



การสตาร์ทอินดักชันมอเตอร์ด้วย SCR
(Solid state starter for 3 phase induction motor)

โดย

นาย นันทวัฒน์ ชันติดีลวงษา 34104178
นาย ปรัชญา มั่นศักดิ์ 34104212
นาย นิพนธ์ เล็กนอก 34104182
นาย บุรณิส โรจนายน 34104191

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ พิชิต ล้ายอง

วัน เดือน ปี.....	19 ๗.๐. ๒5๖๑
เลขทะเบียน.....	๐๓4๑๖๑
เลขเรียกหนังสือ.....	ท๒๑๒๖๑ ๔๖๖

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

ปริญญาโทปีการศึกษา 25๖7

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง การสแตร์ทอินดิคชั่นมอเตอร์ด้วย SCR

ผู้จัดทำ

1. นายณัฏวัฒน์ ขันดีติลางษา
2. นายปรัชญา มั่นศักดิ์
๓. นายนิพนธ์ เล็กนอก
4. นายบูรณิส โรจนายน



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พิชิต ล้ายอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญรูป	III
บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการทำงานของ Induction Motor	2
บทที่ 3 หลักการทำงานของ Solid State Control Rectify	8
บทที่ 4 วิธีสตาร์ท Induction Motor	14
บทที่ 5 การสตาร์ท Induction Motor โดยใช้ Phase Control	19
บทที่ 6 ผลการทดลอง	26
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	
หนังสืออ้างอิง	

การสตาร์ทอินดักชั่นมอเตอร์ด้วย SCR

นาย นันทวัฒน์ ชันติติลวงษา

นาย ปรัชญา มั่นศักดิ์

นาย นิพนธ์ เลิกนอก

นาย บุรณิส โรจนายน

อ. พิชิต ล้ำยอง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

เนื่องจากการสตาร์ท induction machine กระแสที่เข้าสู่มอเตอร์จะมีค่าสูงมาก ประมาณ 5-8 เท่าของกระแสที่พิกัด ประกอบกับช่วงสตาร์ท torque จะมีค่าต่ำมาก ดังนั้น การสตาร์ท induction motor จึงต้องมีวิธีการเป็นพิเศษในการสตาร์ท ซึ่งก็มีหลายวิธีด้วยกัน แต่ในที่นี้จะทำการใช้ SCR ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ด้าน Power Electronics มาประยุกต์ใช้

โดยใน Project ชิ้นนี้ จะนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์ electronics ซึ่งจะอาศัยหลักการของ phase control โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะ ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานตามค่า input ที่ได้รับและส่งผลไปยังวงจร electronics อื่นๆ ที่จากนั้นส่วนของวงจรจะทำการส่งสัญญาณไปทริก scr ที่ตำแหน่งต่าง ๆ อีกทีหนึ่งซึ่งจะทำ เช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าสัญญาณจะเต็มลูกคลื่น

Solid state starter for 3 phase induction motor

Nantawat Kantidilokwongsa

Phrajya Mansak

Nipon Leoknok

Buranis Rochanayon

Pichit Lamyong Advisor

2537

abstract

Because of starting of induction motor that have very high current about 5-8 times of rated current and low startign torque , therefore starting of induction motor would have special method. At this place will use "SOLID STATE (SCR)" that the device of power electronics will apply to use in starting of induction motor

SCR will be controlled by microcontroller (MCS-51). MCS-51 will get the value that is the input (percent voltage and time) ,after that it will use input to comply and send the binary code to digital to analog circuit for build the triging signal from electronics circuit . The triging signal will send to drive solid state device .

III

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงส่วนของ Stator	5
รูปที่ 2.2 แสดงตัวหมุนกรงกระรอก	8
รูปที่ 2.3 แสดงตัวหมุนที่มีขั้วลวดพันอยู่รอบๆ	7
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบและสัญลักษณ์ของ SCR	8
รูปที่ 3.2 แสดงรูปร่างภายนอกของ SCR	9
รูปที่ 3.3 แสดงรูปร่างไดโอดแบบ Stud และแบบ Disk-type	10
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของ SCR	10
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรตามกระแสของ SCR	11
รูปที่ 3.8 คุณสมบัติของ SCR ในสถานะ Steady-state	12
รูปที่ 4.1 วงจรสตาร์ทโดยตรง	14
รูปที่ 4.2 วงจรสตาร์ทแบบสตาร์ทเตลต้า	18
รูปที่ 4.3 วงจรสตาร์ทแบบออโต้ทรานซ์ฟอร์เมอร์อันดับ กับมอเตอร์	17
รูปที่ 4.4 วงจรสตาร์ท Induction Motor แบบ Wound Rotor	18
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โวลต์เดจกับเวลา ขณะสตาร์ท	19
รูปที่ 5.1 สัญญาณ Saw Tooth	20
รูปที่ 5.2 แสดงถึงจุดตัดของ DC-Voltage บนสัญญาณ Saw Tooth ที่ตำแหน่งมุม Trig ต่างๆ	21
รูปที่ 5.3 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียว ในตระกูล 51	22

รูปที่ 5.4 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของ MCS-51	23
รูปที่ 5.5 รูปแสดง Block Diagram ของ MCS-51	23
รูปที่ 5.8 รูปแสดง Block Diagram ของ IC 8255	24
รูปที่ 5.7 โฟล์ชชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	28
รูปที่ 8.1 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสที่เปอร์เซ็นต์โวลต์เตจ เริ่มต้น 20 % ช่วงเวลา 10 วินาที ในสถานะที่ไม่มีโหลด	27
รูปที่ 8.2 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสที่เปอร์เซ็นต์โวลต์เตจ เริ่มต้น 40 % ช่วงเวลา 10 วินาที ในสถานะที่ไม่มีโหลด	28
รูปที่ 8.3 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสขณะสตาร์ทแบบ Direct Online ในสถานะที่ไม่มีโหลด	29
รูปที่ 8.4 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสที่เปอร์เซ็นต์โวลต์เตจ เริ่มต้น 20 % ช่วงเวลา 10 วินาที ในสถานะที่มี โหลด 3 กิโลกรัม	30
รูปที่ 8.5 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสที่เปอร์เซ็นต์โวลต์เตจ เริ่มต้น 40 % ช่วงเวลา 10 วินาที ในสถานะที่มี โหลด 3 กิโลกรัม	31
รูปที่ 8.8 แสดงค่าโวลต์เตจและกระแสขณะสตาร์ทแบบ Direct Online ในสถานะที่มีโหลด 3 กิโลกรัม	32
รูปที่ 8.7 เป็นภาพขยายจากการสตาร์ทแบบ Direct Online ในสถานะที่มีโหลด 3 กิโลกรัม	33

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 6.8 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	34
รูปที่ 6.9 แรงดันขณะวินาทีที่ 15 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	34
รูปที่ 6.10 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	35
รูปที่ 6.11 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท	35
รูปที่ 6.12 แรงดันขณะที่มอเตอร์ต่อแบบสตาร์ กำลังรันอยู่	36
รูปที่ 6.13 แรงดันขณะวินาทีที่ 20 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	36
รูปที่ 6.14 แรงดันขณะวินาทีที่ 120 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	37
รูปที่ 6.15 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 120 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	37
รูปที่ 6.16 แรงดันขณะวินาทีที่ 4 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์	38
รูปที่ 6.17 แรงดันขณะวินาทีที่ 10 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	38
รูปที่ 6.18 แรงดันขณะวินาทีที่ 7 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	39
รูปที่ 6.19 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสแตร์ท 20 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	39

รูปที่ 6. 20	แรงดันขณะวินาทีที่ 15 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 20 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	40
รูปที่ 6.21	แรงดันของมอเตอร์ต่อแบบเคลด้า ขณะที่กำลังรันอยู่	40
รูปที่ 6. 22	แรงดันขณะวินาทีที่ 30 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	41
รูปที่ 6. 23	แรงดันขณะวินาทีที่ 65 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	41
รูปที่ 6. 24	แรงดันขณะวินาทีที่ 75 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	42
รูปที่ 6. 25	แรงดันขณะวินาทีที่ 85 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	42
รูปที่ 6. 26	แรงดันขณะวินาทีที่ 120 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	43
รูปที่ 6. 27	แรงดันขณะวินาทีที่ 67 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	43
รูปที่ 6. 28	แรงดันขณะวินาทีที่ 80 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	44
รูปที่ 6. 29	แรงดันขณะวินาทีที่ 45 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	44
รูปที่ 6. 30	แรงดันขณะวินาทีที่ 60 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	45
รูปที่ 6. 31	แรงดันขณะวินาทีที่ 75 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท 120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า	45

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันตามโรงงานต่างๆ มักใช้เครื่องจักร ซึ่งต้องอาศัยมอเตอร์เสียส่วนใหญ่ในการทำงาน ซึ่งมอเตอร์ที่ว่านี้ก็มักเป็น Induction Motor ที่ใช้ไฟ 3 เฟส และในการสตาร์ท Induction Motor ตามโรงงานมักใช้วิธีการต่อแบบ สตาร์ท/เดลต้า สตาร์ท ซึ่งต้องใช้ contactor เข้าช่วย แต่เนื่องจากการสตาร์ทกระแสที่เข้าสู่ตัวมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่ากระแสที่ปกติหลายเท่า ซึ่งทำให้ต้องดูแลหน้าสัมผัส เป็นประจำ และต้องเปลี่ยน contactor บ่อย ดังนั้นโครงการนี้จะได้ประยุกต์ใช้อุปกรณ์ทาง Power Electronics (SCR) มาใช้ในการสตาร์ท Induction Motor โดยการมาควบคุมการปรับปริมาณโวลเตจที่จะป้อนเข้าสู่มอเตอร์ในการปรับความเร็วจะสามารถที่จะตั้งค่าปริมาณโวลเตจเริ่มต้นได้ และยังสามารถตั้งเวลาในการสตาร์ทได้ด้วย โดยการปรับปริมาณโวลเตจในตำแหน่งที่จะทำการ trig ควบคุมโดย Microcontroller เบอร์ 7851 (MCS-51) จะทำหน้าที่ในการรับสัญญาณ Zero Crossing Voltage จากอุปกรณ์ตรวจจับและทำการหามุมเริ่มต้น ในการ trig เมื่อหามุมได้ก็จะส่งสัญญาณให้ SCR ทำงาน และ MCS-51 ก็จะทำการเพิ่มปริมาณโวลเตจขึ้นโดยการเพิ่มมุม Trig ให้มากขึ้นและจำทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนโวลเตจได้ค่าที่พิกัด การทำเช่นนี้เป็นการควบคุมปริมาณกระแสที่เข้าสู่ตัวมอเตอร์ได้และจะทำให้การสตาร์ทมอเตอร์มีความนุ่มนวลกว่าการใช้ contactor

บทที่ 2

หลักการทํางานของ Induction Motor (Principle of Induction Motor operation)

2.1) สนามแม่เหล็กหมุน

เป็นการหมุน rotor โดยการเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กจาก stator โดยการป้อนไฟกระแสสลับเข้าที่ stator ให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่ stator เพื่อไปเหนี่ยวนำให้ rotor หมุนตาม

2.2) ความเร็วของมอเตอร์และค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ

ความเร็วเชิงโคโรนัส เมื่อทำการป้อนไฟให้กับขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้ ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ และความถี่ของไฟที่ป้อนให้มอเตอร์โดยที่ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้จะแปรผันโดยตรงกับความถี่ของระบบไฟที่ป้อนให้ แต่จะแปรผกผันกับจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ตัวนั้น ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้เรียกว่าความเร็วเชิงโคโรนัส โดย

$$\begin{aligned} N &= 120 f / p \\ \text{เมื่อ} \quad N &= \text{ความเร็วเชิงโคโรนัส - รอบต่อวินาที} \\ f &= \text{ความถี่ระบบไฟ - ไซเคิลต่อวินาที} \\ p &= \text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก-โพล (ขั้ว)} \end{aligned}$$

ความเร็วเชิงโคโรนัสและสลลิป (slip) ในความเป็นจริงแล้ว โรเตอร์ของมอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับเชิงโคโรนัสแล้ว จะไม่เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าที่โรเตอร์ จะไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำและจะไม่เกิดแรงบิดขึ้นมา คือโรเตอร์จะไม่หมุนนั่นเอง เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วเชิงโคโรนัส ความแตกต่างระหว่างความเร็วเชิงโคโรนัส และความเร็วของโรเตอร์นี้เรียกว่า สลิป (slip) หรือความเร็วสลลิป (slip speed)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น slip speed $S = N_s - N_r$ (รอบต่อ
นาที) เมื่อ

$$N_s = \text{ความเร็วซิงโครนัส (รอบต่อนาที)}$$

$$N_r = \text{ความเร็วโรเตอร์ (รอบต่อนาที)}$$

แรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและความถี่โรเตอร์ ถ้าโรเตอร์หมุนด้วยความเร็วเท่า
กับความเร็วซิงโครนัส จะไม่เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น คือไม่เกิดแรงเคลื่อน
เหนี่ยวนำ ไม่เกิดกระแสเหนี่ยวนำและก็จะไม่เกิดความถี่ขึ้นที่โรเตอร์ และค่าเท่ากับความ
ถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ณ จุดนี้ มอเตอร์จะมีสลิป = 1 ถ้ามอเตอร์มีสลิป
= 0.5 ความถี่โรเตอร์จะมีค่าครึ่งหนึ่งของความถี่ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ และมีค่ามอเตอร์มี
สลิป = 0.25 ความถี่โรเตอร์จะมีค่าเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของความถี่ป้อนให้กับมอเตอร์
ความถี่โรเตอร์จะขึ้นอยู่กับผลต่างของความเร็วซิงโครนัส และความเร็วโรเตอร์ ดังนี้

$$f_r = SF$$

เมื่อ $f_r =$ ความถี่โรเตอร์ (ไซเคิลต่อวินาที)

ดังนั้นความถี่โรเตอร์จะมีค่าเท่ากับค่าสลิปคูณกับความถี่ของระบบไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์
มอเตอร์แลลเหนี่ยวนำไม่มีวงจรไฟฟ้าต่อเชื่อมกันระหว่างตัวอยู่กับที่กับตัวหมุน
กระแสที่เกิดขึ้นให้ตัวหมุนที่ไหลอยู่ภายในแท่งตัวนำที่ฝังอยู่รอบๆตัวหมุน เกิดจากแรงเคลื่อน
ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในตัวหมุน แรงเคลื่อนไฟที่เกิดขึ้นเกิดจากสนามแม่เหล็กหมุนที่มาจาก
ตัวอยู่กับที่ ซึ่งได้กับกำลังไฟสลับมาจากภายนอก สนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นบนตัวอยู่กับที่
จะหมุนคล้ายกับการหมุนของแม่เหล็กถาวร ด้วยความเร็วเท่ากับ synchronous ซึ่งทำให้
เกิดการตัดของสนามแม่เหล็กขึ้นบนตัวนำที่อยู่บนตัวหมุน ซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับหม้อ
แปลง เมื่อมีสนามแม่เหล็กวิ่งผ่านตัวนำบนตัวหมุนจะกระแสนไหลในตัวนำขึ้น ซึ่งทำให้เกิด
แรงบิดขึ้นที่ตัวหมุนในทิศทางที่หมุนไปทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหมุน

2.3) ทฤษฎีพื้นฐานมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำ ชนิด 3 เฟส นี้ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่หมุนในขดลวด stator ไปเหนี่ยวนำตัวนำในขดลวด rotor เพื่อให้ rotor หมุน เราจึงเรียกว่า Induction motor ซึ่งหลักการทำงานโดยอาศัยการเหนี่ยวนำนี้ จะทำเป็น Generator ก็ได้โดยการหมุน rotor ไปเหนี่ยวนำให้ขด stator จ่ายไฟออกมา โดยทั่วไปแล้วเราจะทำเป็น motor มากกว่า เพราะว่าเมื่อทำเป็น Generator จะมีข้อเสียมากจึงไม่นิยมใช้

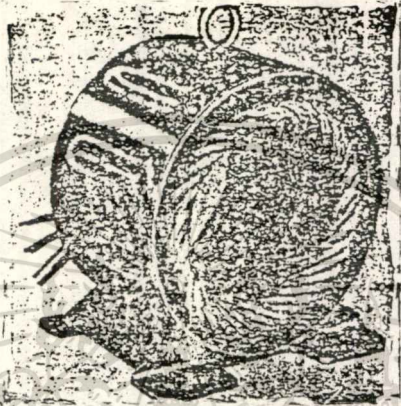
มอเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็น Induction เพราะว่าราคาไม่แพงมาก ต้องการการดูแลรักษาน้อย และมีความเร็วเกือบคงที่ คือความเร็วลดลงจากสภาพไม่มีโหลดจนกระทั่งขั้วโหลดเต็มพิกัดเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อเสียคือ

1. ความคุมความเร็วได้ยาก
2. ขณะมีโหลดน้อยจะทำงานที่ Power factor ต่ำและล่าช้า
3. ขณะเริ่มหมุน มอเตอร์จะดึงกระแสมาก โดยจะมีค่ามากประมาณ 5-8 เท่าของขณะขั้วโหลดเต็มพิกัด (กระแสไฟฟ้าที่พิกัด)

โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด 3 เฟสจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ

1. stator จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่
2. rotor ส่วนที่เป็นตัวหมุน

1. stator มีขดลวดพันอยู่ในช่อง slot โดยที่จะพันแบบเฟสเดียวหรือหลายเฟสก็ได้ โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ 3 เฟส การพันแบบสามเฟสนี้จะต้องมีจำนวนขั้วแม่เหล็กที่จะเกิดขึ้นภายในตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนของ stator

สองชนิดคือ

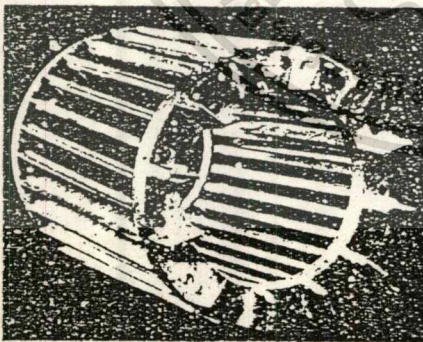
2. rotor เป็นส่วนที่หมุนของมอเตอร์ ลักษณะของ rotor จะมีอยู่

2.1 squirrel cage rotor (แบบที่ตัวหมุนคล้ายกรงกระรอก)

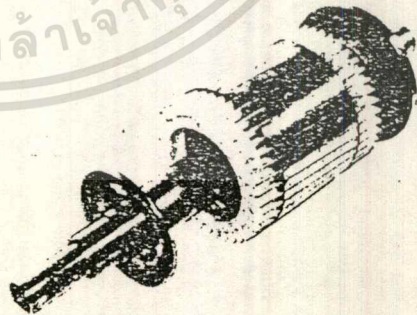
เป็นแบบที่ไม่ต้องการใช้วงแหวน (slip ring) ติดอยู่กับตัวหมุนหรือเรียกว่า non slip ring machine ประกอบด้วยตัวนำฝังอยู่ภายในตัวหมุนไปรอบๆตามผิวทรงกระบอกกลม โดยที่ตัวนำทั้งหมดนี้ต่างก็ถูกตัดวงจร ที่ปลายทั้งสองด้านของตัวหมุนด้วยตัวนำที่เป็นรูปวงแหวน ซึ่งอาจจะเป็นทองแดงหรือทองเหลืองก็ได้ จำนวนขั้วของแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวหมุนนี้ จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนขั้วที่เกิดขึ้นที่ขด stator เสมอ ตัวหมุนแบบนี้จะ

มีราคาถูกและ แข็งแรงแต่ค่า starting torque ต่ำ ตัวหมุน แบบนี้ส่วนใหญ่แล้วจะมีตัวนำฝังฝังลงในช่องที่เฉียง (skew slot) กับแกนซึ่งช่วยทำให้มอเตอร์วิ่งได้เรียบยิ่งขึ้น โดยการลด magnetic hum ตัวหมุนแบบกรงกระรอกทั้ง 2 แบบ คือ แบบที่ฝังตัวนำลงในแกนเหล็กแผ่นอาบน้ำยารูปทรงกระบอกแบบตรง ๆ ตามความยาวของตัวหมุน และตัวหมุนที่ฝังตัวนำลงในแกนเหล็กแผ่นอาบน้ำยารูปทรงกระบอกเช่นเดียวกัน แต่เป็นแบบเฉียงนี้จะใช้ตัวนำที่เป็นแท่งหนาซึ่งไม่ใช่เส้นลวดเหมือนแบบตัวหมุนชนิดที่ใช้พันด้วยขดลวด (wound rotor) ซึ่งจะเมื่อร่องนั้นเป็นแบบกึ่งปิดกึ่งเปิด (semi-closed & semi-open slot)

เนื่องจากตัวหมุนแบบกรงกระรอกนี้ ก็คือตัวนำของตัวหมุนทุก ๆ ตัว โดนลัดวงจรไว้ในตัวเองอย่างถาวร ฉะนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ ที่จะนำความต้านทานภายนอกมาต่อเพิ่มเข้าไปเพื่อใช้ในการช่วยทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน



a₁) ขดลวดตัวหมุนกรงกระรอกที่ได้จากการหล่อตามแบบด้วยแรงอัดที่ยังไม่ได้ใส่แกนเหล็กเข้าไป



a₂) ตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่สมบูรณ์แบบแล้ว

2.2 wound rotor (แบบที่ตัวหมุนมีขดลวดพันอยู่รอบๆ)

การพันที่ตัวหมุนนี้อาจเป็น 2 เฟส หรือ 3 เฟส ก็ได้ โดยที่ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวหมุนนี้ จะต้องมีความถี่เท่ากับที่มีอยู่บน stator แบบนี้ ต้องใช้วงแหวนติดไว้ที่ตัวหมุน เพื่อนำปลายของขดลวดที่พันอยู่บน rotor ต่อกันมายังวงจรรภายนอก หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ slip ring machine ” การพันขดลวดบนตัวหมุนนี้มีลักษณะการพันเช่นเดียวกับ stator โดยที่จะต้องพันให้มีจำนวนขั้วแม่เหล็กบนตัวหมุน เท่ากับจำนวนขั้วที่มีอยู่บน stator ในขณะที่มันยังทำงานอยู่ จำนวนเฟสบนตัวหมุนนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องเท่ากับจำนวนเฟสที่ stator แต่เนื่องจากว่า มอเตอร์ชนิดนี้ จะหมุนได้ก็ต่อเมื่อวงจรทางตัวหมุนต่อวงจรครบในตัว หรือขดลวดที่พันอยู่บนตัวหมุนโดนลัดวงจร ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงแหวนอื่นอีกเพื่อช่วยในการลัดวงจรถึงกัน

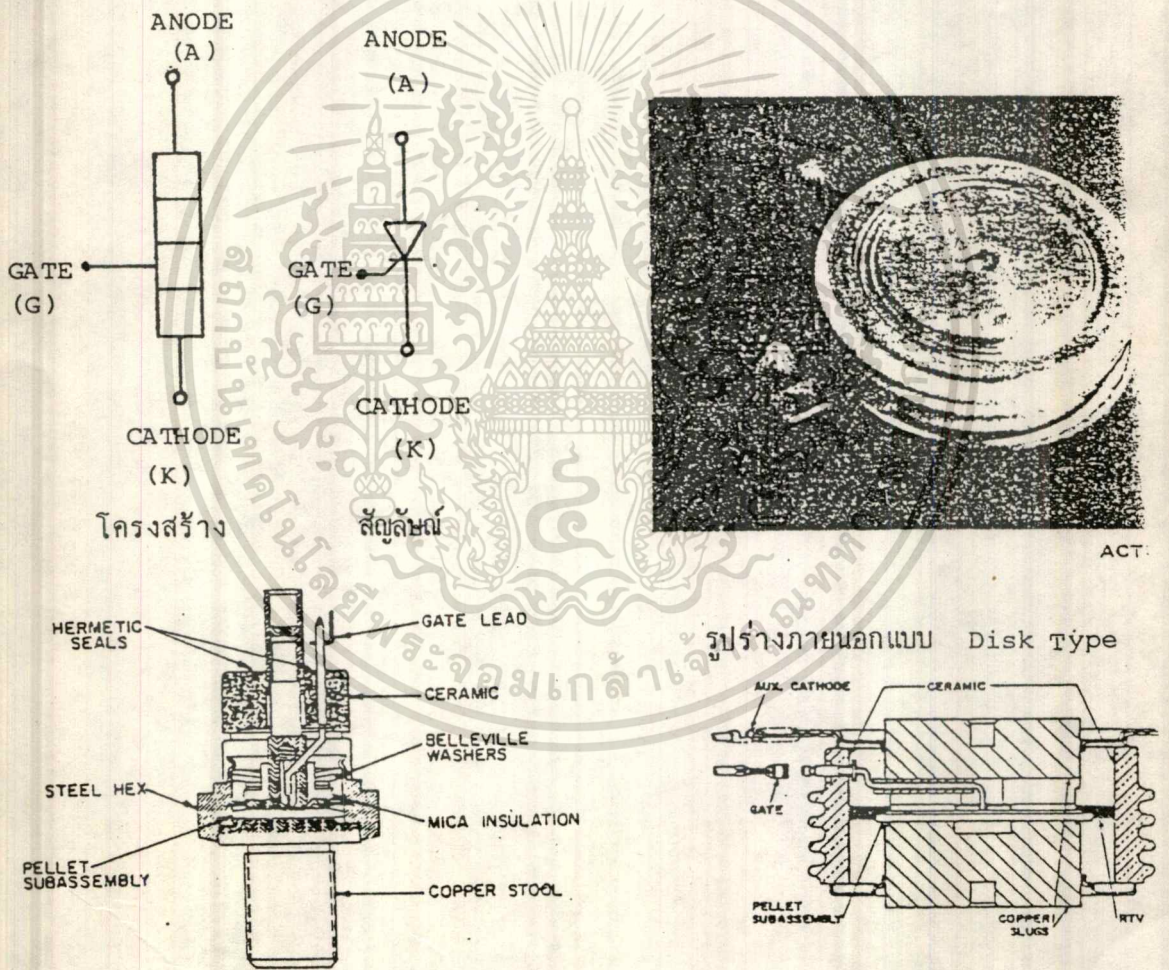


รูปที่ 2.3 แสดงตัวหมุนที่มีขดลวดพันอยู่รอบ ๆ (wound rotor)

บทที่ 3

หลักการทํางานของ SCR

SCR ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ ชั้นคือ P , N , P , N ต่อกันดังรูป แต่ถ้าว่ามี ขั้วออกมาอีกเพียง ขั้วคือ ขั้ว Anode ขั้ว Cathode และ Gate สัญญลักษณ์ของ SCR ได้แสดงดังรูป 3.1

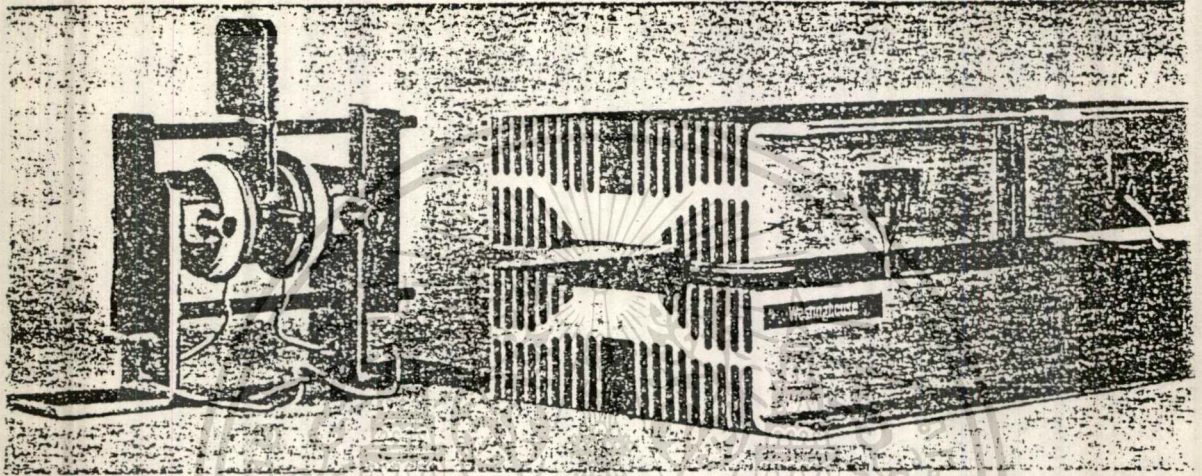
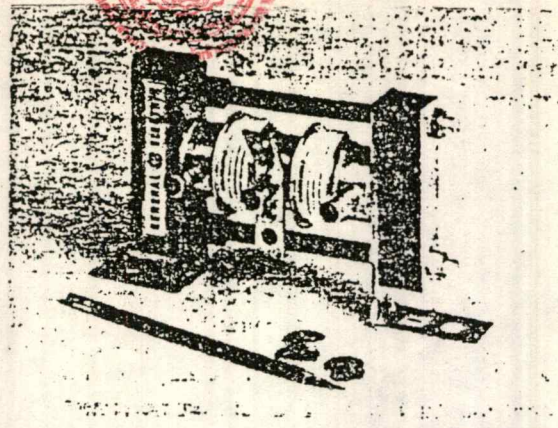


ส่วนประกอบภายในแบบ Stud Type

ส่วนประกอบภายในแบบ Disk Type

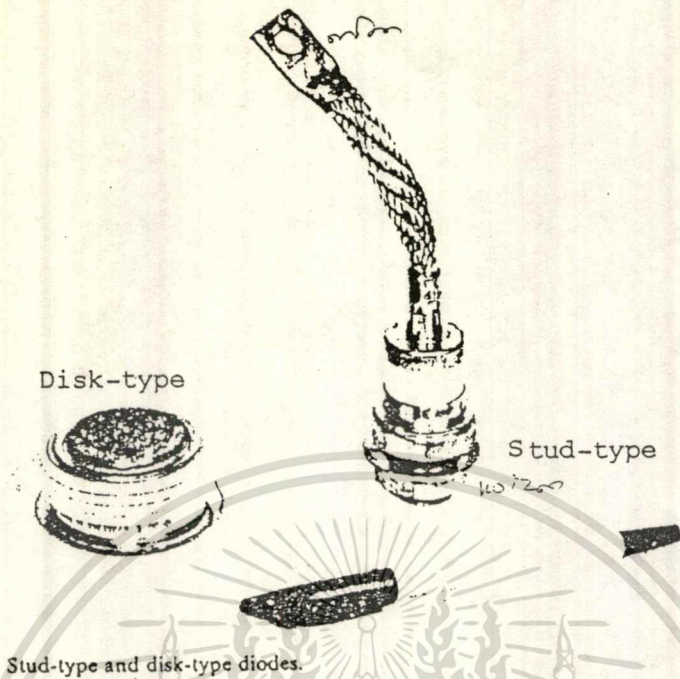
รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบและสัญญลักษณ์ของ SCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



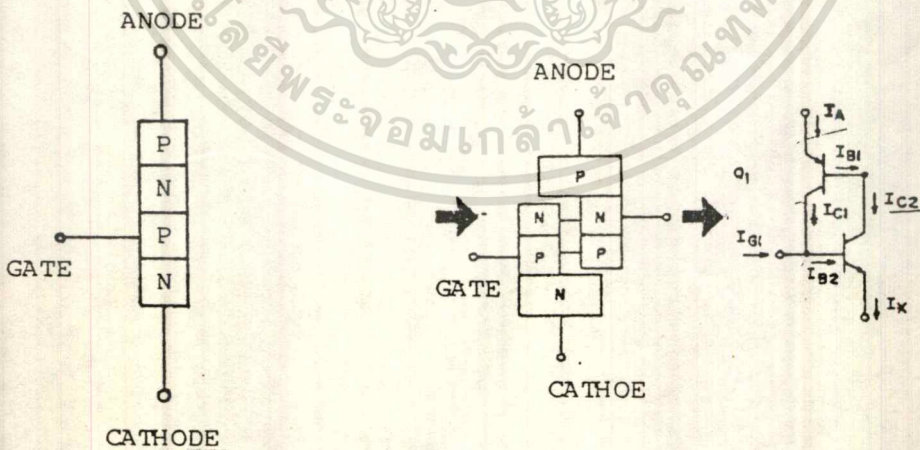
รูปที่ 3.2 รูปร่างภายนอกของ SCR

รูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นรูปลักษณะภายนอกของ SCR แบบ Stud-type และแบบ Disk-type ซึ่งมีรูปร่างคล้ายกับไดโอด ที่แสดงดังรูป 3.3 แต่จะสังเกตเห็นความแตกต่างกันคือ SCR จะมีขั้วเพิ่มอีก 1 ขั้ว เป็นขั้วที่เรียกว่า Gate สำหรับแบบ Stud-type ด้านล่างจะมีเกลียวสำหรับขันน็อตติดกับแผ่นระบายความร้อน โดยจะเป็นขั้ว Anode และ ขั้ว Cathode อยู่ด้านบนและขั้ว Gate จะอยู่ใกล้กับขั้ว Cathode แต่จะมีขนาดเล็กและสั้นกว่าแบบ Stud-type ที่นำกระแสได้สูงๆ ดังแสดงในส่วนกลางของรูป 3.2 ขั้ว Cathode จะเป็นสายตีเกลียวที่มีขนาดใหญ่ และมีสายเล็กอีกสองสาย โดยสายหนึ่งจะเป็นขั้ว Gate และอีกสายหนึ่งเป็นขั้ว Cathode สายเล็ก ๆ สองสายนี้จะป็นสายสำหรับต่อกับวงจร Trigger ส่วนแบบ Disk-type จะเห็นแตกต่างกับ Diode ที่มีสายเล็ก ๆ สองสายเป็นขั้ว Cathode และ Gate สำหรับต่อกับวงจร Trigger



รูปที่ ๑.๑ รูปร่าง Diode แบบ Stud-type และแบบ Disk-type

หลักการทํางานของ SCR พิจารณาโครงสร้างของ SCR เป็นทรานซิสเตอร์แบบ P-N-P และ N-P-N ต่อกันดังแสดงในรูป ๑.๔ ขาอิมมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1(P-N-P) เป็นขั้ว Anode , ขาอิมมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2(P-N-P) จะเป็นขั้ว Cathode และขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 (N-P-N) เป็นขั้ว Gate



รูป ๑.๔ โครงสร้างของ SCR

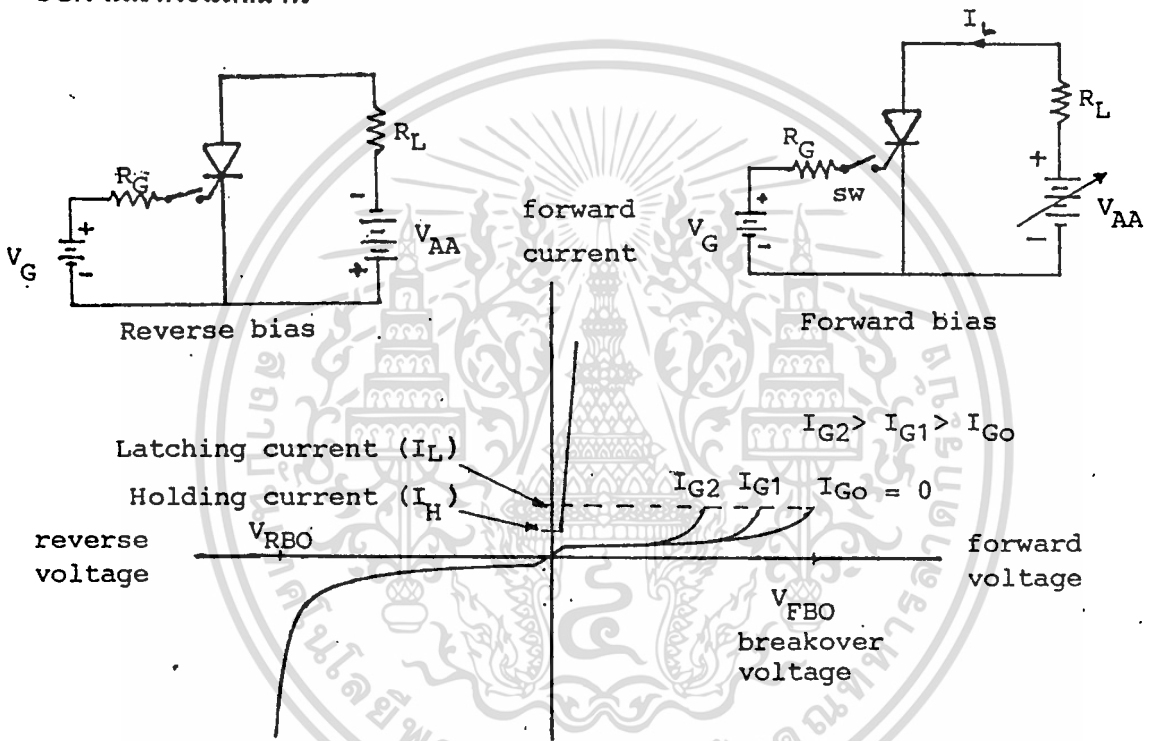
การทํางานของ SCR คือ ขนาดที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าขา Gate สู่ Cathode แรงดันที่ Anode เมื่อเทียบกับ Cathode จะเป็นบวกหรือลบก็ตาม SCR จะไม่มีกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าสู่ Gate ไปยัง Cathode แรงดันที่ Anode เทียบกับ Cathode เป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า SCR จะไม่นํากรแส แต่เมื่อแรงดันที่ขั้ว Anode เมื่อเทียบกับขั้ว Cathode เป็นบวก และมีไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCR ก็ยังนำกระแสอยู่ กล่าวสรุปได้ว่า เมื่อทำการ trig ให้ SCR นำกระแสแล้ว SCR ยังนำกระแสต่อไปแม้จะนำกระแส trig ออกแล้ว

คุณสมบัติของ SCR

ตามรูป 3.8 แสดงคุณสมบัติของ SCR ในสถานะ Steady-State ระหว่างแรงดันคร่อม SCR และกระแสที่ผ่าน

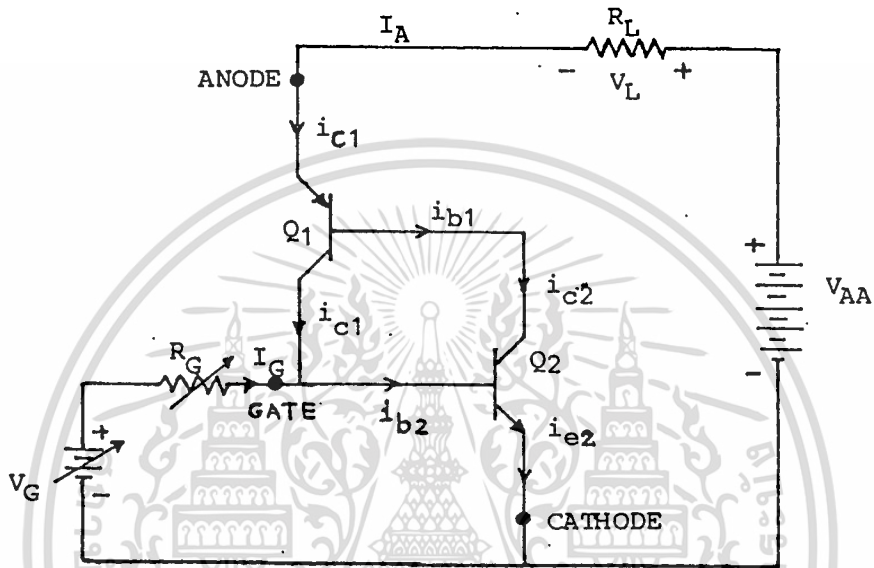


รูปที่ 3.8 คุณสมบัติของ SCR ในสถานะ Steady-State

เมื่อจ่ายแรงดัน VAA ในลักษณะ Forward Bias คือ Anode ได้รับแรงดันบวกเมื่อเทียบกับ Cathode และไม่มีกระแส Gate ถ้ามีแรงดันน้อยๆจะมีเพียงกระแสรั่วไหล (Leakage Current) เพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มแรงดัน VAA มากเกินไปจนถึงแรงดันพังทลายทางด้าน Forward และมีกระแสไหลเกินกระแสค้าง (Latching Current -IL) SCR จะอยู่ในสถานะนำกระแส (Conduction) คือแรงดันที่คร่อม Anode และ Cathode ของ SCR จะตกสู่แรงดัน Forward Voltage Drop (VF) มีค่าประมาณ 0.7 ถึง 4 Volt กระแสที่ไหลผ่าน SCR จะเท่ากับ $(V_{AA}-V_F)/R_L$ ถ้ากระแสที่ไหลเกินพิกัด (Rated) ของ SCR จะทำให้ SCR เสียหายได้

โดยทั่วไปการนำ SCR ไปใช้ แรงดัน VAA ที่จ่ายให้กับวงจรจะต่ำกว่าแรงดันพังทลายทางด้าน Forward และจะควบคุมการนำกระแสของ SCR โดยใช้สัญญาณ Trigger ที่มีแรงดันที่ Gate(VG) เป็นบวกเมื่อเทียบกับ Cathode ซึ่งมีระดับแรงดันประมาณ 1-5 Volts

กระแสไหลเข้า Gate สู่ Cathode ตามที่ได้ต่อวงจรดังแสดงในรูป 3.5 SCR จะนำกระแส การจ่ายกระแสไหลเข้าสู่ Gate สู่ Cathode เพื่อให้ SCR นำกระแสเรียกกันว่าทำการ Trig SCR ให้นำกระแส



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการนำกระแสของ SCR

พิจารณาตามวงจรที่แสดงไว้ดังรูป 3.5 เมื่อมีกระแส I_G ไหลเข้าเบสสู่อิมเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ Q2(N-P-N) หรือมีกระแสไหลเข้า GATE สู่ Cathode ของ SCR จะมี กระแสไหลเข้า Collector (i_{C2}) ของทรานซิสเตอร์ Q2(N-P-N) ที่เท่ากับ β_2 เท่ากับ I_G (ค่า $\beta_2' = i_{C2}/i_{B2}$) กระแส i_{C2} เท่ากับ i_{B1} ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลจากขั้วบวกของ V_{AA} ผ่าน R_L เข้าอิมเตอร์สู่อิมเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 และผ่าน Collector สู่อิมเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 ครบวงจรที่ขั้วลบของ V_A และกระแสเบส (i_{B1}) จะทำให้มีกระแส i_{C1} ไหลสู่อิมเตอร์ เข้าสู่ Collector ของทรานซิสเตอร์ Q1 เท่ากับ β_1 เท่าของ i_{B1} และ i_{B2} จะเท่ากับ i_{C1} รวมกับ I_G จนในที่สุดทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะนำกระแสหรือเรียกกันว่า SCR นำกระแส คือ ความต้านทานระหว่างขั้ว Anode และ Cathode ของ SCR มีค่าต่ำมาก แรงดันไฟฟ้าเกือบ ทั้งหมดจะไปตกคร่อม Load R_L โดยมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม SCR น้อยมาก จะเห็นว่าสามารถจ่ายกระแสเข้า Gate เพียงเล็กน้อย ก็จะสามารถทำให้ SCR นำกระแสได้ และเมื่อจ่ายกระแสเข้า Gate เพียงชั่วครู่แล้วหยุดจ่ายกระแสเข้า Gate กระแส i_{B2} จะเท่ากับ i_{C1}

และมีกระแส Gate ระดับ 1-500 มิลลิแอมป์ ด้วยระยะเวลาเป็นไมโครวินาที ถ้ากระแสที่ไหลผ่านมากกว่ากระแสค้าง (Latching Current) ก็จะทำให้ SCR อยู่ในสถานะนำกระแส แต่เมื่อ SCR นำกระแสอยู่แล้วจะให้หยุดนำกระแส จะต้องทำให้กระแสไหลผ่านตัว SCR ต่ำกว่ากระแสยึด (Holding Current , IH) คุณสมบัติโดยทั่วไป กระแสค้างจะมีค่าประมาณ 2 เท่าของกระแสยึด

เมื่อจ่ายแรงดัน VAA ในลักษณะ Reverse Bias คือ Anode ได้รับแรงดันลบ เมื่อเทียบกับ Cathode SCR จะไม่นำกระแสถึงแม้จะมีสัญญาณ Trig ที่ Gate ของ SCR เมื่อจ่ายแรงดันพังทลายทางด้าน Reverse (Reverse Break Over Voltage) จะทำให้สารกึ่งตัวนำ (P-N-P) เสียหายได้



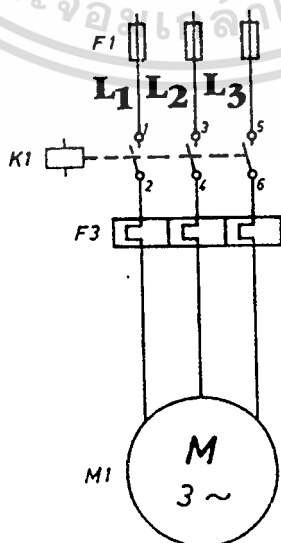
บทที่ 4

วิธีสตาร์ทอินตักซ์มอเตอร์

1. Direct on line starting คือการสตาร์ทที่มีการต่อมอเตอร์เข้ากับไลน์โดยตรง ซึ่งเหมาะสมกับมอเตอร์ตัวเล็กๆ ขนาดไม่เกิน 2-3 แรงม้า เพราะถึงแม้กระแสเริ่มหมุนของมอเตอร์นั้นมากกว่ากระแสเต็มพิกัด (Full Load) หลายเท่า แต่จำนวนกระแสก็ไม่สูงมาก ถึงกับกระทบกระเทือนต่อแรงดันตกและรบกวนต่อระบบ

ข้อดีของ Direct on line starting คือ ช่วยให้มอเตอร์เร่งความเร็วถึงพิกัดได้ไวกว่า และสามารถจุดโหลดหนักๆ ขณะเริ่มหมุนได้

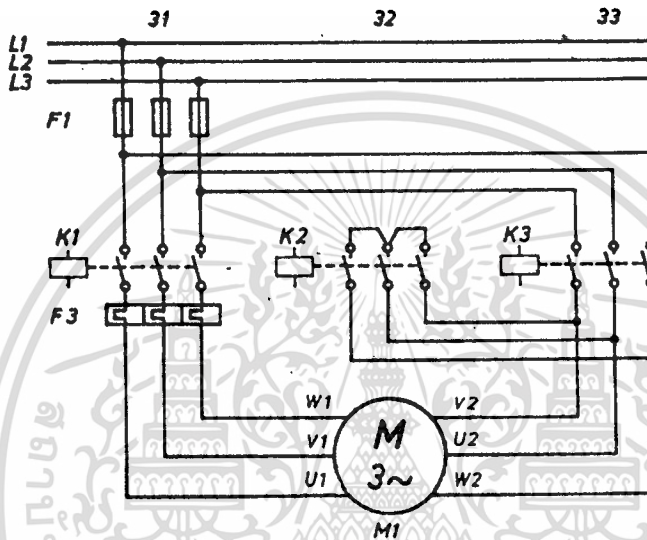
การต่อสตาร์ทแบบนี้ ต้องมีการพิจารณา Capacity ของแหล่งจ่ายไฟด้วย เช่น อาจต่อมอเตอร์ขนาดใหญ่ๆ เข้ากับไลน์ได้โดยตรง ถ้ามีการออกแบบสายเมนไว้เหมาะสม และติดตั้งมอเตอร์ไว้กับโรงจักรไฟฟ้า ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่ แต่ถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามี Capacity จำกัดแล้วให้มอเตอร์ต่อโหลดหนักๆ ก่อนหมุน จำทำให้มอเตอร์มีแรงดันตกในไลน์มาก เมื่อแรงดันตก มอเตอร์จะไม่สามารถสร้างแรงบิดให้สูงพอเพื่อจะให้โหลดหมุนถึงพิกัดได้อย่างรวดเร็ว กระแสที่ไหลสูงเป็นเวลานานๆ อาจทำให้เครื่องป้องกันตัดมอเตอร์ก่อนที่มอเตอร์จะหมุนถึงพิกัด ถ้าสตาร์ทใหม่ก็จะเป็นการรบกวนแรงดันไลน์ให้เปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ ซึ่งจะไปรบกวนระบบแสงสว่างและมีผลเสียต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วงจรในการสตาร์ทแบบ Direct Online สามารถแสดงได้ดังรูป 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.1 วงจรสตาร์ทโดยตรง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Star-Delta Starting มักจะใช้กับมอเตอร์ที่มีการต่อแบบเดลต้าในขณะที่ทำงานตามปกติ นั่นคือ ไฟที่จะต่อเข้าไปต้องมีพิกัดเท่ากับพิกัดไฟของมอเตอร์ เมื่อขดลวดที่ต่ออยู่กับที่มีการต่อเป็นแบบเดลต้า การทำให้มอเตอร์หมุนตอนแรก ทำได้โดยต่อไฟตามพิกัดเข้าไปที่สเตเตอร์ แต่ว่าที่สเตเตอร์นั้นต้องต่อเป็นแบบสตาร์ก่อน แล้วปล่อยให้มอเตอร์วิ่งถึงความเร็วที่ต้องการคือประมาณ 75% ของความเร็วซิงโครนัส หลังจากนั้นก็เปลี่ยนการต่อที่สเตเตอร์เป็นแบบเดลต้า

ข้อดีของการสตาร์ทแบบนี้คือมีราคาถูก กระแสลดลงเหลือเพียงประมาณ 58% ของขณะสตาร์ทเต็มพิกัด ข้อเสีย แรงบิดเริ่มหมุนมีค่าต่ำประมาณ 39% ของแรงบิดตามปกติ จึงไม่สามารถสตาร์ทในกรณีที่มีโหลดหนักๆต่อไว้กับมอเตอร์ได้ ใน การสับสวิทซ์ที่เปลี่ยนการต่อขดลวดจากสตาร์เป็นเดลต้า จะต้องทำอย่างรวดเร็วที่สุด ทั้งนี้เพื่อขจัดกระแสทรานเซียนค่าสูง (high transient current) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขงขงโยกสวิตซ์ และทำให้เกิดกำลังสูญเสียชั่วคราว (momentary power loss) ซึ่งสามารถแสดงวงจรได้ดังรูป



รูปที่ 4.2 วงจรสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า

3. Auto transformer starting เป็นการสตาร์ทโดยอาศัยหลักการลดแรง
 แรงเคลื่อนที่ต้องจ่ายให้กับตัวอยู่กับที่โดยผ่านหม้อแปลงแบบ Auto สำหรับวิธีการนี้ มอ
 เตอร์อาจให้ทำงานเมื่อมีการต่อแบบสตาร์หรือเดลต้าก็ได้ เพราะสามารถควบคุม
 แรงเคลื่อนไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ได้โดยการเปลี่ยนระดับแรงเคลื่อนที่หม้อแปลง โดยที่
 ไฟที่จ่ายให้กับหม้อแปลงนั้น ก็เท่ากับฟลักซ์ที่มอเตอร์ต้องการไฟที่มอเตอร์ได้รับจากหม้อ
 แปลงนั้น ซึ่งจะแบ่งระดับแรงเคลื่อน (tap) ออกมาประมาณ 70-80% ของฟลักซ์ที่มอเตอร์
 ต้องการในขณะเริ่มแรก หลังจากที่มีมอเตอร์หมุนถึงความเร็วค่าหนึ่ง ก็ตัดแรงเคลื่อน
 ไปจากหม้อแปลงออกไป โดยให้มอเตอร์ได้รับไฟจากไลน์โดยตรง

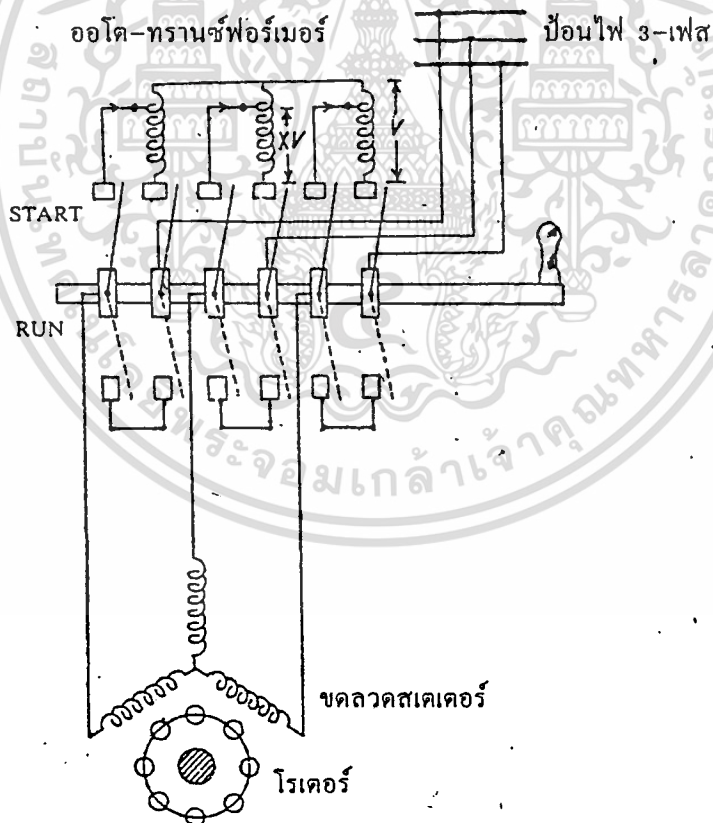
การใช้ข้อโอโตทรานส์ฟอร์มเมอร์สตาร์ทจะลดกระแสได้สองทางคือ

1. ลดลงเนื่องจากผลของการลดแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลดลงเนื่องจากอัตราส่วนจำนวนรอบของ หม้อแปลง (transformation ratio) ทำให้กระแสในไลน์ทางด้านปฐมภูมิต่ำกว่ากระแสทางด้านทุติยภูมิที่ไหลผ่านมอเตอร์

แต่การใช้ออโตทรานส์ฟอร์มเมอร์สตาร์ท จะใช้เฉพาะช่วงสตาร์ทซึ่งเป็นระยะเวลาสั้นๆเท่านั้น ดังนั้นการออกแบบติดตั้งกระแสของเครื่องจึงขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการใช้งานที่เป็นห้วงๆ (Intermittent Duty) ในทางปฏิบัติจะกำหนดค่าไว้ต่ำกว่าหม้อแปลงธรรมดา ที่ใช้เป็นตัวจ่ายกำลังให้อินดักชันมอเตอร์ชนิดต่อเนื่อง (Continuous) ซึ่งสามารถแสดงวงจรได้ดังรูป

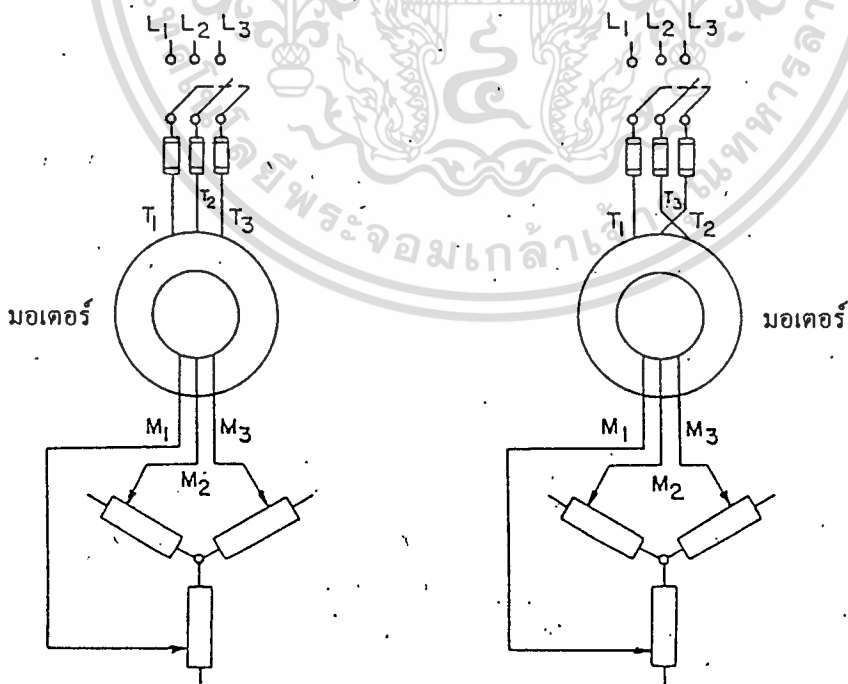


รูปที่ 4.3 วงจรสตาร์ทแบบต่อออโต-ทรานส์ฟอร์มเมอร์อันดับกับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Wound Rotor Starting การสตาร์ทหวนต์โรเตอร์มีอยู่เพียงวิธีเดียวโดยต่อความต้านทานจากภายนอกเข้าไปรวมกับอิมพีแดนซ์ในวงจรรโรเตอร์ แต่การสตาร์ทวิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุด เพราะสามารถปรับให้แรงบิดเริ่มหมุนมีค่าสูงเท่ากับแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้โดยมีย่านการควบคุมกว้างมาก

ในการปรับค่าแรงบิดหรือควบคุมความเร็ว สามารถทำได้ง่ายมาก โดยการปรับค่าความต้านทานทั้งสามของตัวควบคุม (resistance controller) เท่านั้น ตัวควบคุมเป็นความต้านทานปรับค่าได้ (Rhostat) ที่ต่อไว้แบบสตาร์และต่ออยู่กับแปรงถ่านที่สัมผัสอยู่กับสลีป-ริง มอเตอร์จะเริ่มหมุนเนื่องจากความต้านทานที่ต่อไว้แต่ละเฟสมีค่าเหมาะสม จึงทำให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงสุด ดังนั้นมอเตอร์ชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้จุดโหลดหนัก ๆ ก่อนหมุน เนื่องจากขณะเริ่มหมุนได้ต่อความต้านทานภายนอกไว้ กระแสในโรเตอร์จึงมีค่าต่ำ และทำให้กระแสเริ่มหมุนทางสเตเตอร์มีค่าต่ำไปด้วย เมื่อมอเตอร์มีความเร็วสูงขึ้นต้องค่อยๆลดความต้านทานลง จนกระทั่งถึงตำแหน่งสุดท้าย จะสังเกตเห็นแปรงถ่าน ดังนั้นจึงมีเฉพาอิมพีแดนซ์ในโรเตอร์แท้ๆ เท่านั้นที่ต่ออยู่ในวงจร แสดงได้ดังรูป



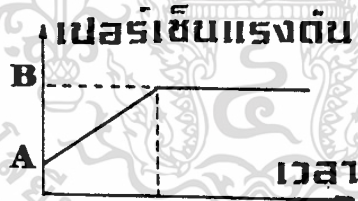
รูปที่ 4.4 วงจรการสตาร์ท Induction Motor แบบ Wound Rotor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักในการสตาร์ทโดยใช้โซลิตสเตทเอสซีอาร์

ในการควบคุมกระแสขั้วสตาร์ท เราจะทำการเซตเปอร์เซ็นต์โวลเตจเริ่มต้นและเวลาในการสตาร์ทเอาไว้ โดยเอสซีอาร์จะได้รับการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทริกแต่ละมุม จะมีการลดลงเรื่อย ๆ ของเฟสในการควบคุมให้สัมพันธ์กับเวลาที่ตั้งเอาไว้ โดยในขั้นแรกจะทำการทริกที่มุมตามที่ตั้งเอาไว้ก่อนแล้วค่อยๆลดมุมในการทริกลดลงเรื่อยๆ เพื่อให้เปอร์เซ็นต์โวลเตจเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเต็มลูกคลื่นจนสามารถทำการสตาร์ทอินดักชันมอเตอร์ได้ตามเวลาที่กำหนดให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะในการลดมุมทริกสามารถเปลี่ยนแปลงระหว่าง $0 < \alpha < \pi$ (α คือมุมที่ใช้ในการทริก) โดยมุมในการควบคุมต่ำสุดย่อมขึ้นอยู่กับโหลดด้วยว่าเป็นความต้านทานอย่างเดี่ยวหรือเป็นอินดักทีฟโหลด ถ้าโหลดเป็นความต้านทานอย่างเดี่ยวเราสามารถควบคุมเฟส (α) ได้ในช่วง $0 < \alpha < \pi$

จากการควบคุมที่มีอินพุตที่ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่สองตัวคือเปอร์เซ็นต์โวลเตจเริ่มต้นในการสตาร์ทกับระยะเวลาในการสตาร์ท สามารถนำมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ในการทำงานได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โวลเตจเริ่มต้นกับเวลาในการสตาร์ท

โดยที่ A คือ ระดับเปอร์เซ็นต์โวลเตจเริ่มต้นในการสตาร์ท

B คือ ระดับเปอร์เซ็นต์โวลเตจที่ทำให้กระแสไหลผ่านเอสซีอาร์สูงสุด

t คือ ระยะเวลาในการสตาร์ทอินดักชันมอเตอร์

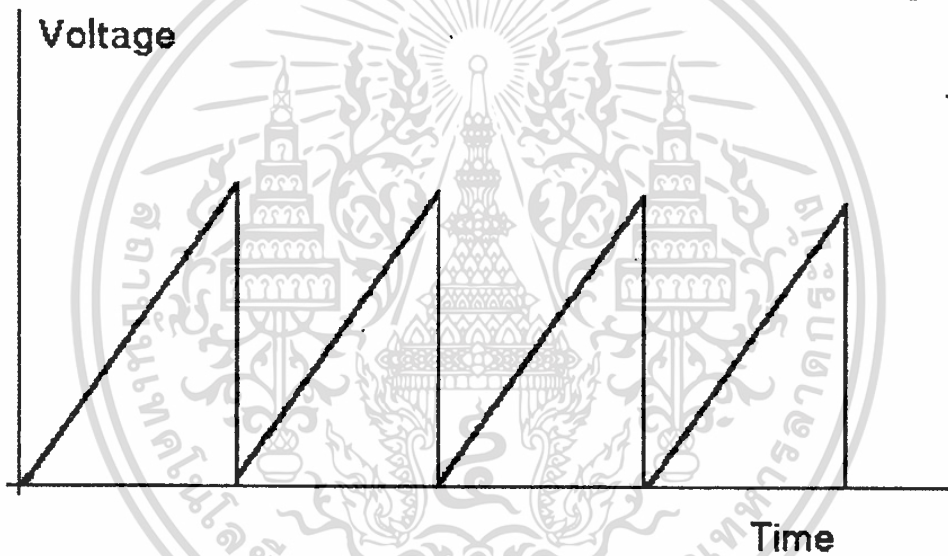
จากกราฟข้างบนเราจะเห็นว่าในการควบคุมเราสามารถกำหนดอินพุตได้ตามความเหมาะสมของโหลด เพื่อให้ได้การสตาร์ทที่นุ่มนวล เพื่อลดการกระชากของกระแสในขั้วสตาร์ทของอินดักชันมอเตอร์

บทที่ 5

การสตาร์ท Induction Motor โดยใช้ Phase Control

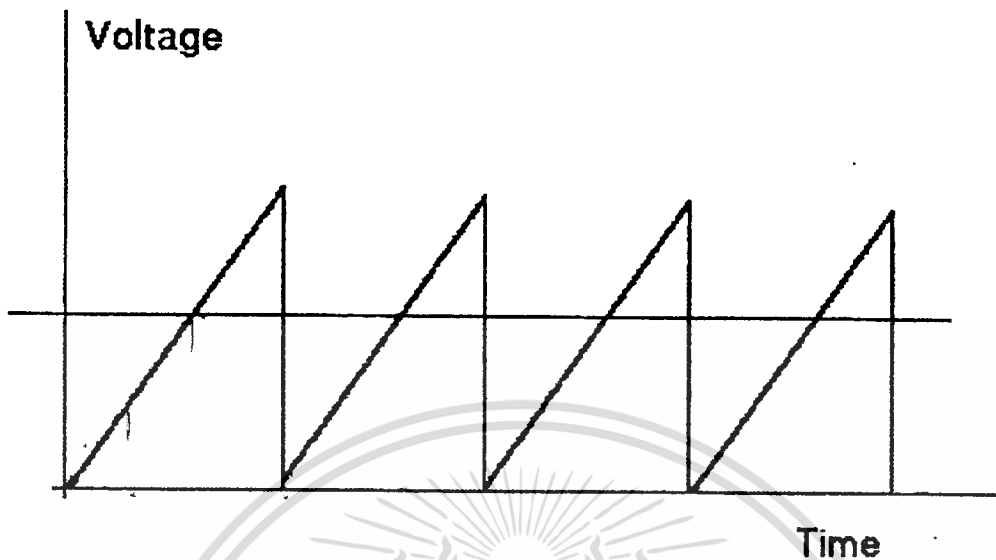
5.1 การทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการควบคุม Phase Control

ในส่วนของวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะนำข้อมูลมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งผ่านประมวลผลแล้ว และได้ latch เอาไว้ ในไอซี เบอร์ 74LS232 โดยไอซีจะส่งข้อมูลมายังวงจรที่แปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก เพื่อทำการควบคุมมุม trig โดยการควบคุมมุม trig นั้นสามารถทำได้โดยใช้ไอซีเบอร์ 785 โดยไอซีเบอร์จะสร้างสัญญาณ Saw-Tooth ดังรูป



รูปที่ 5.1 สัญญาณ Saw Tooth

โดยรูปของสัญญาณนี้จะมีความกว้างเท่ากับสัญญาณ sine ของระบบไฟฟ้า และเมื่อต้องการให้ 785 ส่ง signal ออกไป trig SCR ณ ตำแหน่งใดๆ ก็จะทำให้โดยนำสัญญาณ DC Voltage ที่ได้จากวงจร Digital - Analog มาตัด ณ ตำแหน่งต่างๆ บน Saw Tooth แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 5.2 แสดงถึงจุดตัดของ DC Voltage บนสัญญาณ Saw Tooth ที่ตำแหน่งมุม Trig ต่าง ๆ

Pulse ที่ออกไป trig SCR จะมีทั้งบวกและลบ โดยสัญญาณ trig ที่ได้ จะผ่านวงจร Mod แล้วเข้าสู่ Pulse Transformer อีกที ซึ่งลักษณะของ Pulse จริงๆที่ส่งออกไปจะมีลักษณะเป็น Pulse train ซึ่งจะแปรตามความกว้างของมุม Trig ซึ่งแสดงได้ดังรูป

ในส่วนของสัญญาณ DC ซึ่งสร้างโดยสัญญาณ Digital - Analog นั้น ระดับของ DC Voltage นั้นจะมากหรือน้อย ขึ้นกับข้อมูลทางดิจิทัลซึ่งส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ว่ามีลักษณะเป็นเช่นใด ในส่วนของวงจรรวมจะสามารถแสดงได้ดังรูป โดยวงจรที่แสดงนี้จะแสดงเพียงเฟสเดียว โดยเฟสที่เหลือนั้นจะเหมือนกัน ซึ่งอยู่ในท้ายบท

5.2 การนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการควบคุม

ในการประมวลผลเพื่อการปรับค่า Voltage เราจะใช้ Microcontroller เป็นตัวประมวลผล โดย Microcontroller ที่ใช้เป็น Microcontroller ของ Intel เบอร์ 8051 หรือ MOS-51 ซึ่งคุณสมบัติของ MCS-51 โดยทั่วไปมีดังนี้

- High Performance HMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

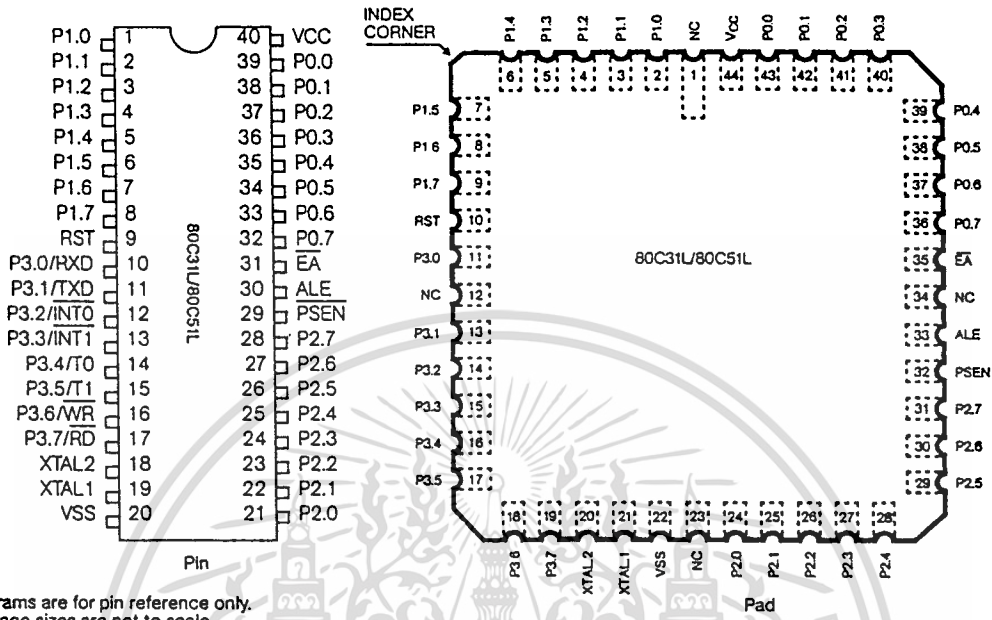
- มี Internal Timer และ Event Counter
- สามารถกำหนด Interrupt Priority ได้ 2 ระดับ
- มี Part ที่สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ถึง 32 เส้น (4Ports)
- สามารถขยาย Mem ได้ถึง 84 Kbytes ทั้ง Program และ Data memory
- มีคำสั่งมากถึง 111 คำสั่ง
- สามารถจัดการข้อมูลโดยใช้ Boolean ได้
- มี Bit-addressable Ram
- ทำงานภายใต้อุณหภูมิ 0-70 C

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	—	4K	128	4	2		✓					5/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		✓					5/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		✓					5/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		✓					5/5	✓
80C52	80C32	—	8K	256	4	3		✓					5/6	✓
80C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
80C51FB	80C51FA	87C51FB	16K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
80C152JA	80C152JA	—	1K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
—	80C152JB	—	—	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
80C152JC	80C152JC	—	8K	256	5	2		✓		✓	2		19/11	✓
—	80C152JD	—	—	256	7	2		✓		✓	2		19/11	✓
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		✓		✓	2		9/6	✓

รูปที่ 5.8 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบบิพเดียวในตระกูล 51

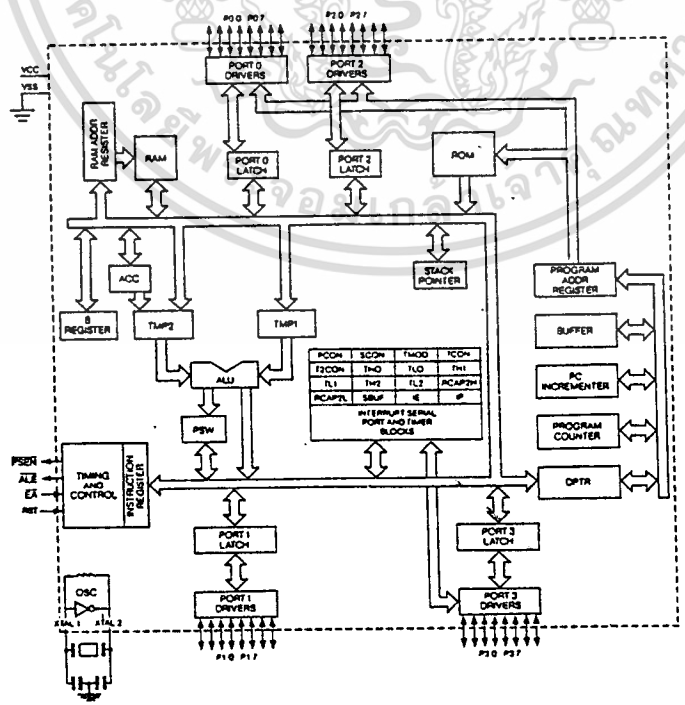
จากตาราง 1.1 แสดงถึง Microcontroller ตระกูล 51 หรือ MCS51 ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Diagrams are for pin reference only. Package sizes are not to scale.

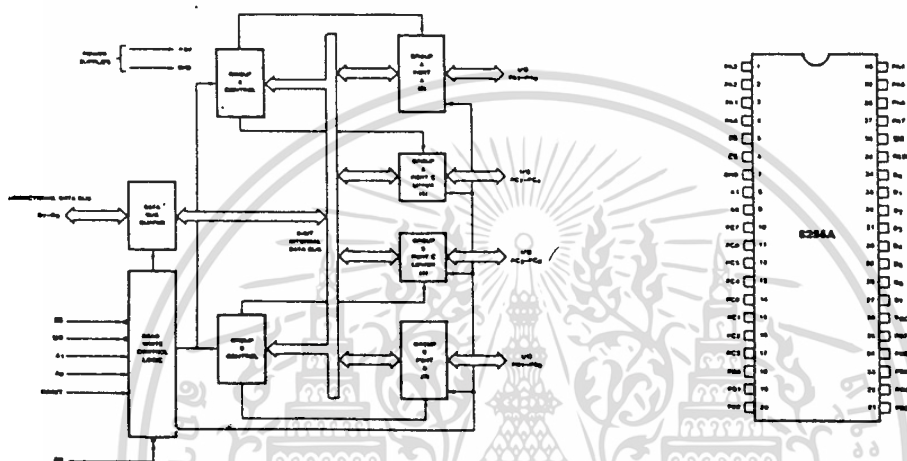
รูปที่ 5.4 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของ MCS-51 และการทำงานจะแสดงได้โดยดูจาก Block diagram ตามรูป



รูปที่ 5.5 รูปแสดง Block Diagram ของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการทำงาน MCS-51 จำเป็นต้องใช้ Part จำนวนมากจึงต้องใช้ Port เสริม เป็น IC เบอร์ 8255 ซึ่งมีโครงสร้างและ Block diagram ตามรูปข้างล่าง



รูปที่ 5.8 รูปแสดง Block Diagram ของ IC 8255 (Port เสริม)

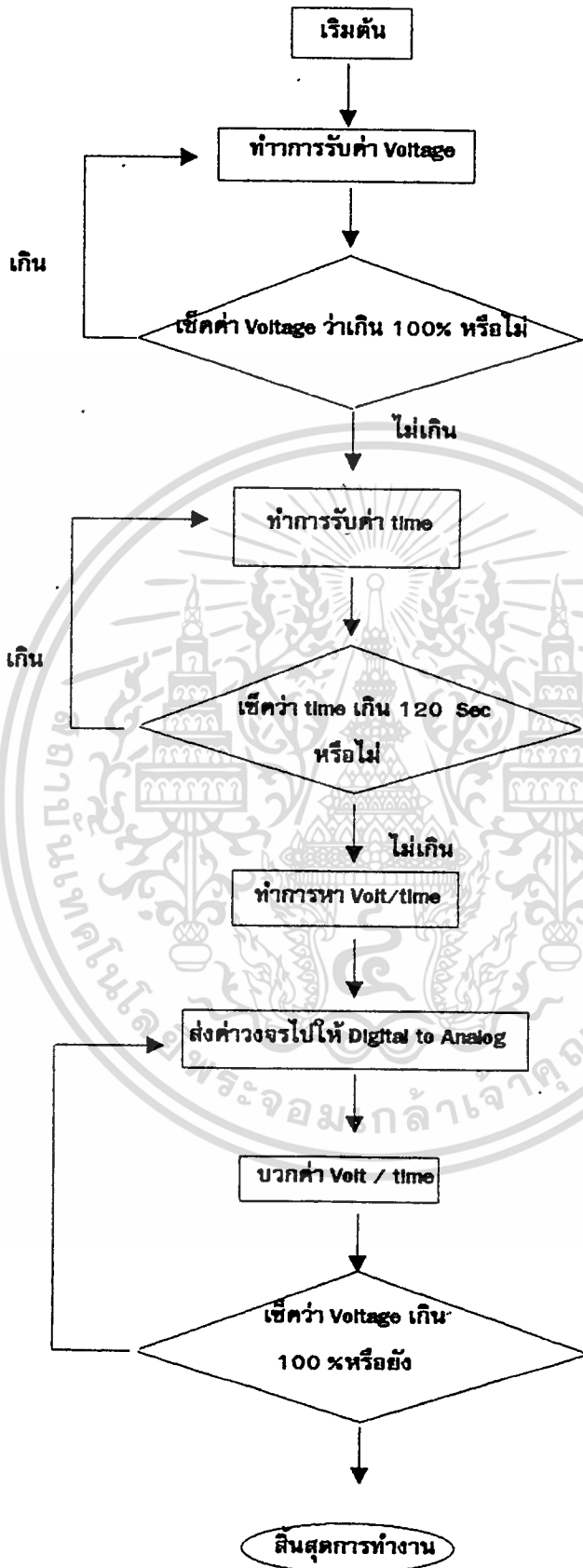
8255 เป็นอุปกรณ์ PPI (Programmable peripheral Interface) ซึ่งถูกออกแบบมาให้ใช้กับระบบ Micro Computer ของ Intel ซึ่งนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ I/O ซึ่งต่อกับอุปกรณ์เป็นลักษณะเหมือนทางผ่านของข้อมูล โดยการติดต่อจะเป็นแบบที่ละ Byte

ในการ Start Induction Motor เราจะใช้ Micro Controller ทำหน้าที่ประมวลผลโดยจะใช้ 8255 ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Key Board แล้วนำเข้าไปเก็บยัง Internal Ram ของ MCS-51 โดยค่าที่รับนี้จะเป็นค่า %Voltage เริ่มต้นและเวลาที่ต้องการในการ trig และจะนำค่าเหล่านี้ไปประมวลผลเพื่อหาอัตราการเพิ่ม Voltage ที่เหมาะสมอีกที เมื่อหาอัตราการเพิ่มของ Voltage ได้แล้ว MCS-51 ก็จะนำ %Voltage เริ่มต้น fed เข้ามาและทำการหาว่าที่ %Voltage ขนาดนี้จะต้อง trig ที่มุมกี่องศา โดยการหาค่าจากตาราง ซึ่งตารางนี้ได้จากการวัดมุมที่ค่า %Voltage ต่างๆเป็นตัวเลข เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Binary ขนาด 1 Byte ซึ่งตัวเลข Binary จำนวนนี้ จะถูกส่งไปยังวงจร Digital to Analog เพื่อสร้าง AC Signal ไม่ Compare กับ Saw Tooth Signal ของ 785 อีกที เมื่อ %Voltage เริ่มต้นได้ถูกบ้อนออกไปแล้ว MCS จะทำการบวกอัตราการเพิ่มของ Voltage เข้าไปอีกแล้วส่งออกไปเรื่อยๆจน Voltage ครบ 100% จึงจะหยุดการทำงาน เมื่อการทำงานเสร็จสิ้น MCS ก็แสดงผลออกมาทาง LED ในการทำงานบางครั้งการ SET %Voltage ต่ำเกินไป Starting Torque ต่ำเกินไปทำให้ Motor ไม่หมุน และส่งผลให้เกิดกระแสปริมาณมากไหลเข้าสู่มอเตอร์ซึ่งกระแสจะมากกว่ากระแสที่พิกัด จึงจำเป็นต้องติด Over load current เข้าไปด้วยระหว่างการปฏิบัติงาน ถ้า Over Load Current ทำงาน MCS อนุญาตให้เกิดการ reset เพื่องานใหม่ได้

โดยขั้นตอนการทำงานของ Program จะแสดงได้จาก Flow Chart ซึ่งอยู่ในหน้าถัดไป





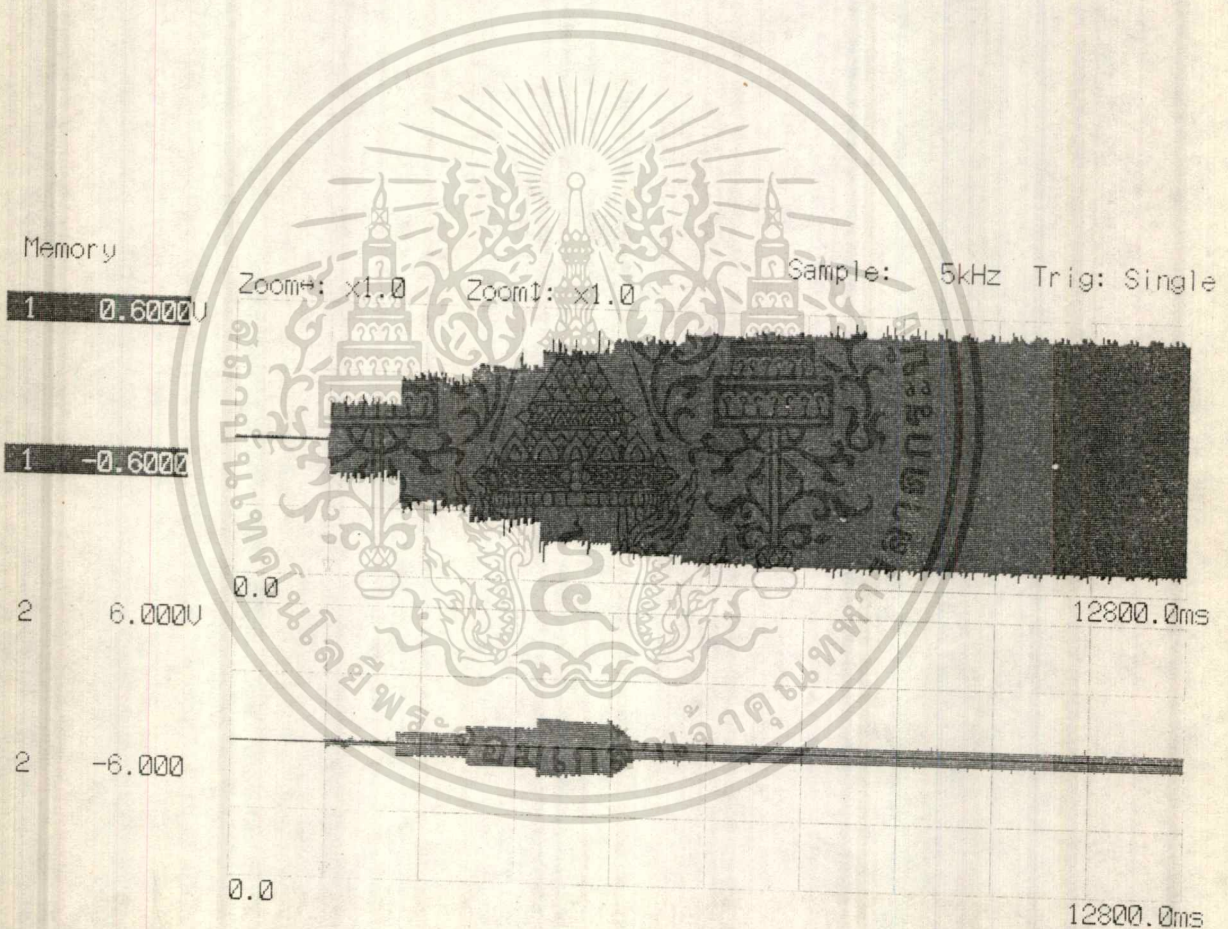
รูปที่ 5.7 Flow Chart แสดงการทำงานของ Micro Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

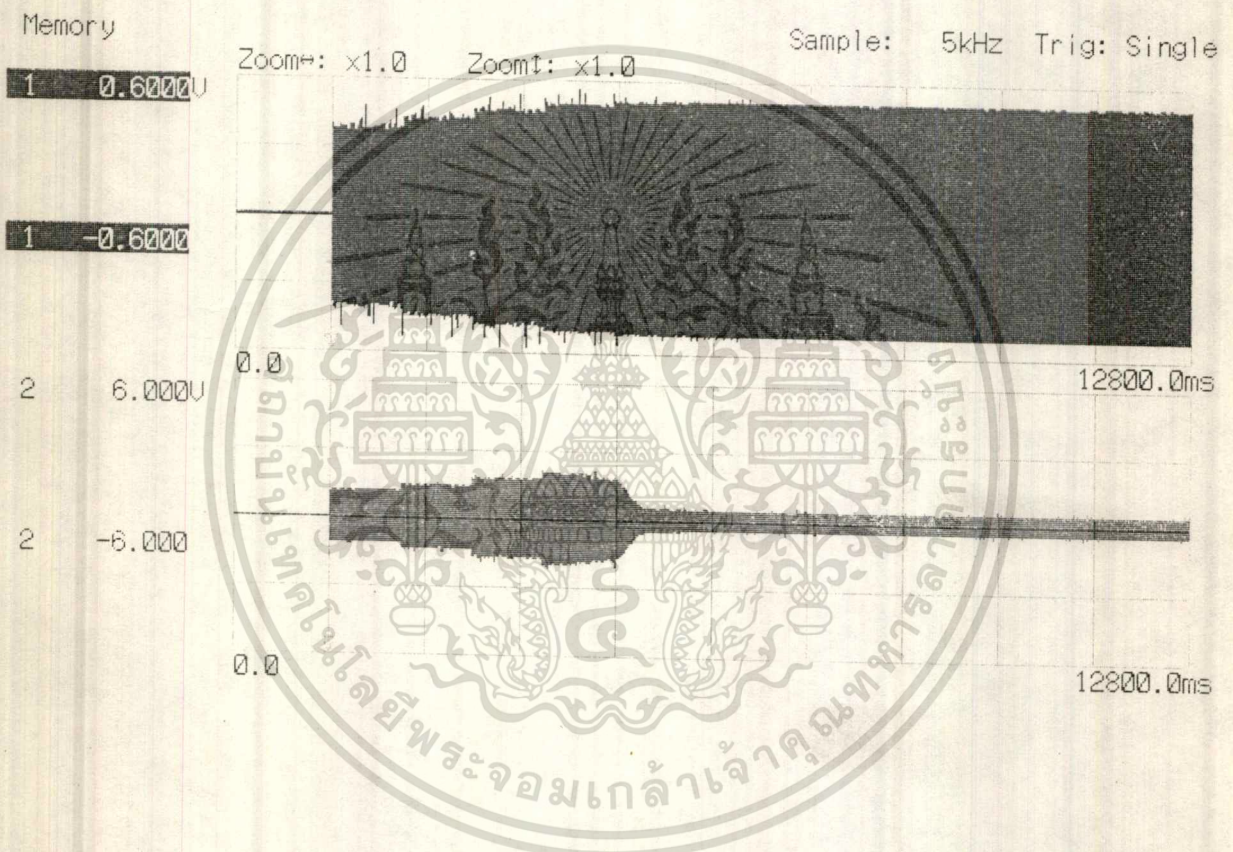
ผลการทดลอง

การทดสอบการสตาร์นั้นจะทำการทดสอบโดย test ที่สภาวะ มี Load และ สภาวะไม่มี Load ซึ่งต่อแบบสตาร์ ที่เปอร์เซ็นต์ Voltage ที่แตกต่างกันด้วยโดยในแต่ละรูป ส่วนบนจะแสดงถึงปริมาณโวลเตจที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นและรูปส่วนล่างจะแสดงถึงปริมาณกระแสที่เปลี่ยนไปขณะที่โวลเตจ กำลังเพิ่มขึ้น



รูปที่ 8.1 แสดงค่า Voltage และ กระแส ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ Voltage เริ่มต้น 20% ช่วงเวลา 10 วินาที ในสภาวะไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



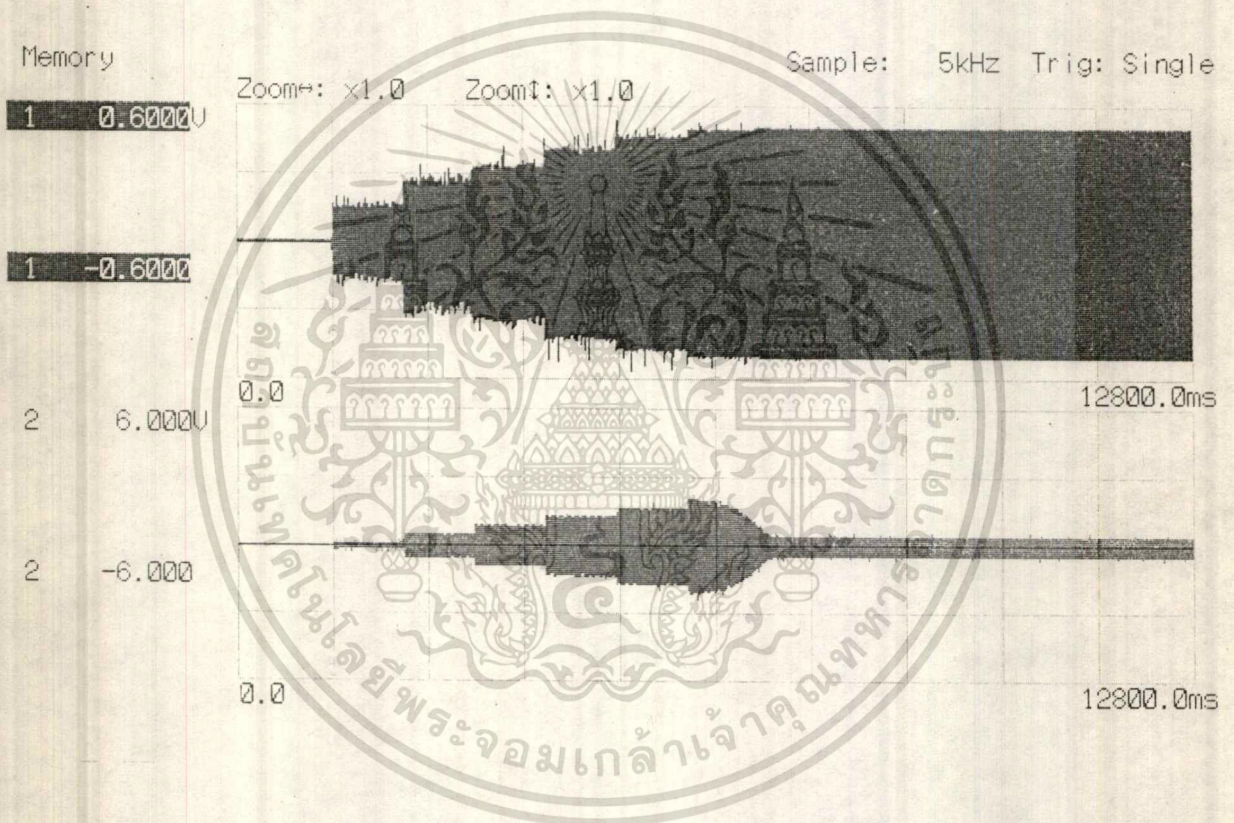
รูปที่ 8.2 แสดงค่า Voltage และ กระแส ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ Voltage เริ่มต้น 40% ช่วงเวลา 10 วินาที ในสถานะไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๒.๓ แสดงค่า Voltage และ กระแส ที่สภาวะต่อตรงขณะไม่มีโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



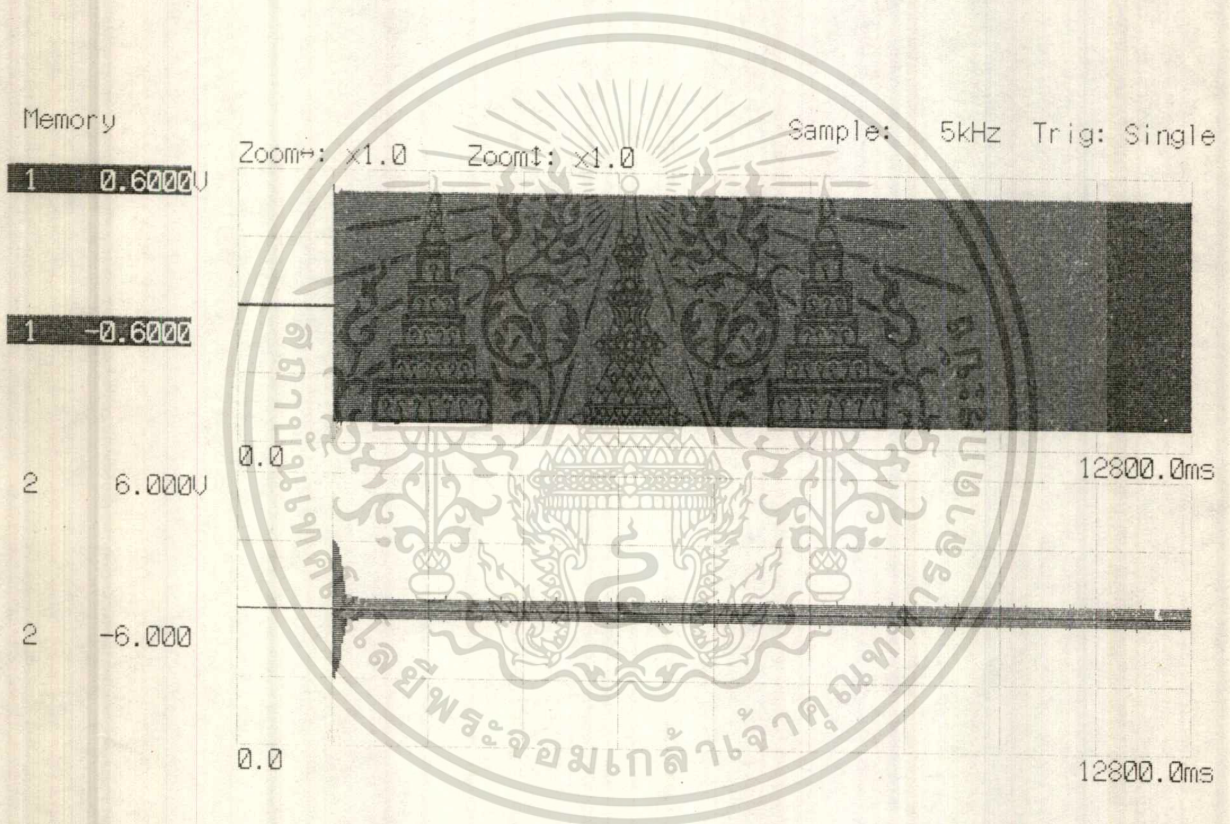
รูปที่ 8.4 แสดงค่า Voltage และ กระแส ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ Voltage เริ่มต้น 20% ช่วงเวลา 10 วินาทีในสถานะที่มีโหลด 3.0 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



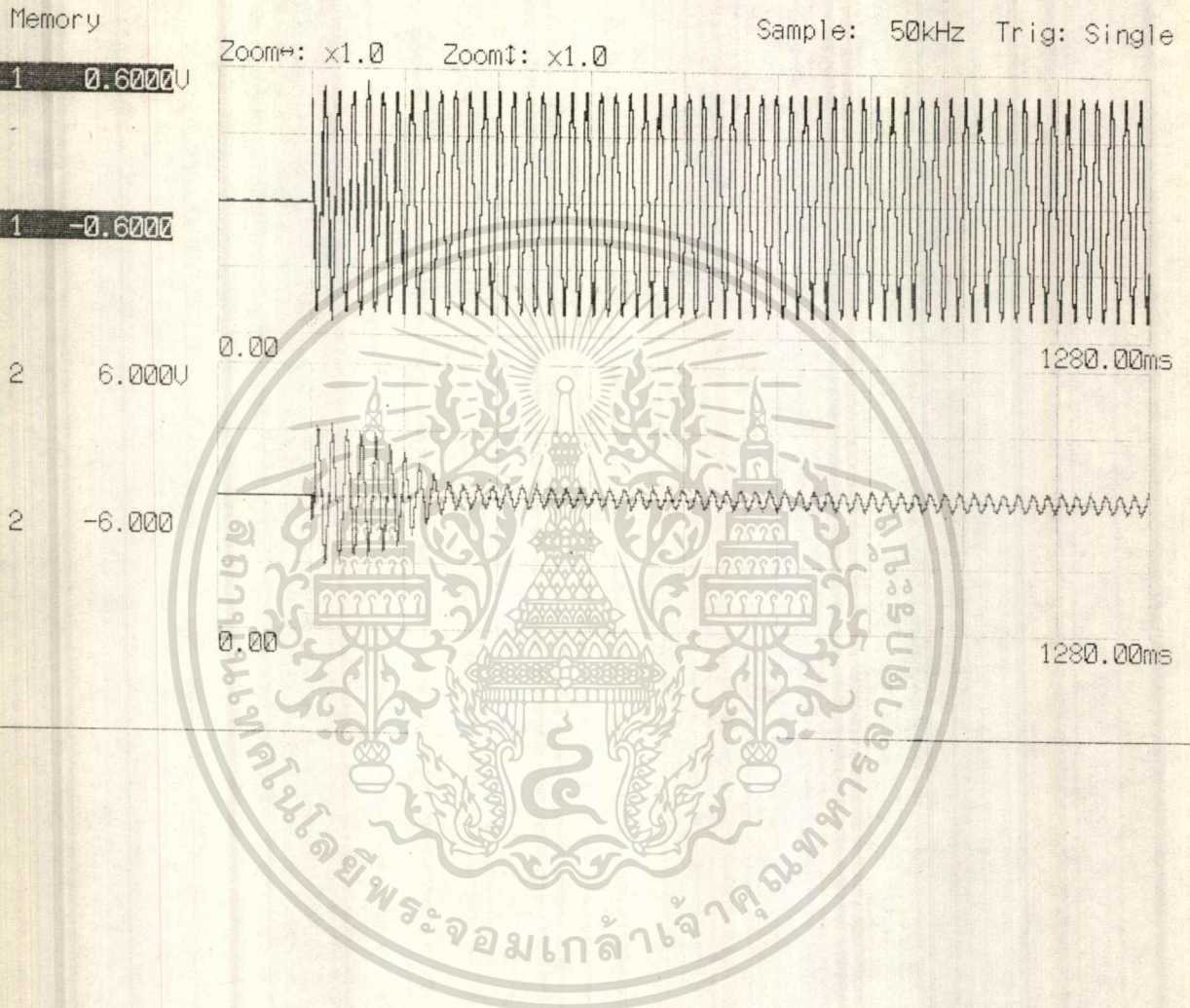
รูปที่ 8.5 แสดงค่า Voltage และ กระแส ที่ค่าเปอร์เซ็นต์ Voltage เริ่มต้น 40% ช่วงเวลา 10 วินาทีในสภาวะที่มีโหลด 3.0 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



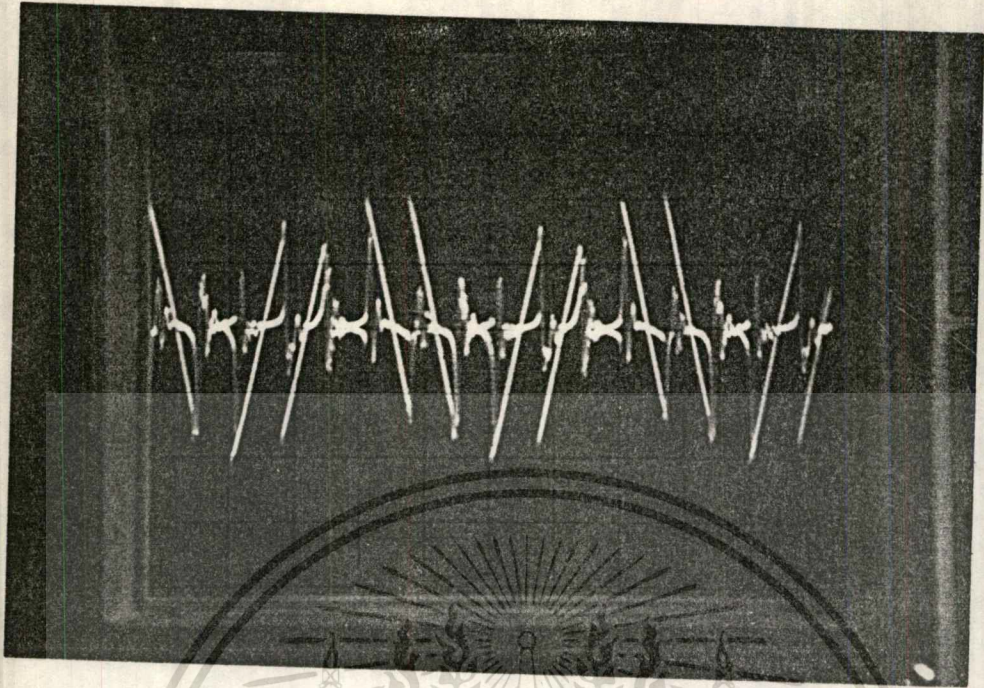
รูปที่ ๒.๒ แสดงค่า Voltage และ กระแส ขณะต่อตรง ในสภาวะมีโหลด ๓.๐ กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

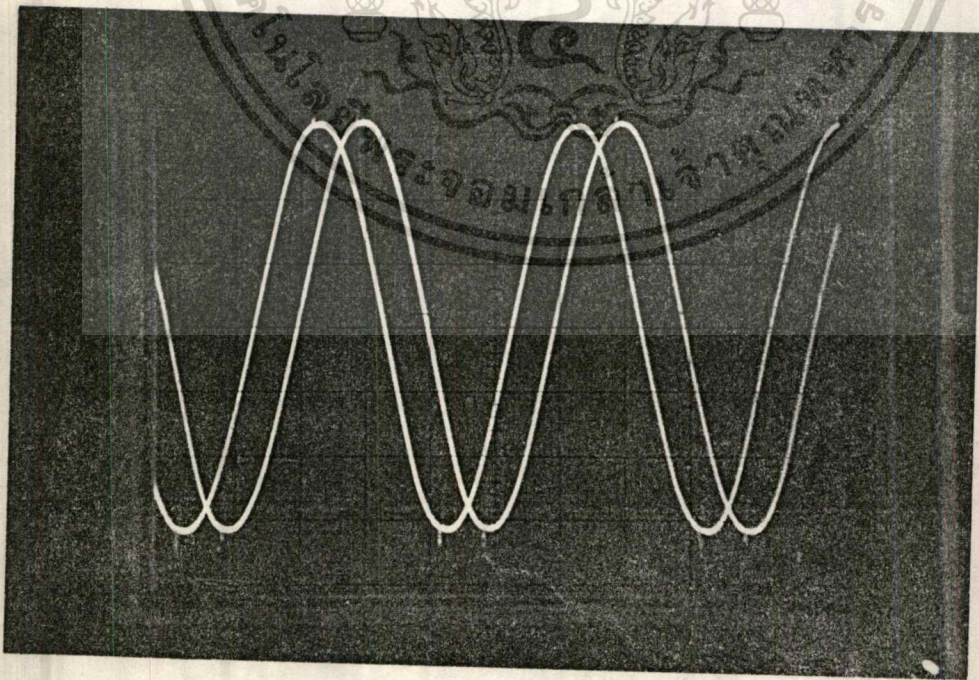


รูปที่ 8.7 แสดงถึงภาพขยายของการสตาร์ทแบบ Direct on line ขนาด
มีโหลด 3 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

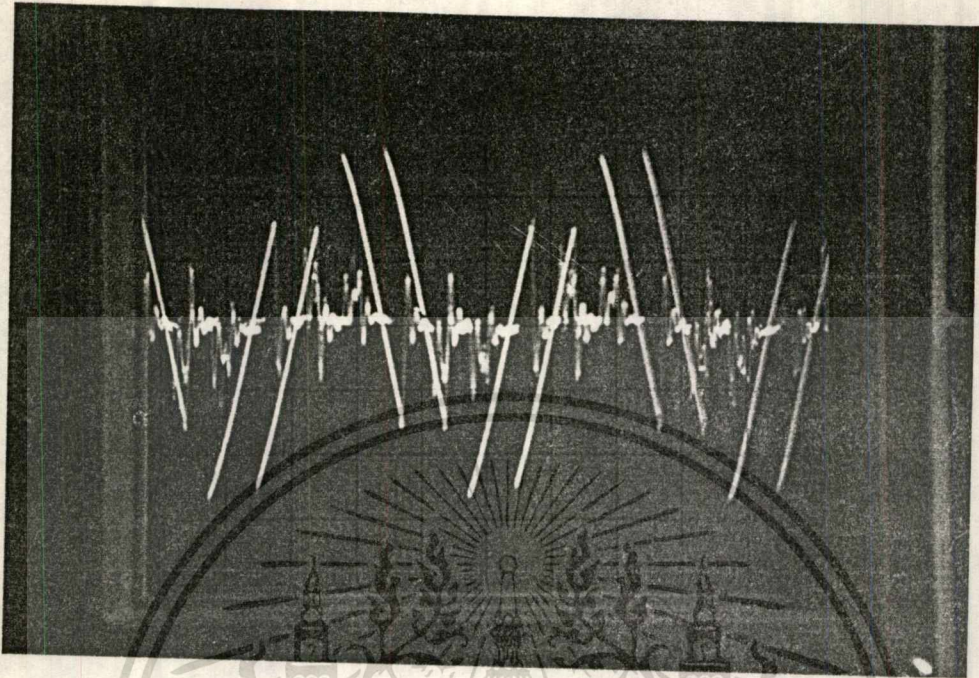


รูปที่ ๘.๘ แรงดันขณะวินาทีที่ ๙ เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
๒๐ วินาที ๐% โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์ท

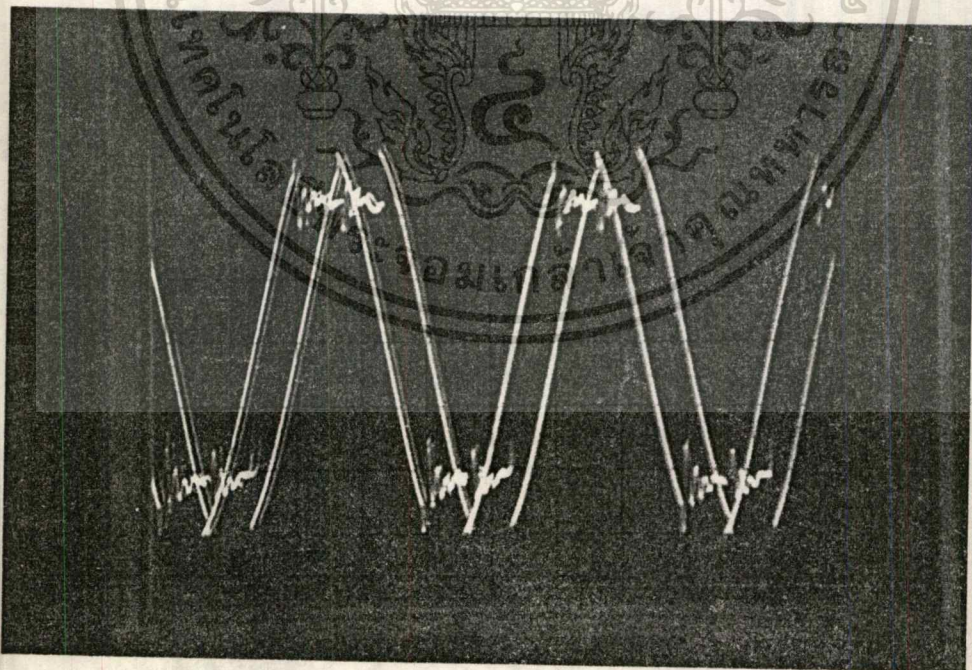


รูปที่ ๘.๙ แรงดันขณะวินาทีที่ 15 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในงานวิจัยของหน่วยงานที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

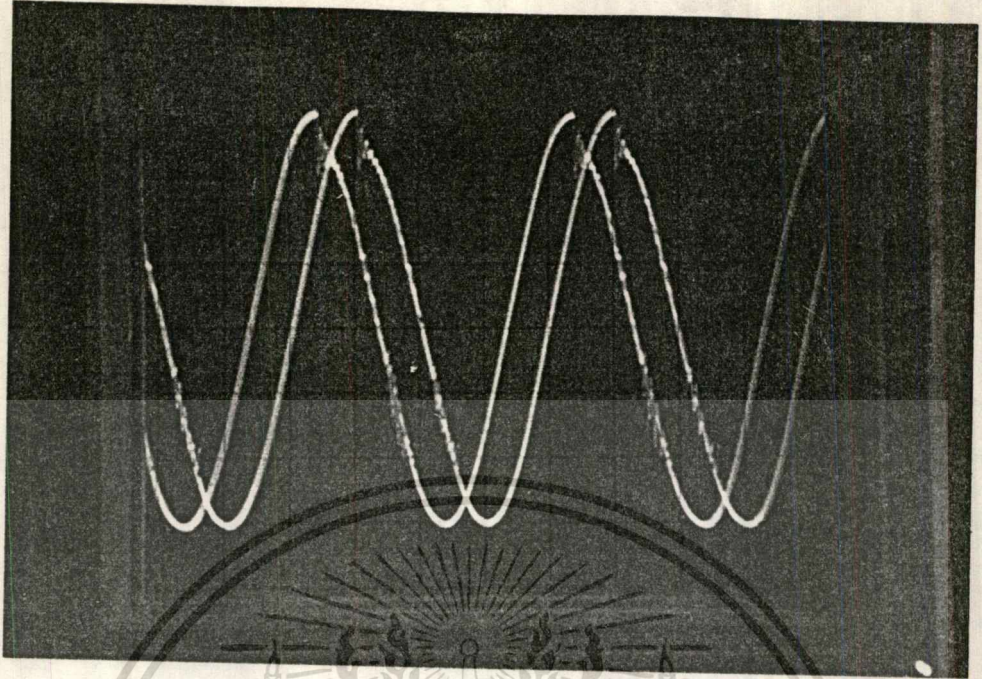


รูปที่ 8.10 แรงแค้นขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
20 วินาที 10% โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์

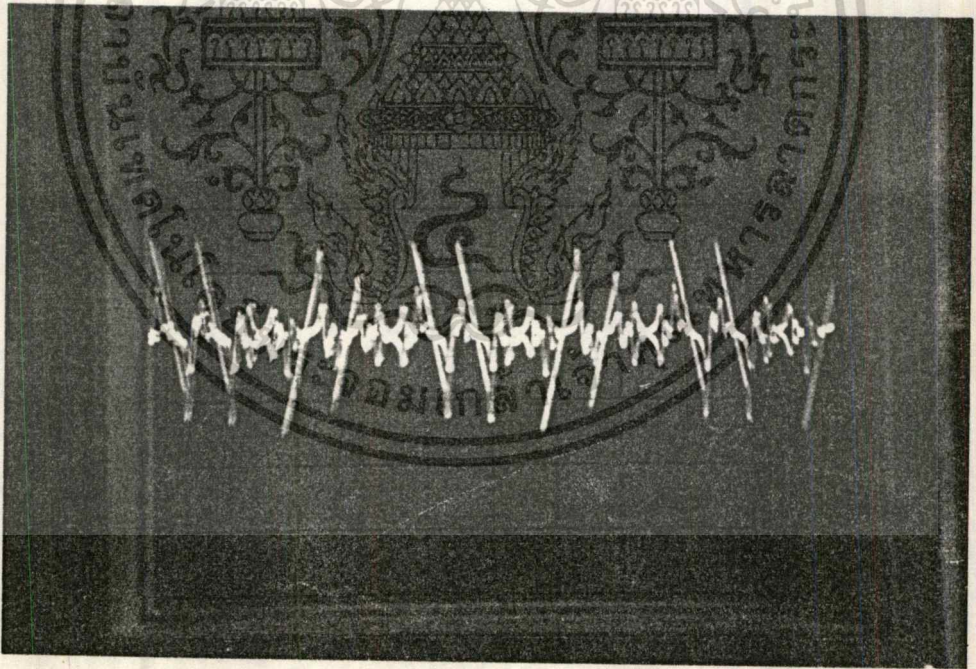


รูปที่ 8.11 แรงแค้นขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

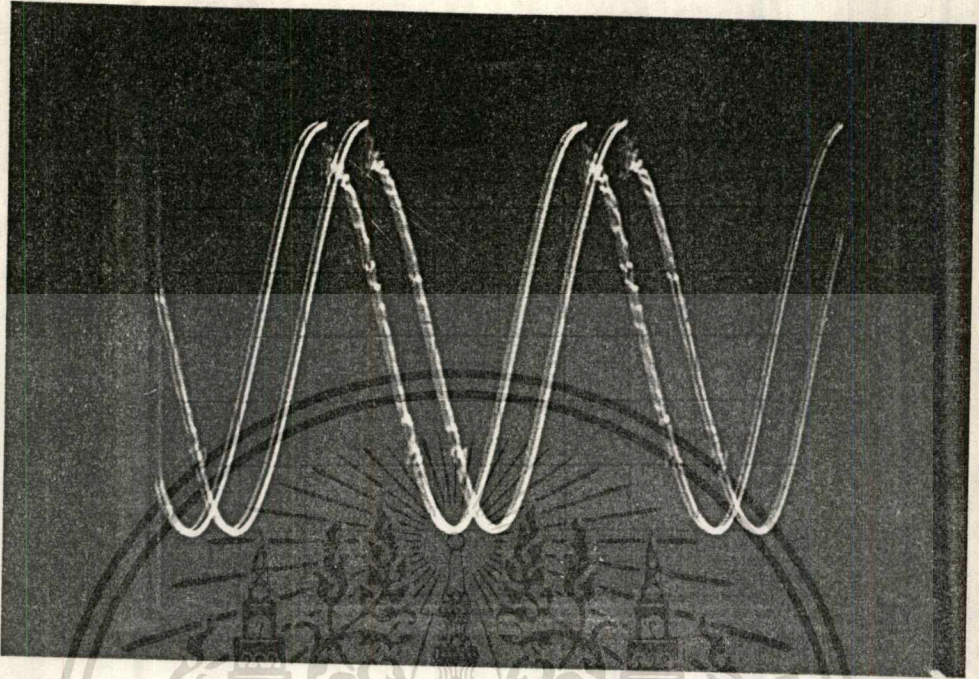


รูปที่ 6.12 แรงดันขณะที่มีมอเตอร์ต่อแบบสตาร์ กำลังรันอยู่

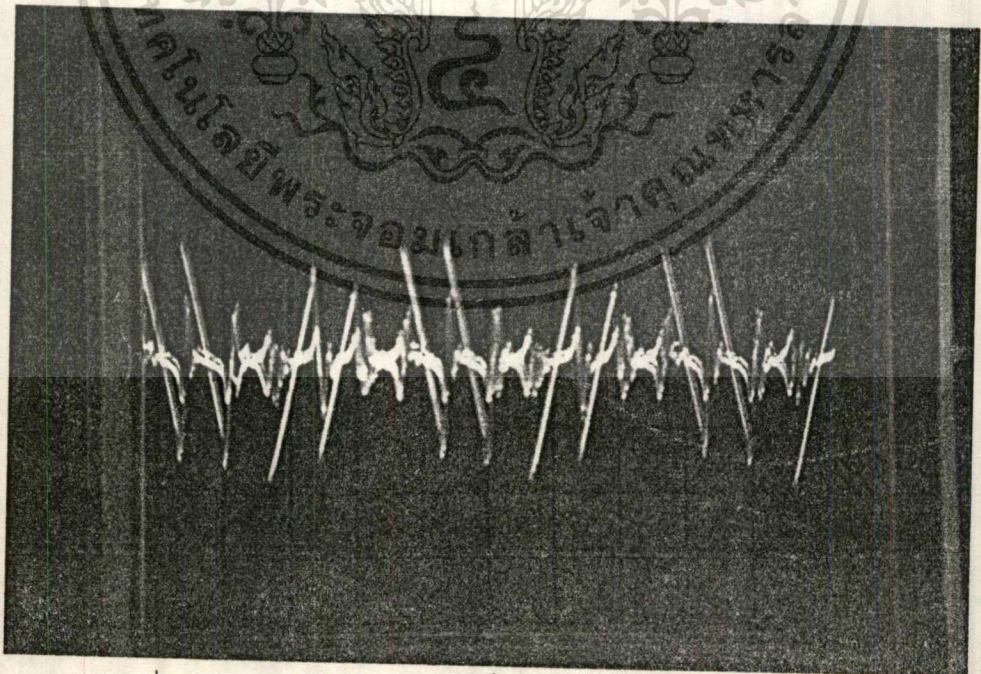


รูปที่ 6.13 แรงดันขณะวินาทีที่ 20 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลต์ต่อมอเตอร์แบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

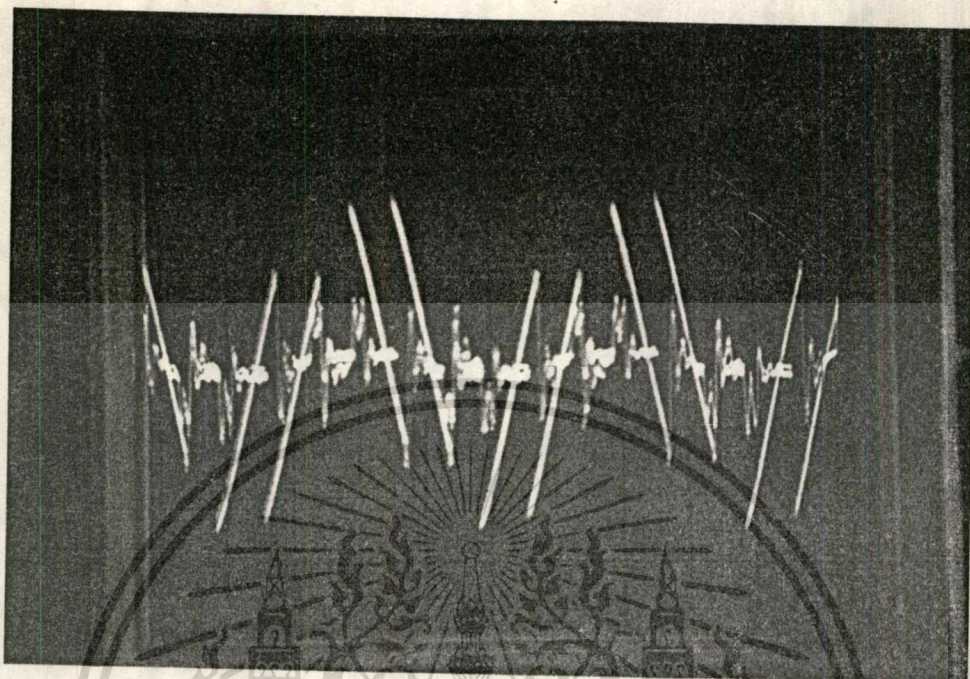


รูปที่ 8. 14 แรงดันขณะวินาทีที่ 120 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์ท

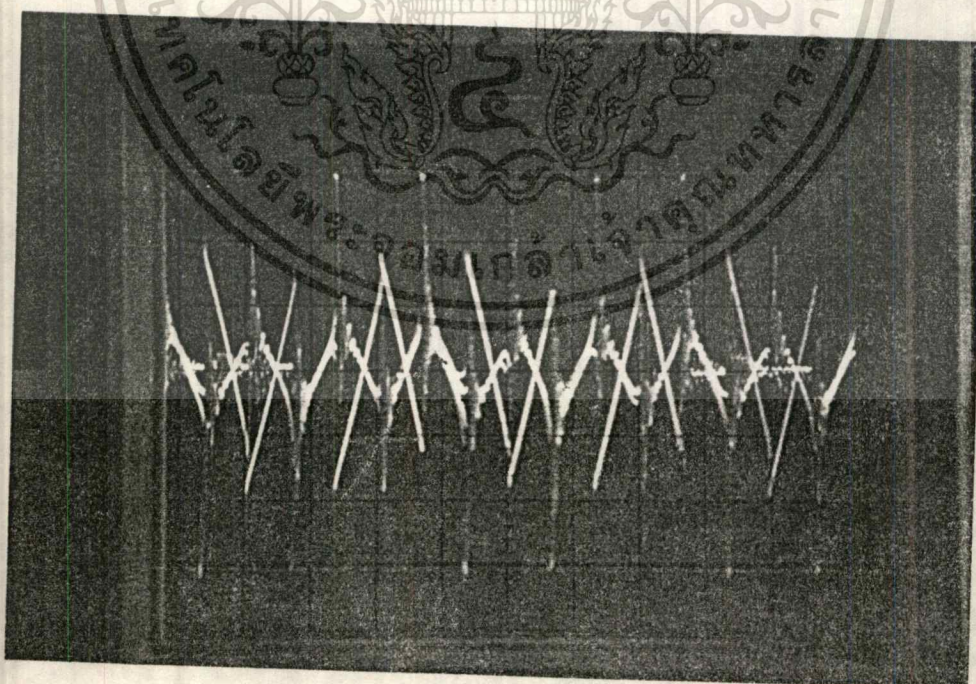


รูปที่ 8. 15 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

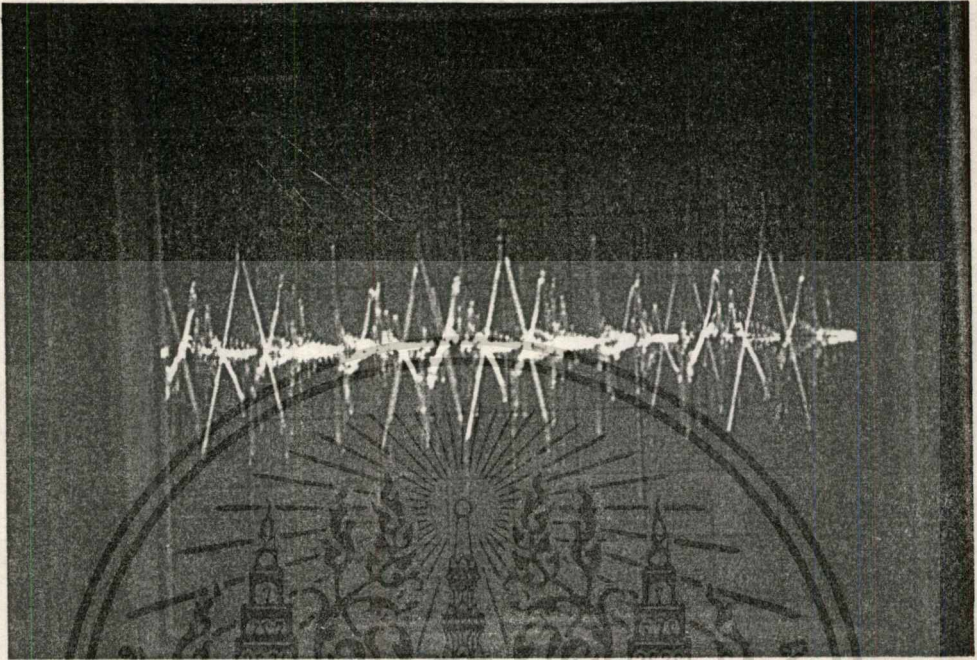


รูปที่ 8. 16 แรงดันขณะวินาทีที่ 4 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบสตาร์ท

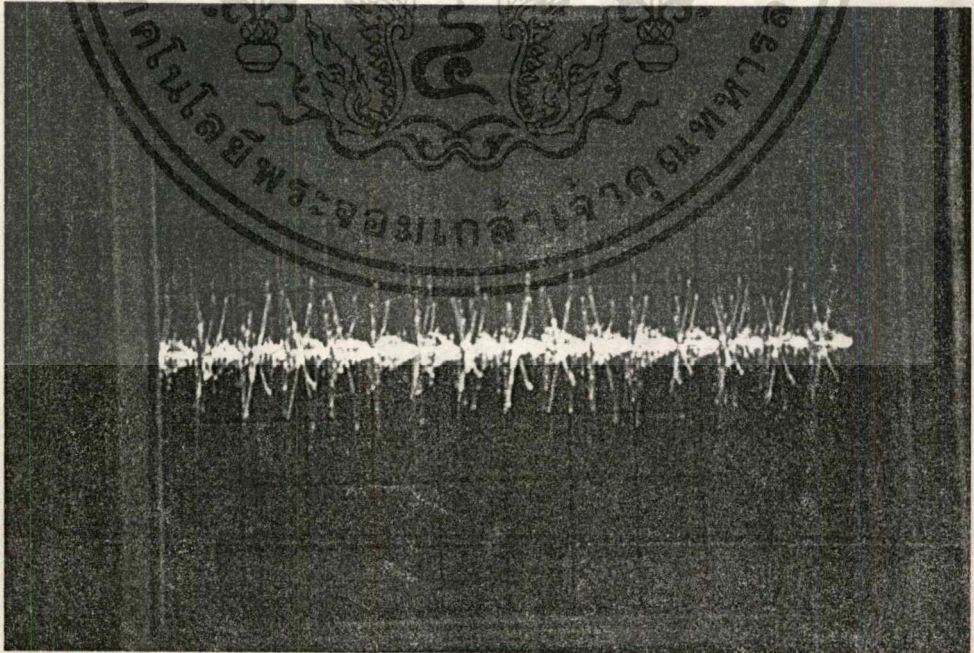


รูปที่ 8. 17 แรงดันขณะวินาทีที่ 10 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
20 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

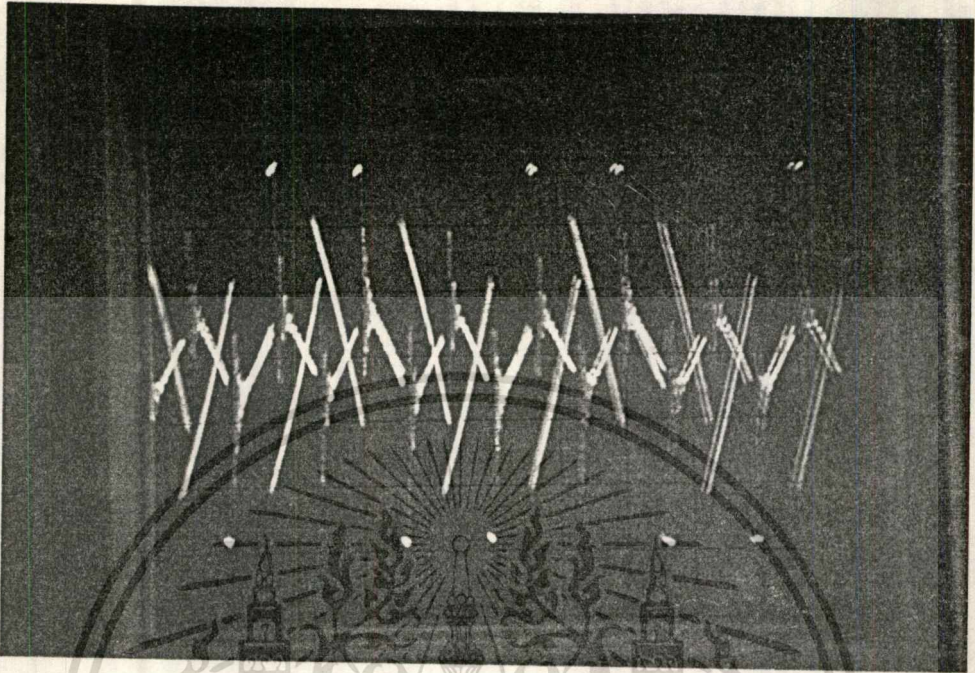


รูปที่ 8. 18 แรงดันขณะวินาทีที่ 7 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
20 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

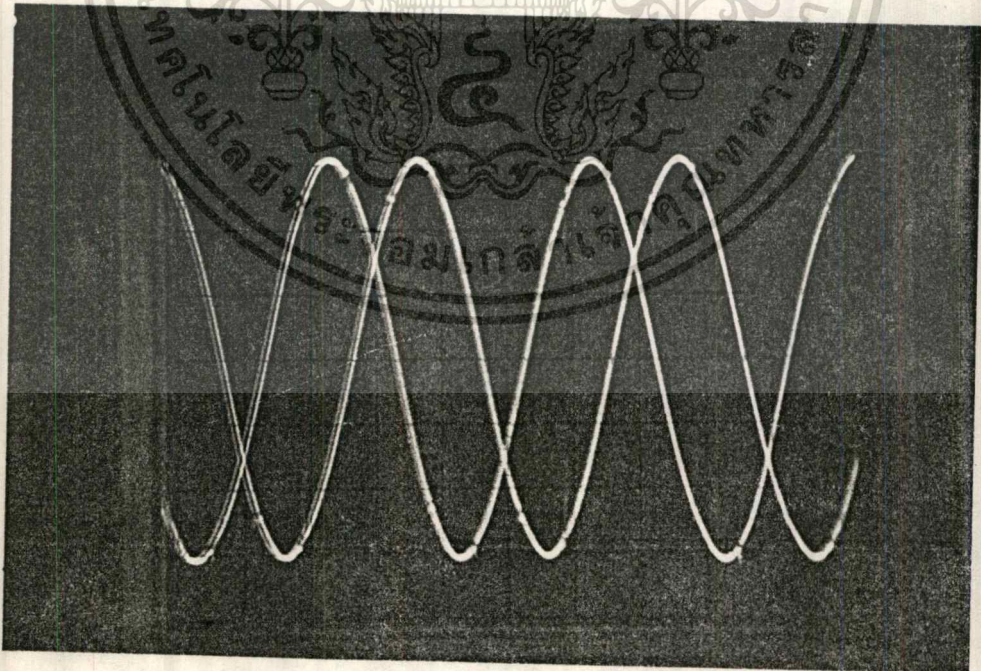


รูปที่ 8. 19 แรงดันขณะวินาทีที่ 5 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
20 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

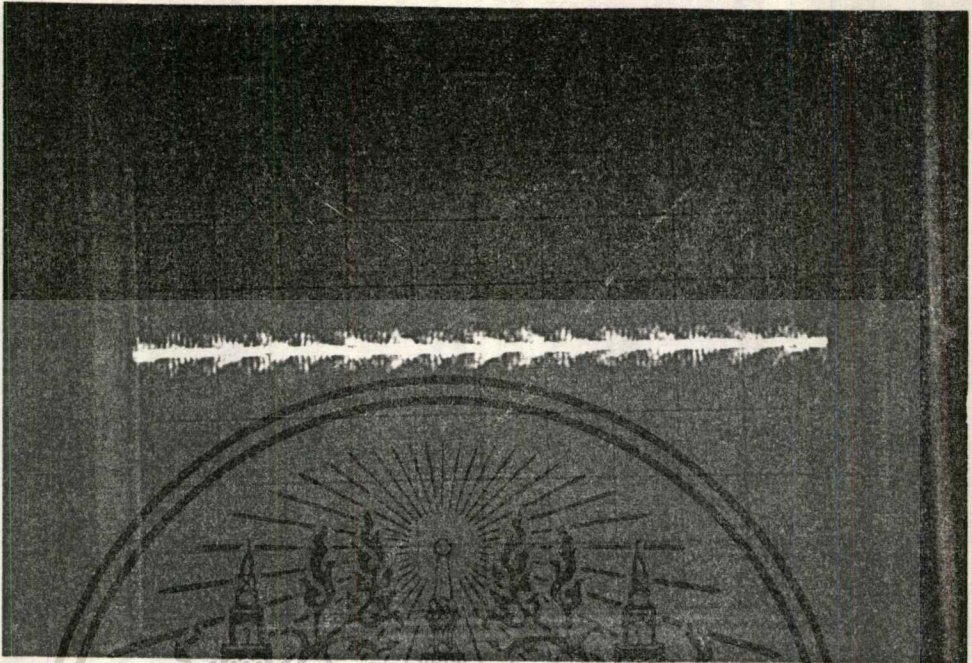


รูปที่ 6.20 แรงดันขณะวินาทีที่ 15 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
20 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

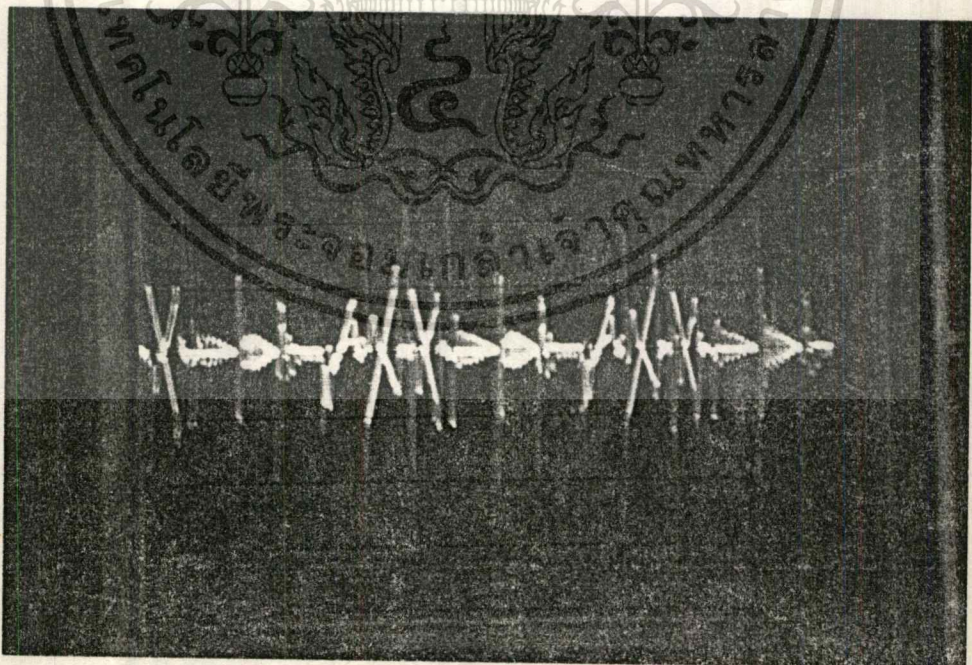


รูปที่ 6.21 แรงดันของมอเตอร์ต่อแบบเคลด้า ขณะที่กำลังรันอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

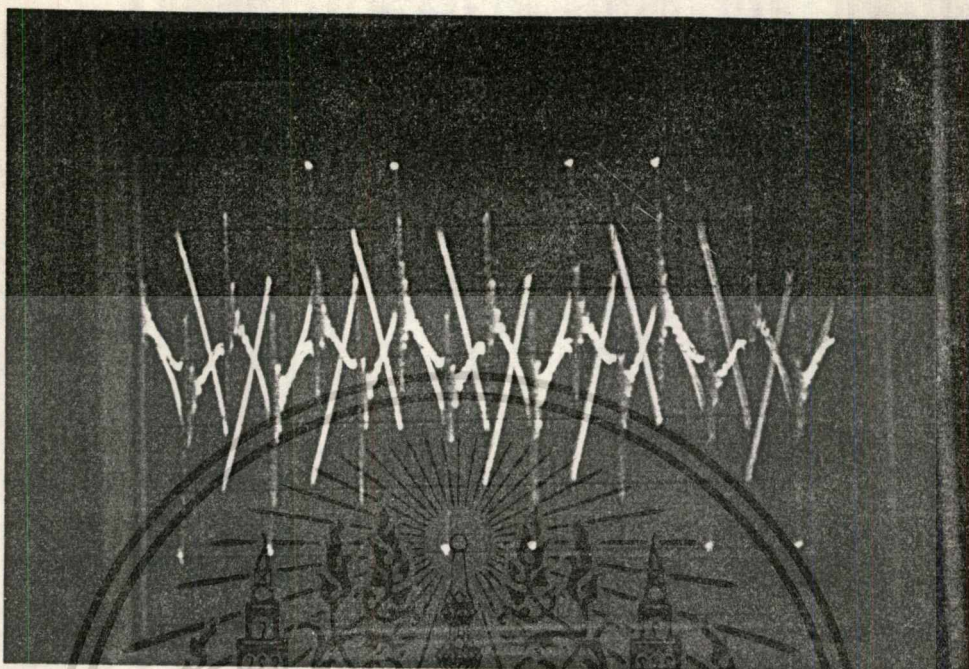


รูปที่ 6. 22 แร่งต้นขณะวินาทีที่ 30 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

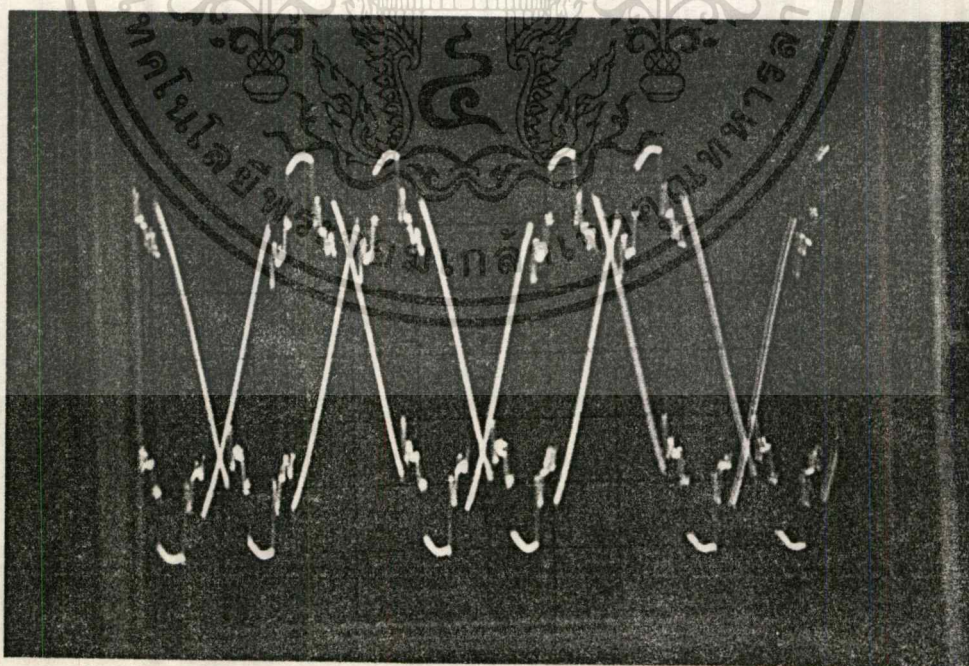


รูปที่ 6. 23 แร่งต้นขณะวินาทีที่ 85 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก้ารนำไปใช้

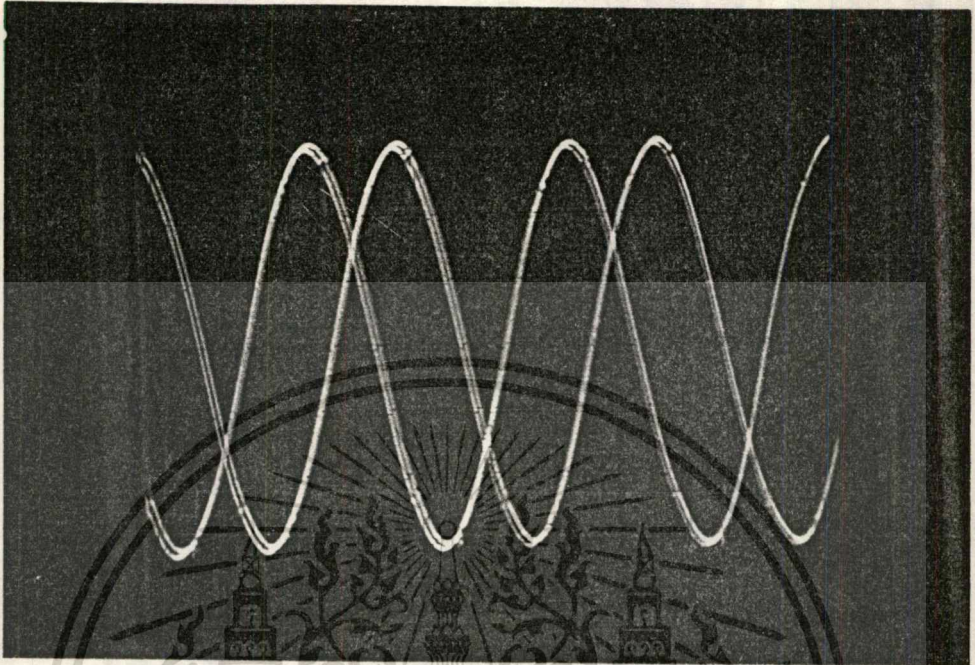


รูปที่ 6.24 แรงดันขณะวินาทีที่ 75 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

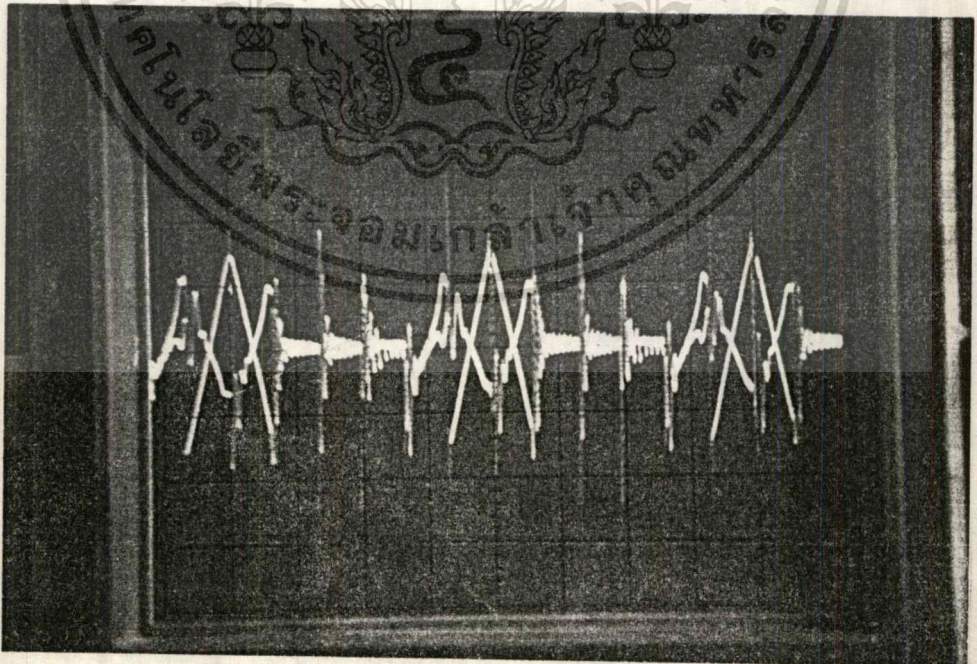


รูปที่ 6.25 แรงดันขณะวินาทีที่ 85 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

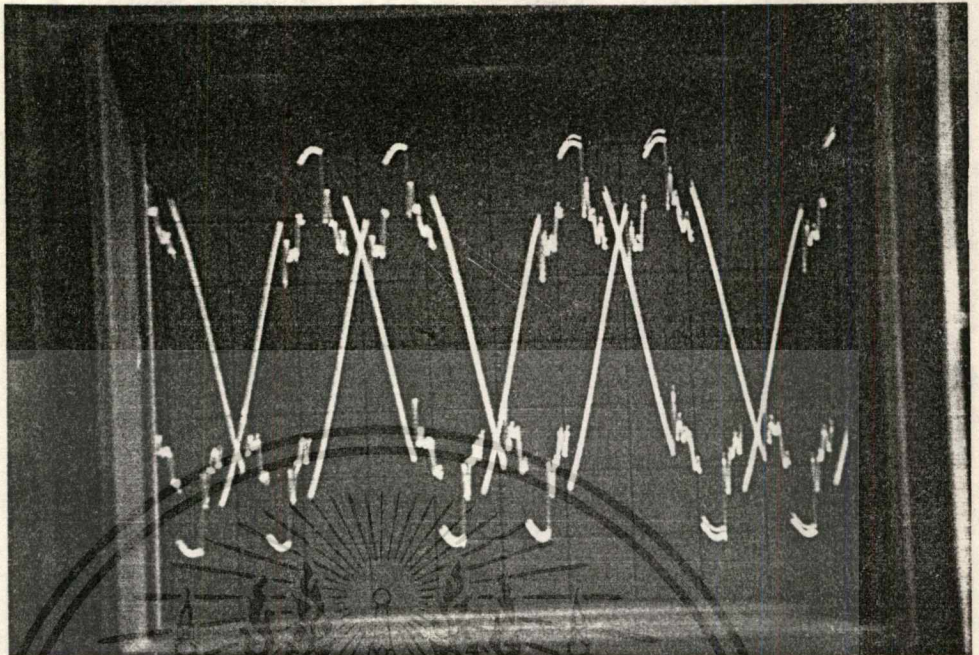


รูปที่ 6.26 แรงแดันขณะวินาทีที่ 120 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 0% โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

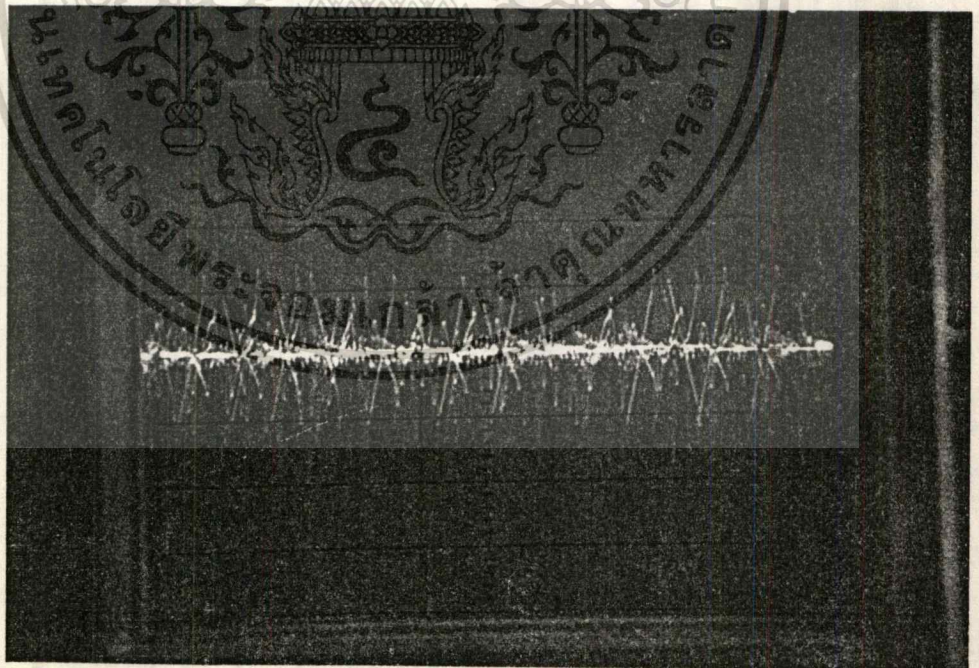


รูปที่ 6.27 แรงแดันขณะวินาทีที่ 67 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 10% โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเคลด้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

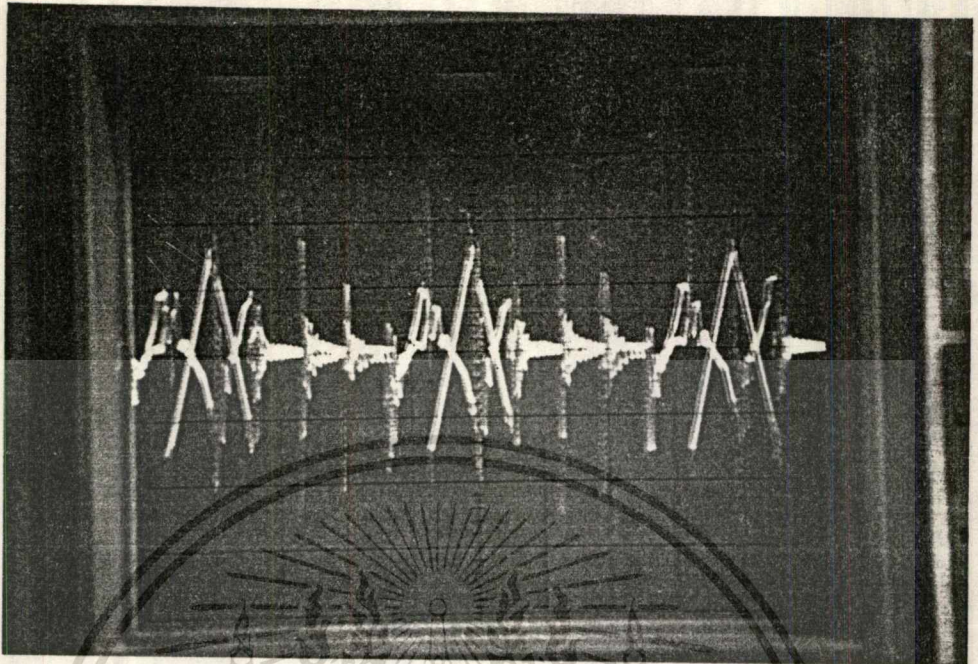


รูปที่ 8.28 แรงดันขณะวินาทีที่ 80 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 10 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

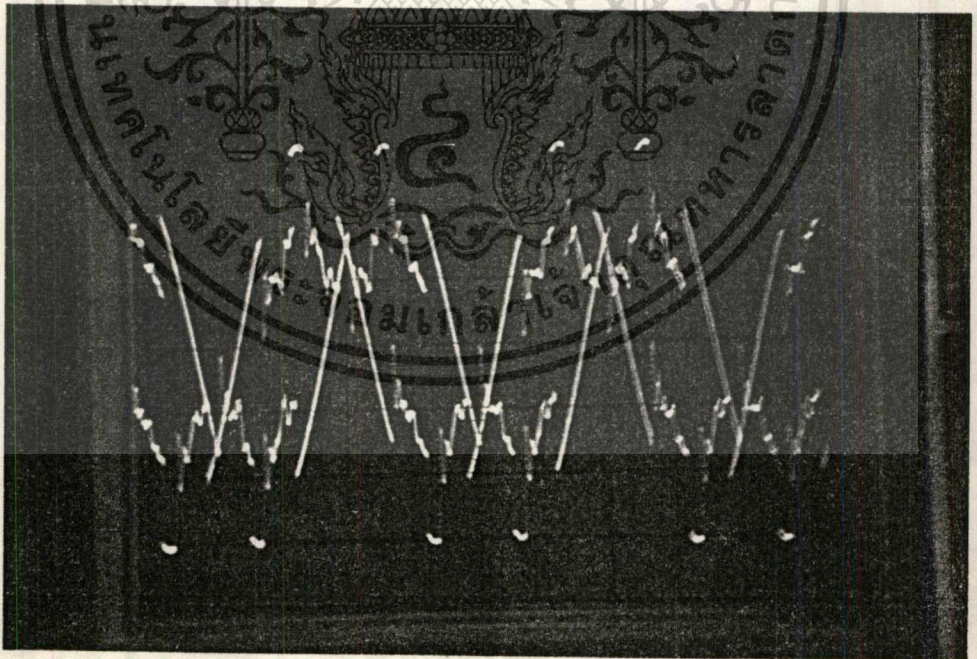


รูปที่ 8.29 แรงดันขณะวินาทีที่ 45 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8. 30 แรงดันขณะวินาทีที่ 80 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า



รูปที่ 8. 31 แรงดันขณะวินาทีที่ 75 เมื่อตั้งเวลาในการสตาร์ท
120 วินาที 20 % โวลเตจต่อมอเตอร์แบบเดลต้า~~

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลและวิจารณ์

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลา และโวลเตจกับเวลาขณะมีการสตาร์ท เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสตาร์ทแบบ Direct on line กับ การสตาร์ทด้วยการควบคุมมูมทริกของ SCR จะเห็นได้ว่าการสตาร์ทด้วย SCR มีการลดกระแสขณะสตาร์ทได้จริง

ในส่วนที่จะมีการตั้งเปอร์เซ็นต์โวลเตจและเวลาในการสตาร์ทเป็นเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับโหลดที่ได้นำมาต่อกับมอเตอร์ เช่น ถ้าโหลดมีค่ามากก็จำเป็นต้องตั้งเปอร์เซ็นต์โวลเตจขณะสตาร์ทให้สูง ๆ เข้าไว้ เพื่อให้แรงบิดขณะเริ่มหมุน (Starting - torque) มีค่ามากพอที่จะเอาชนะแรงบิดเนื่องจากความเฉื่อยของโหลดได้ การที่ต้องตั้งเปอร์เซ็นต์โวลเตจให้สูงนั้นเนื่องมาจากทฤษฎีของ Induction ที่ว่าแรงบิดขณะเริ่มหมุนจะแปรตามโวลเตจกำลังสอง

การพัฒนาขั้นต่อไปควรมีการควบคุมแบบป้อนกลับไว้ด้วยเพราะจะทำให้ระบบมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เพื่อไม่ให้มีกระแสเกินนานจนเกินไป ในขณะที่มีการป้อนค่าเปอร์เซ็นต์โวลเตจเริ่มต้นบิดพลาดที่อาจทำให้มอเตอร์ไม่หมุนในขณะสตาร์ท ควรจะมีการทดสอบ สตาร์ทมอเตอร์ทุกขนาด ที่ค่าเปอร์เซ็นต์โวลเตจ และเวลาที่ต่าง ๆ กันเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORG 8000H

;PORT TO SCAN

PORTA EQU 0F800H

PORTB EQU 0F801H

PORTC EQU 0F802H

CONT EQU 0F803H

;SUPPORT PORT TO TRIG

PORTAA EQU 0FC00H

PORTBB EQU 0FC01H

PORTCC EQU 0FC02H

CONTT EQU 0FC03H

;SET CONTROL PORT 8255

MOV DPTR,#CONTT

MOV A,#088H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#PORTBB

MOV A,#01H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#PORTAA

MOV A,#0FFH

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#CONT

MOV A,#088H

MOVX @DPTR,A

; MAIN PROGRAM

TIME: MOV R4,#020H

MOV DPTR,#PORTB

MOV A,#00H

MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#PORTA

MOV A,#078H

MOVX @DPTR,A

LOOP3: DJNZ R4,LOOP3

MOV A,#00H

MOVX @DPTR,A

LCALL SCAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE A,#0FFH,SUP1
SJMP TIME
SUP1: CJNE A,#0BH,SUP2
SJMP TIME
SUP2: CJNE A,#0CH,SUP3
LJMP TIME
SUP3: CLR C
MOV R4,A
MOV A,#01H
SUBB A,R4
JC TIME
MOV A,R4
MOV 0F0H,#0100D
MUL AB
MOV 11H,A
MOV 50H,R3
MOV 51H,#00H
LCALL WORK

TIME1: LCALL SHOW
LCALL SCAN
CJNE A,#0FFH,SUP4
SJMP TIME1
SUP4: CJNE A,#0BH,SUP5
SJMP TIME
SUP5: CJNE A,#0CH,SUP6
LJMP TIME
SUP6: MOV 0F0H,#010D
MUL AB
ADD A,11H
MOV 11H,A
MOV 51H,R3
MOV 52H,#00H
LCALL WORK

TIME2: LCALL SHOW
LCALL SCAN
CJNE A,#0FFH,SUP7
SJMP TIME2
SUP7: CJNE A,#0BH,SUP8
SJMP TIME
SUP8: CJNE A,#0CH,SUP9
LJMP TIME
SUP9: ADD A,11H
MOV 11H,A
MOV 52H,R3
MOV 53H,#00H
LCALL WORK
MOV R4,#00H

LOOP4: LCALL SHOW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ DJNZ R4,LOOP4 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR C
MOV A,#0120D
SUBB A,R1
JC TAM2
SJMP MVOLT
TAM2: LJMP TIME
MVOLT: MOV R4,#020H
MOV DPTR,#PORTB
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTA
MOV A,#03EH
MOVX @DPTR,A

```

```

LOOP1: DJNZ R4,LOOP1
MOV DPTR,#PORTA
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
LCALL SCAN
CJNE A,#0FFH,SUB1
SJMP MVOLT
SUB1: CJNE A,#0BH,SUB2
LJMP TIME
SUB2: CJNE A,#0CH,SUB3
SJMP MVOLT
SUB3: CLR C
MOV R4,A
MOV A,#01H
SUBB A,R4
JC MVOLT
MOV A,R4
MOV 0F0H,#0100D
MUL AB
MOV 10H,A
MOV 50H,R3
MOV 51H,#00H
LCALL WORK

```

```

VOLT2: LCALL SHOW
LCALL SCAN
CJNE A,#0FFH,SUB4
SJMP VOLT2
SUB4: CJNE A,#0BH,SUB5
LJMP TIME
SUB5: CJNE A,#0CH,SUB6
SJMP MVOLT
SUB6: MOV 0F0H,#010D
MUL AB
ADD A,10H

```

```
MOV 10H,A
MOV 51H,R3
MOV 52H,#00H
LCALL WORK
```

```
VOLT3: LCALL SHOW
        LCALL SCAN
        CJNE A,#0FFH,SUB7
        SJMP VOLT3
```

```
SUB7: CJNE A,#0BH,SUB8
        LJMP TIME
```

```
SUB8: CJNE A,#0CH,SUB9
        SJMP MVOLT
```

```
SUB9: ADD A,10H
        MOV 10H,A
        MOV 52H,R3
        MOV 53H,#00H
        LCALL WORK
        MOV R4,#00H
```

```
LOOP2: LCALL SHOW
        DJNZ R4,LOOP2
        MOV R4,#00H
```

```
LOPP2: LCALL SHOW
        DJNZ R4,LOPP2
```

```
MOV A,#0100D
CLR C
SUBB A,10H
JC TAM1
SJMP SORT
TAM1: LJMP MVOLT
```

```
SORT: LCALL SCAN
        CJNE A,#0FFH,CHAR1
        MOV R7,#00H
        MOV A,#03FH
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,#01H
        MOV DPTR,#PORTB
        MOVX @DPTR,A
        DJNZ R7,$
        MOV A,#00H
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX @DPTR,A
        SJMP SORT
```

```
CHAR1: MOV A,10H
        CJNE A,#0100D,COM1
```

```
LJMP WON2
MOV A,11H
CJNE A,#00H,COM1
LJMP WON2
```

```
COM1: MOV A,#0100D
SUBB A,10H
CLR C
SUBB A,11H
JC LTIME
```

```
LVOLT: MOV A,#0100D
SUBB A,10H
MOV R0,#00H
CLR C
```

```
LVOLT1: SUBB A,11H
JC LVOLT2
INC R0
MOV R1,A
JZ LVOLT2
SJMP LVOLT1
```

```
LVOLT2: CJNE R1,#00H,LVOLT3
MOV 14H,#00H
MOV 20H,#00H
MOV 12H,R0
MOV 13H,#01H
SJMP MOR1
```

```
LVOLT3: MOV 14H,R1
MOV 20H,#01H
INC R0
MOV 12H,R0
MOV 13H,#01H
SJMP MOR1
```

```
LTIME: MOV A,#0100D
CLR C
SUBB A,10H
MOV R0,A
MOV A,11H
MOV R1,#00H
CLR C
```

```
LTIME1: SUBB A,R0
JC LTIME2
INC R1
MOV R2,A
JZ LTIME2
SJMP LTIME1
```

```
LTIME2: CJNE R2,#00H,LTIME3
        MOV 14H,#00H
        MOV 20H,#00H
        MOV 13H,R1
        MOV 12H,#01H
        SJMP MOR1
```

```
LTIME3: MOV 14H,R2
        MOV 12H,#01H
        MOV 20H,#02H
        INC R1
        MOV 13H,R1
```

```
MOR1: LCALL MORT1
        MOV A,20H
        CJNE A,#00H,MOR2
        ACALL MORT2
        SJMP WON1
```

```
MOR2: CJNE A,#01H,MOR3
        ACALL MORT3
        SJMP WON1
```

```
MOR3: CJNE A,#02H,WON1
        ACALL MORT4
```

```
WON1: CLR C
        MOV A,#0100D
        SUBB A,10H
        JC WON2
        JZ WON2
        SJMP MOR1
```

```
WON2: MOV 10H,#0100D
        ACALL MORT1
```

```
WON3: ACALL SCAN
        CJNE A,#0FFH,HORSE
        MOV DPTR,#PORTA
        MOV A,#086H
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,#040H
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,#03H
        MOV DPTR,#PORTB
        MOVX @DPTR,A
        SJMP WON3
```

```
HORSE: MOV A,#077H
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,#03H
        MOV DPTR,#PORTB
        MOVX @DPTR,A
HORSE1: SJMP $
```

```
MORT1: MOV A,10H
        MOV DPTR,#09500H
        MOVC A,@A+DPTR
        MOV R0,A
        MOV DPTR,#PORTBB
        MOV A,#01H
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#PORTAA
        MOV A,R0
        MOVX @DPTR,A
        MOV DPTR,#PORTBB
        MOV A,#00H
        MOVX @DPTR,A
        ACALL LATE1
        RET
```

```
LATE1: MOV R1,13H
```

```
MATE: MOV R2,#0FFH
MATE1: MOV R3,#0F5H
MATE2: MOV A,#02H
        MOV DPTR,#PORTB
        MOVX @DPTR,A
        MOV A,#040H
        MOV DPTR,#PORTA
        MOVX @DPTR,A
        NOP
        NOP
        DJNZ R3,MATE2
        DJNZ R2,MATE1
        DJNZ R1,MATE
        RET
```

```
MORT2: MOV A,10H
        ADD A,12H
        MOV 10H,A
        RET
```

```
MORT3: MOV R2,14H
        CJNE R2,#00H,NUM1
        MOV 20H,#00H
        DEC 12H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบค้นงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV A,10H
ADD A,12H
MOV 10H,A
SJMP HOM1
NUM1: DEC 14H
MOV A,10H
ADD A,12H
MOV 10H,A
HOM1: RET

MORT4: MOV R2,14H
CJNE R2,#00H,NUM2
MOV 20H,#00H
DEC 13H
MOV A,10H
ADD A,12H
MOV 10H,A
SJMP HOM2
NUM2: DEC 14H
MOV A,10H
ADD A,12H
MOV 10H,A
HOM2: RET

SCAN: MOV R5,#0FFH
MOV R6,#0AAH

YAR: INC R5
CJNE R5,#06H,PAN1
MOV A,#0FFH
SJMP GATE
PAN1: MOV DPTR,#PORTB
MOV A,R5
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTC
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0F0H
MOV R7,A
CJNE A,#0F0H,NIPON
SJMP YAR

NIPON: MOV DPTR,#PORTB
MOV A,R5
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTC
MOVX A,@DPTR
ANL A,#0F0H
XRL A,R7
JNZ NIPON

```

```
MOV 54H,R5
MOV 20H,R7
JNB 04H,CHECK1
JNB 05H,CHECK2
JNB 06H,CHECK3
JNB 07H,CHECK4
SJMP GATE
```

```
CHECK1: MOV DPTR,#09000H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
MOV R3,A
MOV DPTR,#09100H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
SJMP GATE
```

```
CHECK2: MOV DPTR,#09007H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
MOV R3,A
MOV DPTR,#09107H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
SJMP GATE
```

```
CHECK3: MOV DPTR,#0900EH
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
MOV R3,A
MOV DPTR,#0910EH
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
SJMP GATE
```

```
CHECK4: MOV DPTR,#09015H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
MOV R3,A
MOV DPTR,#09115H
MOV A,R5
MOVC A,@A+DPTR
```

```
GATE: RET
```

```
SHOW: MOV A,50H
MOV DPTR,#PORTA
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTB
MOV A,#03H
MOVX @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV R0,#00H
TICK1: DJNZ R0,TICK1
MOV DPTR,#PORTA
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV A,51H
CJNE A,#00H,NEXT1
SJMP STAR
NEXT1: MOV DPTR,#PORTA
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTB
MOV A,#04H
MOVX @DPTR,A
MOV R0,#00H
TICK2: DJNZ R0,TICK2
MOV DPTR,#PORTA
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A
MOV A,52H
CJNE A,#00H,NEXT2
SJMP STAR
NEXT2: MOV DPTR,#PORTA
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTB
MOV A,#05H
MOVX @DPTR,A
MOV R0,#00H
TICK3: DJNZ R0,TICK3
STAR: MOV DPTR,#PORTA
MOV A,#00H
MOVX @DPTR,A

RET
WORK: LCALL SHOW
MOV DPTR,#PORTB
MOV A,R5
MOVX @DPTR,A
MOV DPTR,#PORTC
MOVX A,@DPTR
ORL A,#0FH
SWAP A
CPL A
JNZ WORK
RET

ORG 9000H
DB 00H,00H,00H,00H,00H,00H,00H
DB 00H,00H,07FH,06FH,00H,00H,00H

```

DB 00H,00H,066H,06DH,07DH,027H,00H
DB 00H,00H,03FH,06H,05BH,04FH,00H

ORG 9100H

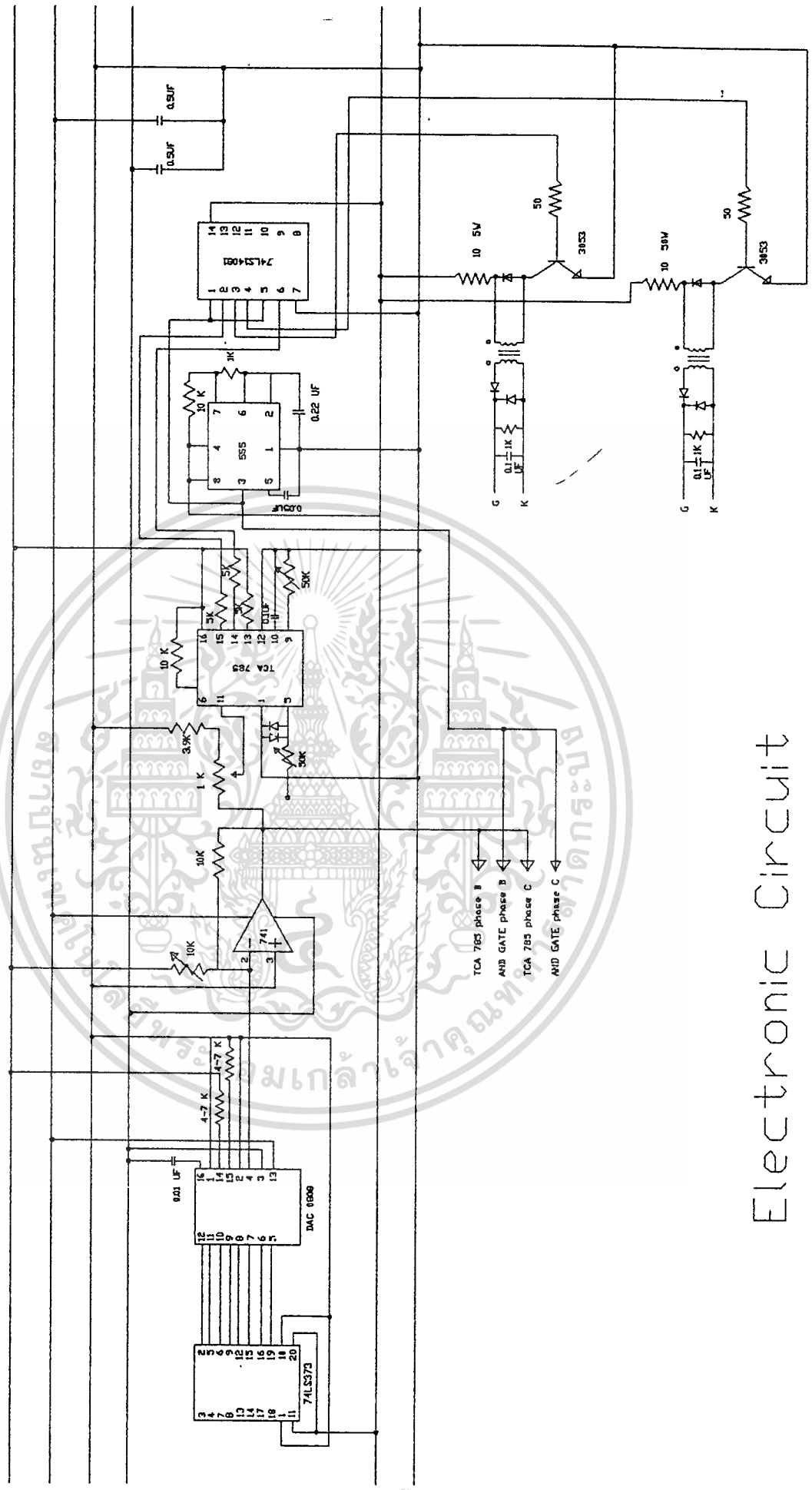
DB 0BH,0BH,0BH,0BH,0BH,0BH,0BH
DB 0BH,0BH,08H,09H,0CH,0BH,0BH
DB 0BH,0BH,04H,05H,06H,07H,0BH
DB 0BH,0BH,00H,01H,02H,03H,0BH

ORG 9500H

DB 0F3H,0F3H,0F0H,0EBH,0E9H,0E7H,0E5H,0E3H,
DB 0D6H,0D4H,0D2H,0D0H,0CFH,0CEH,0CDH,0CCI
DB 0C7H,0C6H,0C5H,0C4H,0C3H,0C2H,0C1H,0C0H
DB 0BDH,0BCH,0BBH,0BAH,0B9H,0B9H,0B8H,0B7H
DB 0B3H,0B2H,0B2H,0B1H,0B0H,0AFH,0AEH,0ADH
DB 0A9H,0A8H,0A8H,0A7H,0A6H,0A5H,0A4H,0A4H,C
DB 09FH,09EH,09DH,09CH,09BH,09AH,099H,098H,C
DB 094H,094H,093H,093H,092H,092H,08FH,08FH,0E
DB 089H,089H,088H,086H

HALF: END





Electronic Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสาร +10 ที่ส +12 ไร้สำรับการใช้งานเพื่อการศึกษา +5 0 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ก็ด้วยจากการให้ความช่วยเหลือจากหลายท่าน ท่านแรกคือท่านอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษาที่ดีมีประโยชน์ให้แก่กลุ่มของข้าพเจ้าได้ เป็นแนวทางในการนำไปปฏิบัติ และเพื่อนๆที่ได้ช่วยในการจัดทำรายงานในครั้งนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Alexander S.Langsdorf "Theory of Alternating-current Machiner. " McGraw-Hill Book Company, Inc. 1955.
2. Theraja,B.L. "A Text Book of Electrical Technology; Direct and Alternating Current. "McGraw_Hill Book Company,Inc.1959
3. D.Raker and H.Rice , original authors "INSIDE AUTACAD" .New Riders Publishing . 1992
4. Kaiser,Joe. "Electrical Power.Motors,Controls,Generators,Transformers" TheGoodhart Willcock Co.Inc. 1982
5. สุนทร วิทูรพจน์ "การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051" พ.ศ. 2538
6. อุดมศักดิ์ ชัยยีน, "POWER ELECTRONICS I" พ.ศ. 2534