Phase

50 Hz ได้ถึง 4 KW

การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อม

การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อม DC จะต้องปฏิบัติเป็นประจำโดยปฏิบัติตามคู่มือของบริษัทผู้ผลิตซึ่งจะให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนรายการเกี่ยวกับการบำรุงรักษาไว้ให้ เช่นระยะเวลาที่ควรหล่อลื่นจุดที่มี Bearing การปรับระยะห่างของแปรงถ่าน (Carbon Brush) ฯลฯ เป็นต้น

การพิจารณาเลือกซื้อเครื่องเชื่อมเพื่อไว้ใช้ในธุรกิจอุตสาหกรรมนั้น จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. พิจารณาถึงกระบวนการที่จะใช้งาน กล่าวคือจะต้องทราบว่าเครื่องเชื่อมที่จะนำไปใช้งานนั้น จะใช้กระบวนการอะไร เช่น เชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม เชื่อมแบบMIG เชื่อม TIG ฯลฯ เป็นต้น

2. พิจารณาถึงกระแสที่ไฟฟ้าที่จะใช้งาน ในที่นี้จะหมายถึงค่ากระแสสูงสุดที่จะใช้งาน เช่นถ้าเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมกับงานที่มีความหนามาก ก็จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อมสูง ดังนั้นจะต้องเลือกใช้เครื่องเชื่อมที่มีประสิทธิภาพสูงพอ จึงจะสามารถทำการเชื่อมได้ดี

3. พิจารณาถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าในโรงงาน ทั้งนี้ก็เพราะว่าในโรงงานมีเครื่องมือ เครื่องจักรต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าอยู่ด้วย ดังนั้นจะต้องสำรวจดูว่า หากนำเครื่องเชื่อมมาติดตั้งในโรงงานแล้ว ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเพียงพอหรือไม่

4. พิจารณาถึงความประหยัดและความสะดวก กล่าวคือ วิศวกรโรงงานที่ดีจะต้องคำนึงถึงผลได้ผลเสียของการเพิ่มผลผลิตแต่ละครั้ง ทั้งนี้จะต้องพิจารณาว่าจะคุ้มต่อการลงทุนหรือไม่ มีความสะดวกมากน้อยเพียงไร ฯลฯ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Arc Welding)

ปัจจุบันการเชื่อมด้วยกระแสสลับ ได้รับความนิยมขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากว่าเครื่องเชื่อมกระแสสลับถูกผลิตขึ้นมาให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้งานได้อย่างสะดวก ในขณะเดียวกันลวดเชื่อมที่ใช้กับการเชื่อมด้วยกระแสสลับได้รับการปรับปรุงให้มีคุณภาพสูงขึ้น สามารถใช้เชื่อมด้วยกระแสสลับได้ง่าย โดยการใช้สารประกอบที่ทำให้เกิดไอออนไนซ์ ซึ่งเป็นฟลักซ์หุ้มกระแสอาร์คที่มีไอออนไนซ์เกิดขึ้นมาก จะช่วยให้การเริ่มต้นอาร์คทำได้ง่ายขึ้นและจะช่วยให้การอาร์คเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอคงที่

เหตุผลอีกข้อหนึ่งที่ทำให้เครื่องเชื่อมกระแสสลับได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันคือ เครื่องเชื่อมกระแสสลับซึ่งเป็นเครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์เมอร์ มีราคาต่ำกว่าเครื่องเชื่อมแบบอื่น ๆ ซึ่งมีขนาดกำลังผลิตกระแสสลับของการเชื่อมได้เท่ากัน

คุณลักษณะของการเชื่อมแบบอาร์คด้วยกระแสสลับ

กระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากโรงไฟฟ้าต่าง ๆ จะเป็นกระแสสลับขนาด ๕๐ ไซเกิ้ล กระแสสลับเป็นกระแสที่นำมาเพิ่มหรือลดแรงเคลื่อน (โวลท์) ได้ง่ายด้วยทรานสฟอร์เมอร์ กระแสสลับคือกระแสที่กลับทิศทางการไหล 100 ครั้งต่อวินาที เนื่องจากกระแสสลับกลับทิศทางการไหลของกระแสโดยตัวของมันเอง ฉะนั้นโดยตามทฤษฎีจะถือว่า อิเลคตรอนจำนวนเดียวกันจะไหลไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในขณะอาร์ค แล้วไหลเปลี่ยนทิศทางไปเป็นตรงข้ามในขณะที่กระแสไหลกลับ เพราะฉะนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นปริมาณครึ่งหนึ่งของจำนวน จะเกิดขึ้นที่ส่วนปลายของลวดเชื่อม และเกิดขึ้นอีกครึ่งหนึ่งที่ชิ้นงาน แต่ตามข้อเท็จจริงแล้วจะมีกระแสไหลจากลวดเชื่อมไปยังชิ้นงานได้มากกว่ากระแสที่ไหลจากชิ้นงานไปยังลวดเชื่อม เนื่องจากมีพื้นที่สัมผัสกระแสได้มากกว่า

ข้อดีของการเชื่อมด้วยกระแสสลับ

การเชื่อมด้วยกระแสสลับมีข้อที่ดีเด่นกว่าการเชื่อมด้วยกระแสตรงคือ ไม่เกิดแมกเนติก โบลว์ (Magnetic Blow) หรือ อาร์คโบลว์ (Arc Blow) ในขณะเชื่อม เหตุที่ไม่เกิดอาร์คโบลว์ในขณะเชื่อม เพราะกระแสสลับเปลี่ยนทิศทางการไหลทุก 1/100 วินาที สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจึงมีจำนวนน้อยมาก สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะกลับขั้วตามความถี่ของกระแสด้วย อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจึงไม่มากพอที่จะทำให้อาร์คแกว่ง หรือไม่สม่ำเสมอ ฉะนั้นเมื่อต้องการเชื่อมให้ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพดี จึงควรเชื่อมด้วยกระแสสลับเสมอ

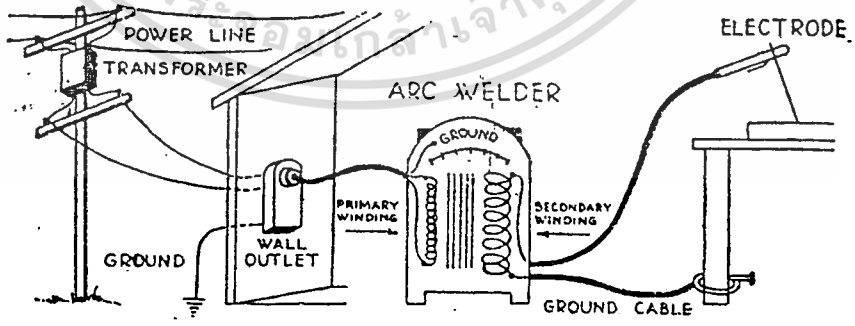
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมด้วยกระแสสลับ เมื่อเริ่มต้นอาร์คจะทำได้ยากกว่าการเชื่อมด้วยกระแสตรงเพราะว่า กระแสสลับไหลเปลี่ยนทิศทางอยู่ตลอดเวลาจึงทำให้เริ่มต้นอาร์คได้ยาก แต่อย่างไรก็ดีควรเชื่อมด้วยกระแสสลับจะทำให้เกิดการซึมลึกในแนวเชื่อมดี การควบคุมและรักษาระยะอาร์คให้สม่ำเสมอได้ง่าย

การเชื่อมด้วยกระแสสลับ เป็นการเชื่อมที่ทำได้รวดเร็วกว่าการเชื่อมด้วยกระแสตรง เพราะสามารถใช้ลวดเชื่อมที่มีขนาดใหญ่กว่า ด้วยกระแสสูงจะไม่เกิดอาร์คโบลว์ในขณะเชื่อม ซึ่งพอจะสรุปข้อดีในการเชื่อมด้วยกระแสสลับเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. อาร์คมีกำลังสูง
2. ไม่เกิดอาร์คโบลว์
3. หลังจากเริ่มต้นอาร์คแล้ว อาร์คจะทำการควบคุมได้ง่าย
4. เป็นวิธีการเชื่อมที่ดีที่สุดในกระบวนการเชื่อมแบบอาร์ค
5. เป็นกระบวนการเชื่อมที่นิยมไปใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าที่มีความหนามาก ๆ

เครื่องเชื่อมกระแสสลับจะมีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม จะทำหน้าที่เปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก Line Voltage ให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าสำหรับเชื่อม (Welding Voltage)



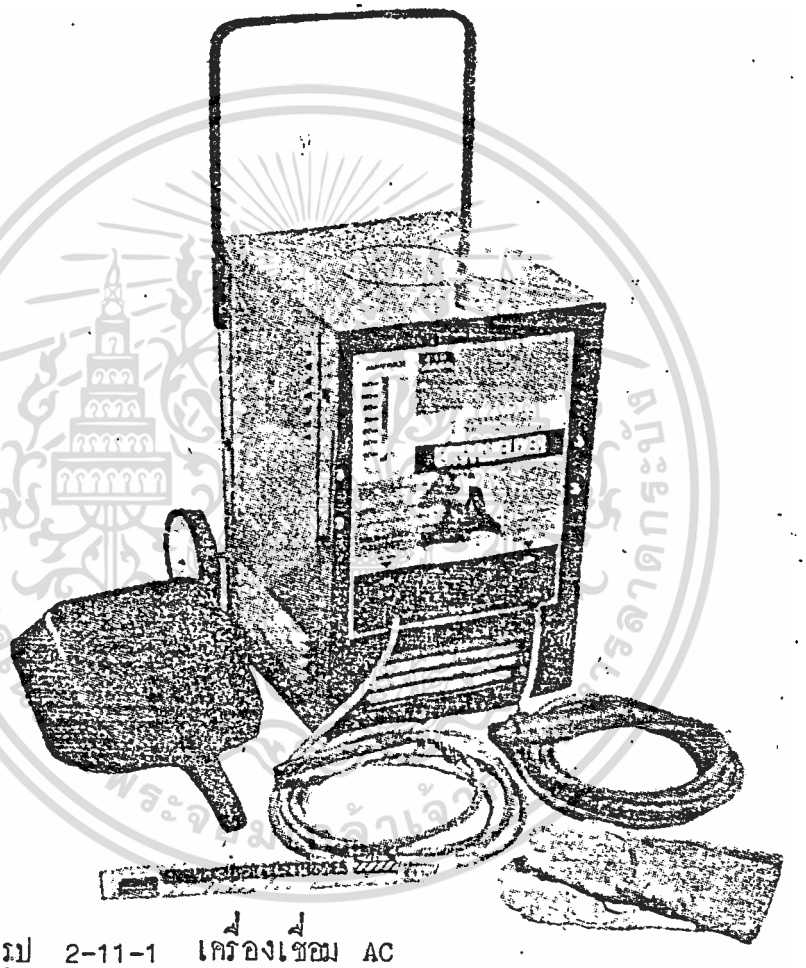
รูป 2-11 แสดงการต่อเครื่องเชื่อม AC เพื่อเชื่อมงาน

จากรูป 2-11 จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าจากต้นกำเนิดจะเข้าทางขดไพรมารีส่วนกระแสที่ใช้เชื่อม (Welding Current) ได้มาจากขดเซคคันดารี ของหม้อแปลงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเชื่อม AC เป็นเครื่องเชื่อมขนาดเล็กที่มีอุปกรณ์ต่าง ๆ ครบพร้อมที่จะปฏิบัติงานได้ มี ข้อมูล ที่ควรทราบดังนี้คือ

1. ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม	40 - 123	Amp
2. ค่า Open Circuit Voltage	52	Volt
3. ความสามารถในการเชื่อม 25% Duty Cycle ที่	123	Amp
4. ใช้ไฟฟ้า 220Volt, AC Single Phase	50	Hz



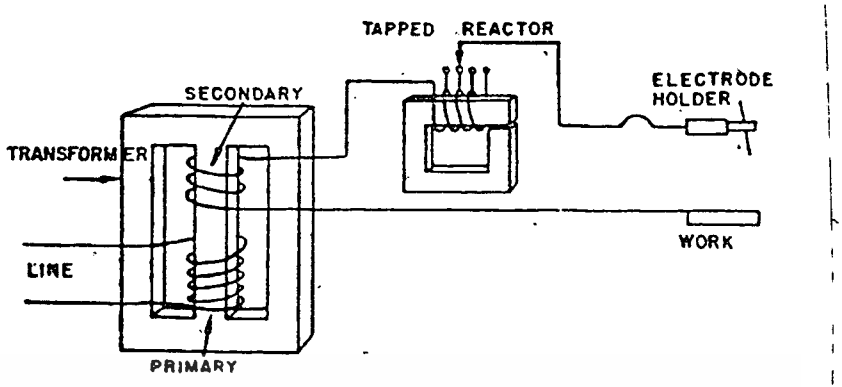
รูป 2-11-1 เครื่องเชื่อม AC

กระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ซึ่งได้มาจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นจะมีวิธีการปรับค่า (Adjusted) ได้ 5 วิธี คือ

1. โดยการใช้ขดลวด Reagtor ไปต่อเข้า (Tapped) กับขดลวดทุติยภูมิ
2. โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ
3. โดยการปรับระยะห่าง (Air gap) ระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ
4. โดยการปรับแกนเหล็กให้เคลื่อนที่เข้าออกในขดลวด Reactor
5. โดยการปรับ Reactor ด้วยการควบคุมทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ขดลวด REACTOR ต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ



รูป 2-12 Constant Voltage Transformer with Tapped Reactor Coil

จากรูปจะเห็นว่า ขดลวด Reactor ต่อเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ ลักษณะของการต่อจะต่อแยกจำนวนรอบขดลวดทุติยภูมิที่ต่างกัน ถ้าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิน้อย จะทำให้ทั้งค่าของ Open Circuit Voltage และความเหนี่ยวนำ (Inductance) ของ Transformer มีค่า น้อย ด้วย

ลักษณะดังกล่าวจะเป็นเหตุทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม (Welding Current) สูง

ในทำนองเดียวกัน ถ้าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ มาก จะทำให้ค่า Open Circuit Voltage และความเหนี่ยวนำของ Transformer มีค่า มาก จะทำให้Welding Current ต่ำ

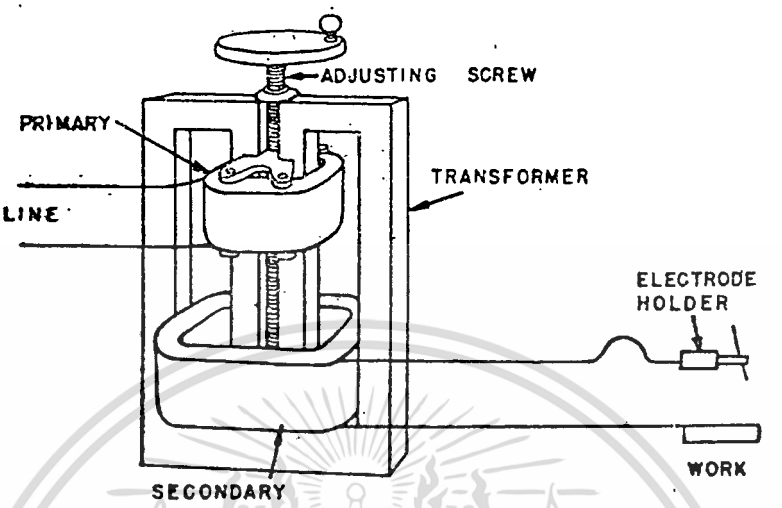
เครื่องเชื่อม AC ที่ใช้หลักการนี้ จะทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage หรือ Constant Potenital)

การเปลี่ยนตำแหน่งของขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ

หลักการที่สำคัญก็คือ มีขดลวดที่เคลื่อนที่ได้ (Movable Coil) เป็นตัวควบคุม ทั้งนี้ก็โดยอาศัยการปรับระยะห่างระหว่างขดลวดทั้งสองนั่นเอง

ในทางทฤษฎีแล้ว จะจัดให้ ขดลวดปฐมภูมิ หรือขดลวดทุติยภูมิ เคลื่อนที่ได้ และขดลวดที่เหลือจะอยู่ กับที่ (Fixed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-13 Constant Current Transformer with Adjustable Coil Spacing

จากการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับเครื่องเชื่อม ในปัจจุบันนี้นิยมออกแบบให้ ขดลวดทุติยภูมิ อยู่กับที่ ส่วน ขดลวดปฐมภูมิ จะเป็นตัว เคลื่อนที่

ขดลวดปฐมภูมิ จะยึดติดกับ Lead Screw ดังนั้นเมื่อหมุน Lead Screw ไป ขดลวดปฐมภูมิก็จะเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ ดังรูป

ถ้าระยะห่างระหว่างขดลวดทั้งสอง ห่างกันมากที่สุด จะทำให้ค่าShort Circuit Current น้อยที่สุด นั่นคือให้ค่า Output น้อยที่สุด

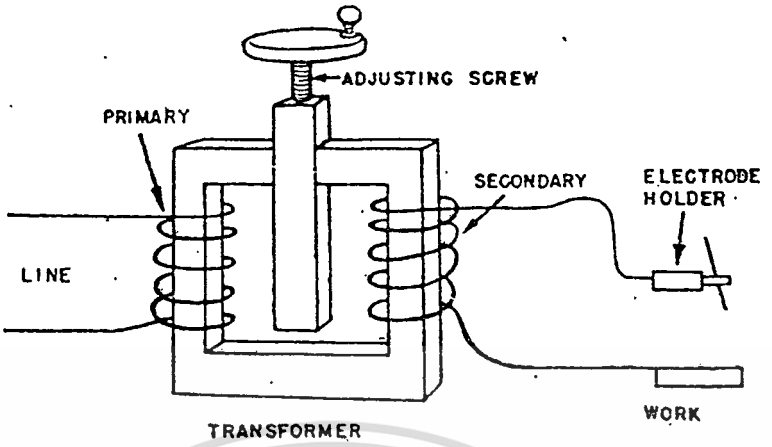
ในทำนองเดียวกันถ้าระยะห่างระหว่างขดลวดทั้งสอง ชิดกันมากที่สุด จะทำให้ค่า Short Circuit Current มากที่สุด นั่นคือให้ค่าOutput มากที่สุด นั่นเอง

ในทางปฏิบัติแล้ว สามารถที่จะปรับค่าของกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในการเชื่อมได้ตามความต้องการ ทั้งนี้โดยการปรับ Lead Screw เพื่อให้ได้ค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับขนาดของงานเชื่อมและขนาดลวดเชื่อมที่ใช้

เครื่องเชื่อมAC ที่ใช้หลักการนี้ จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับระยะห่าง (Air Gap) ระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ



รูป 2-14 Constant Current Transformer with Adjustable Flux Leakage Air Gap

จากรูปจะเห็นว่า ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิจะอยู่กับที่ โดยมีแกนเหล็ก (Core) ซึ่งติดอยู่กับสกรูที่สามารถปรับได้ (Adjusting Screw)

ถ้า Air Gap น้อย จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก (Flux Line) เกิดขึ้นได้มาก ซึ่งจะมีผลทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม สูง

ในทำนองเดียวกัน ถ้า Air Gap มาก จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นได้น้อย ซึ่งจะมีผลทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม ต่ำ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ค่า Air Gap เป็นสัดส่วนผกผันกับค่ากระแสไฟฟ้าในการเชื่อม เครื่องเชื่อม AC ที่ใช้หลักการนี้ จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current)

การปรับแกนเหล็กให้เคลื่อนที่เข้า - ออกในขดลวด REACTOR

เครื่องเชื่อม AC ที่ออกแบบโดยอาศัยหลักการนี้ จะทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage หรือ Constant Potential)

หลักการที่สำคัญก็คือ ขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิ และขดลวด จะอยู่ กับที่ (Fixed) ส่วนแกนเหล็กซึ่งเรียกว่า Core สามารถเคลื่อนที่เข้า-ออกในขดลวด Reactor ได้ ทั้งนี้ก็โดยการหมุน Adjusting Screw

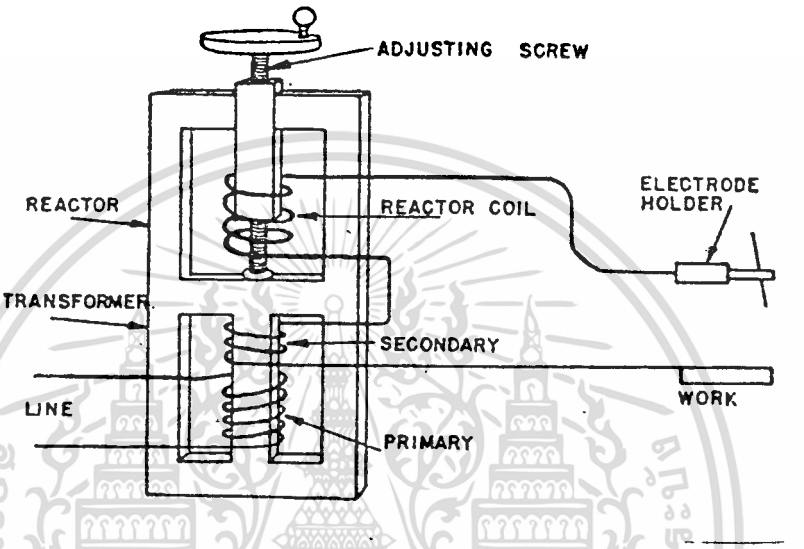
ถ้าแกนเหล็กผ่านเข้าไปในขดลวด Reactor ได้มาก จะทำให้การเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นได้มาก ดังนั้น จึงทำให้ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าสูง

ในทำนองเดียวกันถ้าแกนเหล็กผ่านเข้าไปในขดลวด Reactor ได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้การเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นได้มาก ดังนั้น จึงทำให้ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม มีค่าสูง

ในทำนองเดียวกันถ้าแกนเหล็กผ่านเข้าไปในขดลวด Reactor ได้น้อย จะทำให้การเหนี่ยวนำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้นได้น้อย ดังนั้น จึงทำให้กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม มีค่าต่ำ

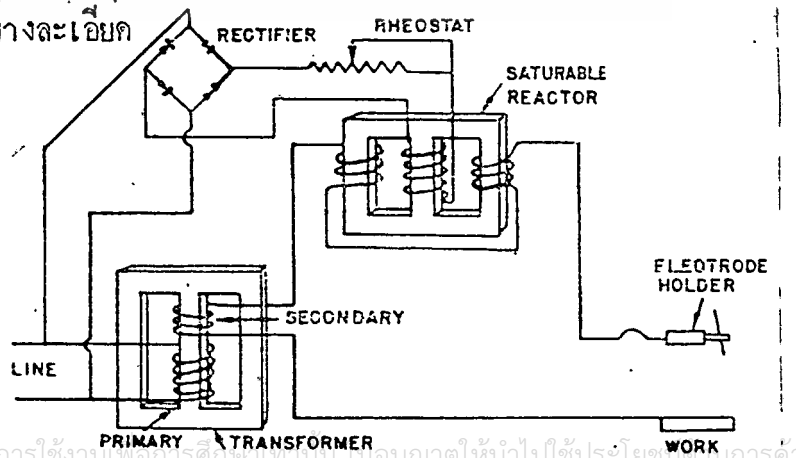


รูป 2-15 Constant Voltage Transformer with Magnetically Adjustabe Reactor

<u>การปรับ REACTOR ด้วยการควบคุมทางไฟฟ้า</u>

เครื่องเชื่อม AC ที่ออกแบบโดยอาศัยหลักการนี้ จะทำให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage หรือ Constant Potential)

หลักการที่สำคัญก็คือ จะมีการเพิ่มวงจรควบคุมด้วย DC เข้ากับระบบ Reactor (Reactor System) ทั้งนี้เพื่อที่จะให้การปรับค่า Output ที่ได้ออกมาจากค่าต่ำสุด จนกระทั่งถึงค่าสูงสุดสามารถควบคุมได้อย่างละเอียด



รูป 2-16 Constant Voltage Transformer with Electrically Adjustable Reactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่ควบคุมด้วย DC นี้ จะควบคุม Saturable Reactor ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้กำ DC ที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นก็สามารถควบคุม AC ที่มีปริมาณมาก ๆ ได้

การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อม AC

1. จะต้องแน่ใจว่าเครื่องเชื่อมตั้งอยู่ในสถานที่ที่สะอาด อากาศไม่ชื้น ในกรณีที่เครื่องเชื่อมตั้งอยู่กลางแจ้ง ควรจัดให้มีสิ่งปกปิดเพื่อป้องกันความชื้น เช่น ปิดด้วยผ้าใบ เป็นต้น
2. ควรตรวจสอบเครื่องเชื่อมทุก ๆ 6 เดือน โดยเปิดฝาปิดเครื่องออก แล้วปฏิบัติดังต่อไปนี้
   2.1 ไล่ฝุ่นผงออกจากเครื่องเชื่อม โดยเป่าด้วยอากาศ (ลม) ที่มีความดันไม่เกิน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ไม่ควรใช้ความดันสูง ๆ ในการทำความสะอาด เพราะอาจจะทำให้ขดลวดของเครื่องเชื่อมชำรุดเสียหายได้
   2.2 ตรวจสอบจุดต่อทางไฟฟ้าทุก ๆ จุด
   2.3 ตรวจสอบจุดต่อทาง ๆ ที่ยึดด้วยนอตและสกรู ถ้าหลวม จงจัดการขันให้แน่น
3. ตรวจสอบตัวควบคุมทางกล (Control Mechanism) ต่าง ๆ ทุก 6 เดือน
4. ตรวจสอบผิวสัมผัสของรีเลย์ (Relay) ต่าง ๆ โดยศึกษาจากคู่มือของเครื่องเชื่อมว่าขั้นตอนในการปรับอย่างไรก่อน
5. ตรวจสอบสวิชเครื่องเชื่อม โดยการสังเกตผิวหน้าสัมผัส หากผิวหน้าสัมผัสไม่เรียบควรแต่งด้วยตะไบละเอียด หรือกระดาษทรายละเอียด
6. ตรวจสอบคอนเดนเซอร์ (Condenser) ภายในเครื่องเชื่อม หากมีชำรุดเสียหายควรจะเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์การเชื่อม (Equipment for Welding)

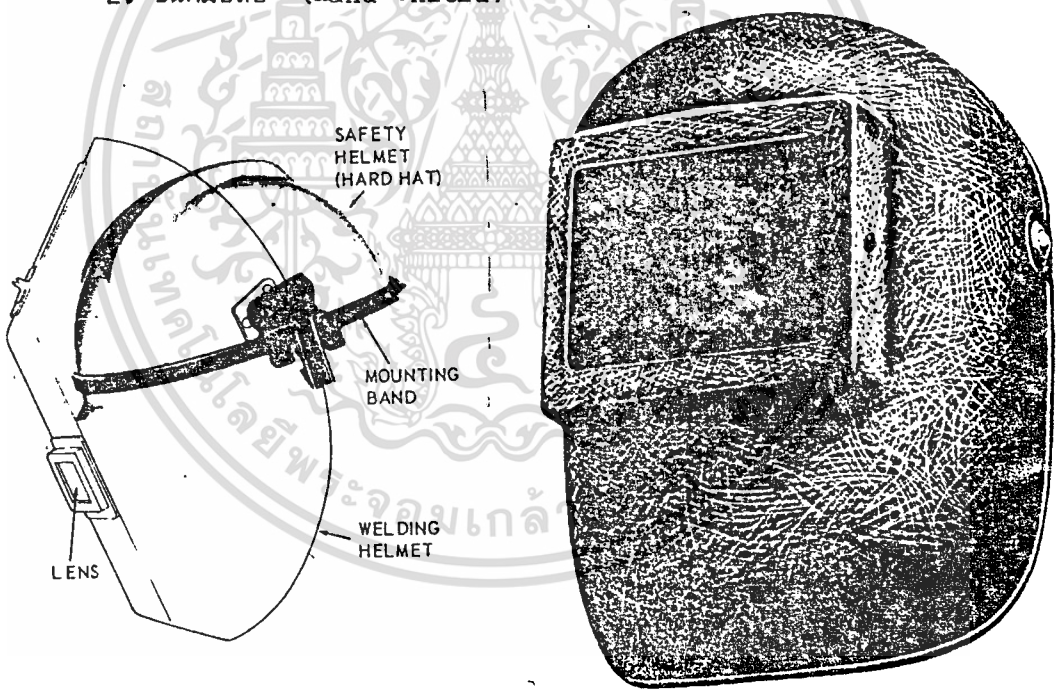
2.3.1 หน้ากากเชื่อม (Helmet and Hand Shild)

หน้ากากเชื่อมเป็นอุปกรณ์ป้องกันสายตาและใบหน้า มิให้ได้รับอันตรายจากรังสีซึ่งเกิดจากการเชื่อม รังสีที่เกิดขึ้น ได้แก่รังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และรังสีอินฟาเรด (Infared)

รังสีดังกล่าวสามารถทำให้ตาเจ็บ ผิวหนังไหม้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรังสีอินฟาเรด ดังนั้นในการปฏิบัติงานเชื่อมควรใช้หน้ากากเพื่อความปลอดภัยของนัยน์ตาและใบหน้า

หน้ากากเชื่อมที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. ชนิดสวมศีรษะ (Helment or Head Shield)
2. ชนิดมือถือ (Hand Shield)



รูป 2-17 หน้ากากเชื่อมชนิดสวมศีรษะ

หน้ากากชนิดสวมศีรษะ สามารถเปิดปิดขึ้นลงได้ ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้โดยสามารถที่จะใช้มือจับงานและเชื่อมงานในขณะเดียวกันได้

ส่วนหน้ากากชนิดมือถือนั้น จะต้องใช้มือข้างหนึ่งถือไว้ในขณะที่ทำการเชื่อม เหมาะสำหรับการเชื่อมทำราบ และเชื่อมยึดเป็นช่วงสั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้ากากทั้งสองชนิดจะประกอบด้วย กระจกใส และ กระจกกรองแสง วางซ้อนกันอยู่ โดยกระจกใสจะอยู่ด้านนอก เพื่อป้องกันมิให้เม็ดน้ำโลหะอันเกิดจากการเชื่อมกระเด็นไปติดกระจกกรองแสง ซึ่งมีราคาแพงกว่า

หน้าที่ของกระจกกรองแสง มีดังนี้คือ

1. ลดความเข้มของแสงสว่างอันเกิดจากประกายของอาร์ค
2. กรองรังสีอินฟาเรด และอุลตราไวโอเลต

กระจกกรองแสงมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับความเข้มของการกรองแสงชนิดต่าง ๆ ของกระจกกรองแสงจะบอกไว้เป็นตัวเลข ซึ่งขอแนะนำไว้ดังนี้คือ

เบอร์ 5 สำหรับงานเชื่อมจุด (Spot Welding)

เบอร์ 6-7 สำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมไม่เกิน 30 แอมแปร์

เบอร์ 8 สำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมระหว่าง 30-75 แอมแปร์

เบอร์ 10 สำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมระหว่าง 75-200 แอมแปร์

เบอร์ 12 สำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมระหว่าง 200-400 แอมแปร์

เบอร์ 14 สำหรับการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อม ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าในการเชื่อมสูงกว่า 400 แอมแปร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

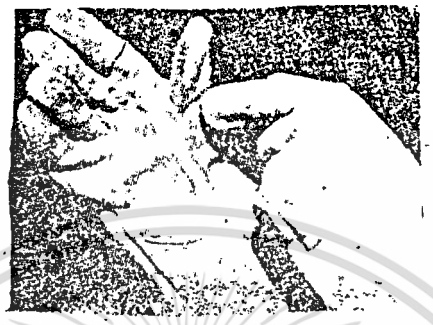
การบำรุงรักษาหน้ากากเชื่อม

1. ตรวจดูความเรียบร้อยก่อนการเชื่อม ถ้ากระจกใสหรือกระจกกรองแสงแตกร้าวควรเปลี่ยนใหม่ โดยทั่วไปกระจกใสมักจะมีเม็ดน้ำโลหะติดอยู่เสมอ เพราะอยู่ด้านนอก
2. อย่าให้หน้ากากเชื่อมหล่นหรือตก เพราะอาจทำให้กระจกใส กระจกกรองแสงแตก
3. อย่าวางหน้ากากเชื่อมบนงานเชื่อมที่ร้อน เพราะจะทำให้ไฟไหม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ถุงมือ (GLOVES)

ถุงมือสำหรับช่างเชื่อมมักจะทำด้วยหนัง การสวมถุงมือในการปฏิบัติงานก็เพื่อป้องกันความร้อน และป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลต

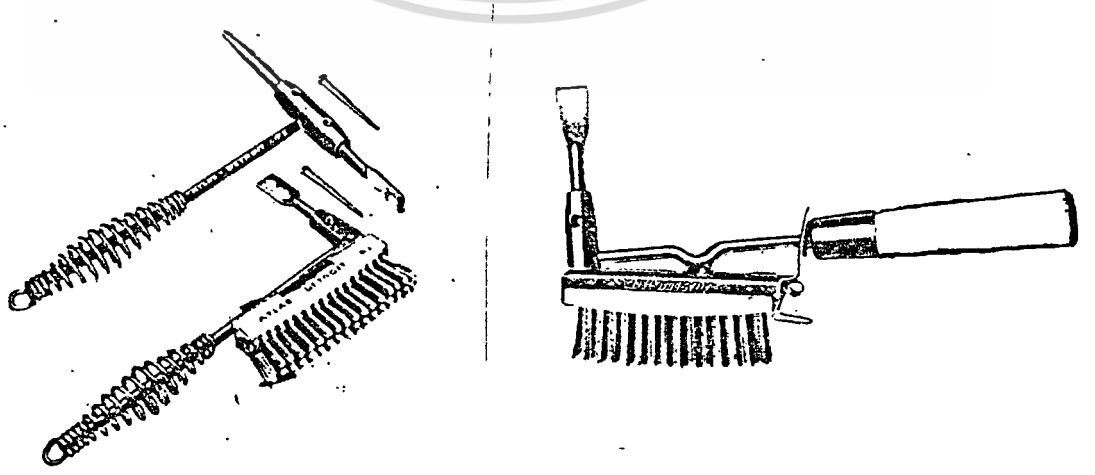


รูป 2-18 ลักษณะของถุงมือหนังที่ดี ควรจะอ่อนนิ่ม ทนความร้อน ไม่แข็งกระด้างเมื่อถูกความร้อน

2.3.3 ค้อนเคาะสแลค และแปรงลวด CHIPPING HAMMER AND WIRE BRUSHES)

การทำความสะอาดงานก่อนทำการเชื่อม นับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ผลงานมีคุณภาพดี การทำความสะอาดงานสามารถทำได้หลายวิธี เช่น เจียระไน ขัดด้วยแปรงลวด เป็นต้น

หลังจากเชื่อมงานแล้ว จะมีสแลค ติดอยู่บนผิวหน้าแนวเชื่อม การเคาะหรือกำจัดสแลค ออก ควรจะใช้ค้อนสำหรับเคาะสแลค ซึ่งเรียกว่า Chippint Hammer (ค้อนเคาะสแลค)



รูป 2-19 ค้อนเคาะสแลค และ แปรงลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นการเชื่อมหลายแนว ก่อนที่จะเชื่อมแนวต่อไป จะต้องขัดผิวหน้าแนวเชื่อมเสียก่อน เพื่อป้องกันการเกิดรูพรุนในแนวเชื่อม

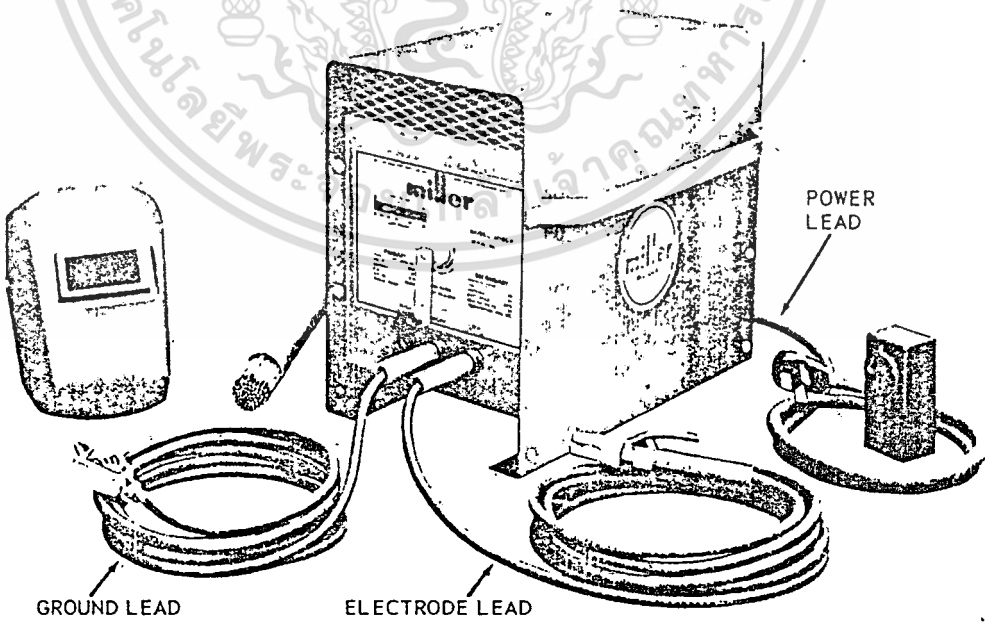
ในปัจจุบันนี้ นิยมใช้คอนและแปรงลวดที่ติดอยู่บนด้ามเดียวกัน ซึ่งจะอำนวยความสะดวกในการทำงานได้มาก

2.3.4 ที่จับลวดเชื่อม (Electrode Holder)

ที่จับลวดเชื่อมเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่อย่างหนึ่ง ถูกออกแบบได้อย่างเหมาะสมในการจับลวดเชื่อมดังรูป 2-20 การออกแบบหัวจับลวดเชื่อมต้องคำนึงถึงหลักดังนี้

1. มีน้ำหนักเบาเป็นการลดความเมื่อยล้าขณะทำการเชื่อม
2. ไม่เป็นตัวนำความร้อนหรือไฟฟ้า
3. มีความเหมาะสม
4. จับและถอดลวดเชื่อมได้ง่าย
5. ปากเปิดตลอดและมีฉนวนป้องกันด้วย

ข้อควรจำ อย่าวางหัวจับลวดเชื่อมบนโต๊ะขณะที่เครื่องเปิดอยู่ เพราะว่าจะทำให้เกิดการสปาร์ค



รูป 2-20 แสดงอุปกรณ์การเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ที่จับสายดิน (Ground Clamp)

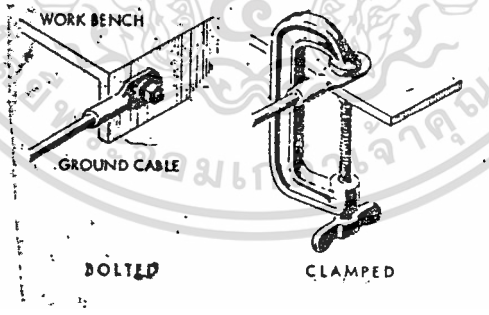
ที่จับสายดินมักจะทำด้วยทองแดงผสม เพื่อให้สามารถนำไฟฟ้าได้ดี และทนต่อความร้อน การจับยึดกับชิ้นงานหรือโต๊ะเชื่อมควรจับยึดให้แน่น มิฉะนั้นจะทำให้ที่จับสายดินร้อนมาก

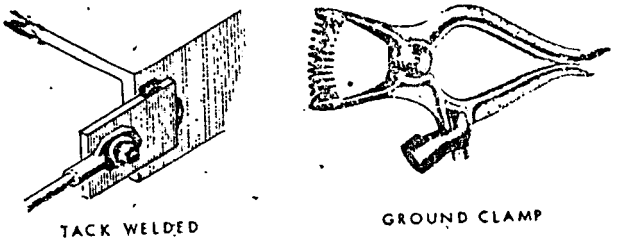
ที่จับสายดินมีหลายชนิด ขึ้นอยู่กับขนาดความจุไฟฟ้า เช่น ขนาด 150, 200, 300 แอมแปร์ เป็นต้น

2.3.6 สายเชื่อมและสายดิน (Cable and Ground Cable)

สายเชื่อม คือ สายที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจากเครื่องเชื่อมไปยังลวดเชื่อมผ่านลงไปยังงานเชื่อม สายดิน คือ สายที่ต่ออยู่กับแผ่นงาน ซึ่งเรียกว่าการวางเคเบิ้ล

สายเชื่อมเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งจะต้องเลือกขนาดของสายให้ถูกต้องและเหมาะสม ถ้าหากว่าสายเล็กเกินไปจะทำให้สายร้อน ทำให้สูญเสียพลังงาน ถ้าสายใหญ่เกินไปเกินความต้องการจะทำให้แรงเคลื่อนตกต่ำ ถ้าหากใช้สายใหญ่จะต้องทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต มิฉะนั้นแล้วจะทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรงเท่าที่ควร การต่อสายดินมีวิธีการต่อได้หลายวิธี ดังรูป 2-21





รูป 2-21 การต่อสายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.7 ลวดเชื่อม หรือขูปเชื่อม (Electrode)

ลวดเชื่อม เป็นแท่งโลหะที่มีส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับโลหะที่จะทำการเชื่อม ขณะที่เกิดการ Arc นั้นจะมีพลังงานความร้อนเกิดขึ้น พลังงานนั้นจะหลอมละลายปลายของลวดเชื่อม และบางส่วนของงานที่จะทำการเชื่อม ดังนั้นแนวเชื่อมก็จะประกอบด้วยส่วนผสมของน้ำโลหะ ซึ่งหลอมละลายจากลวดเชื่อมบางส่วนของงาน

ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมไฟฟ้า จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. แกนลวดเชื่อม (Core)
2. สารพอกหุ้มหรือฟลักซ์ (Fluxes)

แกนลวดเชื่อม จะประกอบด้วยส่วนผสมของธาตุต่าง ๆ ตามคุณสมบัติที่ต้องการ อาทิเช่น คาร์บอน (Carbon) แมงกานีส (Manganese) ซิลิกอน (Silicon) ฟอสฟอรัส (Phosphorous) ฯลฯ เป็นต้น ปริมาณของธาตุต่าง ๆ จะมากหรือน้อยเพียงไรนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของลวดเชื่อม

แกนลวดเชื่อมจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กัน เช่น 2.6 3.2 4.0 50 มิลลิเมตร เป็นต้น

สารพอกหุ้มจะประกอบด้วยธาตุ และสารประกอบทางเคมีหลายชนิด เพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ อาทิเช่น ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide สูตร SiO_2) แคลเซี่ยมฟลูออไรด์ (Calcium fluoride สูตร CaF_2) เซลลูโลส (Cellulose สูตร $C_6H_{10}O_5$) ฯลฯ เป็นต้น

สารพอกหุ้มสำหรับลวดเชื่อมแต่ละประเภท จะมีส่วนผสมแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะการใช้งาน คุณสมบัติที่ต้องการ

หน้าที่ของสารพอกหุ้ม

สารพอกหุ้มที่พอกหุ้มแกนลวดเชื่อมนั้น จะมีหน้าที่ที่สำคัญดังนี้คือ

1. ทำให้เกิดการ Arc ได้ง่ายและสม่ำเสมอ
2. ช่วยควบคุมการหลอมละลายของงานตามความต้องการ
3. ทำให้มีการระบายชนิดเกิดขึ้นปกคลุมแนวเชื่อม เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นมากเกินไปจนเกินความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำให้เกิดสแลคปกคลุมแนวเชื่อมในขณะที่น้ำโลหะกำลังหลอมละลาย ดังนั้น แนวเชื่อมจึงเย็นตัวอย่างช้า ๆ

5. ช่วยรักษาส่วนผสมบางอย่างที่ต้องการให้คงมีอยู่ในแนวเชื่อม โดยมีลักษณะเป็นโลหะผสม (Alloys)

6. ช่วยปกคลุมแนวเชื่อม เพื่อให้แนวเชื่อมเย็นลงอย่างช้า ๆ ต่อจากนั้นก็ลอยขึ้นบนผิวหน้าของน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลาย แล้วกลายเป็นสแลค

คุณลักษณะที่ดีของสารพอกหุ้ม

1. จะต้อง หลอมละลาย ณ อุณหภูมิของการArc ต่อจากนั้นจึงกลายเป็นสแลคไป

2. มีความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ต่ำ จึงจะสามารถลอยขึ้นบนผิวหน้าของน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลายได้

3. ในขณะที่เกิดการ Arc จะทำให้มีก๊าซชนิดหนึ่งเกิดขึ้น เพื่อขับไล่ก๊าซที่เป็นโทษต่อแนวเชื่อมออกไป มิให้เข้าไปรวมตัวกับน้ำโลหะที่กำลังหลอมละลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องป้องกันมิให้ออกซิเจนเข้าไปรวมตัวอยู่ด้วย เพราะจะทำให้แนวเชื่อมเป็นรูพรุนได้

4. ไม่แตกหรือหลุดออกจากแกนลวดเชื่อมได้ง่าย เมื่อกลายเป็นสแลคแล้วจะต้องปกคลุมแนวเชื่อมได้อย่างสม่ำเสมอ และเคาะออกได้ง่าย

การเลือกลวดเชื่อม

การเลือกลวดเชื่อมให้เหมาะสมกับงานนั้น มิใช่เป็นเรื่องง่ายนัก จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ หลายประการ ดังต่อไปนี้

1. ความแข็งแรง (Strength) ของงานที่จะทำการเชื่อม
2. ส่วนผสมของงานที่จะทำการเชื่อม
3. รูปร่างลักษณะและความหนาของงาน ตลอดจนการออกแบบรอยต่อ
4. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมและท่าเชื่อม
5. สภาพการใช้งาน เช่น หน้าตัดรอยต่าง อุณหภูมิต่ำ ฯลฯ เป็นต้น
6. ประสิทธิภาพของลวดเชื่อมต่อผลผลิต

การจัดมาตรฐานลวดเชื่อม

การจัดมาตรฐานลวดเชื่อมตามระบบต่าง ๆ มีอยู่มากมาย ซึ่งจะนำมากล่าวในที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอสังเขปเท่านั้น เช่น มาตรฐานของ AWS-ASTM, BS 1719, AS.B 130

มาตรฐานของ AWS-ASTM

AWS ย่อมาจาก American Welding Society ซึ่งเป็นสมาคมที่เกี่ยวกับการเชื่อมของสหรัฐอเมริกา

ASTM ย่อมาจาก American Society for Testing Materials ซึ่งเป็นสมาคมที่ทดสอบคุณภาพของวัสดุต่าง ๆ ของสหรัฐอเมริกา

ลวดเชื่อมยี่ห้อต่าง ๆ ที่ผลิตออกมา จะต้องผ่านการทดสอบเพื่อรับรองคุณภาพเสียก่อน จึงจะได้รับความเชื่อถือจากผู้ใช้

มาตรฐานลวดเชื่อมของ AWS-ASTM แบ่งตามประเภทของโลหะที่นำมาทำแกนลวดเชื่อมดังนี้ คือ

1. ลวดเชื่อมเหล็กเหนียว และเหล็กกล้าผสมต่ำ
   (Mild and Low Alloy Steel Electrodes)
2. ลวดเชื่อม Stainless และเหล็กกล้าทนความร้อน
   (Stainless and Heat-Resisting Steel Electrodes)
3. ลวดเชื่อมพิเศษ หรือลวดเชื่อมผงเหล็ก
   (Special Electrode or Iron Powder Electrode)

ลวดเชื่อมเหล็กเหนียวและเหล็กกล้าผสมต่ำ มีสัญลักษณะดังนี้คือ

1. อักษร E นำหน้าหมู่ตัวเลขสี่หรือห้าตำแหน่ง เช่น EXXXX, EXXXXX โดยที่ E หมายถึงลวดเชื่อมสำหรับเชื่อมไฟฟ้า (Electrode for Electric Arc Welding)

2. ตัวเลขสองตำแหน่งแรก (เมื่อมีสี่ตำแหน่ง) หมายถึงค่าต่ำสุดของความแข็งแรงต่อแรงดึง (Minimum Tensile Strength) ของแนวเชื่อม ซึ่งจะต้องคูณด้วย 1,000 เสมอ โดยมีหน่วยเป็น ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ในกรณีที่ ตัวเลขห้าตำแหน่งนั้น ตัวเลขสามตำแหน่งแรก จะเป็นตัวเลขที่แสดงค่าต่ำสุดของความแข็งแรงต่อแรงดึง

2.4 หลักปฏิบัติในงานเชื่อม

ก่อนการทำงานเชื่อม ควรจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อควรระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงาน การใช้เครื่องเชื่อม รวมทั้งเครื่องมือประกอบอื่น ๆ ลักษณะของการทำงานช่างที่ดี จะต้องให้มีความปลอดภัยต่อตนเองและผู้ร่วมงาน สมดังสุภาษิตที่ว่า ปลอดภัยไว้ก่อน

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่พึงปฏิบัติ เพื่อสร้างทัศนคติที่ดีในการทำงาน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ คือ

2.4.1 จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องเชื่อม

ช่างเชื่อมที่ดีจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องเชื่อม ซึ่งได้แก่

1. รู้จักชนิดของเครื่องเชื่อมที่ใช้งาน
2. ลักษณะของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม
3. การบำรุงรักษาเครื่องเชื่อมการปฏิบัติอย่างไรบ้าง
4. การระวังรักษามิให้เครื่องเชื่อมเปียกชื้น เพราะความชื้นจะทำให้ขดลวดภายในเครื่องเชื่อมเสียหายได้
5. เปิดสวิทช์(Switch) เมื่อพร้อมที่จะเริ่มทำงาน และปิดสวิทช์เมื่อทำการเชื่อมเสร็จ
6. ปฏิบัติตามคู่มือการใช้เครื่องเชื่อม

2.4.2 ดูแลรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพดี

เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ควรจะอยู่ในสภาพดี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน สิ่งที่ควรเอาใจใส่ได้แก่

1. สายไฟฟ้าควรมีขนาดโตพอที่จะต้านทานกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านได้
2. ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าจะต้องอยู่ในสภาพดี ไม่แตกหรือชำรุด
3. การยึดสายไฟฟ้าเข้ากับเครื่องเชื่อม ที่จับสายดิน (Ground Clamp) ตลอดจนที่จับลวดเชื่อม (Electrode Holder) ควรยึดให้แน่น
4. การคีบสายดินเข้ากับงานหรือที่โต๊ะเชื่อม ควรคบ ณ บริเวณที่สะอาดปราศจากเม็ดน้ำโลหะ (Spatter) น้ำมัน จารบี
5. หมั่นทำความสะอาดปากที่จับลวดเชื่อมอยู่เสมอ โดยการใช้ตะไบหรือแปรงลวดขัด เพื่อให้ผิวสัมผัสระหว่างปลายลวดเชื่อมกับที่จับลวดเชื่อมสัมผัสกันได้ดี
6. สายไฟฟ้าควรจัดให้เป็นระเบียบ และพึงระวังอย่าให้เปรอะเปื้อนน้ำมันหรือจารบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ใช้อุปกรณ์ป้องกันให้เหมาะสม

ในขณะปฏิบัติการเชื่อม ควรใช้อุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ ให้ถูกต้อง ซึ่งจะสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ใช้หน้ากากเชื่อมชนิดสวมศีรษะ (Head Shielded) หรือชนิดมือถือ (Hand Shielded) เพื่อป้องกันใบหน้าและนัยน์ตาให้ปลอดภัยจากความร้อนและรังสีต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการอาร์ค

2. ใช้กระจกกรองแสง (Filter Glass) ที่มีความเข้มของการอาบน้ำยาเคมีตั้งแต่เบอร์ 8-11

3. ไม่ควรใช้แว่นกันแดด แว่นเชื่อมก๊าซ (Goggles) ในการเชื่อมไฟฟ้า เนื่องจากการอาร์ค มีความเข้มรุนแรงมาก

4. ในขณะเคาะสแลคควรสวมแว่นนิรภัย (Safety Glasses) เพื่อป้องกันมิให้สะเก็ดของสแลคกระเด็นเข้าตา หรือใช้หน้ากากเชื่อมชนิดสวมศีรษะที่มีช่องเปิดปิดก็ได้

5. ถ้ามีอาการปวดศีรษะ ควรระงับอาการปวดด้วยแอสไพริน (Aspirin) แล้วพักผ่อน หากมีการระคายเคืองนัยน์ตาควรหยอดตาด้วยกรดบอริคเย็น (Cool Bpric Acid) หรือ 5% Argyrol ทุก ๆ 5 ชั่วโมง

6. ควรใช้เสื้อหนัง, ถุงมือหนังเพื่อป้องกันความร้อนมิให้ผิวหนังไหม้ ถ้าเป็นการเชื่อมท่าเหนือศีรษะ ควรสวมหมวกด้วย

2.4.4 พิจารณาความเหมาะสมของสภาพการทำงาน

ก่อนดำเนินการเชื่อมควรสำรวจดูถึงความเรียบร้อยดังต่อไปนี้ คือ

1. บริเวณที่ทำงานควรอยู่ห่างจากวัสดุไวไฟและวัสดุที่ติดไฟได้ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง, กระดาษ ฯลฯ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะว่า ประกายอันเกิดจากการเชื่อมจะทำให้เกิดการลุกไหม้ได้

2. บริเวณที่ทำงานไม่ควรเปียกชื้น เพราะอาจทำให้ไฟฟ้าดูดได้ นอกจากนี้ควรมีระบบการถ่ายเทอากาศที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเชื่อมสังกะสี ทองเหลือง ตะกั่ว ซึ่งจะมีควันเกิดขึ้นมาก อันเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ

3. การเชื่อมภาชนะบรรจุต่าง ๆ เช่น ถังน้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องทำความสะอาดก่อนการเชื่อม และมั่นใจว่าจะไม่เกิดการติดไฟในขณะที่ทำการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถังดับเพลิงควรติดตั้งไว้ในที่สามารถมองเห็นได้ง่าย เพื่อความสะดวกในกรณีที่เกิดการลุกไหม้

2.4.5 การวางแผนในการทำงาน

การทำงานที่มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการวางแผนล่วงหน้าที่ดี ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการประหยัดเวลา วัสดุ ขั้นตอนต่าง ๆ มีดังนี้ คือ

1. จะต้องมีแบบ (Drawing) สำหรับงานนั้น ๆ

2. กำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานไว้อย่างละเอียด โดยเลือกวิธีการทำงานที่เหมาะสมที่สุดเท่าที่จะทำได้

3. จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ไว้ให้พร้อมที่จะปฏิบัติการได้ทันที

4. ตรวจสอบความถูกต้องก่อนเริ่มลงมือปฏิบัติงาน

2.5 การเริ่มต้นอาร์ค (Striking and Arc)

การปฏิบัติสิ่งต่าง ๆ ในการเชื่อมแบบอาร์คด้วยเครื่องเชื่อมกระแสสลับ จะเหมือนกับการปฏิบัติในงานเชื่อมด้วยกระแสตรง การเริ่มต้นอาร์คด้วยกระแสสลับ จะทำได้ยากกว่าการเริ่มต้นอาร์คด้วยกระแสตรงเล็กน้อยเพราะว่า อาร์คจะดับในขณะที่กระแสเปลี่ยนไซเกิ้ล

การที่จะเริ่มต้นการอาร์ค จะต้องปรับเครื่องเชื่อมให้ถูกต้องเสียก่อน โดยตั้งปรับขนาดกระแสให้ถูกต้องกับขนาดลวดเชื่อมที่ใช้ ขนาดของกระแสที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดความหนาโลหะงานแบบรอยต่อเชื่อม และจำนวนชั้นของรอยเชื่อม วิธีการฝึกเชื่อมควรจะทำเป็นขั้นตอนดังนี้

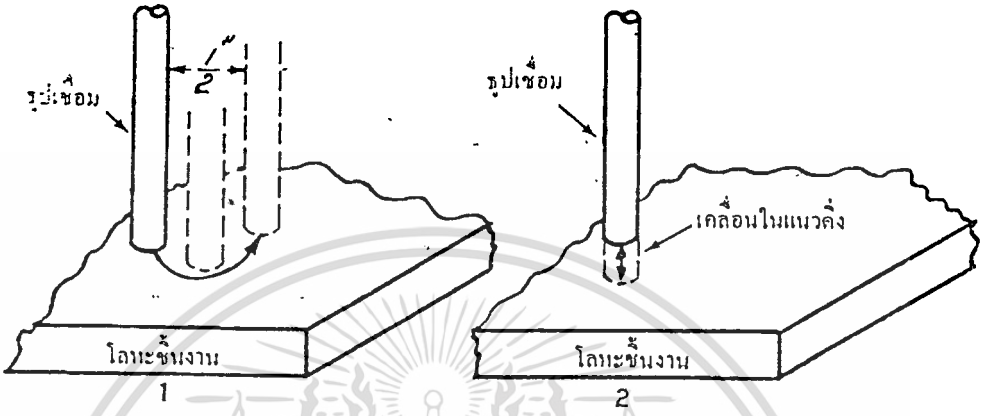
1. วางแผ่นงานลงบนโต๊ะเชื่อม ถือลวดเชื่อมให้ห่างจากแผ่นงานประมาณ 1/8-5/32 นิ้ว ปรับกระแสไฟเชื่อมให้ถูกต้อง

2. การเริ่มต้นเชื่อมมีอยู่ 2 วิธีคือ เคาะลวดเชื่อมลงบนแผ่นงานเบา ๆ (Tapping) และอีกวิธีหนึ่งคือ ขีดลงบนแผ่นงานเบา ๆ (Scratching) วิธีเคาะปลายลวดเชื่อมเป็นวิธีที่ยากกว่าวิธีขีด แต่ในปัจจุบันนี้วิธีขีดไม่นิยมใช้แล้ว เพราะจะทำให้เกิดสเตรทตรงบริเวณที่ขีด และจะทำให้เกิดรอยร้าวของแผ่นงานได้

การเริ่มอาร์คด้วยวิธีเคาะนั้นจะต้องจับลวดเชื่อมตั้งลงตรง ๆ ดังรูป 2-22 วิธีขีดนั้น ลวดเชื่อมเคลื่อนที่จากซ้ายมือไปขวามือโดยเอียงลวดเชื่อมให้ระยะห่างระหว่างลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมกับแผ่นงานห่างกันเท่ากับความโตของลวดที่ใช้เชื่อม ถ้าลวดเชื่อมร้อนแดงให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น ถ้าลวดเชื่อมติดแผ่นงานให้รีบบิดหัวจับลวดเชื่อมไปมาอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่สามารถทำดังที่กล่าวมาแล้วได้ให้รีบปล่อยหัวจับจากลวดเชื่อมทันที



รูป 2-22 แสดงวิธีการเริ่มอาร์คแบบที่ 1 และแบบที่ 2

3. ฝึกต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสามารถทำได้เป็นอย่างดีและเกิดความชำนาญ สำหรับผู้ที่ถนัดมือซ้ายให้เคลื่อนลวดเชื่อมจากขวาไปซ้าย และต้องแน่ใจว่าได้แนวเชื่อมที่ดีและถูกต้องบนแผ่นงาน ถ้าตั้งกระแสไฟถูกต้อง ระยะห่างระหว่างลวดเชื่อมกับแผ่นงานถูกต้อง เสียงอาร์คจะดังสม่ำเสมอและติดต่อกัน จงพยายามฝึกการฟังเสียงอาร์คให้เกิดความเคยชิน

ข้อควรจำ

1. ตรวจอุปกรณ์การเชื่อมทุกครั้งก่อนทำการเชื่อม
2. ตรวจดูว่าปรับกระแสไฟได้ตำแหน่งที่ถูกต้องหรือเปล่า
3. ตรวจดูว่าไม่มีวัสดุไวไฟอยู่ใกล้ที่เชื่อม ซึ่งอาจทำให้ลูกไฟเล็ก ๆ กระเด็นไปถูกทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้
4. อย่าวางหัวจับลวดเชื่อมลงบนโต๊ะเชื่อมขณะที่ยังมีกระแสไฟไหลผ่านอยู่
5. ถ้าลวดเชื่อมติดกับแผ่นงานให้รีบปล่อยหัวจับลวดเชื่อมออกจากลวดเชื่อมทันที
6. ปิดเครื่องเชื่อมทุกครั้งที่เลิกปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การเชื่อม (Arc Welding)

การเชื่อมที่ดีประกอบด้วยปัจจัย 4 ประการดังนี้

1. เลือกลวดเชื่อมที่ถูกต้อง (Correct Electrode) ในปัจจัยสี่ของการเชื่อมไฟฟ้าซึ่งมีลวดเชื่อมเป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่ง เช่น ทำแหน่งงานเชื่อม, คุณสมบัติเฉพาะของโลหะงาน, ความโตของลวดเชื่อมไฟฟ้า, ชนิดของการต่อและค่าของกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อม ลวดเชื่อมมีหลายชนิดแตกต่างกัน แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต จึงต้องเข้าใจถึงลวดเชื่อมและลักษณะของลวดเชื่อม แต่ถ้าเลือกลวดเชื่อมที่ไม่ถูกต้องแล้วจะทำให้การเชื่อมไม่ประสบผลสำเร็จ

2. ระยะห่างของการอาร์คที่ถูกต้อง (Correct Arc Length) ถ้าระยะอาร์คห่างเกินไปชิ้นงานจะไม่หลอมละลาย ทำให้ลวดเชื่อมละลายเป็นเม็ดกลมโต ๆ วางอยู่บนแผ่นงานซึ่งทำให้การอาร์คสั่นไปมาจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของแนวเชื่อม วิธีแก้คือลดระยะอาร์คต่ำลงมา จนทำให้แผ่นงานและลวดเชื่อมละลายเป็นโลหะเหลวในอัตราส่วนที่พอเหมาะกัน ถ้าระยะอาร์คชิดเกินไปจะทำให้แนวเชื่อมไม่สม่ำเสมอ

ระยะของการอาร์คขึ้นอยู่กับขนาดของลวดเชื่อมและขนาดของงาน ที่นำมาเชื่อมเช่น ลวดเชื่อมเล็กระยะอาร์คต้องสั้นกว่าลวดเชื่อมใหญ่ กฎของระยะอาร์คจะมีค่าประมาณเท่ากับความโตของลวดเชื่อม ตัวอย่าง เช่น ลวดเชื่อมมีความโต 1/8 นิ้ว ระยะอาร์คประมาณ 1/8 นิ้วด้วย ในการเชื่อมทำตั้งและทำเหนือศีรษะ ระยะอาร์คจะชิดกว่าระยะอาร์คทำราบ เพราะว่าทำให้การควบคุมโลหะหลอมเหลวได้ดีกว่า

ระยะอาร์คชิดนั้นสำคัญ เพราะว่าเป็นการป้องกันสารที่ไม่พึงประสงค์รวมตัวกับแนวที่ต้องเชื่อม ถ้าระยะอาร์คห่างจะทำให้อากาศภายนอกเข้าไปรวมตัวกับแอ่งหลอมละลาย ทำให้เกิดไนไตรด์ (Nitride) และออกไซด์ในแนวเชื่อม เมื่อระยะอาร์คห่างมากผู้เชื่อมจะพะวงอยู่กับการเชื่อมซึ่งทำให้การควบคุมโลหะเหลวเป็นไปได้ยาก ทำให้เกิดลูกไฟเล็ก ๆ กระจายทั่วไป

3. กระแสไฟเชื่อมที่ถูกต้อง (Correct Current) ถ้ากระแสไฟเชื่อมสูงเกินไปลวดเชื่อมละลายเร็วทำให้เกิดแอ่งหลอมละลายใหญ่และไม่สม่ำเสมอ เมื่อกระแสต่ำเกินไปทำให้มีแอ่งหลอมละลายเล็กเกินไป ไม่เพียงแต่ทำให้แอ่งหลอมละลายไม่ดี แต่ยังทำให้แนวเชื่อมนั้นสูงเกินไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

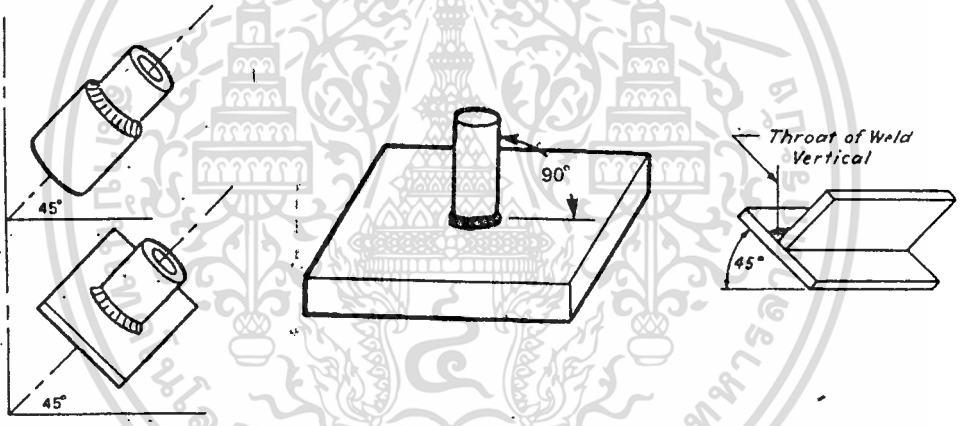
4. ความเร็วในการเคลื่อนลวดเชื่อมที่ถูกต้อง

ถ้ากระแสสูงเกินไปลวดเชื่อมละลายเร็ว แอ่งหลอมละลายไม่ดีทำให้สารไม่พึงประสงค์ ฝังในแนวเชื่อมทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรง แนวเชื่อมเล็กและเกล็ดเชื่อมไม่สม่ำเสมอ ถ้าอัตราการเคลื่อนลวดเชื่อมช้าเกินไป ทำให้แนวเชื่อมนูนและกว้างเกินไปเกล็ดเชื่อมชิดกันมากเกือบเป็นเส้นตรงเดียวกัน

การเชื่อมท่าต่าง ๆ (Other Welding Position)

2.6.1 การเชื่อมท่าราบ (Flat Position)

การเชื่อมท่าราบเป็นการเชื่อมที่ง่ายที่สุดในบรรดาการเชื่อมทั้งหลายสามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดด้วย เมื่อเปรียบเทียบการเชื่อมท่าอื่น ๆ ในที่นี้จะแสดงให้เห็นการเชื่อมท่าราบด้วยรูป 2-23



รูป 2-23 การเชื่อมท่าราบ

ข้อควรจำ

1. เมื่อทำการเชื่อมต่อเกยและตัวที งานหนา ๆ ให้เชื่อมทั้งสองด้านเพื่อป้องกันแรงดึง

2. ในการเชื่อมต่อเกยและตัวที ให้ทำการเชื่อมสลับกัน เพื่อทำให้แรงดึงทั้งสองด้านเท่ากัน

3. ให้เชื่อมยึดเป็นช่วง ๆ ก่อนลงมือทำการเชื่อมต่อเกยและตัวที

4. ต้องจับลวดเชื่อมทำมุมประมาณ 45 องศา เพื่อทำการเชื่อมต่อเกยและให้ลวดเชื่อมอยู่ที่แผ่นงานล่างยาวนานกว่าแผ่นงานบน เพื่อป้องกันการเกิดอันเดอร์คัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในการเชื่อมต่อเกยหรือตัวที ที่ต้องการความแข็งแรงให้เชื่อมหลาย ๆ แนว

6. เมื่องานมีความหนาตั้งแต่ 1/8 นิ้ว ขึ้นไป ให้บากหน้างานเป็นร่องรูปตัววี

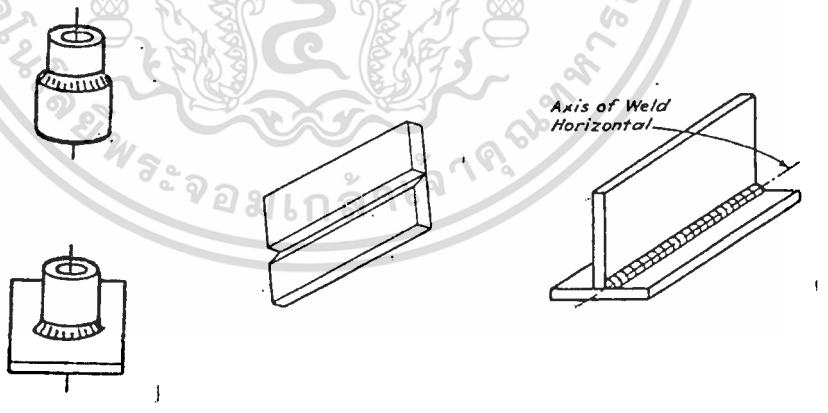
7. ในการเชื่อมต่อชนต้องหาวัสดุทนไฟรองรับแผ่นงาน เพื่อป้องกันแผ่นงานขยายตัวทำให้เกิดการบิดงอและทะลุ

8. เมื่อต้องการเชื่อมงานกลมกลวงให้ได้ขนาดตามต้องการ ให้บากหน้างานทั้งสองชั้น

9. ในการเชื่อมท่อผนังบางทำเรียบให้เปลี่ยนมุมลวดเชื่อม เพื่อป้องกันงานทะลุ

2.6.2 การเชื่อมท่าชนานนอน (Horizontal Position)

การเชื่อมท่าแหน่งนี้ใช้หลักการที่ว่าต้องให้ระยะอาร์คชิดกว่าในท่าราบ ระยะของการอาร์คที่ชิดนั้นก็เพื่อป้องกันขี้พลักษ์ละลายรวมกันเป็นแนวเชื่อม ทำให้แนวเชื่อมย้อยไม่ละลายติดกับแผ่นงานด้านหลัง ซึ่งเรียกว่า Overlap ส่วนบนของแนวเชื่อมจะเกิดรอยแหว่งเนื่องจากโลหะหลอมละลายย้อยลงมามากเกินไป ทำให้แนวเชื่อมมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอและไม่แข็งแรงตามที่ต้องการ



รูป 2-24 การเชื่อมท่าชนานนอน

ข้อควรจำ

1. กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่ำ และระยะอาร์คชิดกว่าการเชื่อมท่าราบ
2. ให้เอียงปลายลวดเชื่อมขึ้นข้างบนทำมุมกับเส้นตั้งฉากประมาณ 5-10 องศา
3. ส่ายลวดเชื่อมเล็กน้อยในการเคลื่อนที่

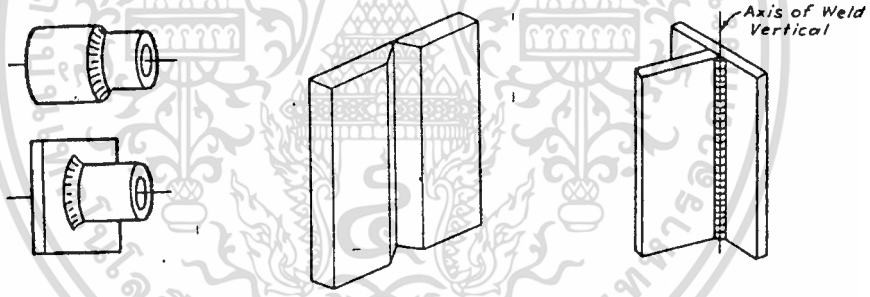
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควบคุมโลหะเหลวอย่าให้ย้อยลงมาข้างล่าง

5. การเชื่อมหลายแนว แนวเชื่อมสุดท้ายต้องทับทุกแนวให้เป็นเนื้อเดียวกัน

2.6.3 การเชื่อมท่าแนวดิ่ง (Vertical Position)

การเชื่อมท่านี้สามารถเชื่อมได้ทั้งขึ้นและลง เชื่อมลง (Downwad Welding) เหมาะสำหรับเชื่อมโลหะบาง ๆ เพราะว่าการละลายลึกต่ำ ไม่ทำให้งานทะลุ ยิ่งไปกว่านั้นการเชื่อมลงยังสามารถทำได้เร็วกว่า เหมาะสำหรับงานผลิต สำหรับแผ่นงานที่มีความหนาตั้งแต่ 1/4 นิ้วขึ้นไป ให้เชื่อมขึ้น (Upward Welding) กระทำได้สะดวก การละลายลึกดี การเชื่อมขึ้นแม้ว่าแนวเชื่อมจะใหญ่แต่สามารถควบคุมได้ สำหรับการเชื่อมลง ปลายลวดเชื่อมจะเริ่มจากข้างบนลงมาข้างล่าง จะส่ายลวดเชื่อมหรือไม่ส่ายเลยก็ได้ ถ้าจำเป็นต้องส่ายลวดเชื่อมให้ส่ายขึ้นข้างบนลงข้างล่าง สำหรับการเชื่อมขึ้น ให้ลวดเชื่อมทำมุม 10-15 องศา



รูป 2-25 การเชื่อมท่าแนวดิ่ง

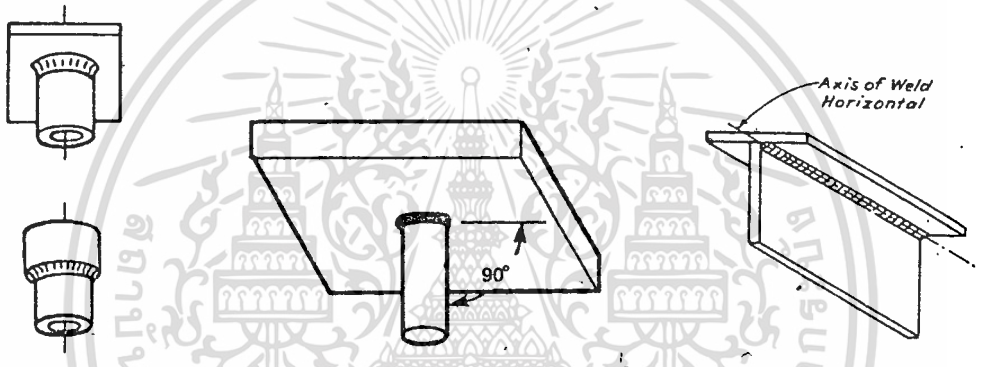
ข้อควรจำ

1. สำหรับงานบาง ให้เชื่อมลงในการเชื่อมท่าตั้ง
2. สำหรับงานหนาตั้งแต่ 1/4 นิ้วขึ้นไป ให้เชื่อมขึ้น
3. การเชื่อมขึ้น ให้ส่ายลวดเชื่อมขึ้นลง เพื่อป้องกันโลหะเหลวไหลลงมาทับแนว
4. การเชื่อมต่อชน แนวเชื่อมแรกให้ใช้ลวดเชื่อมเล็ก ๆ ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 การเชื่อมท่าเหนือศีรษะ (Overhead Position)

การเชื่อมท่าเหนือศีรษะนับว่าเป็นการเชื่อมที่ยากกว่าท่าเชื่อมอื่น ๆ และไม่สะดวกสบายเลย การควบคุมแอ่งหลอมละลายก็ลำบาก เนื่องจากน้ำโลหะมีแนวโน้มที่จะไหลตกลงมาสู่ศูนย์ถ่วง (Gravity) ของโลก อย่างไรก็ดีการเชื่อมท่าเหนือศีรษะก็อยู่ในวิสัยที่พอจะทำได้ ถ้าหากรู้จักเทคนิคในการเชื่อมและมีเวลาฝึกเพียงพอ ในการเชื่อมท่าเหนือศีรษะ จำเป็นมีอุปกรณ์จับงาน เพื่อปรับความสูงของงานได้ จึงจะทำงานได้สะดวก มุมของลวดเชื่อมในการเชื่อมท่าเหนือศีรษะจะเอียง 10-15 องศากับแนวดิ่ง



รูป 2-26 การเชื่อมท่าเหนือศีรษะ

ข้อควรจำ

1. ในการเชื่อมท่าเหนือศีรษะ ควรเอียงลวดเชื่อมทำมุมประมาณ 10-15 องศาจากเส้นตั้งฉากของแนวเชื่อม

2. จับลวดเชื่อมหงายขึ้นคว่ำฝ่ามือลง

3. ยืนเบี่ยงตัวให้พ้นบริเวณที่ทำการเชื่อม เพื่อป้องกันโลหะหยดลงถูกร่างกายของผู้เชื่อม

4. พาดสายเชื่อมไว้บนบ่าเมื่อยืนเชื่อม หรือวางพาดไว้บนเข่าของผู้เชื่อมเมื่อนั่งเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

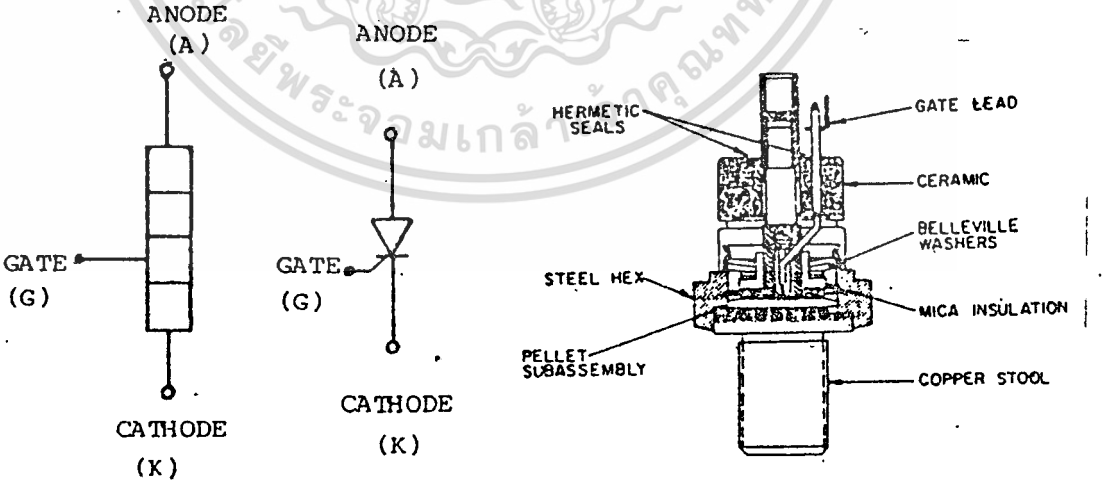
ซิลิกอนคอนโทรลเรคติไฟเออร์

(Silicon Controlled Rectifier)

ซิลิกอนคอนโทรลเรคติไฟเออร์ (Silicon Controlled Rectifier) หรือที่เรียกย่อ ๆ กันว่า เอสซีอาร์ (SCR) ได้ถูกพัฒนาและสร้างขึ้นครั้งแรกในห้องทดลองของบริษัทเยเนอรัลอิเลคทริก ในปี พ.ศ. 2500 และได้ผลิตเป็นสินค้าในปี พ.ศ. 2503 โดยมีขีดจำกัดกระแสถึง 200 แอมแปร์ และทนแรงดันได้ 1000 โวลท์ แต่ราคายังแพงมาก บริษัทเวสติงเฮ้าท์และบริษัทอื่น ๆ ได้ผลิตเป็นสินค้าออกมากมาย จนปัจจุบันเอสซีอาร์สามารถที่จะผลิตให้มีขีดจำกัดกระแสเป็นพัน ๆ แอมแปร์ และทนแรงดันไฟฟ้าได้เป็นพัน ๆ โวลท์

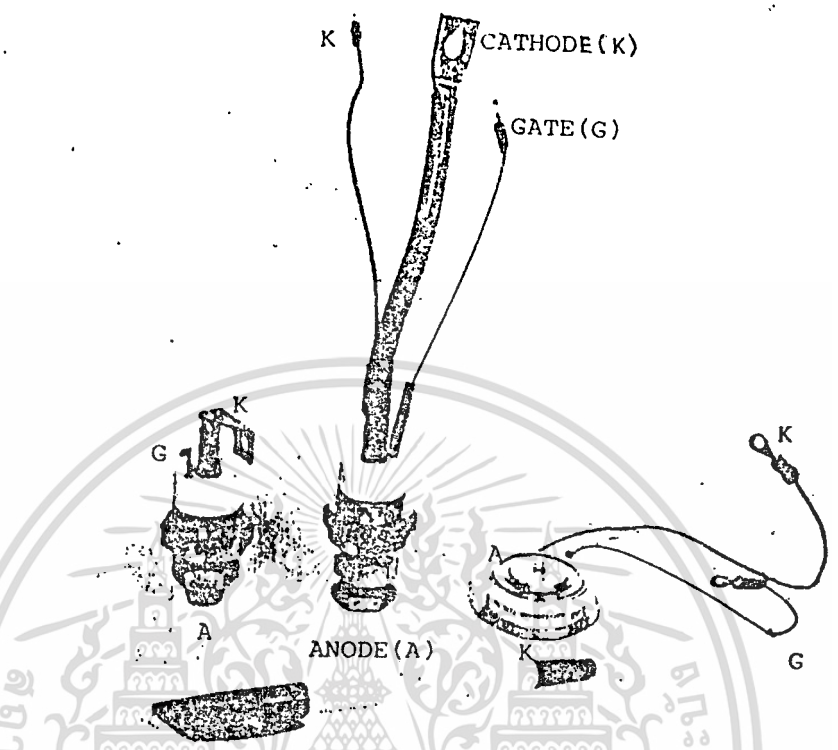
3.1 โครงสร้างของเอสซีอาร์

เอสซีอาร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น P,N, P,N ต่อกันดังรูป 3-1 แต่ทว่ามีขั้วออกมาภายนอกเพียง 3 ขั้ว คือ ขั้วแอโนด, คาโทรด และเกท สัญญลักษณ์ของเอสซีอาร์ได้แสดงในรูป 3-1

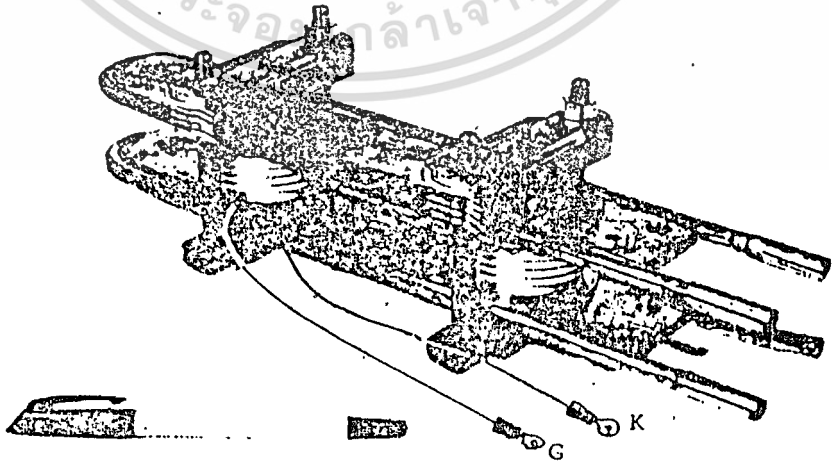


รูป 3-1 แสดงส่วนประกอบและสัญญลักษณ์ของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

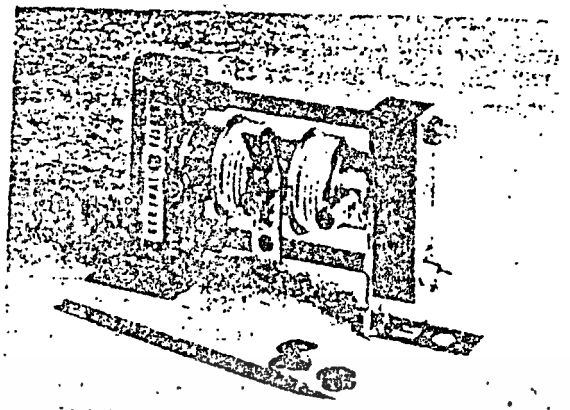


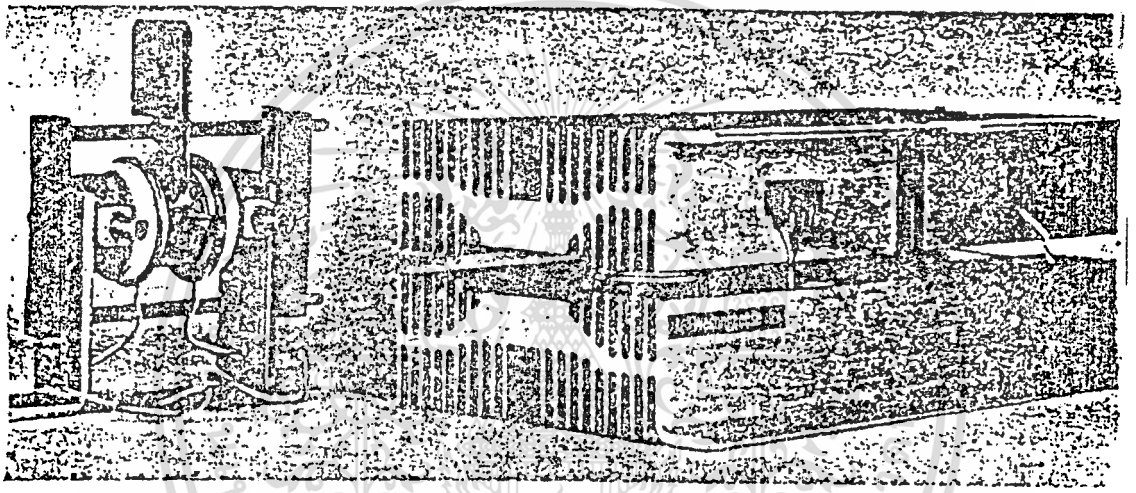
(ก). Stud-type and disk-type thyristors.



(ข) Heat sink for disk-type devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(ก) 1,000A Disc SCR's mounted on comparable water cooled and air cooled heat sinks.

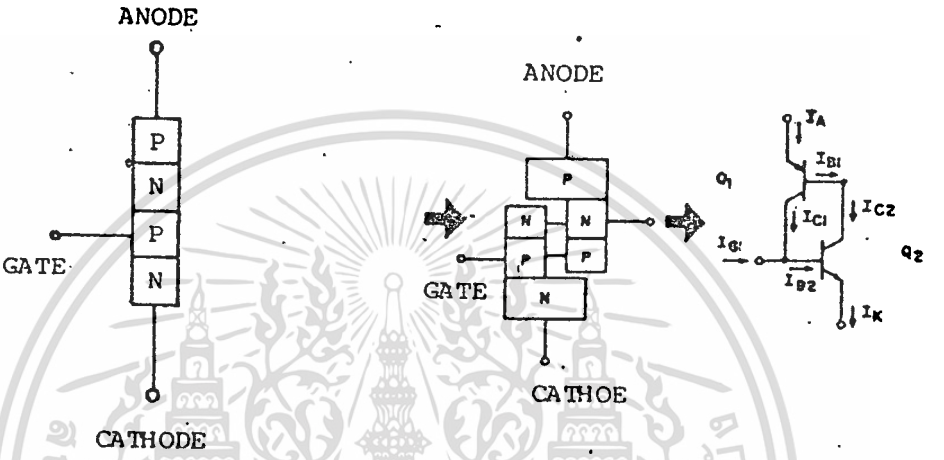
รูป 3-2 รูปร่างภายนอกของเอสซีอาร์

รูป 3-2 แสดงให้เห็นถึงรูปร่างภายนอกของเอสซีอาร์แบบ Stud-type และแบบ disk-type ซึ่งตัวเอสซีอาร์จะมีขั้วเพิ่มขึ้นอีก 1 ขั้ว เป็นขั้วที่เรียกว่า เกท (gate) สำหรับแบบ Stud-type ด้านล่างจะมีเกลียวสำหรับขันน็อตติดกับแผ่นระบายความร้อน โดยจะเอาเป็นขั้วแอโนด และมีขั้วคาโทรดอยู่ด้านบน และขั้วเกทจะอยู่ใกล้กับขั้วคาโทรด แต่จะมีขนาดเล็กและสั้นกว่าแบบ Stud-type ที่นำกระแสได้สูง ๆ ดังแสดงในส่วนกลางของรูป 3-2 ขั้วคาโทรดจะเป็นสายถักเกลียวที่มีขนาดใหญ่ และมีสายเล็ก ๆ อีกสองสายโดยสายหนึ่งจะเป็นขั้วเกท และอีกสายหนึ่งเป็นขั้วคาโทรด สายเล็ก ๆ สองสายนี้จะเป็นสายสำหรับต่อเข้าวงจรทริกเกอร์ ส่วนแบบ disk-type จะเห็นแตกต่างกับไดโอดที่มีสายเล็ก ๆ สองสายเป็นขั้วคาโทรด และเกท สำหรับต่อเข้าวงจรทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทำงานของเอสซีอาร์

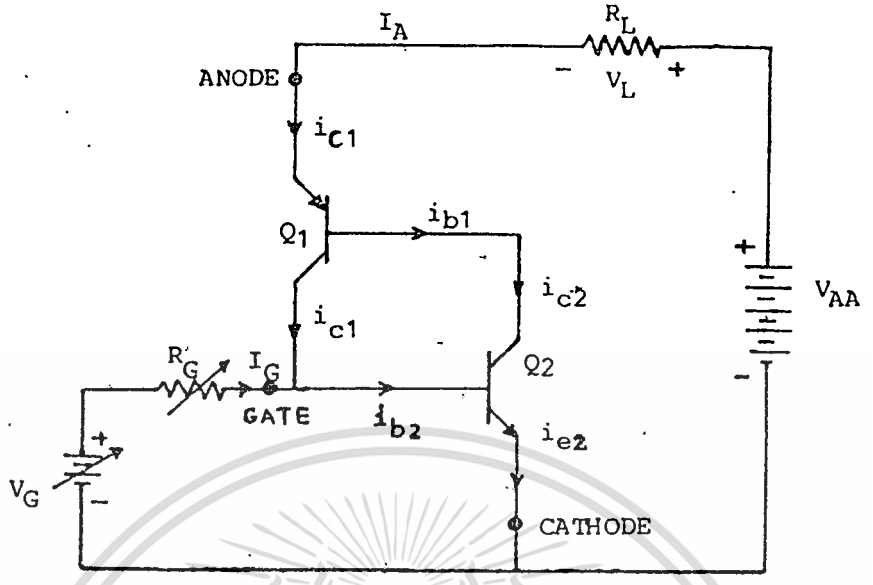
พิจารณาโครงสร้างของเอสซีอาร์ เป็นทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN ต่อกัน ดังแสดงในรูป 3-3 ขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 (PNP) จะเป็นขั้วแอโนด, ขาอิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 (PNP) จะเป็นขั้วคาโทรด และขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_1 (PNP) จะต่อร่วมกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q_1(NPN) เป็นขั้วเกท



รูป 3-3 โครงสร้างของเอสซีอาร์

การทำงานของเอสซีอาร์ คือ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกทสู่คาโทรด แรงดันที่แอโนดเมื่อเทียบกับคาโทรดจะเป็นบวกหรือลบก็ตาม เอสซีอาร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกทสู่คาโทรด แรงดันที่แอโนดเทียบกับคาโทรดเป็นลบ เอสซีอาร์ก็จะไม่นำกระแส แต่เมื่อแรงดันที่แอโนดเทียบกับคาโทรดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกทสู่คาโทรดตามที่ได้ต่อวงจรดังแสดงในรูป 3-4 เอสซีอาร์จะนำกระแส การจ่ายกระแสไหลเข้าเกทสู่คาโทรดเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแสเรียกกันว่า ทำการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



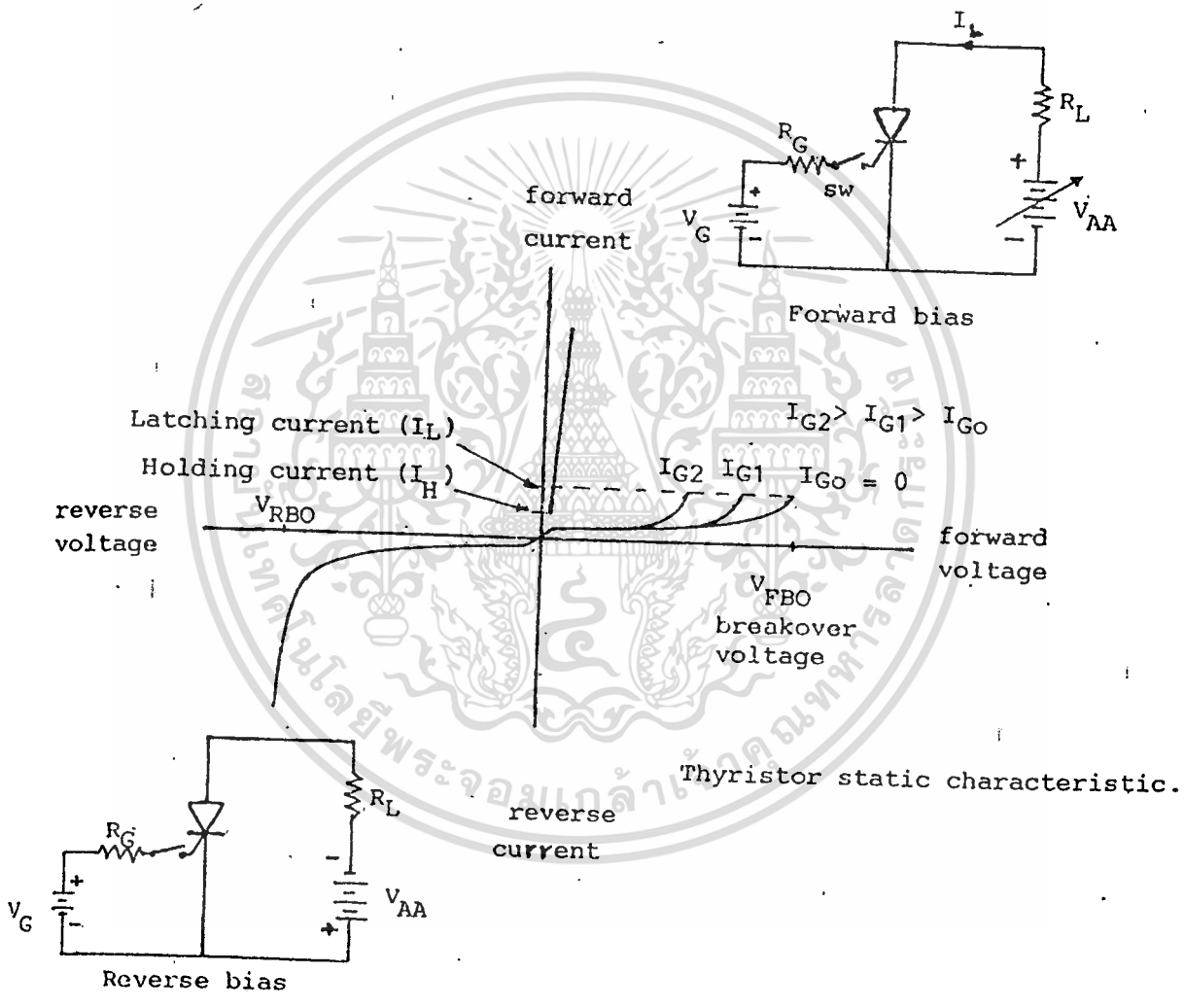
รูป 3-4 แสดงวงจรการนำกระแสของเอสซีอาร์

พิจารณาตามวงจรที่แสดงในรูป 3-4 เมื่อมีกระแส I_G ไหลเข้าเบสสู่อิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 (NPN) หรือมีกระแสไหลเข้าเกทสู่คาโทรดของเอสซีอาร์ จะมีกระแสไหลเข้าคอลเลคเตอร์ (i_{c2}) ของทรานซิสเตอร์ Q_2 (NPN) เท่ากับ β_2 เท่าของ I_G (ค่า $\beta_2 = \frac{i_{c2}}{i_{b2}}$) กระแส i_{c2} จะเท่ากับ i_{b1} ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลจากขั้วบวกของ V_{AA} ผ่าน R_L เข้าอิมิเตอร์สู่เบสของทรานซิสเตอร์ Q_1 และผ่านคอลเลคเตอร์สู่อิมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 (NPN) ครบวงจรที่ขั้วลบของ V_{AA} และกระแสเบส (i_{b1}) จะทำให้มีกระแส i_{c1} ไหลจากอิมิเตอร์เข้าสู่คอลเลคเตอร์ของตัวทรานซิสเตอร์ Q_1 เท่ากับ β_1 เท่าของ i_{b1} กระแส i_{b2} จะเท่ากับ i_{c1} รวมกับ I_G จนในที่สุดทรานซิสเตอร์ทั้งสองนำกระแส หรือเรียกกันว่าเอสซีอาร์นำกระแส คือความต้านทานระหว่างขั้วแอโนดและคาโทรดของเอสซีอาร์มีค่าต่ำมาก แรงดันไฟฟ้าเกือบทั้งหมดจะไปตกคร่อมโหลด R_L โดยมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเอสซีอาร์น้อยมาก จะเห็นว่าสามารถใช้กระแสจ่ายเข้าเกทเพียงเล็กน้อย ก็สามารถจะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ และเมื่อจ่ายกระแสเข้าเกทเพียงชั่วครู่แล้วหยุดจ่ายกระแสเข้าเกท กระแส i_{b2} จะเท่ากับ i_{c1} เอสซีอาร์ก็จะยังนำกระแสอยู่ กล่าวสรุปได้ว่า เมื่อทำการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแสแล้ว เอสซีอาร์ก็ยังคงนำกระแสต่อไป แม้จะนำกระแสทริกออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คุณสมบัติของเอสซีอาร์

ในรูป 3-5 แสดงคุณสมบัติของเอสซีอาร์ในสภาวะ Steady-State ระหว่างแรงดันคร่อมตัวเอสซีอาร์และกระแสที่ผ่าน



รูป 3-5 คุณสมบัติของเอสซีอาร์ในสภาวะ Steady-State

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจ่ายแรงดัน V_{AA} ในลักษณะฟอร์เวอร์ดไบอัส (Forward Bias) คือ แอโนดได้รับแรงดันบวกเมื่อเทียบกับคาโทรด และไม่มีกระแสเกท (I_G) ถ้ามีแรงดันน้อย ๆ จะมีเพียงกระแสรั่วไหล (Leakage Current) เพียงเล็กน้อยไหลผ่าน ถ้าเพิ่มแรงดัน V_{AA} มากขึ้นจนถึงแรงดันพังทลายทางด้านฟอร์เวอร์ด (Forward Breakover Voltage Boltage-VBO) และมีกระแสไหลเกินกระแสค้าง (Latching Current-I_L) เอสซีอาร์จะอยู่ในสภาวะนำกระแส (Conduction) คือแรงดันที่ครอมแอโนด และคาโทรดของเอสซีอาร์จะตกลงสู่แรงดัน Forward Voltage Drop-V_F มีค่าประมาณ 0.7-4 โวลท์ กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะเท่ากับ $\frac{VAA-VF}{R_L}$ ถ้ากระแสที่ไหลผ่านเกินพิกัดของตัวเอสซีอาร์ก็จะทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้

โดยทั่วไปการนำเอสซีอาร์มาใช้งาน แรงดัน V_{AA} ที่จ่ายให้กับวงจรจะต่ำกว่าแรงดันพังทลายทางด้านฟอร์เวอร์ด และจะควบคุมการนำกระแสของเอสซีอาร์ โดยใช้สัญญาณทริกเกอร์ที่มีแรงดันที่เกท (V_G) เป็นบวกเมื่อเทียบกับคาโทรด ซึ่งมีขนาดแรงดันระดับ 1-5 โวลท์ และกระแสเกทระดับ 1-500 มิลลิแอมป์ ด้วยระยะเวลาเป็นไมโครวินาที ถ้าเกิดกระแสที่ไหลผ่านมากกว่ากระแสค้าง ก็จะทำให้เอสซีอาร์อยู่ในสภาวะนำกระแส แต่เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสอยู่แล้วหยุดนำกระแส ก็ต้องทำให้กระแสไหลผ่านตัวเอสซีอาร์ต่ำกว่ากระแสยึด (Holding Current, I_H) คุณสมบัติโดยทั่วไปกระแสค้างมีค่าประมาณ 2 เท่าของกระแสยึด

เมื่อจ่ายแรงดัน V_{AA} ในลักษณะรีเวอร์ดไบอัส (Reverse Bias) คือแอโนดได้รับแรงดันลบเมื่อเทียบกับคาโทรด เอสซีอาร์จะไม่นำกระแสถึงแม้จะมีสัญญาณทริกที่เกทของเอสซีอาร์ เมื่อจ่ายแรงดันพังทลายทางด้านรีเวอร์ด (Reverse Breakover Voltage - V_{RBO}) จะทำให้สารกึ่งตัวนำ (PNPN) เสียหายได้

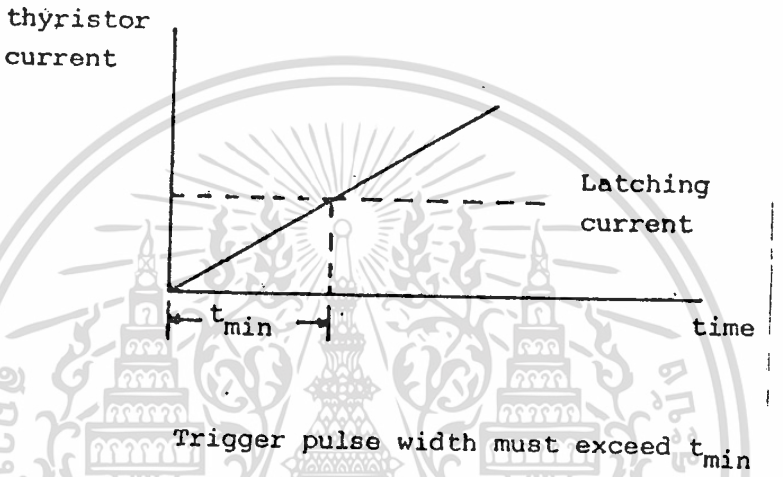
3.4 ระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์

ในการทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยสัญญาณทริกเกอร์นั้น สัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลานานจนกระทั่งกระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้าง ดังรูป 3-6 ถ้าสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดก่อนที่กระแสผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้าง จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสเมื่อสัญญาณทริกเกอร์สิ้นสุดลง ฉะนั้นสัญญาณทริกเกอร์จะต้องมีระยะเวลานานจนกระทั่งกระแสที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสค้างจึงจะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสต่อไป โดยสามารถนำสัญญาณทริกเกอร์ออก เอสซีอาร์ก็จะยังคงนำกระแสต่อไป ในรูป 3-6 แสดงเวลาน้อยที่สุดที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์ไว้

ในกรณีที่โหลดเป็นอินดักทีฟ กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์สู่อินดักทีฟโหลดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ฉะนั้นระยะเวลาของสัญญาณทริกเกอร์จะต้องนานจนกระทั่งกระแสไหลมากกว่ากระแสค้างเอสซีอาร์จึงจะนำกระแสต่อไปได้



รูป 3-6 แสดงเวลาน้อยที่สุด ที่จะต้องรักษาสัญญาณทริกเกอร์

3.5 วิธีการทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส

ทรานซิสเตอร์สามารถทำให้หยุดนำกระแสโดยการหยุดจ่ายกระแสเข้าเบส แต่สำหรับเอสซีอาร์จะไม่หยุดนำกระแสโดยหยุดจ่ายกระแสเข้าเกทเอสซีอาร์ เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสเมื่อลดกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึด เป็นเวลานานกว่า turn-off-time (t_q) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเอสซีอาร์

วิธีการทำให้กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ลงต่ำกว่ากระแสยึด สามารถทำโดยการลดแรงดันคร่อมเอสซีอาร์ลงสู่ศูนย์ หรือจ่ายแรงดันรีเวอร์สไบอัสให้เอสซีอาร์ วิธีการพื้นฐานที่จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสสามารถจัดแบ่งได้ 3 วิธีการ คือ

1. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยแหล่งจ่ายไฟเป็นกระแสสลับ ซึ่งเรียกกันว่า Line Commutation หรือ Natural Commutation คือแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้าจะตกลงสู่ศูนย์และมีแรงดันไฟฟ้ากลับทิศทาง ซึ่งจะเป็นการจ่ายรีเวอร์สไบอัสแก่เอสซีอาร์ในทุก ๆ ไซเกิล และกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะตกลงสู่ศูนย์ ซึ่งถ้าเป็นเวลาที่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานกว่า turn-off-time ก่อนที่จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าฟอร์เวอร์ดอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Converters) และการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยการควบคุมเฟส

2. การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยการจัดโหลดให้เหมาะสม (Load Commutation) ใช้ในแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งจะเปลี่ยนโดยวิธีการชอปเปอร์ (Choppers) และวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverters) คือ เมื่อเอสซีอาร์นำกระแสจะเป็นการต่อสวิทช์ไฟเข้าโหลด ซึ่งประกอบด้วยตัวความต้านทาน, อินดัคเตอร์ และตัวคาปาซิเตอร์ ที่มีค่าเหมาะสม โดยอยู่ในสภาวะ under-damped กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะตกลงสู่ศูนย์โดยธรรมชาติ เมื่อกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ต่ำกว่ากระแสยึดเป็นเวลานานกว่า turn-off-time จะทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสได้

3.การทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแสโดยวิธีการบังคับ (Forced commutation) เป็นการทำให้กระแสไหลลดลงสู่ศูนย์ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้กระแสเนื่องจากการคายประจุของตัวคาปาซิเตอร์ หรือจ่ายรีเวอร์ดไบอัสซึ่งคายประจุในคาปาซิเตอร์ให้แก่เอสซีอาร์

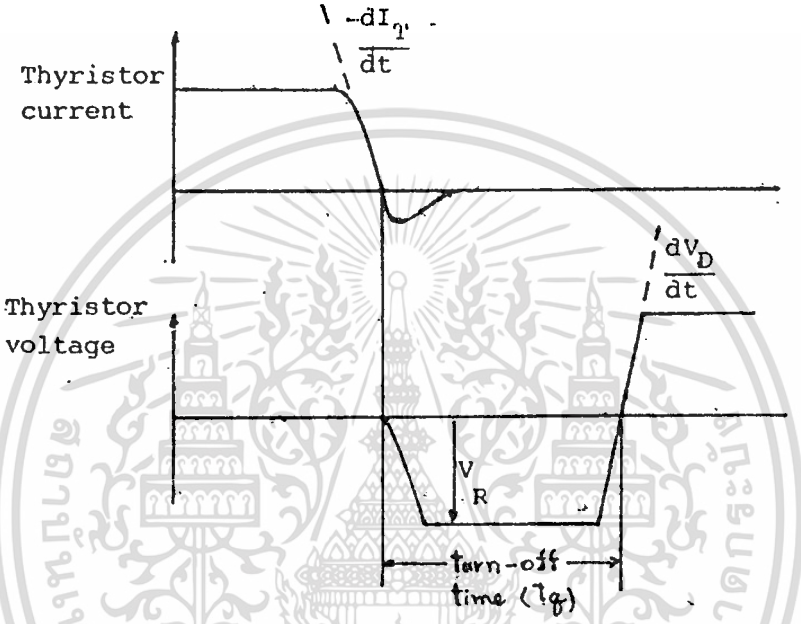
3.6 Turn-off time ของเอสซีอาร์

Turn eff-time ของเอสซีอาร์ เป็นระยะเวลาตั้งแต่การทำให้กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ไหลย้อนกลับ แล้วกลับสู่ศูนย์ (ช่วงเวลาเอสซีอาร์กลับคืนสภาวะใหม่ที่เรียกว่า Reverse Recovery Time - t_{rr} จนถึงเวลาที่สามารถจ่ายแรงดันฟอร์เวอร์ดไบอัสอีกครั้งโดยไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้

Turn-off time เป็นค่าที่บอกไว้ใน Data Sheet โดยมีข้อกำหนดของอุณหภูมิที่ Junction, I_T, $\frac{-dI}{dt}R$, V_R และ $\frac{dV}{dt}$ ดังเช่นที่แสดงในหัวข้อ "Switching States" ของ Data Sheet I_F = 150 A, T_j = 125 °C, $\frac{diR}{dt}$ = 50 A/μsec, $\frac{dV}{dt}$ = 20 V/μsec used.linear to. 8 V_{FB} t_{off} = 60 μsec ซึ่งหมายความว่าช่วงเวลากอนที่เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแส กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ในทางฟอร์เวอร์ด จะต้องไม่เกิน 150 แอมป์ อุณหภูมิ Junction T_j ไม่เกิน 125°C และอัตราการลดลงของกระแสฟอร์เวอร์ดต้องไม่น้อยกว่า 50 A/μsec แล้วเอสซีอาร์ยังคงรักษาสภาวะหยุดนำกระแสเป็นเวลานานอีก 60 μsec จึงเริ่มจ่ายแรงดันฟอร์เวอร์ดอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยอัตราการเพิ่มที่ไม่เกิน 20 $V/\mu sec$ โดยการเพิ่มอย่างต่อเนื่อง (Linear) สู่แรงดัน 0.8 V_{DRM} (V_{FB}= Forward breakdown Voltage) เมื่อมีค่าอันใดมากกว่าค่าดังกล่าว turn-off time จะมากกว่า 60 μsec และสามารถแสดงให้เห็นชัดเจนขึ้นโดยรูป 3-7



Simplified thyristor current and voltage curves showing turn-off time. The period of thyristor turn-off is called the commutation interval.

รูป 3-7 แสดง turn-off time ของเอสซีอาร์

ดังนั้นวงจรที่ทำให้เอสซีอาร์หยุดนำกระแส (Commutation Circuit) จะต้องรักษาช่วงกำหนดดังกล่าวเป็นเวลานานกว่า turn-off time ของเอสซีอาร์

เอสซีอาร์จะแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามคุณสมบัติของ turn-off time คือ phase control SCR'S ซึ่งมี turn-off time ระหว่าง 50-250 μsec ซึ่งใช้ในวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับโดยการควบคุมเฟสและ Fast switching SCR'S หรือเรียกว่า Inverter SCR'S ซึ่งมี turn-off time ระหว่าง 5-50 μsec ซึ่งใช้ในวงจรเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยวิธีการชอปเปอร์และวงจรเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverters)

สำหรับเอสซีอาร์ที่มี turn-off tiem = 60 μsec สามารถใช้ในวงจรควบคุมเฟส ซึ่งมีแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับที่มีความถี่สูงสุด $(f_{max}) = \frac{1}{120X10^{-6}} = 8333$ Hz.

3.7 ขีดจำกัดทางด้านแรงดันไฟของเอสซีอาร์

ขีดจำกัดของเอสซีอาร์อยู่ในเทอมของ แรงดัน, กระแส, กำลัง, อุณหภูมิ, $\frac{dv}{dt}$, $\frac{di}{dt}$ และเวลาในการให้เอสซีอาร์นำกระแสและหยุดกระแส ซึ่งจะเป็นคุณสมบัติของเอสซีอาร์ที่ผู้ผลิตแนะนำไว้ การเลือกใช้ต้องดูขีดจำกัดของแรงดันและกระแสสูงสุดและชนิดของเอสซีอาร์

สัญญลักษณ์โดยทั่วไปที่ใช้สำหรับกระแส และแรงดันไฟฟ้าซึ่งแสดงโดย subscripts ตัวที่ 1 เป็นการแสดงทิศทางหรือสภาวะต่าง ๆ คือ

D = ไม่นำกระแสขณะได้รับฟอร์เวอร์ด

F = ฟอร์เวอร์ด (Forward)

R = รีเวอร์ด (Reverse)

T = นำกระแส (on-state)

Subscripts ตัวที่ 2 แสดงขีดจำกัดในสภาวะต่าง ๆ คือ

W = ค่าขณะอยู่ในสภาวะตาม Subscripts ตัวที่ 1

R = การเกิดขึ้นซ้ำ ๆ (Repetitive)

S = ไม่ได้เกิดขึ้นซ้ำ ๆ (Non-repetitive)

Subscripts ตัวที่ 3 เป็นอักษร M แสดงค่าสูงสุด

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ บางครั้งจะมี Transient เกิดขึ้น ดังแสดงในรูป 3-8 เป็นการยากที่จะพบเห็นทรานเซี้ยน (Transient) ในออสซิลโลสโคป เพราะทรานเซี้ยนได้เกิดขึ้นในเวลาสั้นมาก ๆ ขีดพิกัดของแรงดันไฟฟ้าที่จะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแสโดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ แสดงในหนังสือคู่มือของเอสซีอาร์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{DWM} และ V_{RWM} = แรงดันทางด้านฟอร์เวอร์ดและรีเวอร์ดสูงสุดของแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (2 V_{rms}) ที่จ่ายให้เอสซีอาร์ และเอสซีอาร์จะไม่นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริเกอร์ โดยไม่คิดทรานเซี้ยนที่เกิดขึ้นซ้ำและไม่ซ้ำ (repititive and non-repititive) ในคู่มือจะเขียนว่า Working Peak off-state and reverse-voltage

V_{DRM}และ V_{RRM} = แรงดันทรานเซี้ยน ถ้าไม่เกินกำหนดทางด้านฟอร์เวอร์ดและรีเวอร์ดที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ ในทุก ๆ ไซเกิ้ลของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (ไม่รวมถึงแรงดันทรานเซี้ยนที่เกิดขึ้นไม่ซ้ำ) จะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ในคู่มือจะเขียนว่า Repetitive Peak off-state and reverse voltate Repetitive peak forward and reverse blocking voltage

V_{DSM} และ V_{RSM} หรือ (V_{FBT} และ V_{RBT}) = แรงดันทรานเซี้ยนทางด้านฟอร์เวอร์ดและรีเวอร์ดที่เกิดขึ้นไม่ซ้ำ ในทุก ๆ ไซเกิ้ล ของแหล่งจ่ายไฟแล้วจะไม่ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส โดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ ในคู่มือจะเขียนว่า Non-Repetitive Peak off-state and reverse voltage หรือ Non-Repetitive Transient Peak Forward and Reverse voltage

V_T = แรงดันที่คร่อมระหว่างแอโนดและคาโทรดขณะที่นำกระแสฟอร์เวอร์ดและมีอุณหภูมิที่รอยต่อตามที่กำหนดในคู่มือ

$\frac{dv}{dt}$ = อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันที่คร่อมแอโนดและคาโทรด สูงสุดที่ไม่ทำให้ เอสซีอาร์นำกระแสโดยไม่มีสัญญาณทริกเกอร์ เอสซีอาร์ที่ประกอบด้วยสาร PNPN มีคุณสมบัติของคาปาซิเตอร์ระหว่างแอโนดและคาโทรด กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์เท่ากับ $c\frac{dv}{dt}$ ดังนั้นเมื่อมีแรงดันระหว่างแอโนดและคาโทรดเปลี่ยนแปลงด้วยอัตราที่สูงกว่าจะทำให้มีกระแสไหลผ่านเอสซีอาร์ ซึ่งถ้ามีกระแสไหลผ่านเอสซีอาร์มากกว่ากระแสยึด เอสซีอาร์ก็จะนำกระแสได้ ดังนั้นเมื่อเกิดมีทรานเซี้ยนจะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงดันคร่อมแอโนดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และคาโทรดสูง จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้โดยไม่ต้องมีสัญญาณทิกเกอร์

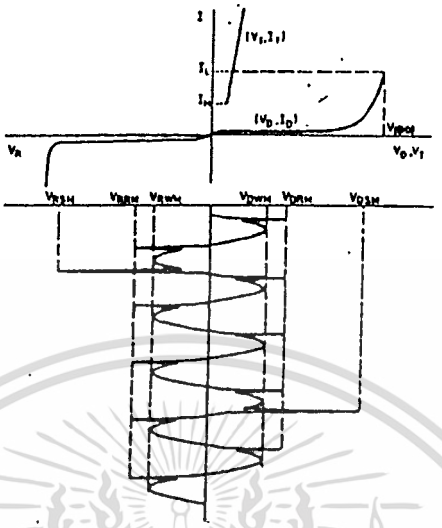


Diagram with symbols for thyristor voltage and current.

รูป 3-8 ขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้าของเอสซีอาร์

3.8 ขีดจำกัดทางด้านกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์

I_{DRM} และ I_{RRM} = กระแสรั่วไหลผ่านเอสซีอาร์เมื่อได้รับแรงดันสูงสุดทางด้านฟอร์เวอร์ดและรีเวอร์ด (Peak Forward and Reverse leakage current)

$I_{T(rms)}$ = กระแสอาร์เอ็มเอสสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวอร์ดที่อุณหภูมิไม่สูงกว่าที่กำหนด แล้วไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย

$I_{T(ave)}$ = กระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ทางด้านฟอร์เวอร์ด แล้วไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหาย (Surge on-Stage Current)

I_{TSM} หรือ I_{FM} = กระแสเสิร์จ (Surge) สูงสุดที่เกิดขึ้นในเวลาอันสั้น ซึ่งแสดงในคู่มือ ถ้ากระแสเสิร์จเกินที่กำหนด หรือเกิดขึ้นนานกว่าที่กำหนดจะทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้ (Surge on-State Current)

I^2t = เป็นค่าของกระแสยกกำลังสองคูณกับเวลา ซึ่งจะต้องไม่เกินที่กำหนดในคู่มือ จึงจะไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้ ซึ่งค่านี้จะเป็นคุณสมบัติของฟิวส์จำพวก semiconductor fuse จึงต้องเลือกฟิวส์ให้เหมาะสม พลังงานที่ทำให้ฟิวส์ขาด = $I^2Rt \propto I^2t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\frac{di}{dt}$ = อัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสผ่านเอสซีอาร์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน หลังจากทำการทริกเกอร์ให้เอสซีอาร์นำกระแส ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเอสซีอาร์อันหนึ่ง กล่าวคือ เอสซีอาร์สามารถนำกระแสได้สูงสุดตามกำหนดในคู่มือ เมื่อกระแสไหลผ่านพื้นที่ทั้งหมดของสารกึ่งตัวนำ P N P N ที่ประกบกันอยู่ แต่เมื่อเอสซีอาร์ถูกทริกให้เริ่มนำกระแส สารกึ่งตัวนำที่อยู่ใกล้ ๆ เกทของเอสซีอาร์จะนำกระแสซึ่งจะเริ่มจากพื้นที่เล็ก ๆ ก่อนแล้วค่อย ๆ กระจายไปพื้นที่ทั้งหมดของสารกึ่งตัวนำ เพราะฉะนั้นถ้าอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสต่อเวลาสูงกว่าที่กำหนด อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนเฉพาะจุด (Hot Spots)[2] ที่รอยต่อและทำให้เอสซีอาร์เสียหายได้ ในการลดอัตราการเพิ่มขึ้นของกระแสต่อเวลาจะทำโดยการต่ออินดักแตนซ์อนุกรมกับเอสซีอาร์

I_L = กระแสค้าง (Latching Current) เป็นค่าของกระแสต่ำสุดที่ต้องรักษาเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแสหลังจากพัลส์ที่ทริกเอสซีอาร์ถูกนำออกจากเกทของเอสซีอาร์

I_H = กระแสยึด (Holding Current) เป็นค่าของกระแสมากที่สุดที่จะต้องลดลงให้ต่ำกว่า เพื่อให้เอสซีอาร์เปลี่ยนจากสภาวะนำกระแสเป็นหยุดนำกระแส กระแสยึดเกิดขึ้นเมื่อกระแสไหลผ่านตัวเอสซีอาร์ในสภาวะนำกระแสลดลงจนกระทั่งเอสซีอาร์หยุดนำกระแส แต่กระแสค้างเกิดขึ้นเมื่อเอสซีอาร์อยู่ในสภาวะไม่นำกระแสไปสู่สภาวะเริ่มต้นนำกระแส

3.9 ขีดจำกัดทางด้านอุณหภูมิ

T_j = อุณหภูมิรอยต่อของสารกึ่งตัวนำ P N P N ซึ่งไม่สามารถจะทำการตรวจสอบและวัดด้วยเครื่องวัดไฟฟ้าได้

T_{stg} = Storage temperature เป็น °C

$R\theta_{je}$ = ความต้านทานอุณหภูมิระหว่างรอยต่อกับกล่องมีหน่วยเป็น °C/watt

$R\theta_{cs}$ = ความต้านทานอุณหภูมิระหว่างกล่องกับฮีทซิงค์มีหน่วยเป็น °C/watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 ขีดจำกัดของเกท (Gate ratings)

I_{GT} = กระแสเกทที่จะทริกให้เอสซีอาร์นำกระแส เมื่อมีแรงดันคร่อมตัวเอสซีอาร์และมีอุณหภูมิที่รอยต่อตามที่กำหนด

V_{GT} = แรงดันที่จ่ายให้เกทกับคาโทรดของเอสซีอาร์ เพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแส เมื่อมีแรงดันคร่อมเอสซีอาร์และอุณหภูมิที่รอยต่อตามกำหนด

I_{FGM} หรือ I_{GTM} = กระแสเกทสูงสุดทางด้านฟอร์เวอร์ก (Peak forward gate current) กระแสเกทสูงสุดทางด้านรีเวอร์ก (Peak forward gate current)

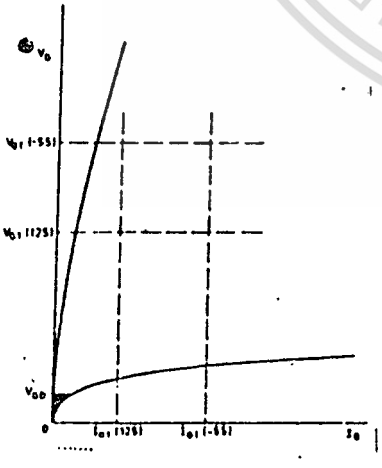
P_{GM} = กำลังสูงสุดที่เกททนได้ (Peak gate power)

$P_{G(av)}$ = กำลังเฉลี่ยที่เกททนได้ (Average gate power)

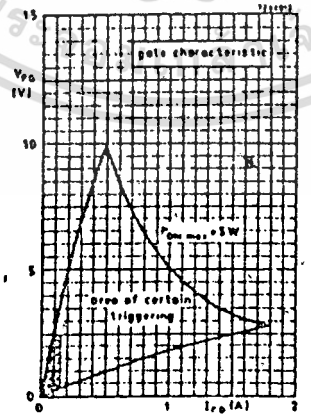
t_q = turn-off time

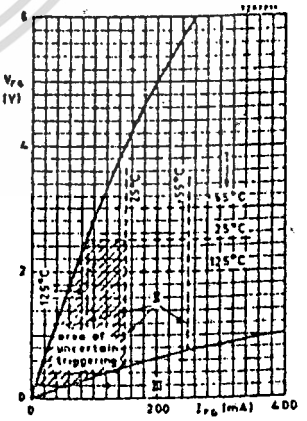
t_{on} = turn-on time

คุณสมบัติของเกทของเอสซีอาร์เบอร์ BTW-24 ของ Philips สามารถแสดงให้เห็นดังในรูป 3-9 (ก) ได้แสดงแรงดันและกระแสที่จ่ายให้เกทที่เหมาะสม ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเอสซีอาร์แต่ละตัวในรูป 3-9 (ข) เป็นค่าแรงดันและกระแสที่จ่ายให้เกทที่แตกต่างกัน ในเมื่ออุณหภูมิที่รอยต่อเปลี่ยนแปลง พื้นที่ที่แสเงาจะเป็นสภาวะที่ไม่แน่นอนว่าจะทริกเอสซีอาร์ให้นำกระแสได้หรือไม่



Boundaries of area of uncertain triggering depend on junction temperature. Non-triggering area shown in black.





Gate characteristic of BTW24 series. I = values of V_{GT} for various junction temperatures, II = values of I_{GT} for various junction temperatures, III = value of V_{GD}.

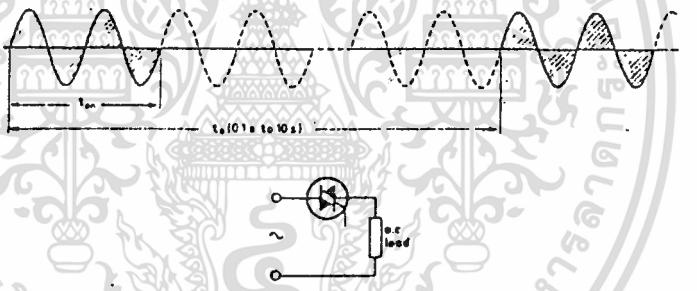
รูป 3-9 คุณสมบัติของเกทของเอสซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
(AC Voltage Cortrolled)

การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นการเปลี่ยนระดับแรงดันอาร์เอมเอสที่ได้จ่ายให้กับโหลด โดยใช้แหล่งจ่ายไฟสลับที่มีแรงดันคงที่ มีวิธีการควบคุม 2 วิธี คือ

1. ควบคุมโดยการเปิดปิด (ON-OFF Control) หรือเรียกว่า Time pro proprotional control โดยจะใช้ไทรริสเตอร์ เช่น เอสซีอาร์ หรือไตรแอค ทำการจ่ายไฟให้โหลดเป็นช่วง ๆตามไซเกิ้ลจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ และหยุดจ่ายไฟให้กับโหลดคือให้ไทรริสเตอร์เป็นคอนแทคเตอร์ (contactor) ที่ทำงานด้วยความถี่สูง ดังแสดงหลักการพื้นฐานในรูป 4-1



รูป 4-1 หลักการพื้นฐานของการควบคุมโดยการเปิดปิด

2. การควบคุมเฟส (Phase control) เป็นการทำให้ไทรริสเตอร์ พวกเอสซีอาร์หรือไตรแอค นำกระแสที่มุมต่าง ๆ ของแต่ละไซเกิ้ล

ตัวอย่างการนำวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไปใช้งาน ได้แก่

1. เครื่องจ่ายไฟฟ้าให้แก่ลวดความร้อน ที่ต้องการรักษาอุณหภูมิให้คงที่
2. เตาหลอมเหล็กแบบเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กชนิดความถี่ต่ำ
3. ควบคุมความสว่างของหลอดไฟ
4. ควบคุมแรงดันทางด้านรับไฟของหม้อแปลงสำหรับชุบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electrochemical process)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำไปเปลี่ยนแทปของหม้อแปลงในการควบคุมแรงดันที่จ่ายแก่โหลดให้มีค่าคงที่

6. ควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบอินดัคชั่น (Induction Motor) สำหรับงานปั๊มและพัดลม

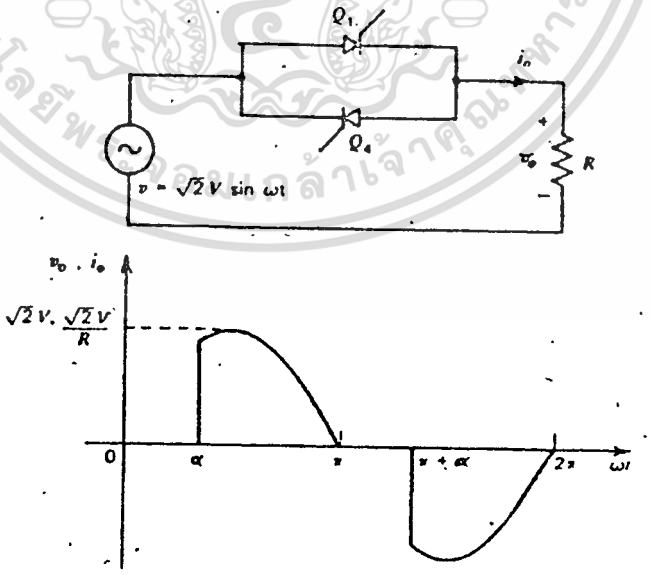
ไทริสเตอร์เป็นอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ที่มีชีดจำกัดทางแรงดันและกระแสสูง ๆ เป็นอุปกรณ์ภาคสุดท้าย (Final Control Element) สำหรับระบบควบคุมแบบปิด (closed-loop)

4.1 ชนิดของการควบคุมแรงดันไฟฟ้า

วงจรและรูปคลื่นของแรงดัน หรือ กระแสที่จ่ายให้กับโหลดที่เป็นความต้านทานอย่างเดียว ดังแสดงในรูป 4-2 โดยที่

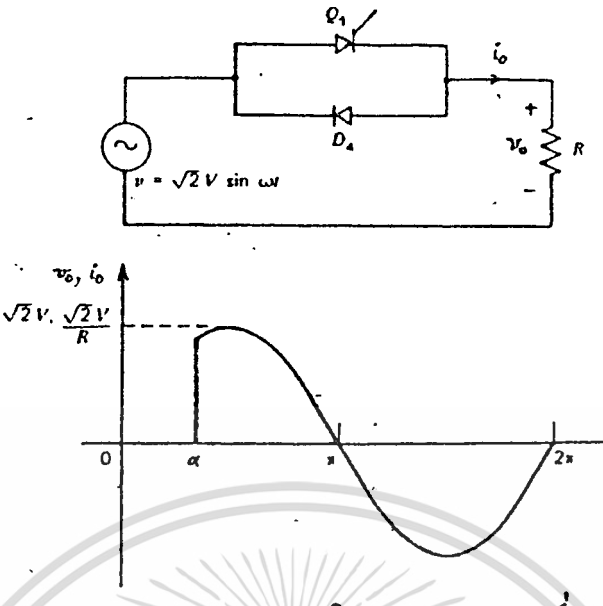
(ก) ควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น

(ข) ควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่น วงจรรูป 4-2 (ข) จะมี dc component ไหลในโหลด เนื่องจากมีรูปคลื่นที่ไม่สมดุลย์ในแต่ละไซเกิ้ล ในวงจรรูป 4-2 (ก) รูปคลื่นของกระแสจะสมดุลย์ในแต่ละไซเกิ้ล จึงไม่มี dc component ไหลในโหลด จึงนิยมใช้ควบคุมลักษณะเต็มลูกคลื่น



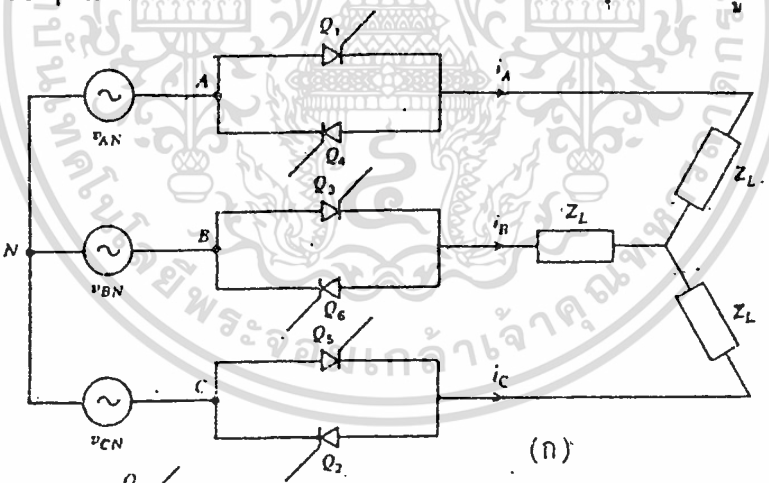
รูป 4-2 (ก) การควบคุมแรงดันชนิด 1- เฟสแบบเต็มลูกคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

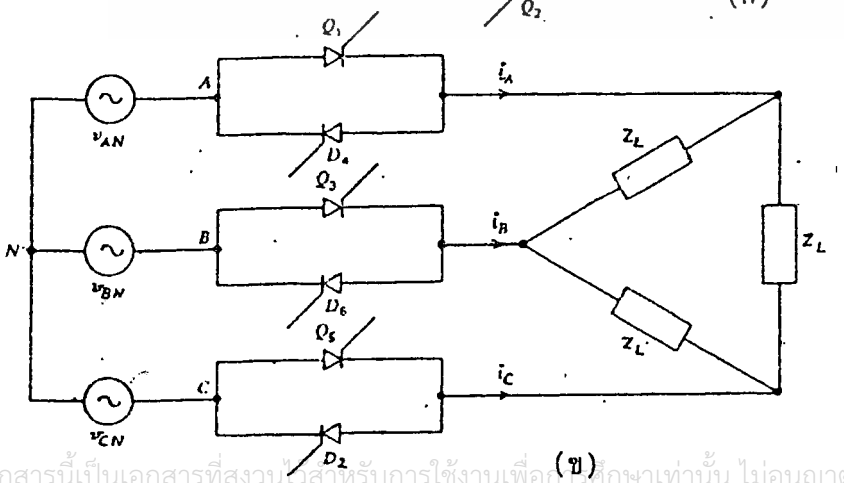


รูป 4-2 (ข) การควบคุมแรงดันชนิด 1 เฟสแบบครึ่งลูกคลื่น

วงจรควบคุมแรงดันชนิด 3 เฟส แบบเต็มลูกคลื่น โดยที่โหลดต่อแบบ Y และ Δ ได้แสดงในรูป 4-3 ส่วนการควบคุมแบบครึ่งลูกคลื่นจะใช้ไดโอดแทนเอสซีอาร์ Q_2, Q_4, Q_6 แต่จะมี dc component และเกิดฮาร์โมนิคส์มากกว่าการควบคุมแบบเต็มลูกคลื่น



(ก)

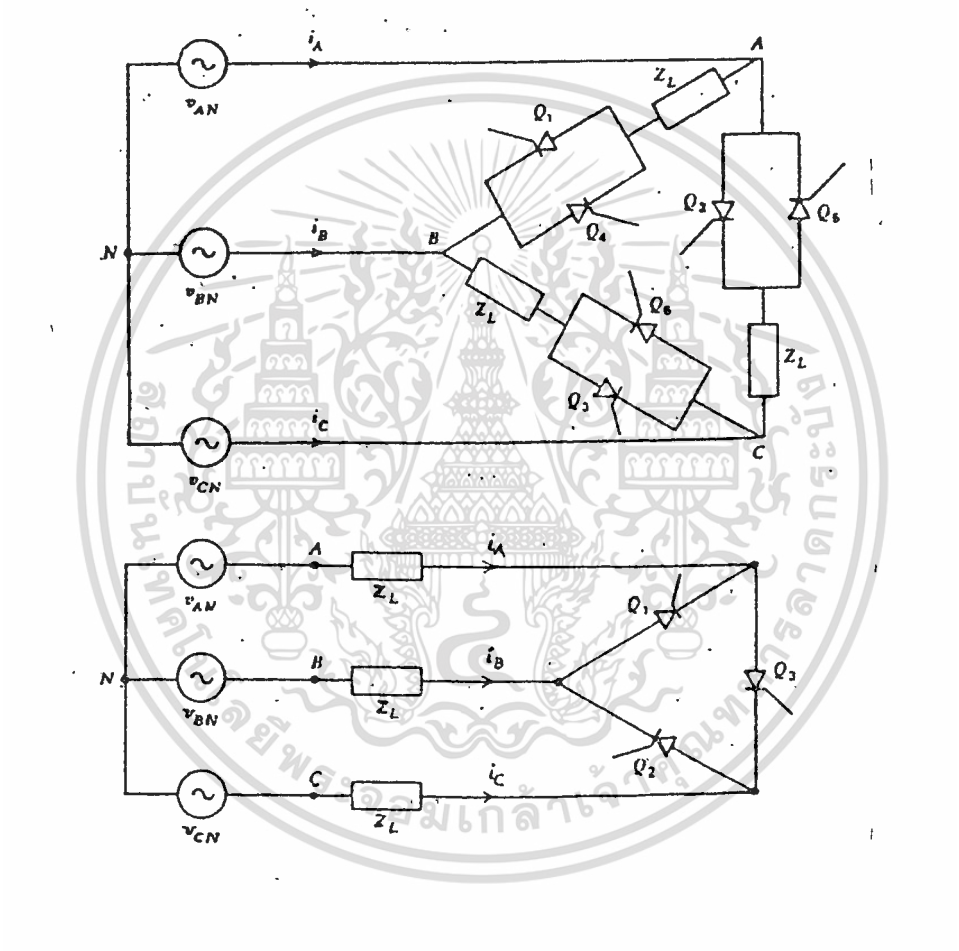


(ข)

รูป 4-3 การควบคุมแรงดันกระแสสลับชนิด 3 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการต่อแบบ △ สามารถจัดวงจรได้ตามรูป 4-4 (ก) โดยมีข้อดีคือใช้เอสซีอาร์ที่มีขีดจำกัดของกระแสลดลงได้ เพราะเอสซีอาร์รับกระแสในแต่ละเฟสของโหลด สำหรับการต่อโหลดแบบ Y สามารถต่อวงจรได้ตามรูป 4-4 (ข) โดยจะลดจำนวนของตัวเอสซีอาร์



รูป 4-4 การควบคุมแรงดันกระแสสลับชนิด 3 เฟส

ก) Delta - connected controller

ข) Neutral - point controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

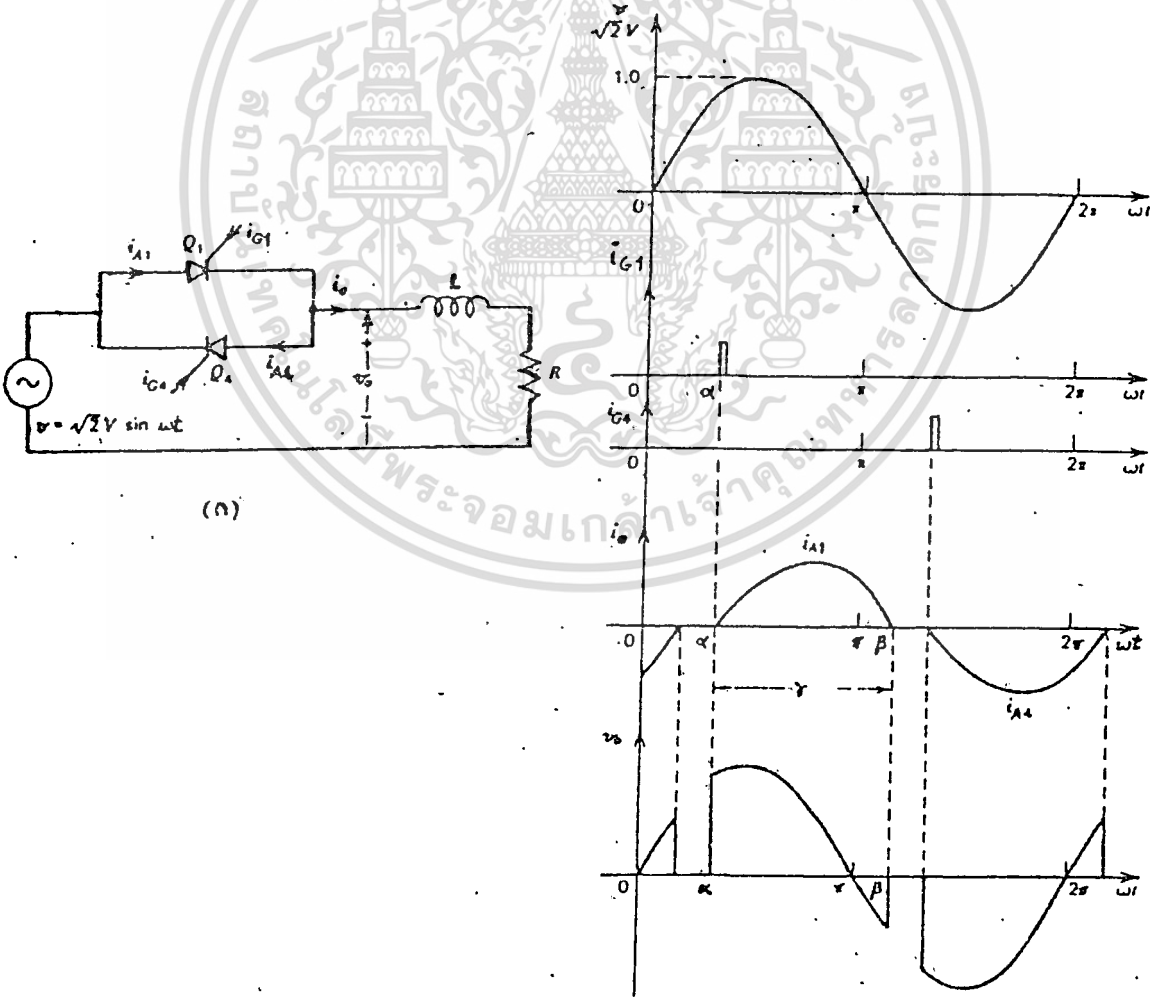
4.2 การควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส

ตามวงจรรูป 4-5 แสดงวงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส ที่จ่ายให้โหลดที่เป็นอินดักตีฟโหลด เอสซีอาร์ทั้งสองจะเปลี่ยนกันนำกระแสในแต่ละไซเกิ้ล เมื่อเอสซีอาร์ Q_1 กำลังนำกระแส จะมีกระแสไหลผ่าน i_{A1}

$$i_{A1} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} \left[\sin(wt - \phi) - \sin(\alpha - \phi)\, e^{\frac{R}{L}\left(\frac{\alpha}{w} - t\right)}\right] \quad \cdots (4.1)$$

$$Z = [R^2 + (WL)^2]^{\frac{1}{2}}$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{WL}{R}$$



รูป 4-5 วงจรควบคุมแรงดันแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส เมื่อโหลดเป็นอินดักตีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอสซีอาร์แต่ละตัวจะนำกระแสในช่วงครึ่งไซเกิ้ลเหมือนกับการแปลงไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรง สิ่งที่สำคัญคือจำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) ไม่สามารถเกิน 180° รูปคลื่นของวงจรรูป 4-5 (ก) แสดงไว้ ในรูป (ข) จะเห็นว่าเมื่อมุมทริกเกอร์ (α) ลดลงจนกระทั่งจำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (γ) เท่ากับ 180° รูปคลื่นของแรงดันและกระแสเอาท์พุทจะเป็น Sinusoidal เมื่อ $\alpha = \phi$ จากสมการ 4.1 กระแส $i_{A1} = 0$ เมื่อ $wt = \beta$ จะได้สมการ

$$\sin(\beta - \phi) = \sin(\alpha - \phi)\, e^{-\frac{R}{L}\frac{(\beta - \alpha)}{W}} \quad \ldots\ldots\ldots (4.2)$$

$$\gamma = \beta - \alpha \quad \ldots\ldots\ldots (4.3)$$

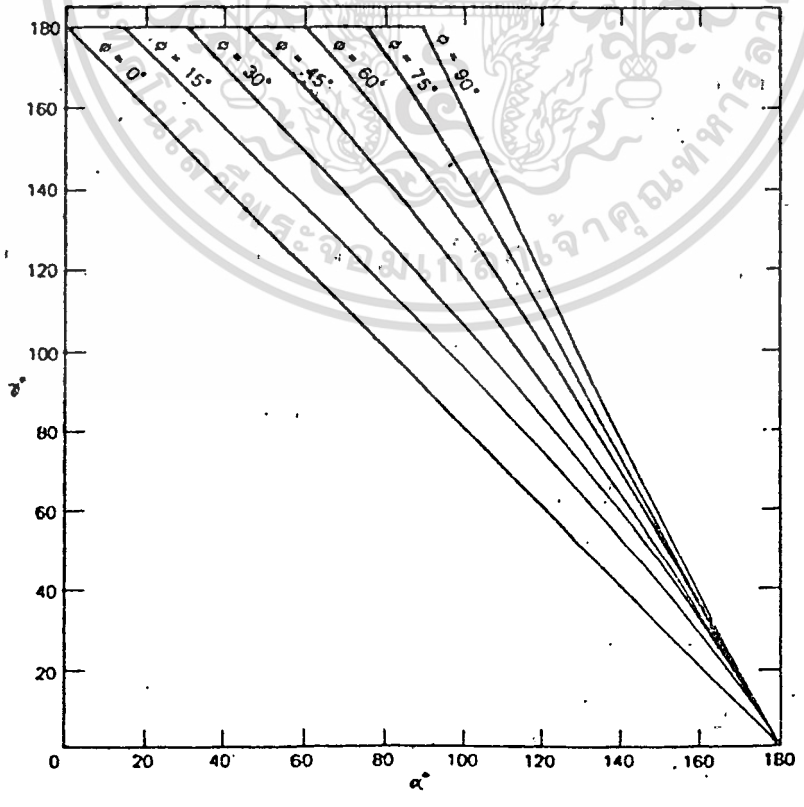
และถ้า $\alpha = \phi$ มุมเพาเวอร์ของโหลด แทนค่าลงใน 4.2 จะได้

$$\sin(\beta - \phi) = 0$$

$$\beta - \phi = 180^\circ$$

$$\beta - \alpha = 180^\circ = \gamma$$

จะเห็นว่า เมื่อ $\alpha = \phi$ กระแสจะไหลอย่างต่อเนื่องทั้งไซเกิ้ลจึงเป็นรูปคลื่นกราฟที่แสดงในรูป 4-6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่าง ๆ ซึ่งได้จากผลลัพธ์ของสมการ 4.1 โดยที่ α มีค่าไม่น้อยกว่า ϕ



รูป 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง α และ γ ขณะที่ ϕ มีค่าต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

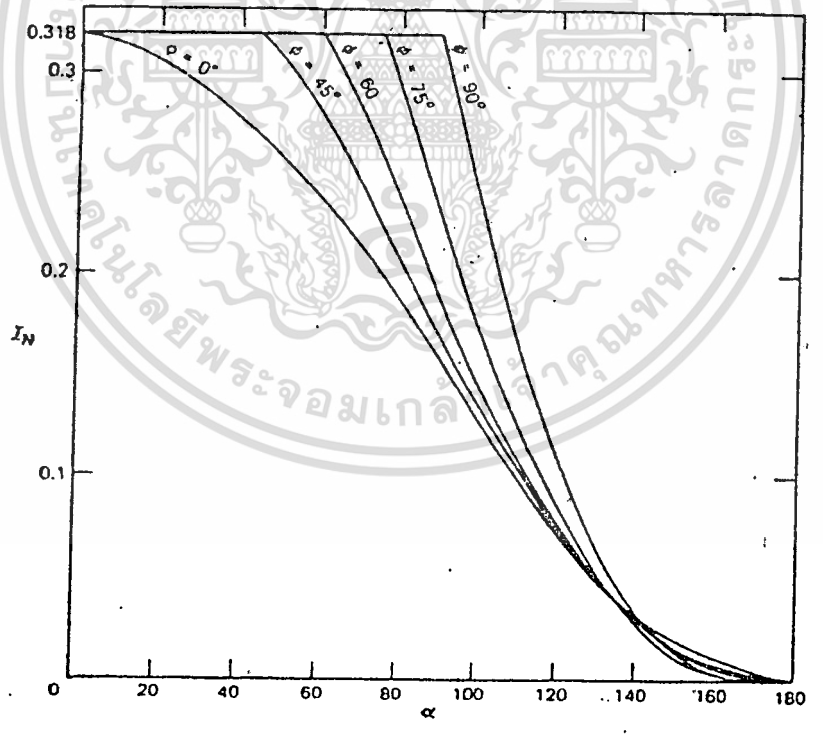
กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ

$$I_T(ave) = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma}\frac{\sqrt{2}V}{Z}\left[\sin(wt-\phi)-\sin(\alpha-\phi)\,e^{\frac{R}{L}\left(\frac{\alpha}{w}-t\right)}\right]d(wt)$$

$$I_T(ave) = \frac{\sqrt{2}V}{Z}\,I_N = I_{base}\cdot I_n \qquad \ldots\ldots (4.4)$$

$$I_n = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma}\left[\sin(wt-\phi)-\sin(\alpha-\phi)\,e^{\frac{R}{L}\left(\frac{\alpha}{w}-t\right)}\right]d(wt) \qquad \ldots\ldots (4.5)$$

จากสมการ 4.5 สามารถนำไปเขียนกราฟได้ดังรูป 4-7 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ โดยที่มุม α จะไม่มากกว่ามุม ϕ



รูป 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_n และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

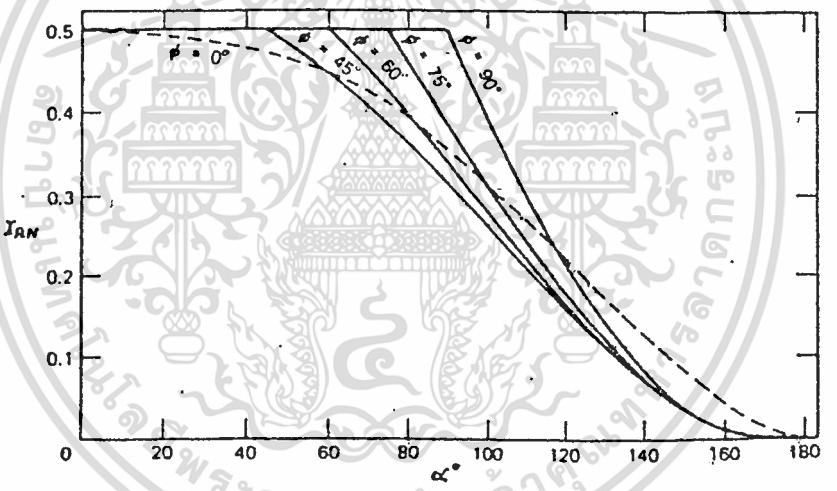
กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ

$$I_{T(RMS)} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma}\left[\frac{\sqrt{2}V}{Z}\left\{\sin(wt-\phi)-\sin(\alpha-\phi)e^{\frac{R}{L}(\frac{\alpha}{w}-t)}\right\}\right]^2 d(wt)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{T(RMS)} = \frac{\sqrt{2}V}{Z} \cdot I_{RN} = I_{base} \cdot I_{RN}$$

$$I_{RN} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma}\left[\sin(wt-\phi)-\sin(\alpha-\phi)\, e^{\frac{R}{L}(\frac{\alpha}{w}-t)}\right]^2 d(wt)\Big]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (4.6)$$

สมการ 4.6 นำไปเขียนกราฟได้ดังแสดงในรูป 4-8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ โดยที่มุม α ไม่มากกว่ามุม ϕ



รูป 4-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง I_{RN} และ α ที่มุม ϕ ค่าต่าง ๆ

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลในโหลดหรือเอาท์พุทมีค่าเท่ากับ

$$I_{o(rms)} = \frac{\sqrt{2}\,V}{Z}\, I_{o\,(RN)}$$

แต่ $$I_{o\,(RN)} = \left[I_{RN}^{\,2} + I_{RN}^{\,2}\right]^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}\, I_{RN}$$

ดังนั้น $$I_{o(rms)} = \frac{2V}{Z} \cdot I_{RN} = \sqrt{2}\, I_{T(RMS)} \ldots\ldots (4.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันอาร์เอมเอสที่ตกคร่อมโหลดจะมีค่าเท่ากับ

$$V_{o(rms)} = \left[\int_{\alpha}^{\alpha+\gamma} \left\{\sqrt{2}\, V \sin(wt)\right\}^2 d(wt)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{2}\, V \left[\frac{1}{2\pi}\left\{\pi + \frac{1}{2}\sin 2\alpha - \frac{1}{2}\sin 2(\alpha+\gamma)\right\}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (4.8)$$

ตัวอย่างที่ 4.1 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแบบเต็มลูกคลื่นชนิด 1 เฟส (single phase full-wave controller) จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 2,300 โวลท์ จ่ายให้แก่โหลดที่เป็นความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงระหว่าง 1.15 ถึง 2.30 โอห์ม ให้มีเอาท์พุทเพาเวอร์ 2,300 กิโลวัตต์ จงคำนวณหากระแสอาร์เอมเอสและกระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ และแรงดันสูงสุดที่เอสซีอาร์จะได้รับ

วิธีทำ (ก) R = 2.30 โอห์ม จะมีเอาท์พุทเพาเวอร์สูงสุดเมื่อ α = 0

$$P_o = I^2_{o(RMS)} \cdot R \quad \text{วัตต์}$$

$$2300 \times 10^3 = I^2_{o(RMS)} \times 2.30$$

$$I_{o(RMS)} = 1{,}000 \quad \text{แอมแปร์}$$

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์แต่ละตัวโดยแทนค่าในสมการ 4.7

$$I_{T(RMS)} = \frac{I_{o(RMS)}}{\sqrt{2}}$$

$$= \frac{1000}{\sqrt{2}} = 707 \quad \text{แอมแปร์}$$

เมื่อโหลดเป็นความต้านทานเอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสที่มุม $\beta = \pi$

$$i_o = \frac{\sqrt{2}\, V}{R} \sin wt \quad \text{แอมแปร์} \quad \text{เมื่อ} \quad \alpha < wt < \pi$$

กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์จะมีค่าเท่ากับ

$$I_{T(ave)} = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\pi} \frac{\sqrt{2}\, V}{R} \sin wt\, d(wt) = \frac{\sqrt{2}\, V}{2\pi R}(\cos\alpha + 1) \quad \ldots\ldots (4.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ จะมีค่าเท่ากับ

$$I_{T(RMS)} = \left(\frac{1}{2\pi} \int_{o}^{\pi} \left(\frac{\sqrt{2}\,V}{Z} \sin wt \right)^2 d(wt) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{V}{\sqrt{2R}} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{..... (4.10)}$$

เมื่อ $\alpha = 0$ จะได้

$$I_{T(ave)} = \frac{\sqrt{2}\,V}{\pi R}$$

และ $$I_{T(RMS)} = \frac{V}{\sqrt{2}R}$$

$$\frac{I_{T(ave)}}{I_{T(RMS)}} = \frac{2}{\pi}$$

$$I_{T(ave)} = \frac{2}{\pi} \times 707 = 450 \quad \text{แอมแปร์}$$

(ข) เมื่อโหลดมีค่า $R = 1.15$ โอห์ม ให้เอาท์พุทเพาเวอร์สูงสุด เมื่อ $\alpha > 0$ คือ

$$2300 \times 10^3 = 1.15\ I^2_{o(RMS)}$$

$$I_{o(RMS)} = 1414 \quad \text{แอมแปร์}$$

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ แต่ละตัวเท่ากับ

$$I_{T(RMS)} = \frac{I_{o(RMS)}}{\sqrt{2}} = \frac{1414}{\sqrt{2}} = 1000 \quad \text{แอมแปร์}$$

$$I_{base} = \frac{\sqrt{2}\,V}{R} = \frac{\sqrt{2} \times 2300}{1.15} = 2830 \quad \text{แอมแปร์}$$

$$I_{RN} = \frac{I_{T(RMS)}}{I_{base}} = \frac{1000}{2830} = 0.354$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูป 4-8 ที่ I_{RN} = 0.354 จะได้มุมทริกเกอร์ α = 90° ซึ่งดูจากกราฟในรูป 4-7 จะได้ I_N = 0.160 ซึ่งจะได้กระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านเอสซีอาร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ

$$I_{T(ave)} = I_{base} \cdot I_n$$

$$= 2830 \times 0.160 = 450 \text{ แอมแปร์}$$

ดังนั้นกระแสเฉลี่ยสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ = 450 แอมแปร์

และกระแสอาร์เอมเอสสูงสุดที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ = 1000 แอมแปร์

แรงดันสูงสุดทั้งทางด้านฟอร์เวอร์และด้านรีเวอร์ที่เอสซีอาร์ได้รับมีค่าเท่ากับ $2300\sqrt{2}$ = 3250 โวลท์

ตัวอย่างที่ 4.2 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแบบเต็มลูกคลื่น ใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้า (power) ที่จ่ายจากแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดัน 2300 โวลท์ เข้าสู่โหลดที่มีความต้านทาน R = 2.30 โอห์ม และอินดัคตีพรีแอคแตนซ์ (Inductive Reactance) X_L = 2.3 โอห์ม จงคำนวณหาค่า

(ก) ช่วงของการควบคุม (คือ ช่วงมุม α ที่เปลี่ยนไปจากกระแสมีค่าเป็น 0 จนถึงค่าสูงสุดเท่าที่สามารถเป็นไปได้)

(ข) กระแสอาร์เอมเอสสูงสุดที่ไหลเข้าสู่โหลด

(ค) กำลังไฟฟ้าสูงสุด และเพาเวอร์แฟคเตอร์ขณะจ่ายไฟให้โหลดสูงสุด

(ง) กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ เมื่อ α = 90°

(จ) จำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส (θ) และเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่แหล่งจ่ายไฟ เมื่อ α = 90°

วิธีทำ

(ก) ช่วงการควบคุม กระแสจะไม่ไหลผ่านโหลดเมื่อทำการทริกเอสซีอาร์ขณะแรงดันฟอร์เวอร์ตกลงสู่ศูนย์ โดยที่แรงดันจากแหล่งจ่ายมีค่า

$$v = 2300\sqrt{2} \sin wt$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลดเท่ากับศูนย์ เมื่อ $\alpha = \alpha_{max} = 180^\circ$

มุมทริกเกอร์ (α) สามารถลดลงต่ำสุดเท่ากับมุม ϕ โดยจะได้กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่โหลดมีค่าสูงสุด

$$\alpha = \alpha_{min} = \phi = \tan^{-1}\frac{WL}{R} = \tan^{-1} 1 = 45^\circ$$

ดังนั้นช่วงของการควบคุม คือ $45^\circ < \alpha < 180^\circ$

(ข) กระแสไหลสูงสุด เมื่อ $\alpha = \alpha_{min} = \phi$ ดังนั้นรูปคลื่นของแรงกันและกระแสที่ไหลผ่านโหลดจะเป็น Sinusoidal โดยล้าหลังกันอยู่ ϕ องศาไฟฟ้า

$$I_{o(RMS)} = \frac{V}{\left[R^2 + (WL)^2\right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{2300}{\left[2.3^2 + 2.3^2\right]^{\frac{1}{2}}} = 707 \text{ แอมแปร์}$$

(ค) กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่จ่ายให้โหลด โดยจะเกิดขึ้นเมื่อกระแสเอาท์พุทไหลสูงสุด

$$P_{max} = I^2_{o(RMS)} \times R = (707)^2 \times 2.30 = 1150 \times 10^3 \text{ วัตต์}$$

เพาเวอร์แฟคเตอร์ $= \dfrac{\text{active power}}{\text{apparent power}}$

$$= \frac{1150 \times 10^3}{2300 \times 707}$$

$$= 0.707$$

ในสภาวะที่รูปคลื่นไม่เป็น Sinusoidal การคำนวณตามแบบข้างบนจะไม่ถูกต้อง

(ง) สำหรับ $\alpha = 90^\circ$, $\phi = 45$ จากรูป 4-8 จะได้

$$I_{RN} = 0.31$$

และ $$I_{base} = \frac{\sqrt{2}\,V}{Z} = \frac{\sqrt{2} \times 2300}{\left[2.3^2+2.3^2\right]^{\frac{1}{2}}} = 1000 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์

$$I_{T(RMS)} = I_{base} \times I_{RN}$$

$$= 1000 \times 0.31 = 310 \text{ แอมแปร์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(จ) จากรูป 4-6 เมื่อ $\alpha = 90^\circ$, $\phi = 45^\circ$ จะได้ $\gamma = 130^\circ$

คือ จำนวนมุมที่เอสซีอาร์นำกระแส $(\theta) = 130^\circ$

กระแสอาร์เอมเอสที่ไหลเข้าสู่โหลดจะเท่ากับ

$$I_{o(RMS)} = \sqrt{2}\, I_{T(RMS)} = \sqrt{2} \times 310 = 425 \quad \text{แอมแปร์}$$

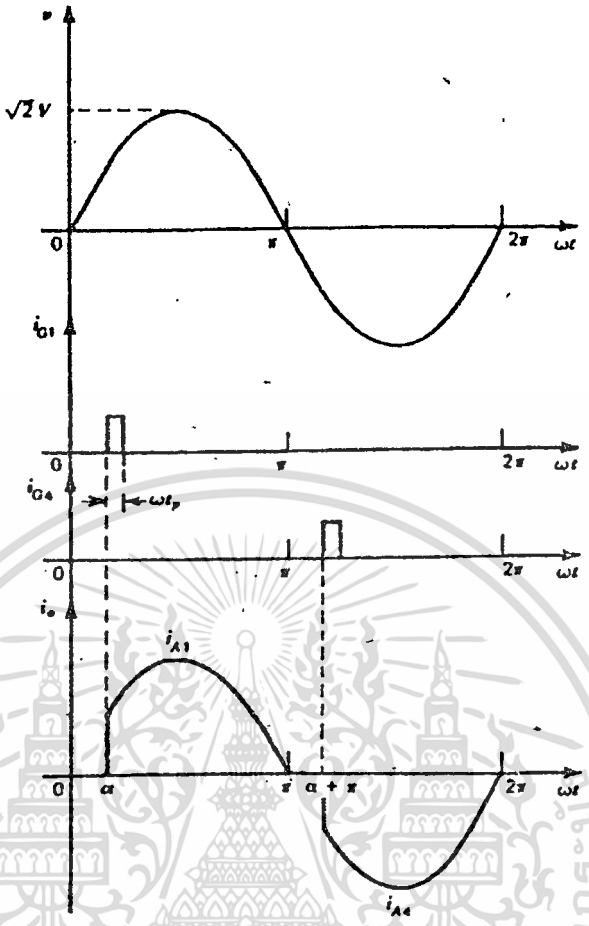
$$P_o = R\, I^2_{o(RMS)} = 2.3 \times (425)^2 = 415 \times 10^3 \quad \text{วัตต์}$$

$$\text{เพาเวอร์แฟคเตอร์} = \frac{415 \times 10^3}{2300 \times 425} = 0.425$$

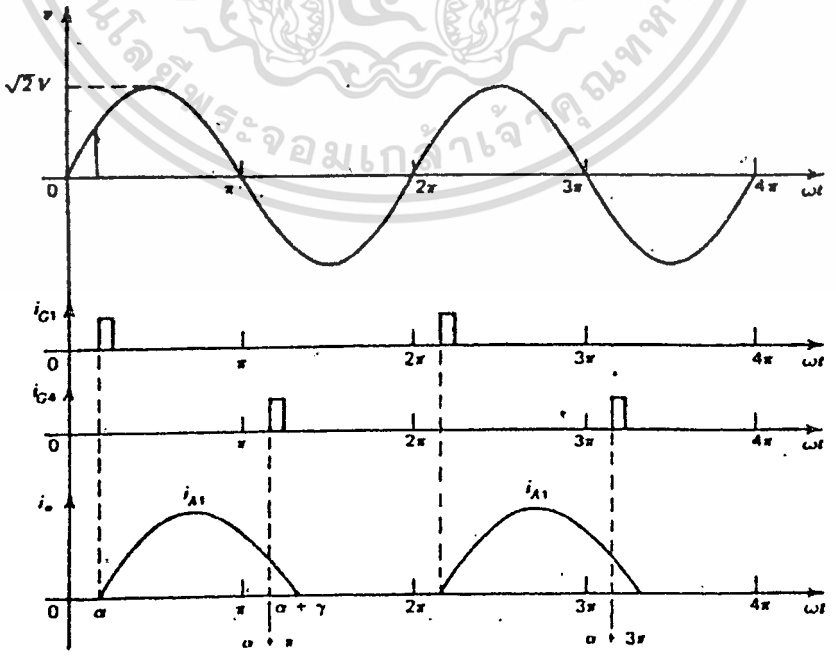
4.3 สัญญาณทริกเกอร์ สัญญาณทริกเกอร์สำหรับเอสซีอาร์ทั้งสองในรูป 4-2 จะต้องแยกออกจากกัน เพราะว่าคาโทรดของเอสซีอาร์แต่ละตัวไม่ต่อร่วมกัน เมื่อโหลดเป็นความต้านทาน และ $L = 0$ มุมทริกเกอร์ (α) ต่ำสุด $= \phi = 0$ เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสที่จุดสุดท้ายของครึ่งไซเกิ้ลของแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟสัญญาณทริกเกอร์เป็นพัลส์อาจจะเป็นดังที่แสดงในรูป 4-9 กระแสเกทที่ต้องการทริกให้เอสซีอาร์นำกระแสอยู่ในระดับ 10 จนถึง 400 มิลลิแอมแปร์ และความกว้างของพัลส์จะต้องกว้างอย่างน้อย 5 ไมโครวินาที (μsec) หรือ turn-on-time ของเอสซีอาร์

สัญญาณทริกเกอร์ที่เป็นพัลส์ไม่พอเพียงในกรณีที่โหลดเป็นอินดักทีฟโหลด เหตุผลนี้แสดงในรูป 4-10 เมื่อ $\alpha < \phi$ ที่มุม $wt = \alpha + \pi$, Q_1 จะยังคงนำกระแสอยู่ เนื่องจากผลของอินดักแตนซ์ในโหลด แรงดันคร่อมโหลด $v_o = v$ และแรงดันคร่อมตัวเอสซีอาร์ทั้งสองเป็นศูนย์โวลท์ เวลาที่เอสซีอาร์ Q_1 หยุดนำกระแสสัญญาณทริกเกอร์ i_{G4} สิ้นสุดลงดังนั้นเอสซีอาร์ Q_4 ไม่สามารถนำกระแสได้ ดังนั้นรูปคลื่นเอาท์พุทจึงเกิดการไม่สมดุลย์เนื่องจากเอสซีอาร์ Q_1 นำกระแสตัวเดียว ซึ่งจะเกิด dc component ในโหลดและในแหล่งจ่ายไฟ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ ควรใช้สัญญาณทริกเกอร์แบบต่อเนื่อง (continuous gating) ตลอด $\frac{\pi - \alpha}{\omega}$ วินาที ซึ่งจะทำให้เมื่อ i_{A1} ตกลงเป็นศูนย์ เอสซีอาร์ Q_4 มีสัญญาณทริกเกอร์ให้นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



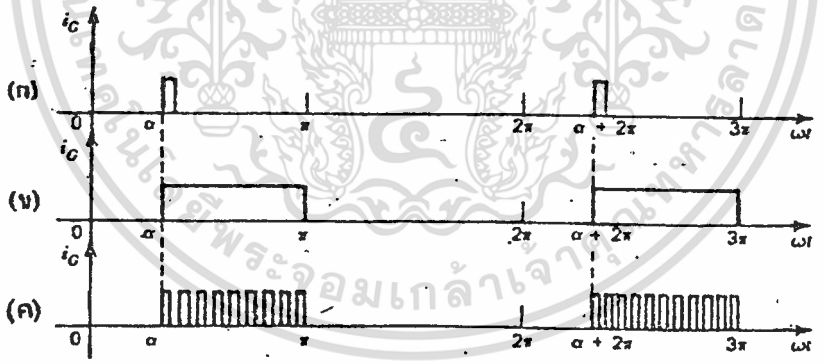
รูป 4-9 สัญญาณทริกเกอร์สำหรับวงจรรูป 4-5 เมื่อ ϕ = 0



รูป 4-10 สัญญาณทริกเกอร์ เมื่อ ϕ = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

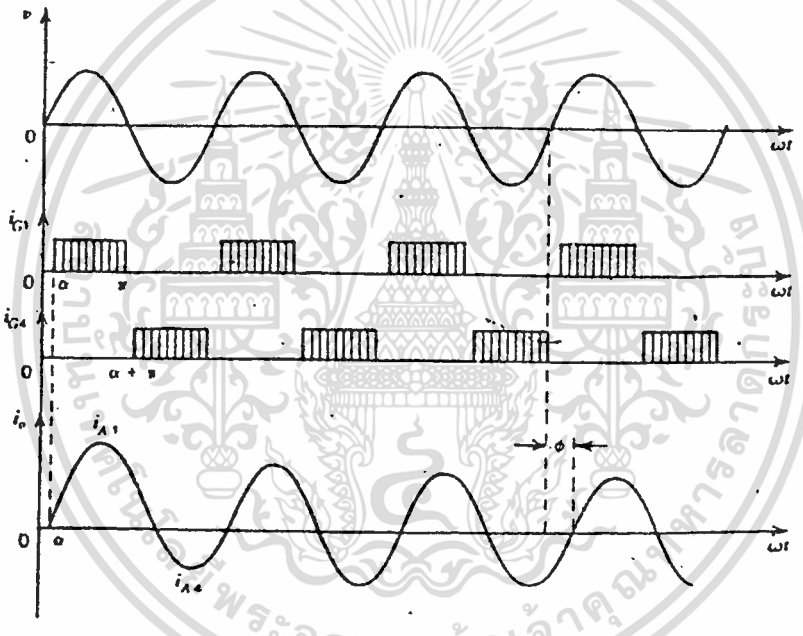
สัญญาณทริกเกอร์ที่จ่ายให้แก่เกทของเอสซีอาร์ทั้งสองควรจะผ่านหม้อแปลงที่ทำหน้าที่แยกคาโทรดของเอสซีอาร์ทั้งสองออกจากกัน เรียกกันว่า Isolating transformer หม้อแปลงจะมีขนาดเล็กเมื่อใช้พัลส์ที่แคบ ๆ แต่หม้อแปลงจะมีขนาดใหญ่เมื่อต้องการส่งพัลส์ที่กว้าง ดังนั้นพัลส์ที่ต่อเนื่องตลอดจะทำให้ต้องใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าเอสซีอาร์ Q_4 นำกระแสโดยใช้หม้อแปลง Isolating ขนาดเล็ก จึงนิยมใช้พัลส์ที่มีความถี่สูง เป็นพัลส์ที่มีความกว้างน้อย แต่อย่างต่อเนื่องตลอดช่วง $\alpha \leq wt < \pi$ สำหรับเอสซีอาร์ Q_1 และ $\alpha + \pi \leq wt \leq 2\pi$ สำหรับเอสซีอาร์ Q_4 ความถี่สูงของสัญญาณทริกเกอร์โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 30 กิโลเฮิร์ซ สัญญาณทริกเกอร์ 3 แบบ ได้แสดงในรูป 4-11 (ก) สัญญาณเป็นพัลส์ (ข) สัญญาณเป็นพัลส์ต่อเนื่อง (ค) สัญญาณเป็นพัลส์ความถี่สูง



รูป 4-11 สัญญาณทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 4-12 แสดงผลของการใช้สัญญาณทริกเกอร์แบบพัลส์ความถี่สูง เมื่อโหลดเป็นอินดักตีฟโหลด (RL Load) และ $0 \leq \alpha \leq \phi$ เอสซีอาร์ Q_1 จะนำกระแสเมื่อ $wt = \alpha$ และเอสซีอาร์ Q_4 จะนำกระแสเมื่อ I_{A1} ตกลงสู่ศูนย์สำหรับการทำงานใน 2-3 ไซเกิ้ลแรก รูปคลื่นของกระแสที่ไหลเข้าสู่โหลด (i_o) จะไม่สมดุลย์ โดยจะมีสภาวะ transient แต่จะมีการทำให้ลดลงโดยความต้านทาน R และในที่สุดรูปคลื่น i_o จะสมดุลย์ในช่วงที่ $\phi < \alpha < \pi$ กระแส i_o จะไหลไม่ต่อเนื่อง ดังแสดงในรูป 4-5 (ข) และมีสภาวะรูปคลื่นแบบสมดุลย์



รูป 4-12 สัญญาณทริกเกอร์เป็นพัลส์ความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การออกแบบและการสร้าง

(Design and Building)

ในปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ได้แบ่งการออกแบบและการสร้างออกเป็น 2 อย่างคือ

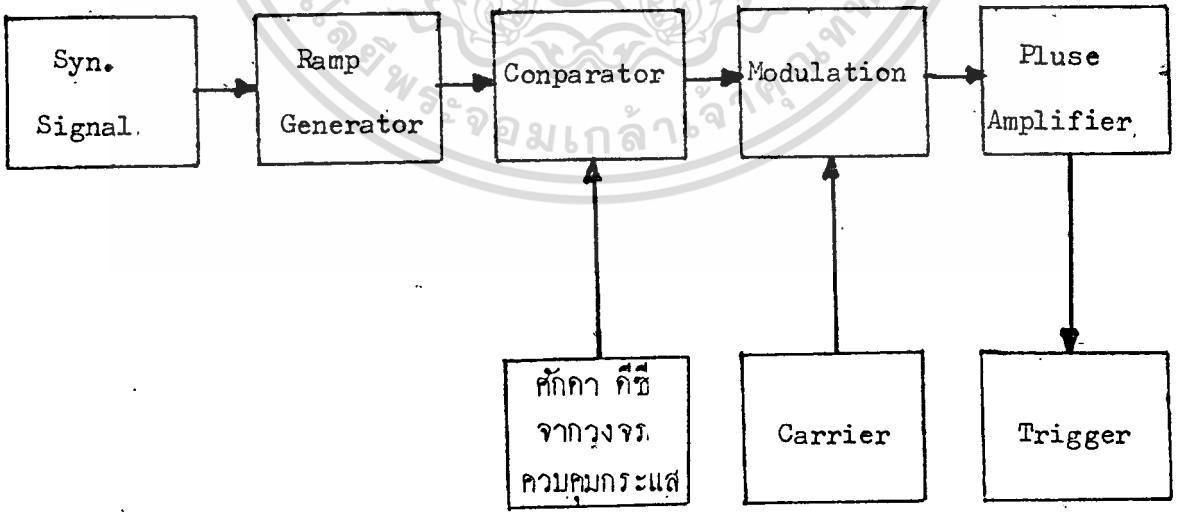
1. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิคส์ ((Electronic Circuit Design)
2. การสร้างเครื่องเชื่อม (Building of Welding)

5.1 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิคส์ (Electronic Circuit Design)

การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิคส์ จะแยกได้เป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

5.1.1 วงจรควบคุมการทริกเกท (Triggate Control Circuit)

วงจรควบคุมการทริกเกทหรือวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ให้ตัว SCR เริ่มและหยุดทำงาน ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่ควบคุมศักดาไฟฟ้ากระแสสลับที่ทางออกของด้านวงจรกำลัง เพื่อจ่ายกำลังให้แก่หม้อแปลง ซึ่งมีลำดับขั้นการทำงานของวงจร ดังรูป 5-1



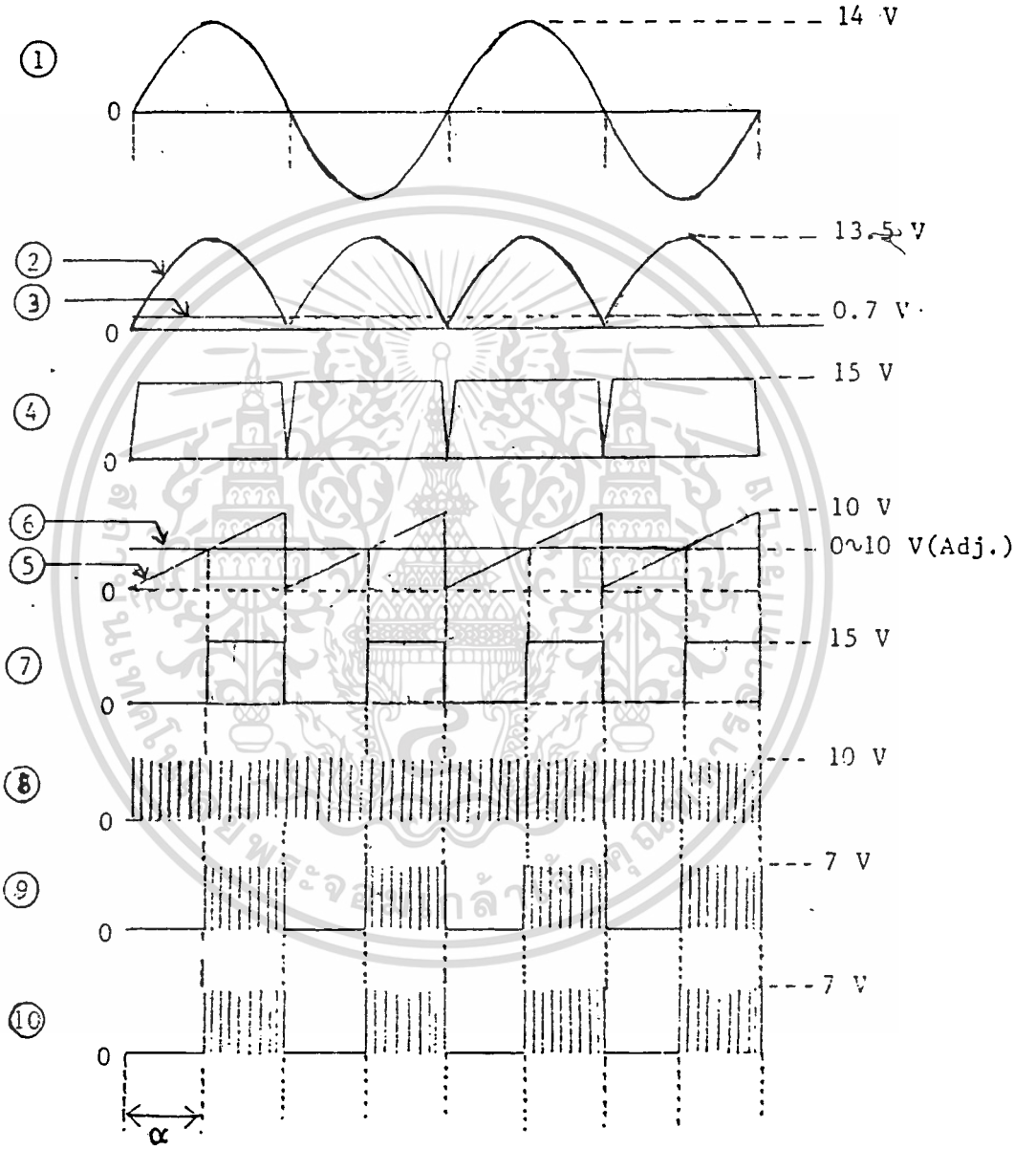
รูป 5-1 แสดงลำดับขั้นการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นดังรูป 5-1 มีลำดับขั้นการทำงานดังนี้คือ เมื่อป้อนสัญญาณศักดาไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ให้เครื่องเชื่อมก็จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณศักดาไฟฟ้ากระแสสลับ 14 โวลท์ ผ่านไดโอดทำให้ได้สัญญาณศักดาไฟฟ้ากระแสตรงชนิดเต็มคลื่น (Full ware) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแรมพ์ (Ramp signal) ดังรูป 5-2 (รูปคลื่นที่ 5) สัญญาณแรมพ์ที่ได้นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากทางวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป 5-2 (รูปคลื่นที่ 6) จุดซึ่งศักดาไฟฟ้าควบคุมและสัญญาณแรมพ์ตัดกันจะทำให้เกิดสัญญาณกระตุ้นออกมา ดังรูป 5-2 (รูปคลื่นที่ 7) สัญญาณกระตุ้นที่ได้นี้จะถูกนำไปโมดูเลชั่น (Modulation) กับสัญญาณพัลส์เล็ก ๆ ดังรูป 5-2 (รูปคลื่นที่ 8) ซึ่งเมื่อโมดูเลชั่นแล้ว จะได้สัญญาณออกมาดังรูป 5-2 (รูปคลื่นที่ 9 และ 10) จากนั้นจึงนำสัญญาณมาขยายโดย pulse amplifier เพื่อให้มีศักดาที่เหมาะสม จึงจะได้สัญญาณกระตุ้นที่สมบูรณ์ สัญญาณกระตุ้นที่ได้นี้จะมีเพสเดียวกับศักดาไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ ดังนั้นถ้าศักดาไฟฟ้าควบคุมเกิดเปลี่ยนแปลงไป มุมกระตุ้นก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย กล่าวคือ ถ้าศักดาไฟฟ้าควบคุมเพิ่มขึ้น มุมกระตุ้นก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และจากวงจรที่กล่าวถึงนี้ ได้กำหนดให้ความสูงของสัญญาณแรมพ์เป็น 10 โวลท์ ดังนั้นเมื่อสัญญาณไฟฟ้าควบคุมมีพิสัย 0-10 โวลท์ พิสัยของมุมกระตุ้นก็จะเป็น 0 องศา ถึง 180 องศา

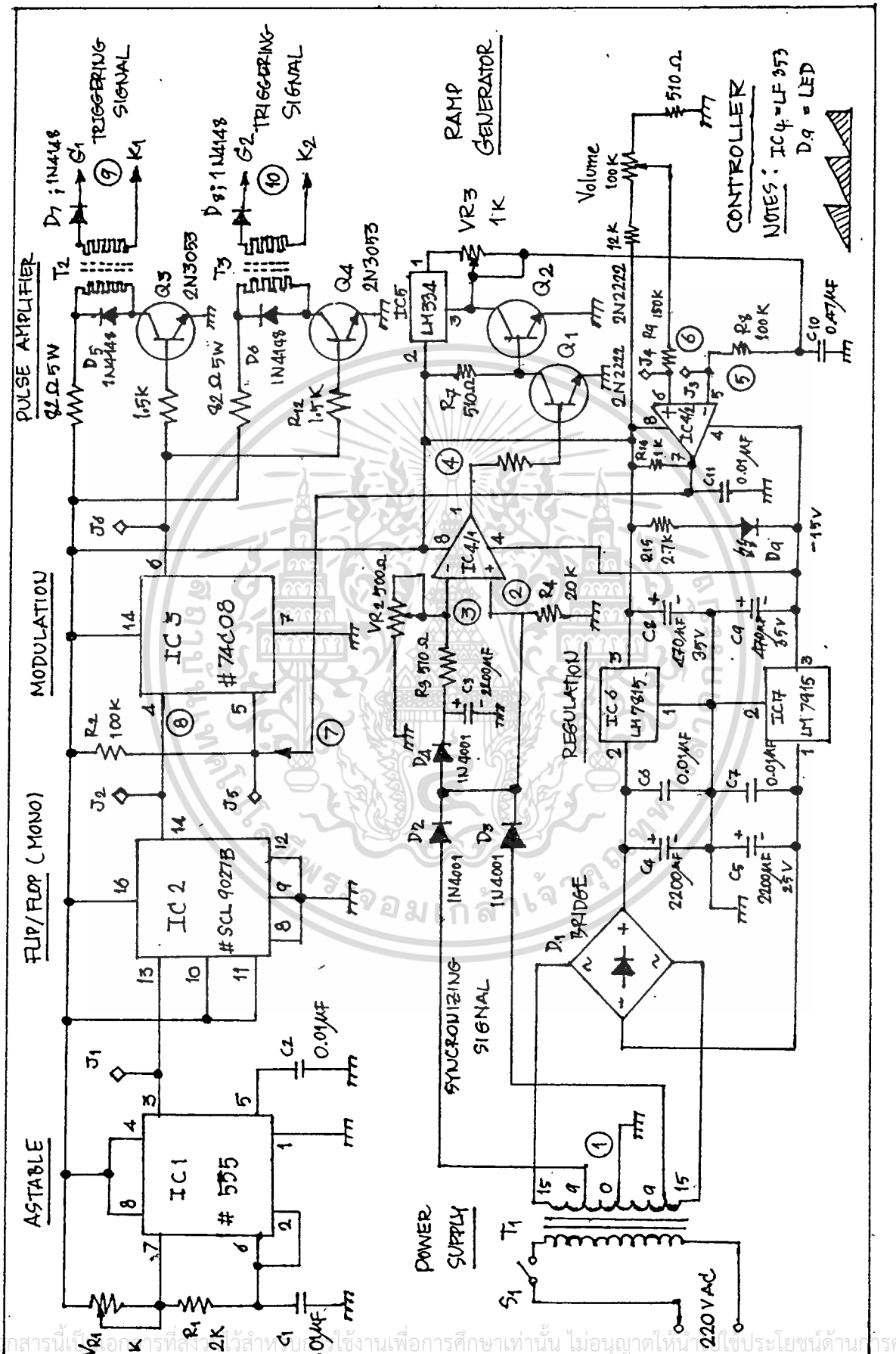
การที่ต้องใช้ pulse ampoifier แบบที่ใช้หม้อแปลงเป็นวงจรส่วนขยายสัญญาณกระตุ้น เพราะว่าถ้าวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นและวงจรกำลังต่อกันโดยตรงแล้ว จะมีปัญหาในการวัดระบบกราวนด์และปัญหาเนื่องจากวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นอาจจะเสียหายได้ เมื่อวงจรกำลังทำงานผิดพลาด จึงจำเป็นต้องใช้หม้อแปลงขยายสัญญาณ เพื่อแยกระบบกราวนด์ระหว่างวงจรกำลังกับวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-2 แสดงรูปร่างของสัญญาณที่ส่วนต่าง ๆ ของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-3 แสดงวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

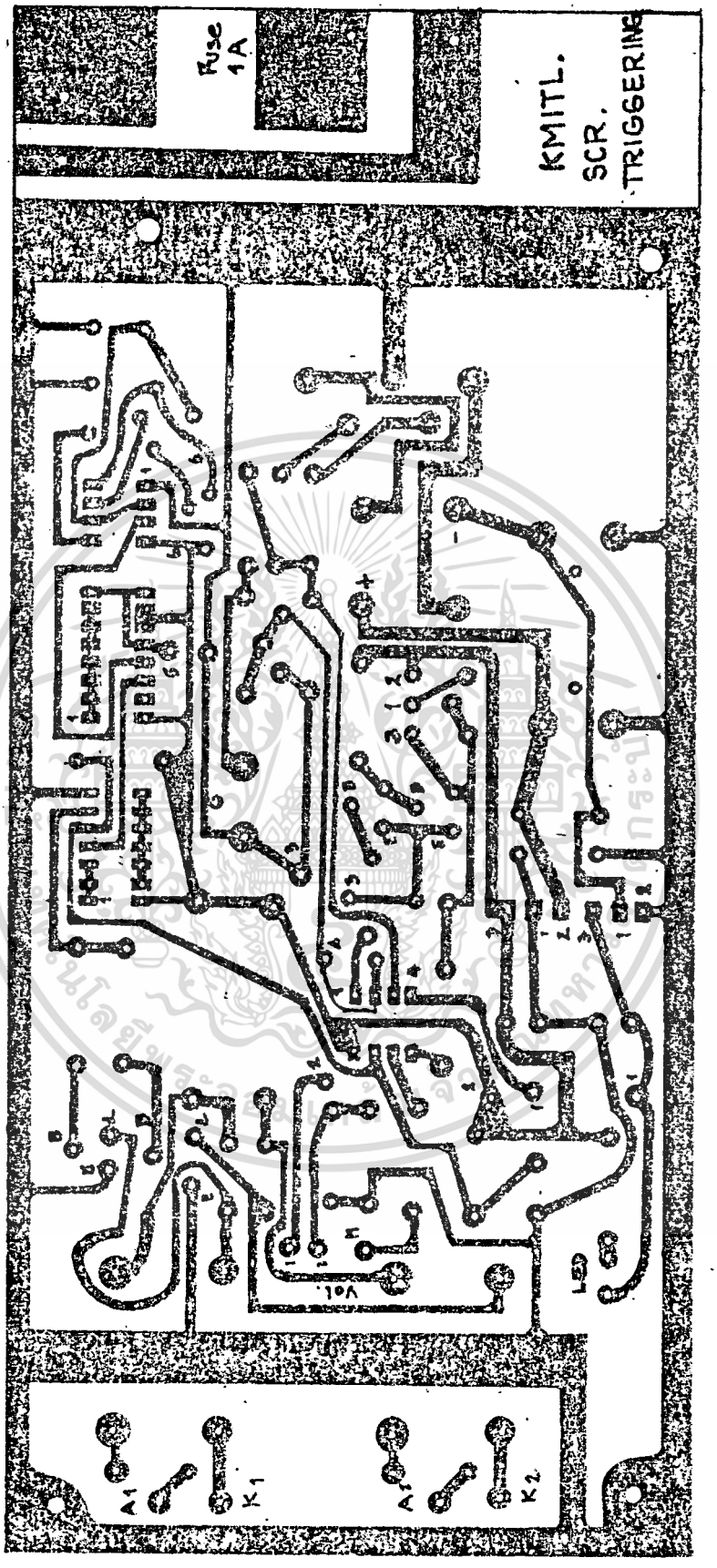
เมื่อจ่ายไฟ 220 โวลท์ให้แก่หม้อแปลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะถูกแปลงให้ลดต่ำลงเหลือ 9 โวลท์และ 15 โวลท์ ทางด้าน 9 โวลท์ถูกเรียงกระแสแบบฟูลเวบเซนเตอร์แท็บแล้วจัดส่งไปยังขา 3 ของไอซี 4/1 (LF 353) เพื่อเปรียบเทียบ (Comparetive) กับแรงดันกระแสตรงซึ่งผ่านการฟิลเตอร์ด้วย C3 และถูกลดแรงดันลงเหลือประมาณ 0.7 โวลท์ ด้วย R3 และ VR 2 ที่ขา 2 ของไอซี 4/1 ออกไปยังขา 1 และถูกส่งไปยังชุดกำเนิดสัญญาณแรมพ์ (Ramp Generator) ซึ่งประกอบไปด้วย Q_1 และ Q_2 ที่ต่อแบบคาร์ลิงตัน ไอซี 5 (LM 334) เป็นตัวควบคุมแรงดันขาออกให้คงที่สามารถปรับได้ด้วยตัว VR_3 เพื่อให้ได้แรงดันขาออก 10 โวลท์ และถูกส่งต่อไปยังไอซี 4/2 ที่ขา 5

ทางด้าน 15 โวลท์ ถูกเรียงกระแสแบบฟูลเวบเซนเตอร์แท็บคู่ โดยผ่านการฟิลเตอร์และควบคุมแรงดันให้คงที่แบบไอซี Regulated 15 โวลท์ บวก,ลบ จ่ายให้กับไอซีทุกตัวในวงจร และถูกส่งไปควบคุมระดับแรงดันด้วย Volume 100 k เพื่อส่งไปเปรียบเทียบกับสัญญาณแรมพ์ที่ขา 6 ของไอซี 4/2 ออกที่ขา 7 เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่สามารถปรับขนาดความกว้างของสัญญาณได้ โดยมีขนาดความสูง 15 โวลท์ ส่งไปยังไอซี 3

ที่ไอซี 1 ใช้วงจรตั้งเวลาแบบอะสเตเบิ้ลปรับความถี่ที่ VR 1 ได้ความถี่ที่ต้องการประมาณ 20 กิโลเฮิทซ์ จ่ายให้กับไอซี 2 ซึ่งเป็นวงจรฟลิบฟลอปแบบโมโน (Flip-Flop (mono) ออกไปยังขา 4 ของไอซี 3 เพื่อผสมสัญญาณกับสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มาจากไอซี 4/2 ที่ตัวไอซี 3 เป็นแบบแอนด์เกท (AND gate) จะทำการผสมสัญญาณทั้งสองเข้าด้วยกันเป็นพัลส์เทรน (Pulse train) สัญญาณถูกส่งออกไปยังขา 6 ให้แก่ Q_3 และ Q_4 เพื่อขยายระดับสัญญาณให้พอเหมาะแก่หม้อแปลงที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ (Pulse Transformer) และถูกส่งไปยังขาเกทและขาคาโทรดของเอสซีอาร์ต่อไป

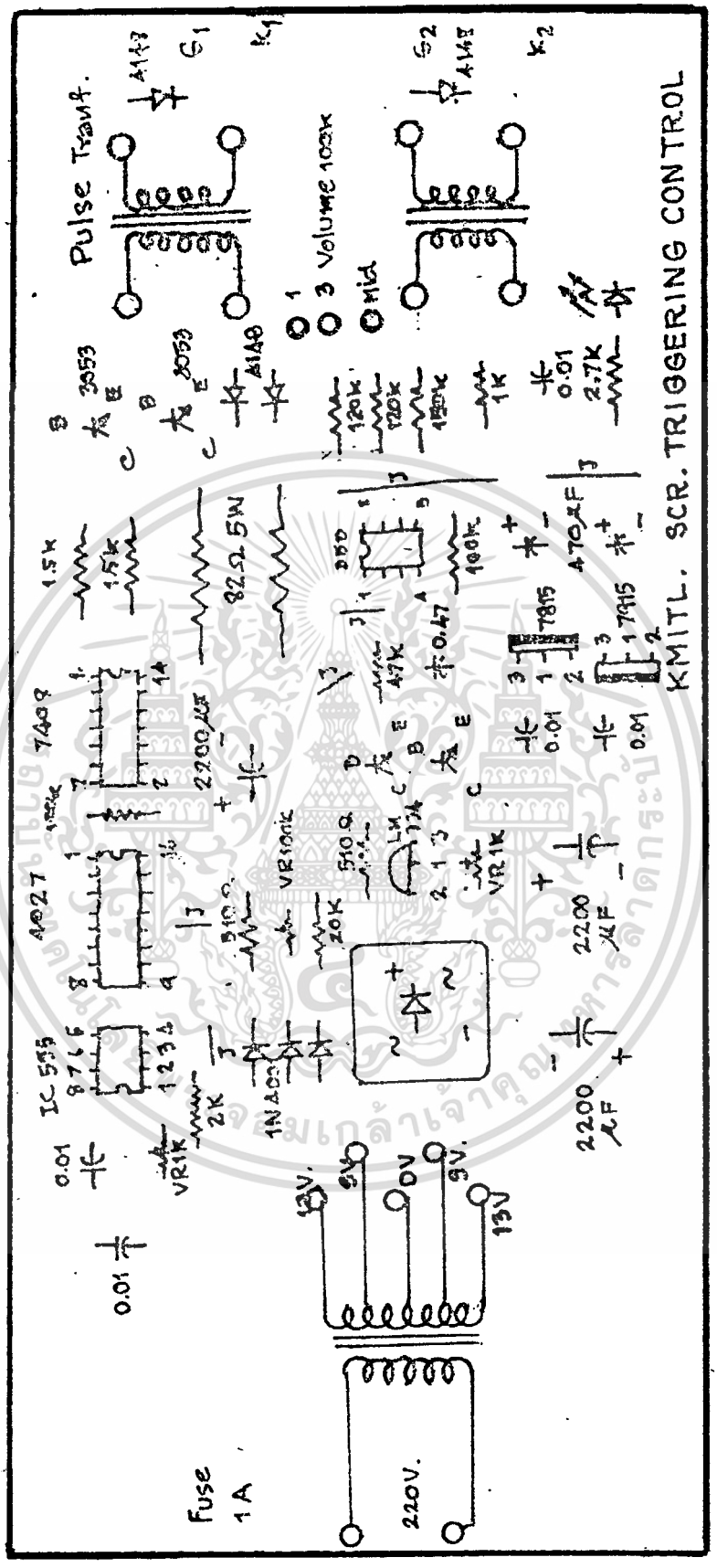
เหตุผลที่ต้องใช้หม้อแปลงเป็นตัวขยายและแปลงสัญญาณก็เพื่อป้องกันไฟแรงสูงของทางด้านไฟฟ้ากำลังมาทำความเสียหายให้กับวงจรทริกเกอร์ และหม้อแปลงที่ใช้ต้องเป็นชนิดแกนเฟอร์ไรท์เพราะสัญญาณที่ถูกส่งมามีความถี่สูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-4 แสดงลายวงจร

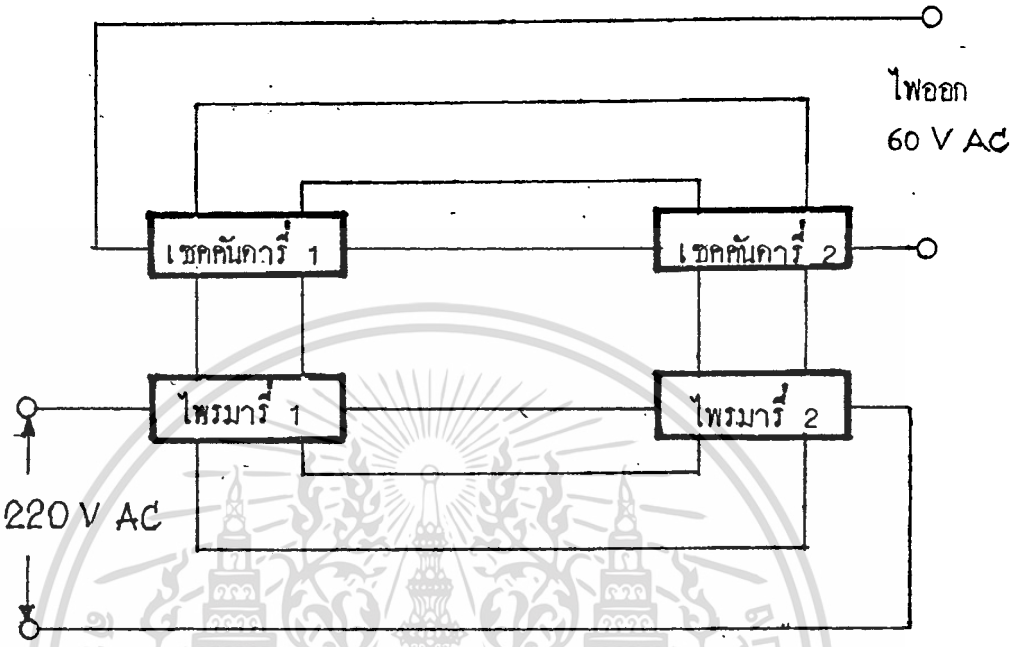
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5-5 แสดงการลงอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การพันขดลวด



รูป 5-9 แสดงการต่อขดลวดชุดต่าง ๆ

เมื่อคำนวณจำนวนรอบของขดลวดทั้งชุดไพรมารี่และชุดเซคคันดารี่ตลอดจนการหาขนาดเบอร์ลวดแล้ว ก็ลงมือปฏิบัติการพันขดลวดโดยทำเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะต้องใช้ไว้ให้พร้อม
2. แบ่งขดลวดเป็นชุด ๆ จำนวน 2 ชุด เท่า ๆ กัน
   ขดลวดไพรมารี่จำนวน 70 รอบต่อชุด
   ขดลวดเซคคันดารี่จำนวน 19 รอบต่อชุด
3. การพันให้พันในแนวตั้งทับกัน แล้วนำมาต่ออนุกรมกันดังรูป 5-7
4. ตรวจสอบการต่อสายให้เรียบร้อย นำไปอาบน้ำยาวานิชแล้วทำการอบ
5. นำมาประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การสร้างเครื่องเชื่อม

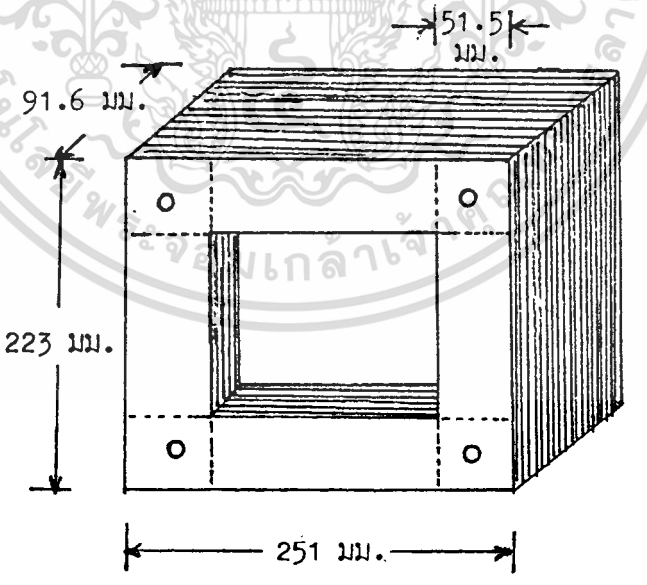
ในการสร้างเครื่องเชื่อมจะเป็นการสร้างหม้อแปลงที่ใช้ในการเชื่อม ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ คือ

5.2.1 การคำนวณ

ในการสร้างหม้อแปลงสำหรับเครื่องเชื่อมเลือกใช้แกนเหล็กรูปตัว C เพราะให้ผลทางกระแสเชื่อมที่ดีที่สุด จากการทดลองใช้แกนเหล็กรูปตัว E และตัว I แล้ว ปรากฏว่ากระแสเชื่อมที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

- ไฟออกที่หัวเชื่อม 60 โวลท์
- B_m = 1.5 เทสลา (เครื่องเชื่อมจะทำงานได้ดีเมื่อแกนเหล็กถึงจุดอิ่มตัว)



รูป 5-8 ขนาดแกนเหล็ก มาตราส่วน 1 : 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาพื้นที่ = 0.0916 x 0.0515

= 0.0047 ตารางเมตร

ใช้ Bm = 1.5 เทสลา

$$N1 = \frac{E1}{4.44\ f Bm A}$$

$$= \frac{220}{4.44 \times 50 \times 1.5 \times 0.0047}$$

N1 = 140 รอบ

$$N2 = \frac{E2 \times N1}{E1}$$

$$= \frac{60 \times 140}{220}$$

= 38 รอบ

จำนวนรอบทางไพรมารี่ 140 รอบ

จำนวนรอบทางเซคคันดารี่ 38 รอบ

<u>การหาขนาดลวด</u>

ขดลวดไพรมารี่ใช้ขนาด 11.04 ตารางมิลลิเมตร

(1.2 มม. x 9.2 มม.)

ใช้ลวดเบอร์ 9 SWG

จ่ายกระแสได้ 50 แอมแปร์

ขดลวดเซคคันดารี่ใช้ขนาด 30 ตารางมิลลิเมตร

(3 มม. x 10 มม.)

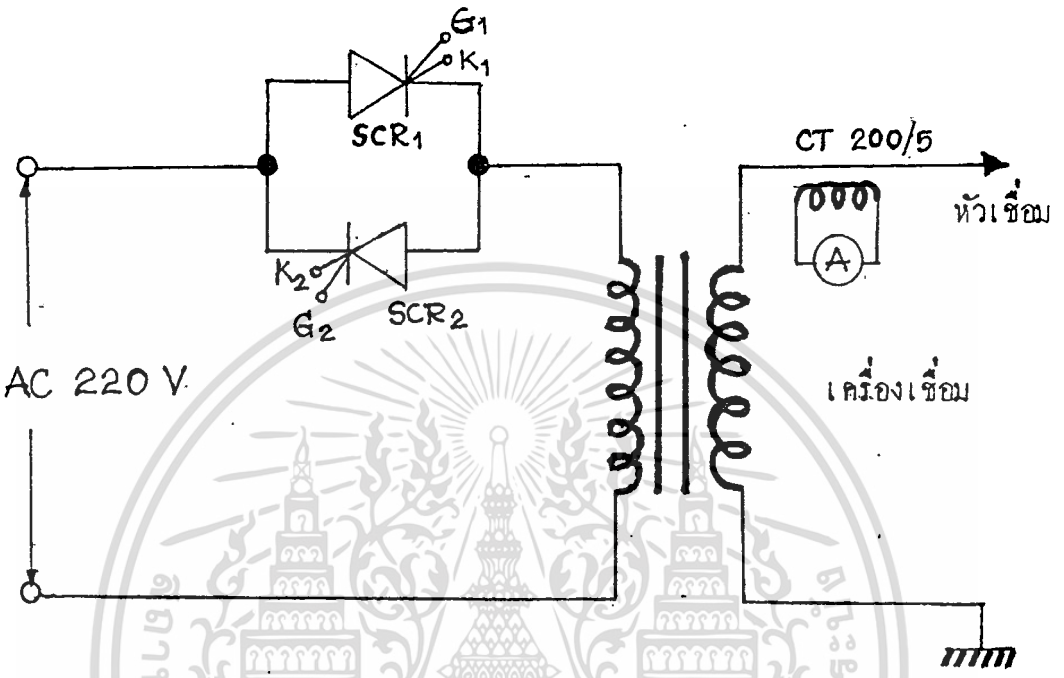
ใช้ลวดเบอร์ 4 SWG

จ่ายกระแสได้ 120 แอมแปร์ หรือสูงสุด 200 แอมแปร์

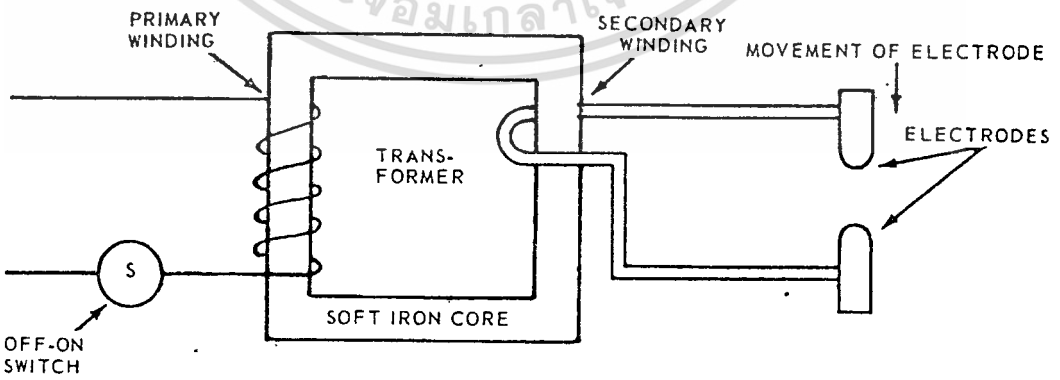
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 วงจรกำลัง (Power Circuit)

ในปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ได้นำ SCR มาใช้งาน 2 ตัว โดยการต่อกลับขั้วกัน ดังรูป 5-4 วงจรกำลังเป็นวงจรที่ทำงานโดยต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์



รูป 5-6 แสดงการต่อวงจรกำลัง



รูป 5-7 แสดงการต่อวงจรของเครื่องเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 รายการอุปกรณ์

จะแยกเป็น 2 รายการ

5.3.1 รายการอุปกรณ์วงจรอิเล็คทรอนิคส์

จำนวน	รายการ	ราคา/หน่วย	บาท
1	รีซิสเตอร์ 2 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
2	รีซิสเตอร์ 100 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	1.50
2	รีซิสเตอร์ 510 Ω 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	1.50
1	รีซิสเตอร์ 20 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
1	รีซิสเตอร์ 47 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
1	รีซิสเตอร์ 150 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
2	รีซิสเตอร์ 1.5 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	1.5
1	รีซิสเตอร์ 2.7 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
1	รีซิสเตอร์ 1 kΩ 1/4 วัตต์ 1 %	0.75	0.75
2	รีซิสเตอร์ 82 Ω 5 วัตต์ 1 %	8	16
2	รีซิสเตอร์ 30kΩ 1/4 วัตต์ 5 %	0.25	.50
1	รีซิสเตอร์ 60kΩ 1/4 วัตต์ 5 %	0.25	0.25
2	เกือกม้า 1 kΩ	3	6
1	เกือกม้า 100kΩ	3	3
5	คอนเดนเซอร์ 0.01 μF 100 โวลท์โพลีเอสเตอร์	3	15
3	คอนเดนเซอร์ 2200 μF 25 โวลท์อิเล็กโทรไลท์	15	45
2	คอนเดนเซอร์ 470 μF 25 โวลท์อิเล็กโทรไลท์	12	24
1	คอนเดนเซอร์ 0.47 μF 100 โวลท์โพลีเอสเตอร์	5	5
1	ไดโอด บริดจ์ 3 แอมป์ 100 โวลท์	20	20
3	ไดโอด บริดจ์ 1 N 4001	1	3
4	ไดโอด บริดจ์ 1 N 4148	1	4
1	LED ไดโอดเปล่งแสง	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน	รายการ	ราคา/หน่วย	บาท
2	ทรานซิสเตอร์ 2N 2222	6	12
2	ทรานซิสเตอร์ 2N 3053	12	24
1	ไอซี ไทเมอร์ 555	8	8
1	ไอซี ฟลิปฟลอป 4027	12	12
1	ไอซี 74 c08	8	8
1	ไอซี LF 353	16	16
1	ไอซี เรกกูเลท 7815	12	12
1	ไอซี เรกกูเลท 7915	13	13
1	ไอซี เรกกูเลท LM 334	30	30
1	หม้อแปลง 220/15, 9, 0, 9, 15 โวลท์ 1 แอมป์	45	45
2	หม้อแปลงแกนเฟอไรท์ ขนาดกว้าง 1 ซม., ยาว 2.5 ซม., สูง 2.5 ซม. พันขดลวดเบอร์ 24 200/100 รอบ	60	120
1	แผ่นปรินท์ ขนาดตามแบบ	40	40
1	ฟิวส์พร้อมฐานฟิวส์ 1 แอมป์	5	5
1	สวิทช์ปิดเปิด แบบมีไฟ	25	25
1	โวลลุ่ม 100 k B พร้อมลูกบิด	18	18
2	เอสซีอาร์ เบอร์ 88 S12 พร้อมแผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่	650	1300
	รวม		1840.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 รายการอุปกรณ์หม้อแปลงเครื่องเชื่อม

จำนวน	รายการ	ราคา/หน่วย	บาท
15 กิโล	แกนหม้อแปลงตัว I	40	600
3.5 กิโล	ลวดทองแดง ขนาด 8.2 มม. x 9.2 มม.	100	350
4 กิโล	ลวดทองแดง ขนาด 3 มม. x 10 มม.	100	400
1	Panal Ammeter 0-5 A	280	280
1	Current Transformer 200/5	350	350
	รวม		1,980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

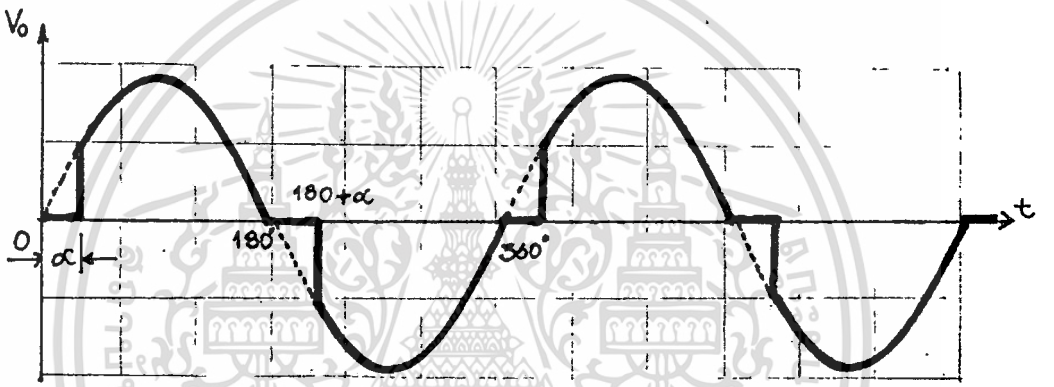
บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

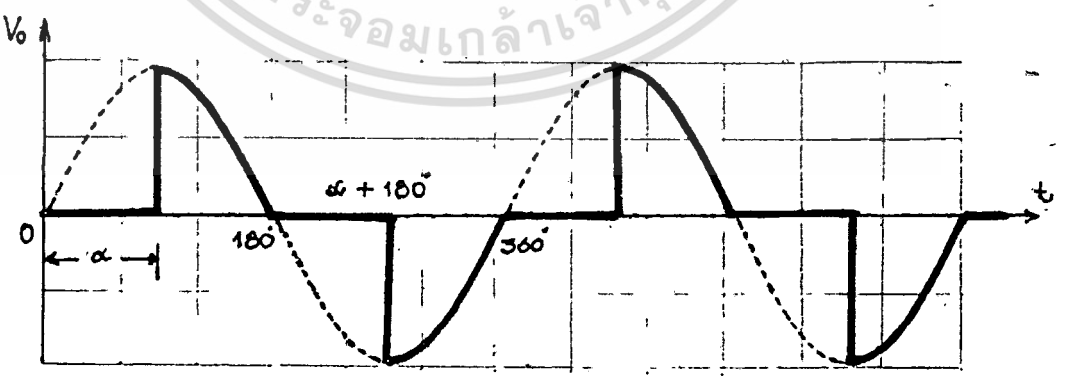
ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

6.1 การทดลองวงจรทริกเกอร์

ในการทดลองวงจรทริกเกอร์ ใช้กับหม้อแปลงในขณะที่มีโหลดและไม่จ่ายโหลด จะได้ลักษณะสัญญาณที่มุม ค่าต่าง ๆ ดังรูป

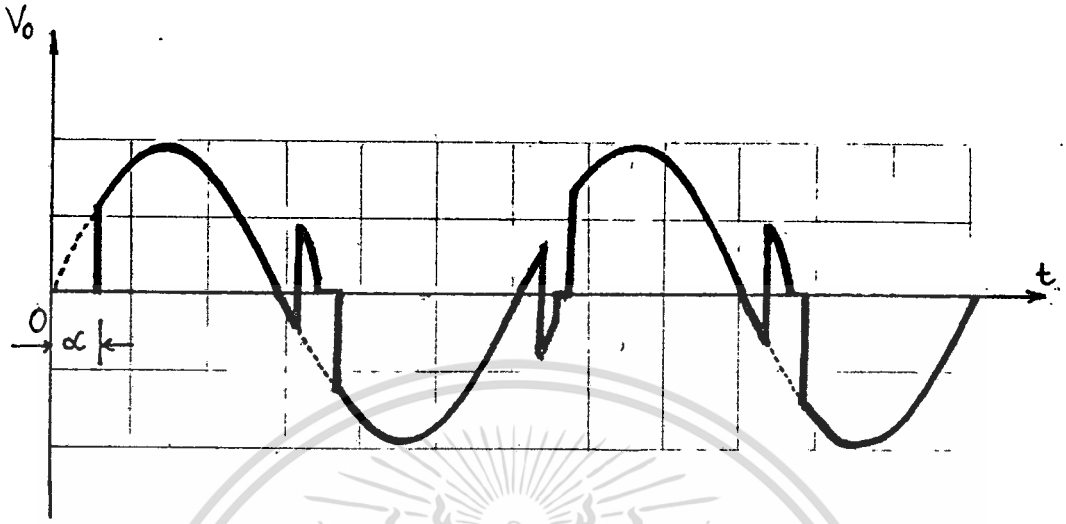


รูป 6-1 ลักษณะสัญญาณที่ได้เมื่อมุม $\alpha \simeq 30^{\circ}$ และหม้อแปลงมีโหลด R หรือลัดวงจร

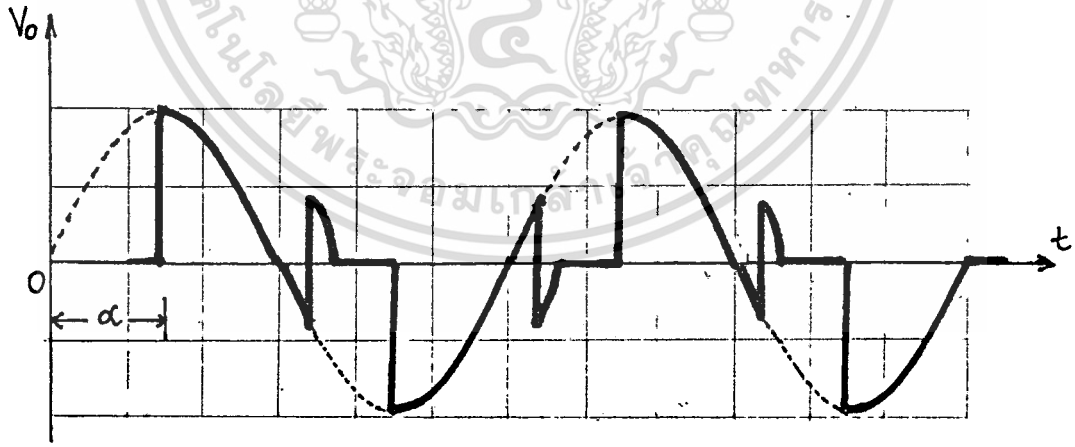


รูป 6-2 ลักษณะสัญญาณที่ได้เมื่อมุม $\alpha \simeq 90^{\circ}$ และหม้อแปลงมีโหลด R หรือลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6-3 ลักษณะสัญญาณที่ได้เมื่อมุม $\alpha \simeq 30^{\circ}$ และหม้อแปลงไม่จ่ายโหลด

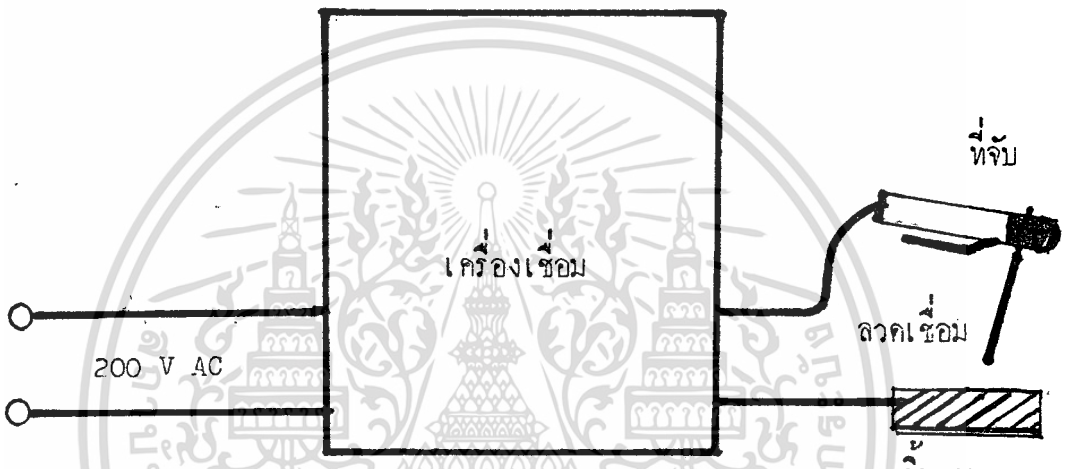


รูป 6-4 ลักษณะสัญญาณที่ได้เมื่อมุม $\alpha \simeq 90^{\circ}$ และหม้อแปลงไม่จ่ายโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองเครื่องเชื่อมและผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องเชื่อมชนิดที่ควบคุมแรงดันด้วยเอสซีอาร์ จะต้องทำการต่อวงจรการทดลองเชื่อมดังรูป 6-5



รูป 6-5 แสดงการต่อวงจรการเชื่อม

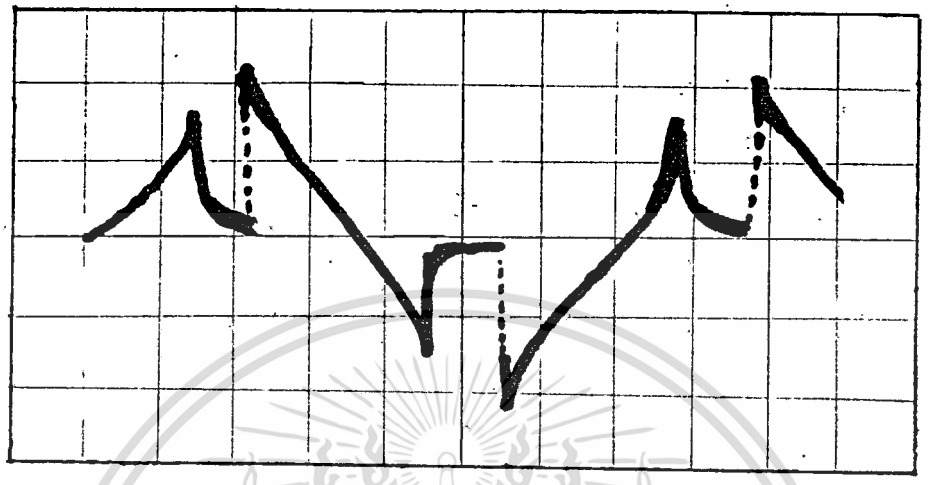
เมื่อต่อวงจรการเชื่อมเสร็จแล้วก็ทำการทดลอง ซึ่งผลการทดลองแสดงในตาราง 6-1 ในการทดลองได้วัดลักษณะสัญญาณทั้งก่อนการเชื่อม และขณะทำการเชื่อม โดยปรับลูกบิดไปที่ค่าต่าง ๆ

เมื่อปรับไว้ที่ 6.5 กระแสเชื่อม 80-100 A

8 กระแสเชื่อม 140-180 A

ใช้ลวดเชื่อมขนาด 3.2 มิลลิเมตร ค่าแรงดันประมาณ 35 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

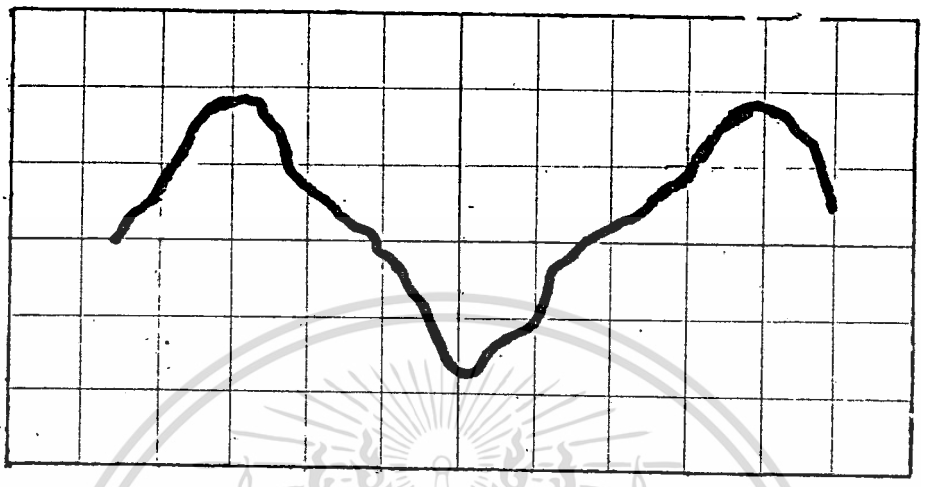
(ข)

รูป 6-6 แสดงลักษณะสัญญาณ เมื่อปรับปุ่มไว้ที่หมายเลข 6.5

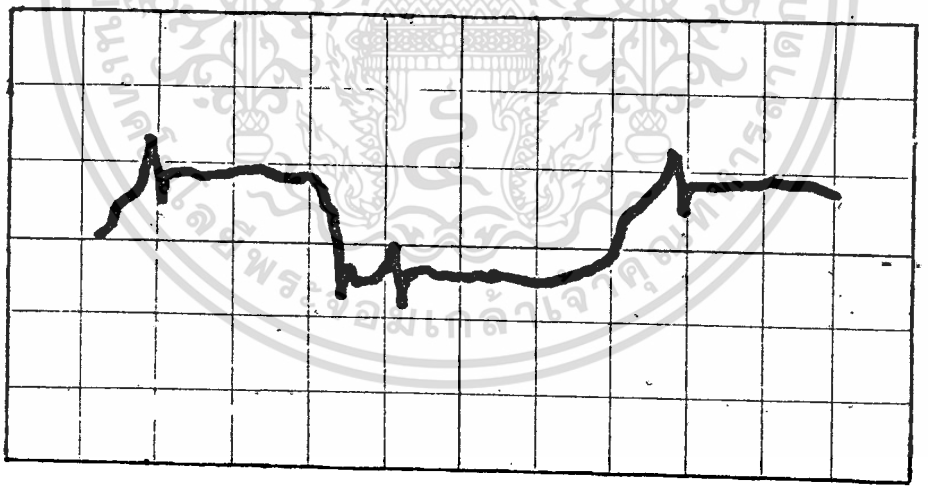
(ก) ก่อนการเชื่อม

(ข) ขณะทำการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูป 6-7 แสดงลักษณะสัญญาณ เมื่อปรับปุ่มไว้ที่หมายเลข 8

(ก) ก่อนการเชื่อม

(ข) ขณะทำการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเหล็ก (มม.)	ขนาดลวดเชื่อม(มม.)	Vpri (V)	Vsec (V)	Varc (V)	Iin (A)	Iout (A)	แนวเชื่อม
5	3.2	29	40	28	40	110	ซึมลึกดี
5	1.6	29	40	28	40	110	ซึมลึก ลวดไหม้เร็ว
5	3.2	38	35	23	35	90	ซึมกำลังดี
5	1.6	38	35	23	35	90	ดีกว่า 3.2
5	3.2	105	30	23	28	60	ไม่ดี (ติด)
5	1.6	105	30	23	28	60	ดี แต่ไม่ซึม
1.5	1.6	105	30	21	28	55	ดี แต่มักทะลุ
1.5	1.6	130	25	18	24	45	ดี แต่เชื่อมยาก
1.5	1.6	120	27	20	26	50	ดี แต่เชื่อมยาก
2.5	3.2	120	30	20	30	70	ดีพอใช้
2.5	3.2	5	45	32	60	160	ตัดเหล็ก
5	3.2	3	50	35	80	190	ตัดเหล็ก

ตาราง 6-1 แสดงผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Current and Voltage Ranges for Mild-and Low-alloy-steel Electrodes*

Electrode diameter,		EXX10 and EXX11		E6012		EXX13		EXX15 and EXX16		EXX20 and EXX30	
mm.	in.	Current, amp	Arc voltage	Current, amp	Arc voltage	Current, amp	Arc voltage	Current, amp	Arc voltage	Current, amp	Arc voltage
1.59	1/16	20–40	20–22	20–40	17–20	20–40	17–20				
1.98	5/64	25–60	20–22	25–60	17–21	25–50	17–20				
2.38	3/32	30–80	22–24	30–80	17–21	30–80	17–21	70–110	20–22		
3.18	1/8	80–120	24–26	80–130	18–22	70–120	18–22	100–150	20–22	100–140	24–28
3.97	5/32	120–160	24–26	120–180	18–22	120–170	18–22	135–200	21–23	120–180	26–30
4.76	3/16	140–220	26–30	140–250	20–24	140–240	20–24	160–240	22–24	175–250	30–36
5.56	7/32	170–250	26–30	170–300	20–24	170–300	21–25	200–320	23–25	200–325	30–36
6.35	1/4	200–300	28–32	200–400	20–24	200–350	22–26	300–375	24–27	250–400	30–36
7.94	5/16	250–450	28–32	250–500	22–26	250–450	23–27	350–450	24–28	350–450	32–38

Note . Currents and voltages nearer the lower limits should be used in the vertical and overhead positions.

*From AWS Welding Handbook, 3d ed., 1950, Chap. 38.

ตาราง 6-2

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการดัดแปลงการใช้งานของเครื่องเชื่อม ซึ่งมีหนังสือที่ใช้อ้างอิงไม่มากนัก ต้องรวบรวมเอาจากประสพการณ์ของผู้ที่เกี่ยวข้อง คิดว่าอาจจะทำให้โครงงานนี้ไม่สมบูรณ์แบบนัก แต่ก็หวังได้ว่าโครงงานนี้ จะใช้เป็นจุดอ้างอิงแก่ผู้ที่สนใจศึกษาด้านนี้ต่อไป

ปกติแล้วเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ มักจะปรับกระแสในการเชื่อมด้วยระบบทางกล (Mechanical) คือการเลื่อนขดลวดหรือแกน ซึ่งเป็นการไม่สะดวกในการใช้งาน และมีขนาดใหญ่ อีกทั้งน้ำหนักมาก การผลิตยากและมีราคาแพง ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้ทำเครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงธรรมดา ควบคุมด้วยวงจรเพาเวอร์อิเล็คทรอนิคส์

เครื่องเชื่อมไฟฟ้าที่ทำในโครงงานนี้มีข้อดี และข้อเสียต่าง ๆ กัน ดังนี้

ข้อดี

- เป็นการนำเอาความรู้ทางด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับเพาเวอร์อิเล็คทรอนิคส์มาใช้ประยุกต์ร่วมกับเครื่องเชื่อม ซึ่งจะเป็นแนวทางการใช้งานด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- การจัดสร้างไม่ค่อยยุ่งยาก สามารถใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีอยู่ทั่ว ๆ ไปได้
- สามารถใช้งานได้เหมือนกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป

ข้อเสีย

- เนื่องจากเป็นการสร้างเป็นเครื่องแรก ขั้นตอนในการทำงานต่าง ๆ มักมีความยุ่งยาก เพราะต้องทำการทดลองให้ได้ผลเป็นที่ใช้ได้
- การเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องตรวจดูให้ละเอียด จึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายทางด้านอุปกรณ์ค่อนข้างมาก
- การปรับกระแสในการเชื่อมยังไม่ละเอียดพอ ทำให้การดูกระแสลำบาก แต่ก็ยังสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในการเชื่อม การตั้งกระแสเชื่อมซึ่งจะเริ่มเชื่อมได้ตั้งแต่หมายเลข 6 โดยการใช้ลวดเชื่อมขนาด 3.2 มม.

ปรับไว้ที่หมายเลข 6.5	กระแสเชื่อม	80 - 100 A	กระแสเชื่อมมีสะเก็ดแตก
หมายเลข 7	กระแสเชื่อม	120 - 160 A	การเชื่อมเริ่มดี
หมายเลข 8	กระแสเชื่อม	140 - 180 A	ลวดเชื่อมไหม้เร็ว

ในการปรับกระแสเชื่อมต้องคำนึงถึงขนาดชิ้นงานและขนาดลวดเชื่อมด้วยเพื่อให้เหมาะสมและสอดคล้องกัน

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจในการออกแบบเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

1. ในการออกแบบควรสอบถามราคาอุปกรณ์ให้แน่นอนก่อน เพราะราคาอุปกรณ์อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ โดยเฉพาะราคาของตัวเอสซีอาร์ต้องใช้ขนาดที่ทนกระแสได้สูงพอสมควร
2. สายไฟที่ใช้เป็นสายเชื่อมต้องมีขนาดใหญ่ทนกระแสได้สูง ๆ
3. ขั้วต่อสายทั้งไฟเข้าและไฟออก ควรจะออกแบบให้ดี ติดตั้งให้แน่นหนาแข็งแรง เพราะถ้าหากสายหลุดจะทำให้เกิดอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลือจาก

รองศาสตราจารย์ วิริยะ พิเชฐจำเริญ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับโครงงาน และข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ทำปริญญานิพนธ์ในเรื่องนี้

จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วิเชียร คชานุกูล, "การเชื่อมขั้นพื้นฐาน", วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ, 113 หน้า, 2523

2. ผศ. อดิศักดิ์ วรรณะวัลย์, "พื้นฐานวิศวกรรมการเชื่อม (เชื่อมไฟฟ้า)", คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์, 136 หน้า, 2527

3. อุดมศักดิ์ ยั่งยืน, "Power Electronics I", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี, 255 หน้า, 2528

4. Andrew D. Althouse, "Modern Welding", Goodheart - Willcox, 752 p., 1980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้