

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ
แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท คาปาซิเตอร์รัน
PSC CHARACTERISTIC TEST



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ค.ศ. 11 ก.
3275

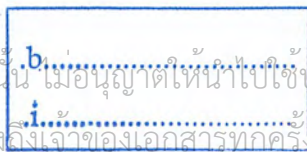
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....ปีการศึกษา 2545

49878

เลขทะเบียน.....
วันที่ฉบับปี 2 พ.ย. 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยึดทั้งหมดมีเหตุที่แบ่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท คาปาซิเตอร์รัน

PSC CHARACTERISTIC TEST

ผู้จัดทำ

1. นายฐานันดร มหรัตน์วิโรจน์ รหัสนักศึกษา 42010094
2. นายณพพล ชันทอง รหัสนักศึกษา 42010161
3. นายสุพัฒน์ เต็มจิตต์ภักดิ์ รหัสนักศึกษา 42010395
4. นายอุเทน ถ้วยทอง รหัสนักศึกษา 42010449



(รศ.ศุภี บรรจงจิตร)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.มณฑล สีสัจจินดาไกรฤกษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.เชาว์ ชมภูอินไหว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ
แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท คาปาซิเตอร์รัน

นายฐานันดร	มหรัตน์วิจน์	42010094
นายนพพล	ชันทอง	42010161
นายสุวัฒน์	เต็มจิตต์ภักดี	42010395
นายอุเทน	ถั่วทอง	42010449
รศ.ศุภลี	บรรจงจิตร	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เชาว์	ชมภูอินไหว	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส ได้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ดังเช่น มอเตอร์พัดลม, มอเตอร์เครื่องซักผ้า, มอเตอร์เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ ดังนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส จึงได้มีการออกแบบ และจัดทำชุดทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพื่อหาประสิทธิภาพ และกราฟคุณลักษณะของมอเตอร์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยชุดทดสอบที่ออกแบบมานั้นจะอาศัยกระบวนการในการทดสอบเป็น 3 ลักษณะคือ การทดสอบแบบไร้อภาระ, การทดสอบแบบใส่ภาระ และการทดสอบแบบดึงตัวหมุน โดยมีการควบคุมการทดสอบจากคอมพิวเตอร์ และ PLC

PSC CHARACTERISTIC TEST

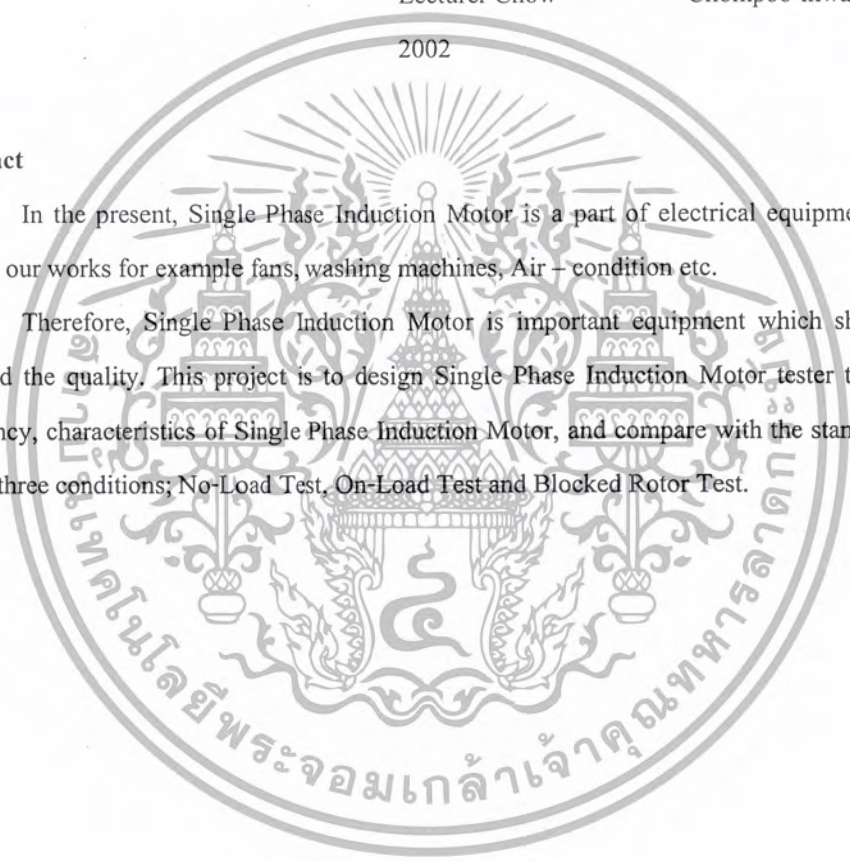
Mr.Thanandorn	Maharattanaviroj	
Mr.Noppon	Khanthong	
Mr.Supat	Temchitphakdee	
Mr.Uten	Tuaytong	
Assoc.Prof.Sulee	Banjongjit	Advisor
Assoc.Prof.Monthon	Leelajindakrailerk	Advisor
Lecturer Chow	Chompoo-inwai	Advisor

2002

Abstract

In the present, Single Phase Induction Motor is a part of electrical equipments that used to lighten our works for example fans, washing machines, Air – condition etc.

Therefore, Single Phase Induction Motor is important equipment which should be always checked the quality. This project is to design Single Phase Induction Motor tester that can find the efficiency, characteristics of Single Phase Induction Motor, and compare with the standard data. It can test in three conditions; No-Load Test, On-Load Test and Blocked Rotor Test.



กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำโครงการ “การออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ทคาปาซิเตอร์รัน” ต้องขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ได้แก่

- รศ.ศุภี บรรจงจิตร และ รศ.มณฑล สีสัจจินดาไกลฤกษ์ ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการทำงาน
- อ.เชาว์ ชมภูอินไหว ที่คอยให้คำแนะนำ วิจารณ์ ดักเตือน กระตุ้น และให้การสนับสนุนในด้านด้านกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทุนทรัพย์ ทำให้งานนี้สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ
- ขอขอบคุณบุคลากร บัณฑิตา มารดา และรวมทั้งคณะวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- เพื่อน ๆ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมศาสตร์ลาดกระบัง รุ่น 38 และที่ ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยเป็นกำลังใจ ช่วยเป็นที่ปรึกษาและแก้ปัญหาให้กับพวกเราเสมอมา



นายฐานันดร มหรัตน์วิโรจน์
 นายนพพล ชันทอง
 นายสุพัฒน์ เต็มจิตต์ภักดิ์
 นายอุเทน ถ้วยทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส	3
2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดแยกเฟสสตาร์ท	4
2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดเริ่มหมุนด้วยตัวเก็บประจุและวิ่งด้วยการเหนี่ยวนำ	4
2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดที่ใช้ตัวเก็บประจุทั้งในขณะที่หมุนเริ่มแรกและในขณะที่วิ่งหรือทำงานตามปกติ	5
2.2 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก	6
2.3 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า	7
2.3.1 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบการทดสอบแบบไร้ภาระ	7
2.3.2 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน	9
2.3.3 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบการทดสอบแบบวิธี โวลต์แอมป์	10
2.3.4 วงจรสมมูล	10
บทที่ 3 การออกแบบ	17
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการออกแบบ	17
3.2 การเลือกอุปกรณ์	18
3.3 การออกแบบแท่นยึดมอเตอร์	22
3.4 การออกแบบชุดตู้คอนโทรล	23
3.5 การออกแบบชุดแหล่งจ่ายไฟ	23
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์บนแท่นยึดมอเตอร์	24
3.7 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับชุดคอนโทรล	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 โปรแกรมที่ใช้ควบคุมและบันทึกผล	26
4.1 วิวัฒนาการของเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้	27
4.2 ข้อดีของ PLC	27
4.3 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้	27
4.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง	28
4.3.2 หน่วยจ่ายกำลัง	28
4.3.3 หน่วยอินพุต/เอาต์พุต	29
4.3.4 หน่วยป้อนโปรแกรม	29
4.4 ลักษณะการ โปรแกรมให้กับเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้	30
4.4.1 โปรแกรมภาษาแลดเดอร์โคธแกรม	31
4.4.2 โปรแกรมคำสั่งภาษาบูลีน	32
4.5 การใช้งาน PLC	32
4.5.1 การทดสอบแบบไร้ภาระ	32
4.5.2 การทดสอบแบบตึงตัวหมุน	33
4.6 โปรแกรมภาษา Visual Basic	34
4.7 ลักษณะของโปรแกรม	35
บทที่ 5 ผลการทดสอบ	38
5.1 การเก็บผลการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบปรับค่าด้วยมือ	38
5.1.1 การทดสอบแบบไร้ภาระ	38
5.1.2 การทดสอบแบบตึงตัวหมุน	48
5.1.3 การทดสอบแบบใส่ภาระ	58
5.2 การทดสอบแบบอัตโนมัติ	84
5.3 การแสดงค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	85
5.4 ผลการหาค่าแรงบิดเริ่มต้นหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	93
5.5 ผลการหาค่าแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	97
5.6 ผลการหาค่ากำลังเอาต์พุตสูงสุดของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	100
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	103
6.1 สรุปผลการทดสอบ	103
6.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ	103
6.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ	107
6.4 แนวทางการพัฒนา	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

109

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสชนิดแยกเฟสสตาร์ท	4
รูปที่ 2-2 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสชนิดเริ่มหมุนด้วยตัวเก็บประจุ และวิ่งด้วยการเหนี่ยวนำ	5
รูปที่ 2-3 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสชนิดที่ใช้ตัวเก็บประจุทั้งในขณะที่หมุน เริ่มแรกและในขณะที่วิ่งหรือทำงานปกติ	6
รูปที่ 2-4 วงจรสมมูล	10
รูปที่ 2-5 วงจรแสดงเฟสเซอร์ไดอะแกรม	11
รูปที่ 2-6 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	11
รูปที่ 2-7 การจัดรูปวงจรใหม่	12
รูปที่ 2-8 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จัดรูปวงจรใหม่แล้ว	12
รูปที่ 2-9 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	14
รูปที่ 2-10 การจัดรูปวงจรใหม่	14
รูปที่ 2-11 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จัดรูปวงจรใหม่แล้ว	15
รูปที่ 3-1 แผนภาพการทำงาน โดยรวมชุดทดสอบมอเตอร์	17
รูปที่ 3-2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการออกแบบ	18
รูปที่ 3-3 มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการทดสอบ	18
รูปที่ 3-4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขั้วคลวคลสร้างสามแม่เหล็ก	19
รูปที่ 3-5 ชุดโหลดหลอดไฟ	19
รูปที่ 3-6 PLC ที่ใช้งาน	20
รูปที่ 3-7 Contact Relay	20
รูปที่ 3-8 Transducer	21
รูปที่ 3-9 Meter	21
รูปที่ 3-10 ลักษณะการปรับมอเตอร์สำหรับนำมาทดสอบในแนวตั้ง	22
รูปที่ 3-11 ลักษณะการปรับมอเตอร์สำหรับนำมาทดสอบในแนวระดับ	22
รูปที่ 3-12 ตู้คอนโทรล	23
รูปที่ 3-13 แหล่งจ่ายไฟ	24
รูปที่ 3-14 วงจรเฟสคอนโทรลที่ใช้สำหรับแหล่งจ่ายไฟ	24
รูปที่ 3-15 การติดตั้งอุปกรณ์บนแท่นยึดมอเตอร์	24
รูปที่ 3-16 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับชุดตู้คอนโทรล	25
รูปที่ 4-1 โครงสร้างของ PLC	28
รูปที่ 4-2 บล็อกไดอะแกรม	29
รูปที่ 4-3 แผนภาพการทำงานแบบไริ์ภาวะ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-4 แผนภาพการทำงานแบบครึ่งตัวหมุน	34
รูปที่ 4-5 ส่วนของหน้าแรกของโปรแกรม	35
รูปที่ 4-6 ส่วนหน้าต่างของการทดสอบแบบไร้ภาระ	35
รูปที่ 4-7 การเก็บข้อมูลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่จุดที่ 1	36
รูปที่ 4-8 ส่วนหน้าต่างของการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน	36
รูปที่ 4-9 การเก็บข้อมูลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่จุดที่ 1	37
รูปที่ 5-1 การต่อวงจรการทดสอบแบบไร้ภาระ	38
รูปที่ 5-2 บล็อกโคอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีไร้ภาระ	39
รูปที่ 5-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบไร้ภาระครั้งที่ 1	43
รูปที่ 5-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบไร้ภาระครั้งที่ 2	47
รูปที่ 5-5 การต่อวงจรการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน	48
รูปที่ 5-6 บล็อกโคอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีครึ่งตัวหมุน	49
รูปที่ 5-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนครั้งที่ 1	53
รูปที่ 5-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนครั้งที่ 2	57
รูปที่ 5-9 การต่อวงจรการทดสอบแบบใส่ภาระ	58
รูปที่ 5-10 บล็อกโคอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีใส่ภาระ	59
รูปที่ 5-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบใส่ภาระครั้งที่ 1	71
รูปที่ 5-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบใส่ภาระครั้งที่ 2	83
รูปที่ 5-13 ผลการทดสอบแบบไร้ภาระของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	84
รูปที่ 5-14 ผลการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp	84
รูปที่ 5-15 วงจรสมมูลของขด Low	87
รูปที่ 5-16 วงจรสมมูลของขด Medium	90
รูปที่ 5-17 วงจรสมมูลของขด High	92
รูปที่ 5-18 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด Low ที่จัดรูปวงจรใหม่	94
รูปที่ 5-19 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด Medium ที่จัดรูปวงจรใหม่	95
รูปที่ 5-20 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด High ที่จัดรูปวงจรใหม่	96
รูปที่ 6-1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด Low	104
รูปที่ 6-2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด Medium	105
รูปที่ 6-3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด High	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6-4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด Low	106
รูปที่ 6-5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด Medium	107
รูปที่ 6-6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ของขดลวด High	107



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 แสดงถึงตัวอย่างของการใช้ฟังก์ชันลอจิกและสัญลักษณ์พื้นฐานในการเขียน โปรแกรมแลคเตอร์ของPLC	31
ตารางที่ 5-1 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	40
ตารางที่ 5-2 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	41
ตารางที่ 5-3 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	42
ตารางที่ 5-4 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	44
ตารางที่ 5-5 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	45
ตารางที่ 5-6 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	46
ตารางที่ 5-7 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	50
ตารางที่ 5-8 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	51
ตารางที่ 5-9 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	52
ตารางที่ 5-10 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	54
ตารางที่ 5-11 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	55
ตารางที่ 5-12 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	56
ตารางที่ 5-13 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	60
ตารางที่ 5-14 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5-14 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	62
ตารางที่ 5-15 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	63
ตารางที่ 5-15 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	64
ตารางที่ 5-16 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	65
ตารางที่ 5-17 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	66
ตารางที่ 5-17 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	67
ตารางที่ 5-18 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	68
ตารางที่ 5-18 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	69
ตารางที่ 5-19 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	72
ตารางที่ 5-20 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	73
ตารางที่ 5-20 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	74
ตารางที่ 5-21 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	75
ตารางที่ 5-21 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	76
ตารางที่ 5-22 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	77
ตารางที่ 5-23 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	78
ตารางที่ 5-23 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 5-24 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	80
ตารางที่ 5-24 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขนาด 0.33 hp	81
ตารางที่ 6-1 เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	104
ตารางที่ 6-2 เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ	106



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส มีความสำคัญมาก เพราะจะมีผลต่อความน่าเชื่อถือของสินค้า เพราะฉะนั้นจึงได้มีการออกแบบและจัดทำชุดทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ขึ้นมา เพื่อให้ทดสอบประสิทธิภาพ และคุณภาพของมอเตอร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้ โดยใช้ระบบการทดสอบแบบอัตโนมัติ คือสั่งการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ และใช้ PLC เป็นตัวควบคุมการทำงาน รวมทั้งรับส่งข้อมูล เพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างรวดเร็ว และนำผลการทดสอบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อความมั่นใจในมาตรฐานการผลิตมอเตอร์ รวมถึงประสิทธิภาพในขบวนการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยใช้สถานะในการทดสอบทั้งสิ้น 3 สถานะ คือ สถานะไร้ภาระ, สถานะใส่ภาระ และสถานะตรึงตัวหมุน รวมทั้งระบบการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส โดยใช้ PLC เป็นตัวช่วย แล้วนำข้อมูลที่ได้นมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือ ตรวจสอบคุณภาพของมอเตอร์ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบชุดควบคุมการทำงาน และชุดแสดงผลค่าองค์ประกอบต่างๆ ทางไฟฟ้า
- 2 ทดสอบหาลำขององค์ประกอบทางไฟฟ้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบใช้ตัวเก็บประจุเริ่มเดินและหมุน ในสถานะต่างๆ เช่น การทดสอบแบบไร้ภาระ, การทดสอบตรึงตัวหมุน และวิธีการทดสอบแบบใส่ภาระ โดยการใช้การปรับค่าด้วยมือ
- 3 ออกแบบแท่นยึด ชุดควบคุมการทำงาน และชุดแสดงผลค่าองค์ประกอบต่างๆ ทางไฟฟ้า
- 4 ใช้งานในระบบอัตโนมัติโดยนำข้อมูลที่ได้นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในแบบปรับค่าด้วยมือ (Manual)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1 ได้ชุดทดสอบมอเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพ และทำงาน โดยระบบอัตโนมัติ (Automatic Control)
- 2 สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาของมอเตอร์ได้อย่างทันที่่วงที่ก่อนเกิดเหตุร้าย
- 3 ทำให้ระบบการผลิต เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 นำผลการทดสอบที่ได้เก็บรวบรวมไว้มาทำการพิจารณา และทำการออกแบบวิธีการผลิตมอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.5 เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐาน ที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส และหลักการ ทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า ในแบบต่างๆ และการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 อธิบายถึงการออกแบบแทนฮิมอเตอร์ และการออกแบบชุดตู้ควบคุม รวมทั้งอุปกรณ์จ่าย แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ

บทที่ 4 บรรยายถึง โครงสร้าง และ โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและบันทึกผลของชุดทดสอบ มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าแบบ 1 เฟส ซึ่งจะมี PLC และ โปรแกรม VB (Visual Basic)

บทที่ 5 อธิบายถึงวิธีการทำการทดสอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าแบบ 1 เฟส ทั้งแบบปรับด้วยมือ และ การปรับโดยอัตโนมัติ รวมทั้งแสดงถึงผลการทดสอบของทั้ง 2 วิธี และค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ที่ ทดสอบ

บทที่ 6 เป็นบทที่สรุปผลงานของ โครงการที่ได้ทำมาทั้งหมด และชี้ให้เห็นถึงปัญหาและแนวทาง แก้ไขและพัฒนาให้ดีขึ้น

ภาคผนวก กล่าวถึงรายละเอียดและแคตตาล็อกที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัดและควบคุมในการ ทดลอง



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะโครงสร้าง และการทำงานคล้ายคลึงกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบหลายเฟสมาก เพราะฉะนั้นการเข้าใจถึงหลักการทำงานขั้นพื้นฐาน รวมถึงวิธีการทดสอบมอเตอร์ในแบบต่าง ๆ จึงมีความสำคัญมาก เพื่อจะได้สามารถเข้าใจถึงสภาพและลักษณะการทำงานของมอเตอร์ที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์จริง และในบทนี้ยังได้กล่าวถึงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กในแง่ของการควบคุมความเร็วในการทำงานด้วย

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบ 1 เฟส (Single Phase Induction Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส (Single Phase Induction Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างและหลักการการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟส จะต่างกันก็ตรงที่สเตเตอร์ (stator) มีการพันขดลวดเป็นแบบเฟสเดียวและได้รับไฟจากแหล่งจ่ายไฟ (Supply) เป็นแบบเฟสเดียวด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสลับกัน ไปมาขึ้นที่สเตเตอร์ ซึ่งไม่ใช่สนามแม่เหล็กหมุนที่ความเร็วซิงโครนัส เหมือนอย่างกับพวกที่มีการพันขดลวดแบบสองเฟสหรือสามเฟส จากเหตุผลนี้จึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่สลับไปมานี้ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดแรงบิดหมุนขึ้นได้ในขณะที่โรเตอร์ (rotor) ยังหยุดอยู่ นี่ก็คือสาเหตุที่ว่าทำไมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟสจึงไม่มีแรงบิดเริ่มแรกในตัวของมันเอง

อย่างไรก็ดีถ้าหากค่าโรเตอร์ถูกทำให้หมุนไปด้วยมือ หรือวิธีใดวิธีหนึ่งในทิศทางใดทางหนึ่งแล้ว ย่อมทำให้เกิดแรงบิด และอัตราเร่งเกิดขึ้นกับมอเตอร์นั้น จนกระทั่งมีความเร็วเต็มที่

โรเตอร์ของมอเตอร์แบบนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบกรงกระรอก (Squirrel Cage) ส่วนทางสเตเตอร์นั้นก็มีการพันขดลวดตัวนำที่แตกต่างกันไปบ้าง แล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ การที่กล่าวว่ามีมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส มีโครงสร้างและหลักการการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำหลายเฟสนั้น หมายความว่า มอเตอร์แบบนี้มีทั้งสเตเตอร์และโรเตอร์ โดยที่สเตเตอร์นั้นจะมีการพันขดลวดเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในช่วงขณะเริ่มแรก หรือมีอยู่ตลอดไปก็ได้ โดยอาศัยอุปกรณ์ช่วยอื่นๆ เช่น ขดลวดสตาร์ท (Starting Winding) หรือตัวเก็บประจุ (Capacitor) ต่อร่วมกับขดลวดหลัก (Main Winding) หรืออาจทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเลื่อนหรือเคลื่อนที่ไปรอบ หรือเกิดสนามแม่เหล็ก โดยอาศัยคุณสมบัติของ โรเตอร์และสเตเตอร์ร่วมกันได้ ส่วนโรเตอร์นั้นก็อาจเป็นแบบกรงกระรอก หรืออาจไม่เป็นที่ก็ได้ แต่ต้องเป็นตัวที่ทำให้เกิดมีการเหนี่ยวนำขึ้นในตัวมัน เพื่อทำให้เกิดแรงบิด (Torque) ขึ้นได้ เมื่อมีสนามแม่เหล็กหมุน หรือเลื่อนได้ หมุนผ่านตัวมัน ซึ่งเราสามารถแบ่งมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ออกได้คร่าวๆ ดังนี้

2.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดแยกเฟสสตาร์ท (Split – Phase Motor)

องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการทำงาน

1. ขดลวดหลัก
2. ขดลวดสตาร์ท
3. สวิตช์แรงเหวี่ยง

หลักการทำงาน

เมื่อทำการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายไฟเข้าสู่มอเตอร์แล้ว สังกะสีที่ขดลวดหลัก และขดลวดสตาร์ท จะพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดทั้ง 2 นั้น จะเกิดความต่างเฟสกัน ซึ่งความต่างเฟสที่เกิดขึ้นนี้ จะส่งผลให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน และทำให้มอเตอร์เริ่มทำงานในที่สุด และเมื่อมอเตอร์วิ่งได้เกือบใกล้ความเร็วพิกัด หรือประมาณ 75 % ของความเร็วที่ซิงโครนัส สวิตช์แรงเหวี่ยงจะต้องตัดขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร เพื่อป้องกันขดลวดสตาร์ทไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 2-1



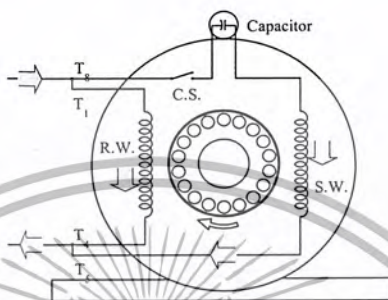
2.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดเริ่มหมุนด้วยตัวเก็บประจุ และวิ่งด้วยการเหนี่ยวนำ (Capacitor Start Induction – Run Motor)

องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการทำงาน

1. ขดลวดหลัก
2. ขดลวดสตาร์ท
3. ตัวเก็บประจุ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์)
4. สวิตช์แรงเหวี่ยง

หลักการทํางาน

หลักการทํางานจะคล้ายกับกรณีแรก แตกต่างกันตรงที่ค่าตัวเก็บประจุที่ใส่เพิ่มเข้ามาจะส่งผลให้ค่าของความต่างเฟสของกระแสทั้งสองนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่กระแสที่ไหลผ่านขดลวดสตาร์ทจะอยู่ในลักษณะนำหน้า (Lead) กระแสที่ไหลผ่านขดลวดหลัก และเมื่อมอเตอร์มีความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วที่ซิงโครนัส สวิตช์แรงเหวี่ยงก็จะทำการตัดตัวเก็บประจุ และขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร คล้ายกับกรณีแรกดังแสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

ชนิดเริ่มหมุนด้วยตัวเก็บประจุ และ วิ่งด้วยการเหนี่ยวนำ

2.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส ชนิดที่ใช้ตัวเก็บประจุทั้งในขณะเริ่มหมุนแรกและในขณะวิ่งหรือทำงานตามปกติ (Capacitor – Start Capacitor Run Motor)

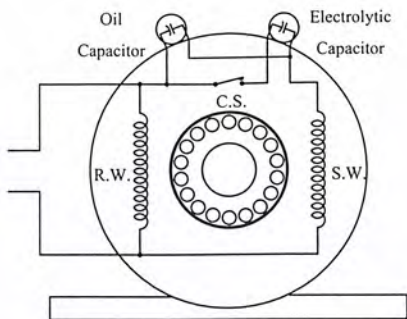
องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการทำงาน

1. ขดลวดหลัก
2. ขดลวดสตาร์ท
3. ตัวเก็บประจุซึ่งใช้ในการทำให้เริ่มหมุน (Capacitor – Start)
4. ตัวเก็บประจุที่ถูกต่อเอาไว้ถาวร (Capacitor Run)

หลักการทํางาน

หลักการทํางานจะคล้ายกับสองแบบแรก แตกต่างกันตรงที่ในกรณีนี้จะมีการใช้ตัวเก็บประจุถึง 2 ตัว ตัวเก็บประจุตัวแรก (Capacitor – Start) ใช้ในการทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน และเมื่อมอเตอร์หมุนได้ใกล้ถึงความเร็วที่พิกัด สวิตช์แรงเหวี่ยงก็จะทำการตัดตัวเก็บประจุนี้ออกไป

ส่วนตัวเก็บประจุตัวที่สอง (Capacitor Run) มีหน้าที่รักษาความต่างเฟสของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสตาร์ท และขดลวดหลักให้ห่างกันเกือบ 90° และตัวเก็บประจุนี้อาจจะไม่ถูกตัดออกจากวงจรเหมือนตัวเก็บประจุตัวแรก ดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 วงจรมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 เฟส

ชนิดที่ใช้ตัวเก็บประจุทั้งในขณะที่หมุนเริ่มแรกและในขณะที่วิ่งหรือทำงานตามปกติ

2.2 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก (Separately Excited – Field DC Motor)

เราจะไม่กล่าวถึงทฤษฎีตัวหลักที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์ชนิดนี้ แต่เราจะกล่าวถึงกรณีที่เราจะนำมอเตอร์ชนิดนี้ไปใช้งานทางด้านประยุกต์ ความจริงแล้วมอเตอร์ชนิดนี้ถูกดึงเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสภาวะแบบไร้ภาระ เหตุผลสำคัญที่ต้องใช้มอเตอร์ชนิดนี้เข้ามามีส่วนร่วมเพราะเราสามารถที่จะควบคุมจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก, ความเร็ว และโดยเฉพาะแรงบิด ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้มีการนำมอเตอร์ชนิดนี้มาใช้เป็นองค์ประกอบ

โดยในแง่ของจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กนั้น เราสามารถที่จะควบคุมได้อย่างอิสระจากศักดาไฟฟ้าที่ขั้ว และกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้า

ในส่วนของการควบคุมความเร็วนั้น ถ้าพิจารณาให้ความเร็วอยู่ระหว่างศูนย์ ถึงความเร็วรอบที่พิกัด เราจะต้องกำหนดค่าให้กระแสป้อนเข้าขดลวดที่สร้างสนามแม่เหล็กคงที่ ซึ่งจะมีผลทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้วคงที่ด้วย เราสามารถพิจารณาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_t = E_a + I_a R_a \quad (2.1)$$

$$E_a = K_t \phi \omega \quad (2.2)$$

เพราะฉะนั้น

$$\omega = \frac{1}{K_T \phi_P} (V_t - I_a R_a) \quad (2.3)$$

โดยที่ V_t คือ ศักดาไฟฟ้าที่ขั้ว
 E_a คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_a	คือ	กระแสอาเมเจอร์
R_a	คือ	ความต้านทานของขดลวดอาเมเจอร์
K_T	คือ	$\frac{ZaP}{2\pi a}$
ϕ_p	คือ	เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว
ω	คือ	ความเร็วเชิงมุม
a	คือ	จำนวนวงจรรขาน
Z_a	คือ	จำนวนแท่งตัวนำทั้งหมดในอาเมเจอร์
P	คือ	จำนวนขั้วแม่เหล็ก

จากสมการที่ 2.3 จะพบว่าความเร็วเชิงมุม (ω) จะเปลี่ยนแปลงตามภาระ โดยเมื่อกระแสอาเมเจอร์ (I_a) มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลง และในส่วนของแรงบิดนั้นเราสามารถที่จะควบคุมได้โดยตรงจากค่าของกระแสอาเมเจอร์ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$T_e = K_T \phi_p I_a \quad (2.4)$$

เพราะฉะนั้น

$$T_e = \frac{1}{\omega} (VI_a - I_a^2 R_a) \quad (2.5)$$

โดยที่ T_e คือ แรงบิดที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก

2.3 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.3.1 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบการทดสอบแบบไร้ภาระ

การทดสอบแบบไร้ภาระนี้จะทำให้สามารถหาค่าการสูญเสียเนื่องจากการหมุน (Rotational Loss) ได้ โดยทำการจ่ายไฟกระแสสลับให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำมีความเร็วรอบในการหมุน ใกล้เคียงกับความเร็วซิงโครนัส กำลังที่ป้อนเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะสูญเสียใน

- Core Loss
- Stator Copper Loss เนื่องจากกระแสกระตุ้น
- Mechanical Loss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ คือ

1. แรงดันไฟฟ้า ($V_{no\ load}$)
2. กระแสไฟฟ้า ($I_{no\ load}$)
3. มุมเฟส ($\phi_{no\ load}$)
4. ความเร็วรอบ

ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ คือ

1. I_c (Core Loss Current) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$I_c = (I_{no\ load}) (\cos \phi_{no\ load}) \quad (2.6)$$

2. I_m (Magnetizing Current) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$I_m = (I_{no,load}) (\sin \phi_{no,load}) \quad (2.7)$$

3. I_ϕ (Exciting Current) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$I_\phi = I_{no\ load} \quad (2.8)$$

4. กำลังไฟฟ้า ($P_{no\ load}$) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$P_{no,load} = (I_{no\ load}) (V_{no\ load}) (\cos \phi_{no\ load}) \quad (2.9)$$

5. R_c : สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{(V_{no\ load})}{(I_c)} \\ &= \frac{(V_{no\ load})}{(I_{no\ load} \cdot \cos \phi_{no\ load})} \end{aligned} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. X_m : สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$X_m = \frac{(V_{no\ load})}{(I_m)} = \frac{(V_{no\ load})}{(I_{no\ load} \cdot \sin\phi_{no\ load})} \quad (2.11)$$

2.3.2 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบครึ่งตัวหมุน

ทำได้โดยการยึดตัวหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้หยุดอยู่กับที่ แล้วค่อยๆ ปรับแรงดันไฟฟ้า ป้อนเข้าจนกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้ามอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นค่ากระแสกัก

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ คือ

1. กระแสไฟฟ้า ($I_{blocked}$)
2. แรงดันไฟฟ้า ($V_{blocked}$)
3. มุมเฟส ($\phi_{blocked}$)

ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ คือ

1. กำลังไฟฟ้า ($P_{blocked}$) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$P_{blocked} = (I_{blocked})(V_{blocked})(\cos\phi_{blocked}) \quad (2.12)$$

2. $Z_{blocked}$: สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$Z_{blocked} = \frac{V_{blocked} \angle 0^\circ}{I_{blocked} \angle -\phi_{blocked}} = R_{blocked} + jX_{blocked} \quad (2.13)$$

3. R_2 : สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$R_2 = R_{blocked} - R_1 \quad (2.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. $X_1 + X_2$: สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$X_1 + X_2 = X_{blocked} \quad (2.15)$$

2.3.3 การทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบวิธีโวลต์แอมป์ (VI – Method Test)

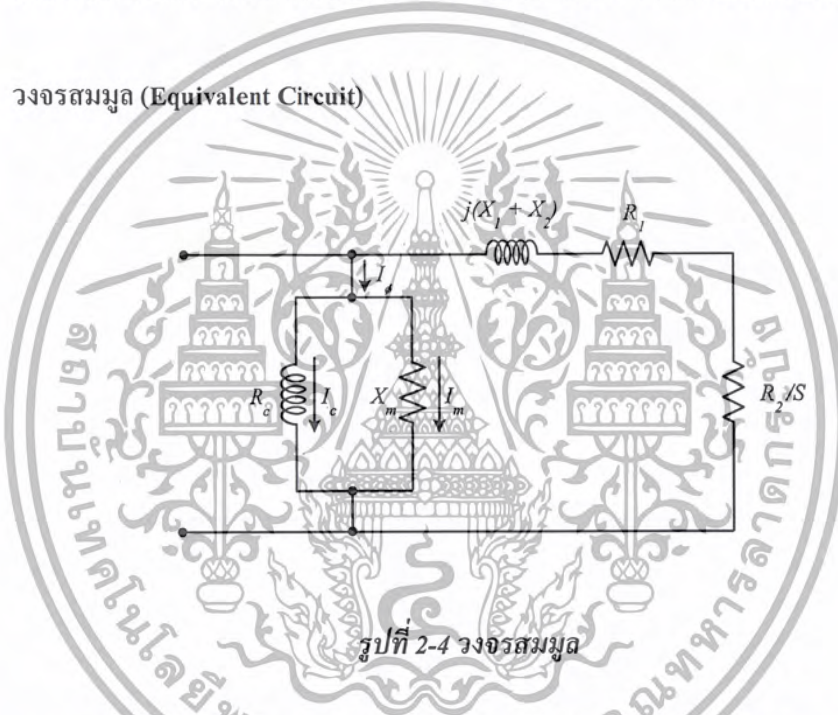
การทำให้หาค่าความต้านทานของขดลวด แล้วนำค่าความต้านทานที่หาได้ไปใช้ประกอบกับการหาวงจรมุมของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ คือ

1. R_f : ความต้านทานของขดลวดที่ได้จากการทดสอบ

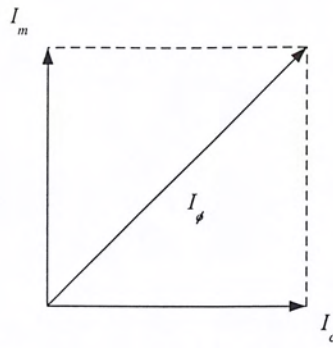
โดยสามารถหาได้จากผลต่างของแรงดันไฟฟ้าหารด้วยผลต่างของกระแสไฟฟ้า

2.3.4 วงจรมุม (Equivalent Circuit)



รูปที่ 2-4 วงจรมุม

วงจรมุมที่เห็นนี้เป็นวงจรมุมแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นั้น นำมาจากการทดสอบแบบไร้อะ การทดสอบแบบตรงตัวหมุน และการทดสอบแบบ VI – Method โดยที่วงจรมุมนี้นำความต้านทาน และค่ารีแอกแตน (Reactance) ของโรเตอร์จะถูกถ่ายทอดไปอยู่ทางด้านสเตเตอร์



รูปที่ 2-5 วงจรแสดงเฟสเซอร์ไออะแกรม

$$I_{\phi} = I_{no\ load} \tag{2.16}$$

$$I_c = (I_{no,\ load}) (\cos \phi_{no,\ load}) \tag{2.17}$$

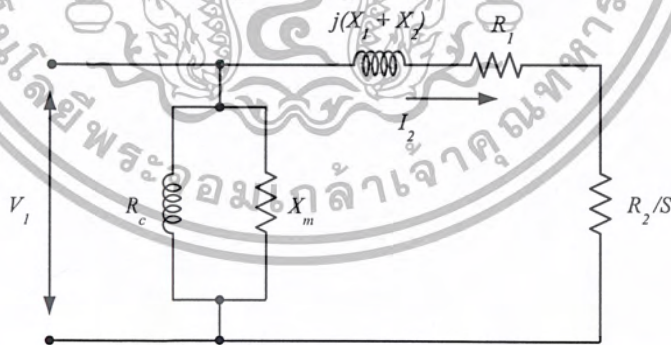
$$I_m = (I_{no,\ load}) (\sin \phi_{no,\ load}) \tag{2.18}$$

การหาแรงบิดเริ่มต้นหมุน, แรงบิดสูงสุด และกำลังเอาต์พุตสูงสุด

1. การหาแรงบิดเริ่มต้นหมุน (T_{start})

ในกรณีนี้ค่า Slip (S) = 1 เสมอ

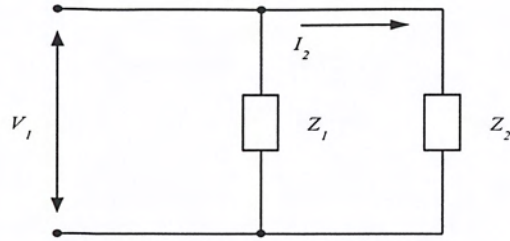
พิจารณาวจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



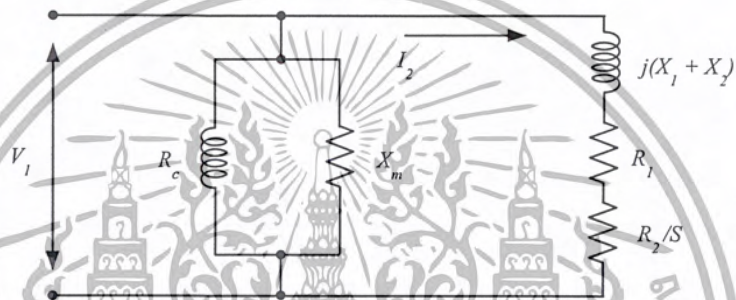
รูปที่ 2-6 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดรูปวงจรใหม่เพื่อหาค่า I_2



รูปที่ 2-7 การจัดรูปวงจรใหม่



รูปที่ 2-8 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จัดรูปวงจรใหม่แล้ว

หาค่า $|I_2|$; จากความสัมพันธ์

$$I_2 = \frac{V_1}{Z_2} \quad (2.19)$$

แต่

$$Z_2 = \left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + j(X_1 + X_2) \quad (2.20)$$

$$\therefore I_2 = \frac{V_1}{\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + j(X_1 + X_2)} \quad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore |I_2| = \frac{|V_I|}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (2.22)$$

$$\therefore |I_2|^2 = \frac{|V_I|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad (2.23)$$

หาค่า T_{start} ; จากความสัมพันธ์

$$T = \frac{P_g}{W_s} \quad (2.24)$$

โดยที่

$$P_g = \frac{|I_2|^2 R_2}{S} \quad (2.25)$$

และ

$$W_s = \frac{4\pi f}{P} \quad (2.26)$$

$$\therefore T = \frac{|I_2|^2 \left(\frac{R_2}{S}\right)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right)} \quad (2.27)$$

นำค่าที่ได้จากสมการที่ (2.23) แทนในสมการที่ (2.27);

$$T = \frac{|V_I|^2 \left(\frac{R_2}{S}\right)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right) \left[(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2 \right]} \quad (2.28)$$

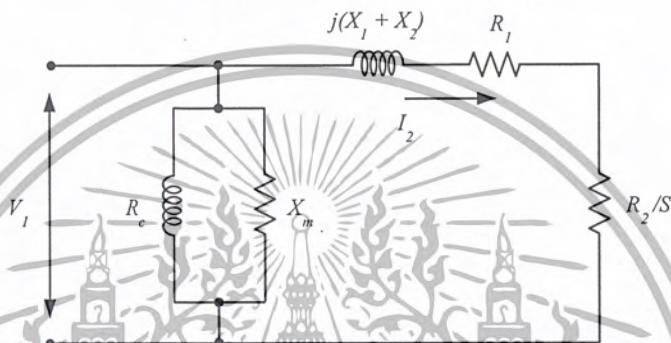
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การหา T_{start} ค่า Slip(s) ต้องเท่ากับ 1

$$\therefore T = \frac{|V_1|^2 (R_2)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right) [(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2]} \tag{2.29}$$

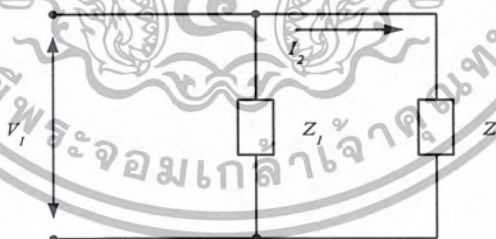
2. การหาแรงบิดสูงสุด (T_{max})

พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



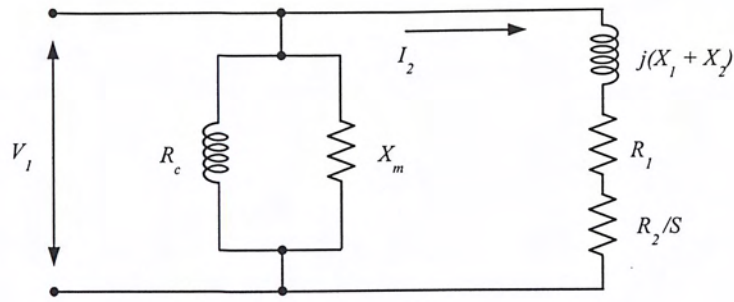
รูปที่ 2-9 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จัดรูปวงจรใหม่เพื่อหาค่า I_2



รูปที่ 2-10 การจัดรูปวงจรใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-11 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จัดรูปวงจรใหม่แล้ว

หาค่า $|I_2|$; จากความสัมพันธ์

$$I_2 = \frac{V_1}{Z_2} \quad (2.30)$$

แต่

$$Z_2 = \left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + j(X_1 + X_2) \quad (2.31)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + j(X_1 + X_2)} \quad (2.32)$$

$$\therefore |I_2| = \frac{|V_1|}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (2.33)$$

$$\therefore |I_2|^2 = \frac{|V_1|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad (2.34)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า T ; จากความสัมพันธ์

$$T = \frac{P_g}{W_s} \quad (2.35)$$

โดยที่ $P_g = \frac{|I_2|^2 R_2}{s}$ (2.36)

และ $W_s = \frac{4\pi f}{P}$ (2.37)

$$\therefore T = \frac{|I_2|^2 \left(\frac{R_2}{s}\right)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right)} \quad (2.38)$$

นำสมการที่ (2.34) แทนในสมการที่ (2.38);

$$T = \frac{|V_1|^2 \left(\frac{R_2}{s}\right)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right) \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2 \right]} \quad (2.39)$$

จากหลักการของการถ่ายโอนกำลังสูงสุด จะได้ว่า

$$\frac{R_2}{s} = \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad (2.40)$$

ซึ่งจะทำให้ได้ค่า Slip (S_{max}) ในขณะเกิดแรงบิดสูงสุด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}} \tag{2.41}$$

หาค่า T_{max} :

นำสมการที่ (2.41) ไปแทนใน (2.39)

$$\therefore T_{max} = \frac{|V_1|^2 \left[\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2} \right]}{\left(\frac{4\pi f}{P} \right) \left[\left\{ R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2} \right\}^2 + \{X_1 + X_2\}^2 \right]} \tag{2.42}$$

3. การหาค่ากำลังเอาต์พุตสูงสุด (P_{max})

กำลังเอาต์พุตสูงสุด สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$P_{max} = \frac{|I_2|^2 (R_2)(1-S)}{S} \tag{2.43}$$

โดยที่

$$|I_2|^2 = \frac{|V_1|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2}{S} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2} \tag{2.44}$$

และค่า

$$S = S_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}} \tag{2.45}$$

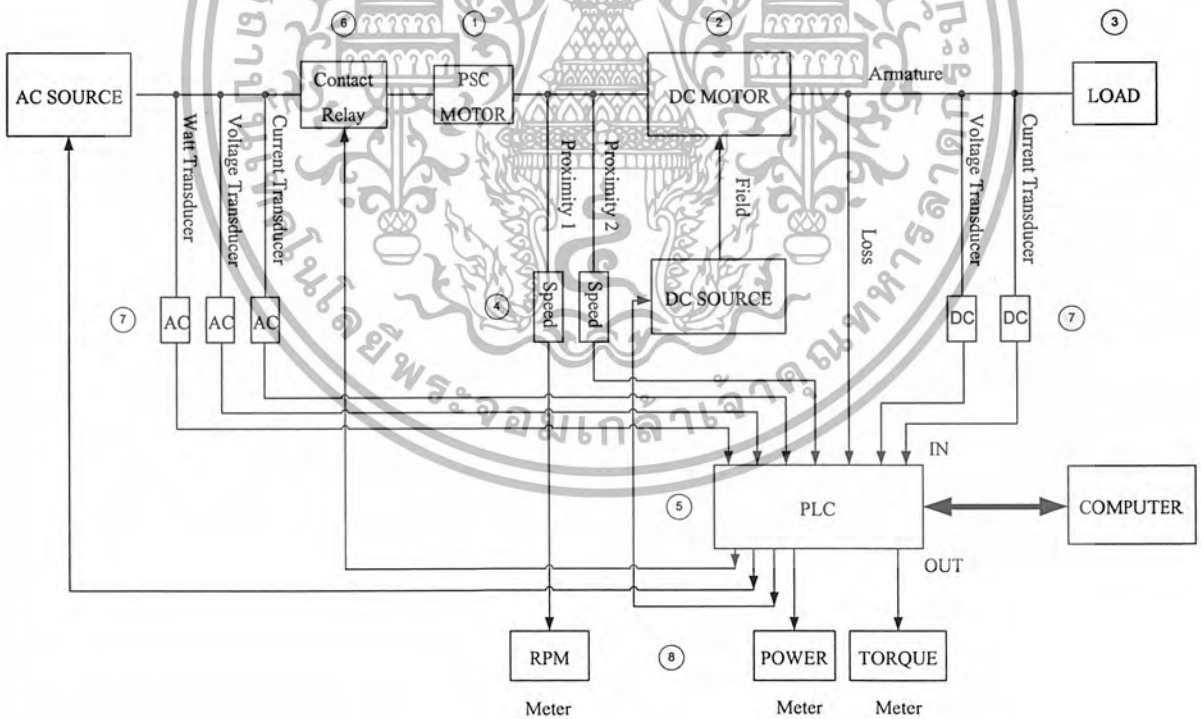
บทที่ 3

การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบชุดทดสอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการเลือกอุปกรณ์ เช่น PLC, Contact Relay, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ไปจนถึงการออกแบบแท่นยึดมอเตอร์ ชุดแหล่งจ่ายไฟ และการติดตั้ง โดยในหลักการเลือกอุปกรณ์ และการออกแบบนั้นจะคำนึงถึงราคา และ ความมีประสิทธิภาพของระบบเป็นสำคัญ

3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการออกแบบ

หลักการดำเนินงานโดยรวมของชุดทดสอบมอเตอร์นั้น จะมี PLC เป็นตัวสั่งให้ Contact Relay เลือกชุดการทำงาน และสั่งให้ชุด AC Source ทำการจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ และสั่งให้ชุด DC Source ทำการจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยในขณะเดียวกัน PLC ก็จะได้รับค่าจาก Transducer และ Proximity Switch เพื่อนำมาประมวลผล และส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์อีกที



รูปที่ 3-1 แผนภาพการทำงานโดยรวมชุดทดสอบมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

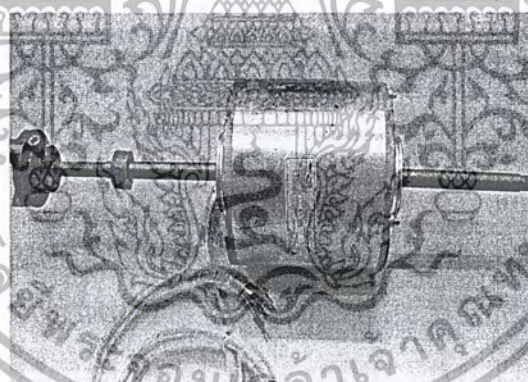


รูปที่ 3-2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการออกแบบ

3.2 การเลือกอุปกรณ์

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำที่นำมาทดสอบ

มอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะเป็นแบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท - คาปาซิเตอร์รัน และเป็นแบบ 3 ขดความเร็ว มีขนาดพิกัดกำลัง 0.33 hp



รูปที่ 3-3 มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ในการทดสอบ

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก

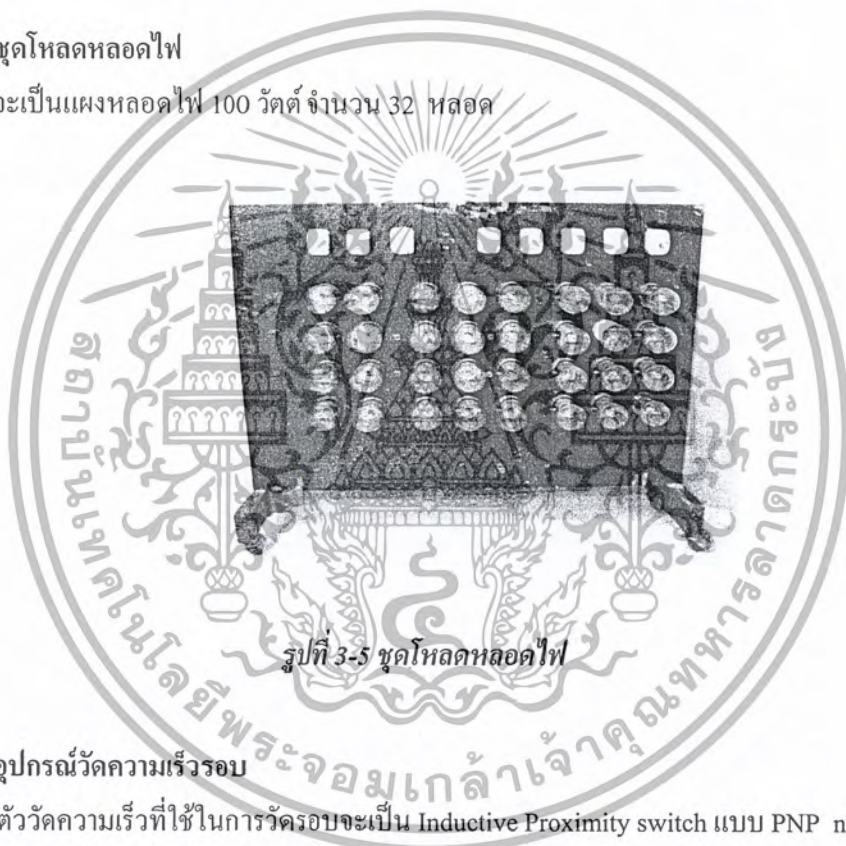
จะใช้เป็นภาระของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้จะเป็นแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก ขนาดพิกัดกำลัง 700 W.



รูปที่ 3-4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก

3. ชุดโหลดหลอดไฟ

จะเป็นแผงหลอดไฟ 100 วัตต์ จำนวน 32 หลอด



รูปที่ 3-5 ชุดโหลดหลอดไฟ

4. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ

ตัววัดความเร็วที่ใช้ในการวัดรอบจะเป็น Inductive Proximity switch แบบ PNP normal close (NC) โดยจะติดตั้งไว้ที่ชุดแทนยึดมอเตอร์ และจะต้องให้หัวของเซนเซอร์นั้นอยู่ในตำแหน่งเพลลาของมอเตอร์ เพื่อวัดค่าความเร็วรอบที่เกิดขึ้นในขณะที่มอเตอร์หมุน

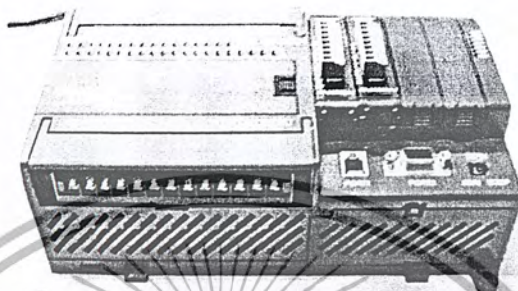
5. PLC

PLC จะใช้เป็นตัวควบคุมการทำงานในขั้นตอนการทดสอบ และใช้ในการประมวลผลของข้อมูลที่มาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์และส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์ และ PLC นี้ยังจะใช้ในการควบคุมตัวแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ส่งผ่านให้มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC ที่ใช้ในโครงการนี้จะยี่ห้อ KOYO DIRECT 06 รุ่น D0 – 06DD1 ซึ่งจะเป็นรุ่นที่มี 36 I/O คือ 20 อินพุต 16 เอาต์พุต ซึ่งรุ่นนี้จะป็นรุ่นที่สามารถเพิ่มชุดอินพุต และ เอาต์พุตได้ โดยมีช่องให้ใส่ สล็อตได้อีก 4 โมดูล โดยโครงการนี้มีชุดโมดูล 2 โมดูล คือ

1. โมดูลที่เป็นการ์ดคอนาล็อก 4 อินพุต 2 เอาต์พุต แบบ 4 – 20 mA.
2. โมดูลที่เป็นการ์ดคอนาล็อก 2 อินพุต 2 เอาต์พุต แบบ 0 – 10 V.



รูปที่ 3-6 PLC ที่ใช้งาน

6. Contact Relay

Contact Relay ที่ใช้เป็นยี่ห้อ OMRON ใช้ไฟเลี้ยงกอลย์ 24 โวลต์ กระแสตรงแบบ 8 ขา โดย Contact Relay จะนำมาใช้เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเลือกควบคุมของมอเตอร์ที่ต้องการทำการทดสอบ และใช้ในการเปิดและปิดวงจร AC Source และ DC Source โดยจะรับคำสั่งมาจาก PLC



รูปที่ 3-7 Contact Relay

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Transducer

Transducer ใช้ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้า หรือแรงดันไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก โดยจะใช้ Transducer ทั้งหมด 5 แบบ คือ

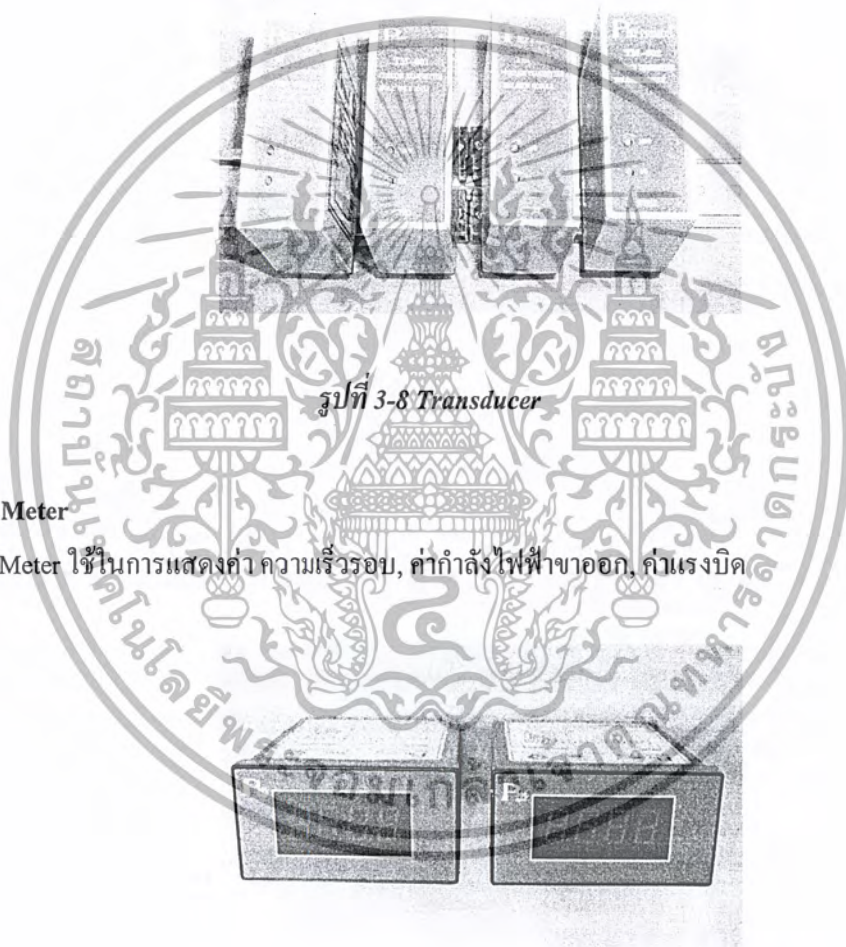
AC Voltage Transducer จะแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 0 – 250 V_{AC} เป็น 4 – 20 mA.

DC Voltage Transducer จะแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 0 – 100 V_{AC} เป็น 4 – 20 mA.

AC Current Transducer จะแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 0 – 5 A. เป็น 4 – 20 mA.

DC Current Transducer จะแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 0 – 5 A. เป็น 4 – 20 mA.

Watt Transducer จะแปลงกำลังไฟฟ้าจาก 0 – 1000 W. ที่ 220 V. / 5 A. เป็น 0 – 10 V.



8. Meter

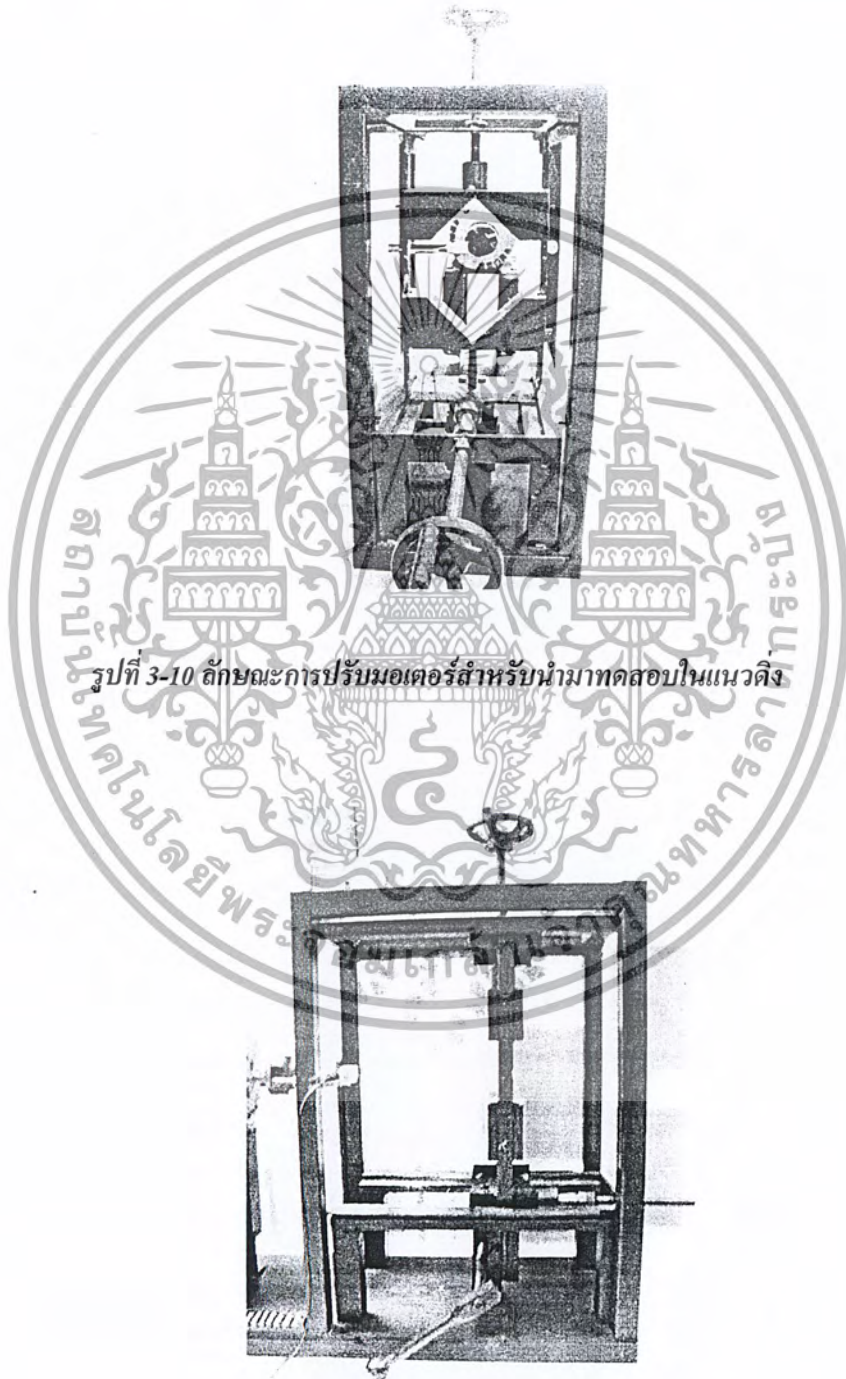
Meter ใช้ในการแสดงค่า ความเร็วรอบ, ค่ากำลังไฟฟ้าขาออก, ค่าแรงบิด

รูปที่ 3-9 Meter

3.3 การออกแบบแท่นยึดมอเตอร์

แท่นยึดมอเตอร์

จะเป็นส่วนสำหรับจับยึดมอเตอร์เหนียวนำที่จะนำมาทดสอบโดยจะสามารถปรับตำแหน่งของมอเตอร์ให้อยู่พอดีกับเพลลา ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และสามารถเดินหน้า ถอยหลัง เพื่อทำการคัปปลิงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้



รูปที่ 3-10 ลักษณะการปรับมอเตอร์สำหรับนำมาทดสอบในแนวตั้ง

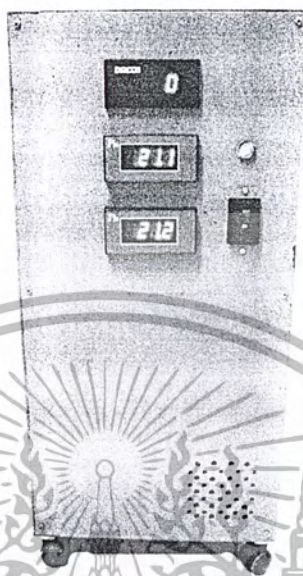
รูปที่ 3-11 ลักษณะการปรับมอเตอร์สำหรับนำมาทดสอบในแนวระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบชุดตู้คอนโทรล

ตู้คอนโทรล

จะใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดในชุดตู้คอนโทรล



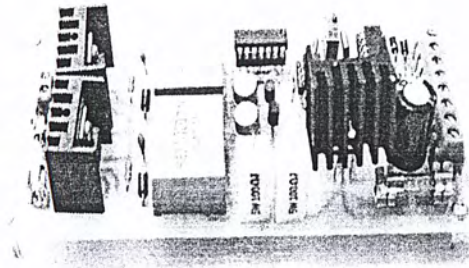
รูปที่ 3-12 ตู้คอนโทรล

3.5 การออกแบบชุดแหล่งจ่ายไฟ

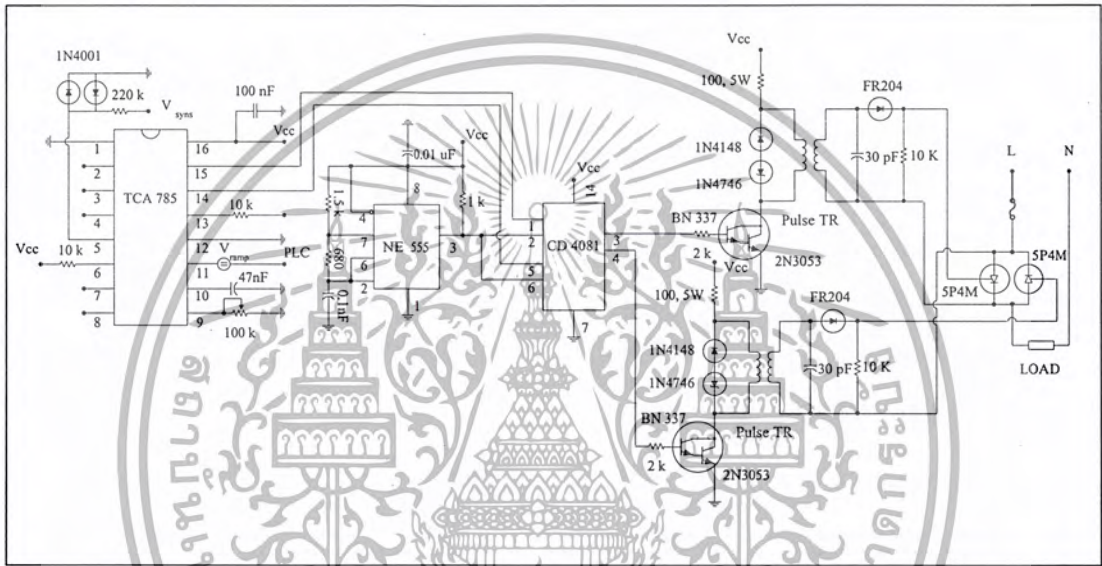
AC Source, DC Source

ใช้ในการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าจาก 0 – 220 โวลต์ โดยใช้ PLC เป็นตัวกำหนดมุมทริกให้กับเอสซีอาร์ โดยวงจรที่ใช้ในชุดแหล่งจ่ายไฟนั้นจะใช้วงจรเฟสคอนโทรลในการทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

- ไอซี TCA 785 ใช้ในการสร้างสัญญาณทริกให้กับเอสซีอาร์
- ไอซี 555 ใช้ในการสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่สูง เพื่อให้สัญญาณกระตุ้นมีความต่อเนื่อง
- ไอซี CD 4081 ใช้ในการแอนด์กันของสัญญาณที่ได้จากไอซี TCA 785 กับไอซี 555
- ทรานซิสเตอร์ BC 337 ใช้ในการขยายสัญญาณกระตุ้น ให้เพียงพอต่อการจุดชนวนของเอสซีอาร์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัวมาต่อแบบคาร์ลิ่งตัน
- Pulse Transformer ใช้ทำหน้าที่แยกกราวด์ (Isolate) ของวงจรสร้างสัญญาณกระตุ้นกับวงจรกำลังออกจากกัน

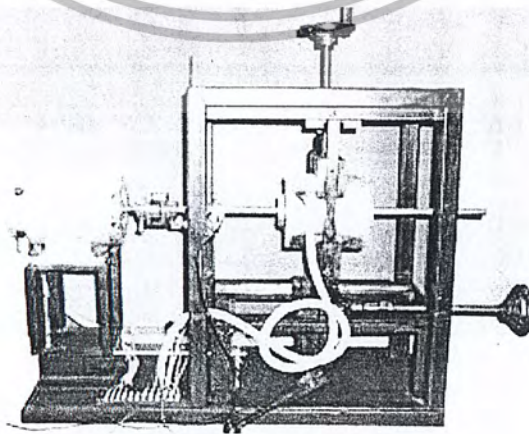


รูปที่ 3-13 แหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3-14 วงจรฟลิกคอนโทรลที่ใช้สำหรับชุดแหล่งจ่ายไฟ

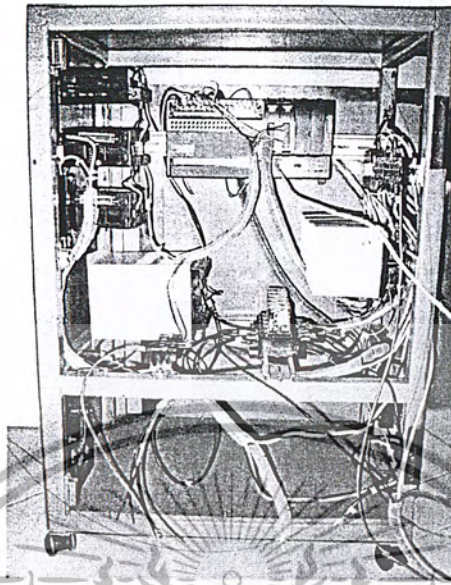
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์บนแท่นยึดมอเตอร์



รูปที่ 3-15 การติดตั้งอุปกรณ์บนแท่นยึดมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับชุดตู้คอนโทรล



รูปที่ 3-16 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับชุดตู้คอนโทรล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมและบันทึกผล

เนื่องจากการทดสอบแบบอัตโนมัติ จะเป็นการทำงานที่ไม่ใช้คนในการควบคุมเครื่องมือ เครื่องวัด ดังนั้นเราจึงใช้ PLC (Programmable Logic Controller) และ คอมพิวเตอร์ มาใช้ในการควบคุมแทน และเพื่อเป็นการสะดวกต่อการทำการทดสอบของผู้ทดสอบเราได้ทำการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยการเขียนโปรแกรมการใช้งานเป็นแบบวิซวลโดยใช้โปรแกรม Visual Basic ในการออกแบบอีกด้วย

ซึ่งในบทนี้ จะมีรายละเอียดที่สำคัญเกี่ยวกับ PLC (Programmable Logic Controller)

4.1 วิวัฒนาการของเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้

PLC หรือ Programmable Logic Controller เป็นเครื่องควบคุมที่สามารถกำหนดโปรแกรมการทำงานได้ PLC ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์นอกจากจะใช้ในการควบคุมเครื่องจักรโดยทั่วไปแล้ว ยังมีการพัฒนาให้มีความสามารถและขอบเขตของงานได้กว้างขึ้น เช่น มีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ทำให้การควบคุมเป็นได้ทั้งแบบ ON-OFF หรือแบบอนาล็อก (Analog) เช่น PID (Proportional + Integral + Derivation) สามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์วัดและควบคุม (Instrumentation) อื่นๆ จำนวนของอินพุต / เอาต์พุต (Input/Output) ขยายให้มากขึ้นได้ หรือการใช้อินพุต/เอาต์พุตแบบรีโมท (Remote) เพื่อลดการเดินสาย การติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ ตลอดจนอุปกรณ์พิเศษอื่นๆ เช่น เครื่องอ่านรหัสแถบเพื่อจำแนกหรือ จัดทำฐานข้อมูล การเชื่อมโยงข้อมูลลักษณะ โครงข่ายท้องถิ่น (LAN) เป็นต้น หน่วยความจำก็ขยายได้มาก ทำให้ใช้กับระบบกระบวนการใหญ่ๆ ได้ และมีการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลได้ตามต้องการ

4.2 ข้อดีของ PLC

ข้อดีของ PLC สามารถจำแนกออกได้เป็นข้อๆ ดังนี้

- 4.2.1 สิ้นเปลืองเนื้อที่น้อยเพราะมีขนาดเล็ก
- 4.2.2 สามารถจะใช้ควบคุมเครื่องจักรหรือระบบกระบวนการใดๆ ก็ได้
- 4.2.3 การติดตั้งทำได้ง่ายและสะดวก
- 4.2.4 การขยายระบบให้ใหญ่ขึ้นทำได้โดยง่าย
- 4.2.5 ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ดีเพราะเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไม่มีการเดินสายมาก ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับหน้าสัมผัส (Contact) แบบรีเลย์
- 4.2.6 มีระบบตรวจสอบหาที่ผิดพลาดด้วยตัวเอง การตรวจสอบแก้ไขเมื่อมีปัญหาจึงทำได้รวดเร็ว
- 4.2.7 ลดการเดินสายยาวๆ และลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายได้ เพราะมีอินพุต เอาต์พุตแบบรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

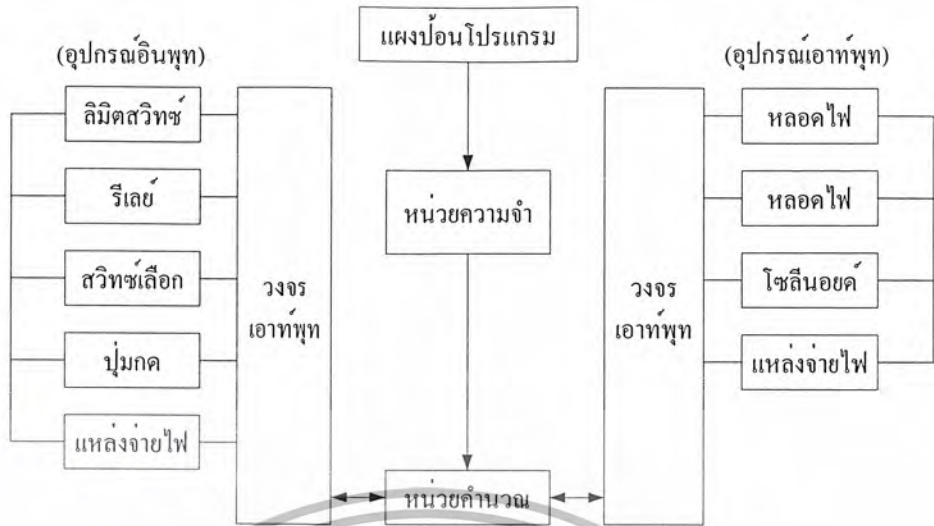
- 4.2.8 การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
- 4.2.9 เวลาในการทำงานเร็วกว่าระบบที่ใช้รีเลย์
- 4.2.10 มีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ได้แก่ บวก ลบ คูณ หาร และอื่นๆ ทำให้สามารถใช้สำหรับการควบคุมแบบ ON-OFF หรือแบบอนาล็อก เช่น PID ได้
- 4.2.11 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์การวัด เช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และอื่นๆ ได้นอกเหนือจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่เป็นสวิตช์
- 4.2.12 ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อวัดดูประสิทธิภาพต่างๆ เช่น การเก็บข้อมูลการกระจายการควบคุม (Distributed Control) เป็นต้น
- 4.2.13 การโปรแกรมทำได้หลายแบบ เช่น คำสั่งในรูปของแลดเดอร์ไดอะแกรม คำสั่งบูลีน (Boolean Instruction) หรือ คำสั่งในรูปบล็อก (Block Instruction)
- 4.2.14 ใช้ได้ในทุกสภาพแวดล้อมของงานอุตสาหกรรม
- 4.2.15 การโปรแกรมทำได้โดยใช้เครื่องป้อนโปรแกรม (Program Loader) หรือโปรแกรมลงบน CRT (หน้าจอคอมพิวเตอร์)

จากที่กล่าวมานี้จะเห็นว่า PLC เป็นเครื่องควบคุมที่มีประสิทธิภาพและมีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานอุตสาหกรรมในปัจจุบันและในอนาคต

4.3 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้

เครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้ หรือ PLC เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการให้ทำงานตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้ (User Program) และข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับจากอินพุต/เอาต์พุตของ PLC จะเป็นได้ทั้งการทำงานตามช่วงเวลา และ ตามลำดับขั้นตอนฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และอื่นๆ PLC มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ

- 4.3.1 หน่วยประมวลผลกลางคือ CPU (Central Processing Unit)
- 4.3.2 หน่วยจ่ายกำลัง (Power Supply)
- 4.3.3 หน่วยอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Unit)
- 4.3.4 หน่วยป้อนโปรแกรม (Programming Unit)



รูปที่ 4-1 โครงสร้างของ PLC

4.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางหรือ CPU ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

4.3.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Processor)

4.3.1.2 หน่วยความจำ (Memory)

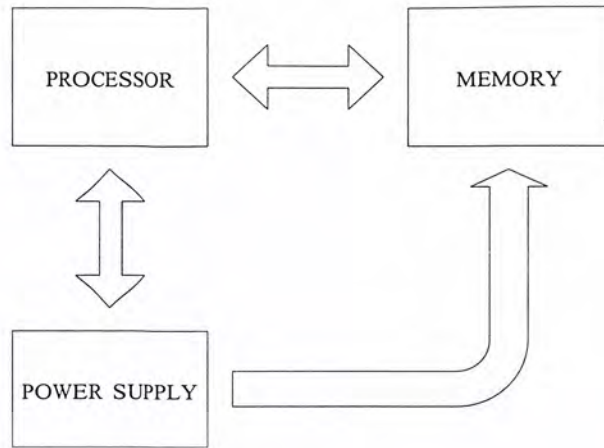
4.3.1.3 หน่วยจ่ายกำลัง (Power Supply)

โดยทั่วไป CPU จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นวงจรรวม (I.C. : Integrated Circuit) ที่มีความสามารถทั้งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การจัดการข้อมูลและการตรวจสอบตัวเอง ในขณะที่วงจรถอบคุมที่ใช้รีเลย์หรือไอซีพวกเกทต่างๆ ไม่สามารถที่จะทำได้ PLC จึงมีข้อดีและประโยชน์มากกว่าระบบแบบเก่าอย่างเห็นได้ชัด

หน่วยความจำของผู้ใช้จะแตกต่างกันตามขนาดของ PLC ใน PLC ขนาดใหญ่ ขนาดของหน่วยความจำดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามต้องการ การเลือกใช้ PLC จึงต้องคำนึงถึงขีดความสามารถและขีดจำกัดต่างๆ ประกอบด้วย เช่น ขนาดโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้ จำนวนอินพุท/เอาท์พุทที่จะขยายได้สูงสุด ขนาดของหน่วยความจำภายในที่ใช้เก็บข้อมูล และฟังก์ชันพิเศษต่างๆ เช่น รีเลย์ภายในและตัวนับ

4.3.2 หน่วยจ่ายกำลัง

หน่วยจ่ายกำลังจะทำหน้าที่จ่ายและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Voltage) ให้กับหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ และหน่วยอินพุท/เอาท์พุทตามความต้องการ และทำหน้าที่เตือนให้หน่วยประมวลผลทราบเมื่อเกิดปัญหา



รูปที่ 4-2 บล็อกไดอะแกรม

4.3.3 หน่วยอินพุท/เอาต์พุท

หน่วยอินพุททำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง CPU กับอุปกรณ์ภายนอกโดยรับค่าสถานะ หรือปริมาณทางกายภาพต่างๆ จากอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ของเครื่องจักรหรือกระบวนการ อาทิเช่น ลิมิทสวิตช์ (Limit Switch) พร็อกซิมีตีส์วิตช์ (Proximity Switch) ตำแหน่ง อุณหภูมิ ระดับ แรงดัน กระแสไฟ และอื่นๆ ส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผลตาม โปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้

หน่วยเอาต์พุททำหน้าที่รับค่าสถานะหรือคำสั่งควบคุมที่ได้จาก CPU เพื่อส่งไปควบคุมอุปกรณ์ภายในเครื่องจักรหรือกระบวนการเช่น วาล์ว (Valve) มอเตอร์ (Motor) ปั๊ม (Pump) และอื่นๆ ให้ทำงานตามค่าสถานะหรือคำสั่งที่ CPU ต้องการ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในช่วงแรก PLC ถูกใช้แทนรีเลย์สำหรับการควบคุมแบบ ON-OFF หน่วยอินพุท/เอาต์พุท ในขณะนั้นจึงเป็นแบบที่ใช้สำหรับค่าสถานะลอจิก (Discrete Input / Output) เท่านั้น แต่ต่อมาเมื่อ PLC ได้ถูกพัฒนามีการควบคุมแบบอนาล็อกรวมอยู่ด้วย โดยใช้หน่วยอินพุท/เอาต์พุท ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรับส่งสัญญาณแบบอนาล็อกโดยเฉพาะ

4.3.4 หน่วยป้อนโปรแกรม

หน่วยป้อนโปรแกรมของ PLC ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้ และ PLC ทั้งระบบคือ การป้อนโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้เข้าสู่หน่วยความจำของ CPU ตรวจสอบสถานะการทำงานรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง CPU กับหน่วยป้อนโปรแกรม รับ-ส่งข้อมูลระหว่าง CPU กับเทป หรืออื่นๆ ตามฟังก์ชันการใช้งานที่มีอยู่ หน่วยป้อนโปรแกรมของ PLC แบ่งออกได้หลายชนิด คือ

4.3.4.1 เครื่องป้อนโปรแกรม

หน่วยป้อนโปรแกรม CRT ประกอบด้วยจอภาพและเป็นพิมพ์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบดัมป์ CRT (Dumb CRT) ซึ่งไม่มีหน่วยประมวลผลอยู่ในตัว การทำงานทุกอย่างจะถูกควบคุมจาก CPU ของ PLC และแบบอินเทลลิเจนต์ CRT (Intelligent CRT) ซึ่งจะมีส่วนประมวลผลอยู่ในตัวการทำงานเป็นอิสระจาก CPU จึงมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบดัมป์

4.3.4.2 เครื่องป้อนโปรแกรมขนาดเล็ก

เป็นเครื่องป้อน โปรแกรมขนาดเล็กที่สามารถพกติดตัวและเคลื่อนย้ายไปมาได้สะดวก แต่ประสิทธิภาพจะด้อยกว่าเครื่องป้อนโปรแกรมแบบ CRT ปกติแล้วจะใช้จอ LCD ในการแสดงผล เครื่องป้อนโปรแกรมแบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบอินเทลลิเจนต์ และแบบดัมป์

4.3.4.3 เครื่องป้อนโปรแกรมลงในหน่วยความจำของ PLC หรือเทป

เครื่องป้อน โปรแกรมแบบนี้สามารถใช้ป้อนหรือแก้ไขโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้เข้าไปในหน่วยความจำของ PLC ได้โดยตรง หรือใช้ในการรับ-ส่ง โปรแกรมและส่งข้อมูลต่างๆ ระหว่าง PLC และ เทป

4.3.4.4 เครื่องป้อนโปรแกรมลงในหน่วยความจำ (Memory Burner)

เครื่องป้อน โปรแกรมแบบนี้ทำหน้าที่สำหรับถ่ายโปรแกรมที่มีอยู่ลงเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบ ROM เพื่อให้โปรแกรมต่างๆ คงที่อยู่ตลอดเวลาเมื่อโปรแกรมต่างๆ ได้ถูกตรวจสอบและแก้ไขจนเรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว

4.3.4.5 คอมพิวเตอร์

เครื่องควบคุม PLC ได้ออกแบบให้ สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เพื่อให้การ โปรแกรมทุกอย่างสามารถทำบนคอมพิวเตอร์ได้

4.4 ลักษณะการโปรแกรมให้กับเครื่องควบคุมแบบตรรกะที่โปรแกรมได้

ภาษาที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมคำสั่งสำหรับ PLC นั้นสามารถจะจำแนกออกได้เป็น 4 ภาษา คือ

- 4.4.1 ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม
- 4.4.2 ภาษาคำสั่งบูลีน
- 4.4.3 ภาษาคำสั่งในรูปแบบล็อก
- 4.4.4 ภาษาระดับสูง


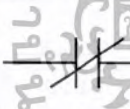


ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมหรือภาษาคำสั่งบูลีนเป็นภาษาที่นิยมและเข้าใจได้ง่าย สำหรับการเขียน โปรแกรมคำสั่งของ PLC ในการควบคุมแบบซีควเอนซ์ที่เป็น ON-OFF การเขียน โปรแกรมคำสั่งใน ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมหรือภาษาคำสั่งบูลีนจึงใช้กันมากใน PLC ทุกขนาด ส่วนภาษาคำสั่งในรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกหรือ ภาษาระดับสูง เช่น ภาษาซี ภาษาปาสคาล ภาษาฟอร์-แทรน นั้นจะเหมาะสำหรับ PLC ในการควบคุมแบบอนาล็อกการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลการทำรายงานและอื่นๆ ซึ่งมักจะเป็น PLC ขนาดใหญ่ PLC แต่ละแบบอาจใช้คำสั่งเพียงภาษาเดียว หรือหลายภาษารวมกัน ในการเขียน โปรแกรมคำสั่งก็ได้ เช่น ภาษาแลดเดอร์ โค้ดแกรม ร่วมกับคำสั่งบูตินเพียงภาษาเดียว หรือใช้ภาษาแลดเดอร์โค้ดแกรมหรือคำสั่งในรูปบล็อก ภาษาคำสั่งบูตินร่วมกับคำสั่งในรูปบล็อก หรือภาษาคำสั่งบูตินร่วมกับภาษาระดับสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตามในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเขียน โปรแกรมคำสั่งของ PLC โดยใช้ภาษาแลดเดอร์โค้ดแกรม และคำสั่งบูตินเท่านั้น

4.4.1 โปรแกรมภาษาแลดเดอร์โค้ดแกรม

สัญลักษณ์พื้นฐานของภาษาแลดเดอร์โค้ดแกรม ดังที่ทราบกันแล้วว่า PLC เป็นเครื่องควบคุมที่ใช้วิธีการ โปรแกรม และใช้ซอฟต์แวร์แทนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ดังนั้น การเขียนโปรแกรมคำสั่งจึงใช้สัญลักษณ์พื้นฐานต่อไปนี้แทนอุปกรณ์ต่างๆ

สัญลักษณ์	ความหมาย
	จะใช้แทนอุปกรณ์ทางด้านอินพุตต่างๆ โดยที่อุปกรณ์นั้นปกติจะมีค่า สภาวะเป็นลอจิก "0"
	จะใช้แทนอุปกรณ์ทางด้านอินพุตต่างๆ โดยที่อุปกรณ์นั้นปกติจะมีค่า สภาวะเป็นลอจิก "1"
	เอาต์พุตปกติไม่ปกติไม่ทำงานจะใช้แทนอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตต่างๆ โดยที่ปกติแล้วอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตจะมีค่า สภาวะเป็นลอจิก "0"
	เอาต์พุตปกติไม่ปกติไม่ทำงานจะใช้แทนอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตต่างๆ โดยที่ปกติแล้วอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตจะมีค่า สภาวะเป็นลอจิก "1"

ตารางที่ 4-1 แสดงถึงตัวอย่างของการใช้ฟังก์ชันลอจิก และสัญลักษณ์พื้นฐาน

ในการเขียนโปรแกรมแลดเดอร์ของ PLC

การ โปรแกรมด้วยแลดเดอร์โค้ดแกรมจะสะดวกและมีประสิทธิภาพมาก โดยการ โปรแกรมแบบนี้ มักจะใช้ซอฟต์แวร์ในการเขียนแลดเดอร์บนคอมพิวเตอร์และเชื่อมโยงข้อมูลกับ PLC ทางพอร์ตอนุกรม โดยคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการสร้างและแก้ไขแลดเดอร์โค้ดแกรมแล้วทำการแปลเป็นชุดคำสั่งของเครื่องควบคุม นอกจากนั้นแล้วขณะที่เครื่องควบคุมทำงานอยู่ก็สามารถตรวจสอบการทำงานได้โดยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลซึ่งจะแสดงผลเป็นแลคเคอร์ไคอะแกรมและเมื่ออินพุทหรือเอาต์พุทตัวใดมีการเปลี่ยนแปลงสถานะก็จะมีเปลี่ยนแปลงตามสถานะของอินพุทหรือเอาต์พุทตัวนั้นๆ ด้วย

4.4.2 โปรแกรมภาษาคำสั่งบูลีน

การโปรแกรมชนิดนี้มีลักษณะคล้ายกับสัญลักษณ์ของพีชคณิตบูลีน นอกจากจะเป็นสัญลักษณ์ของพีชคณิตบูลีนแล้วยังมีการใช้ฟังก์ชันพิเศษต่างๆ อีกมากเช่น ตัวนับ ตัวตั้งเวลา เป็นต้น ภาษาคำสั่งบูลีนจะมีความสัมพันธ์กันกับ ภาษาแลคเคอร์ไคอะแกรม สามารถที่จะแปลความหมายถึงกันได้ การเขียนโปรแกรมเป็นแลคเคอร์ไคอะแกรมสามารถแสดงกระบวนการของโปรแกรมได้ง่ายต่อการเข้าใจ แต่ไม่สะดวกในการป้อนลงบนเครื่องควบคุม จึงมีการแปลงจากแลคเคอร์ไคอะแกรม เป็นภาษาคำสั่งบูลีน เพื่อป้อนลงชุดรับข้อมูลแบบพกพาของเครื่องควบคุม PLC ซึ่งจะกระทำได้สะดวกมากขึ้น

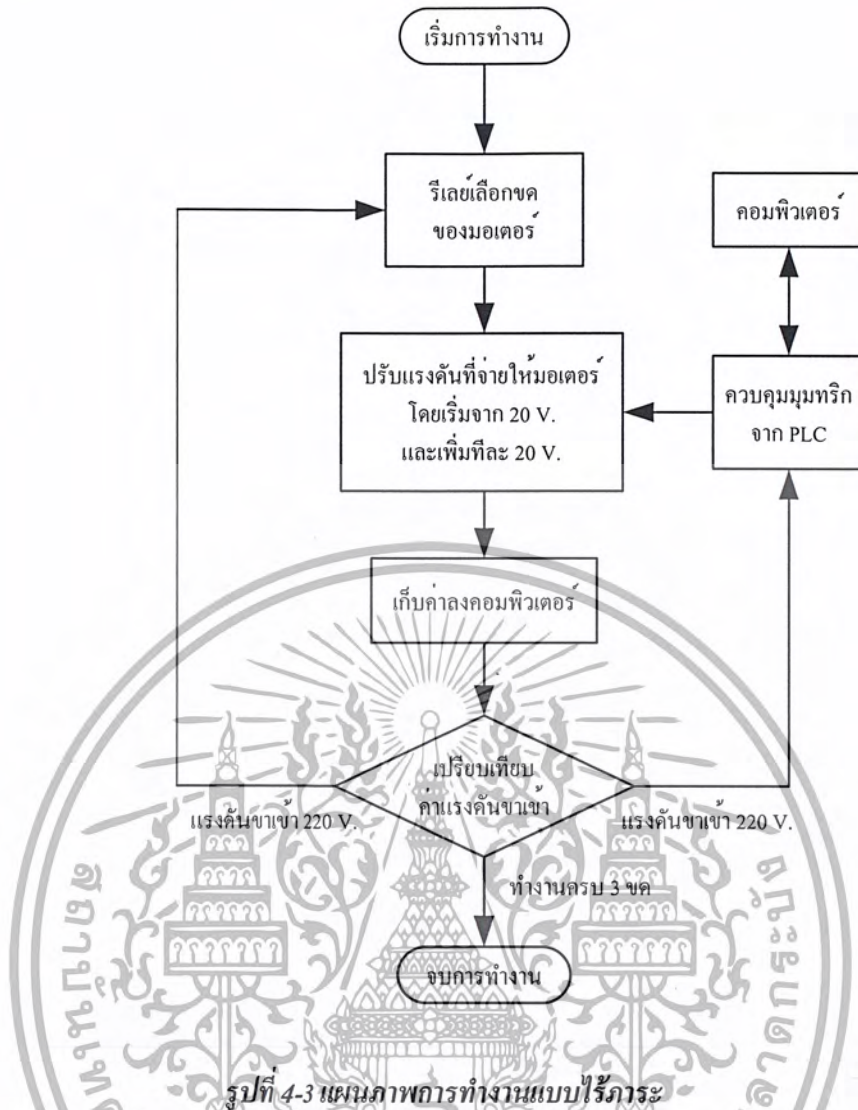
4.5 การใช้งาน PLC

PLC ที่จะนำมาใช้ในกรทำโครงการนี้เป็น PLC ยี่ห้อ KOYO Direct 06 รุ่น D0-06DD1 ซึ่งเป็น PLC ที่มี 36 I/O คือ 20 อินพุท และ 16 เอาต์พุท และสามารถใส่การ์ดฟังก์ชันเพิ่มเข้าไปได้อีก 4 slot โดยใช้โปรแกรม DirectSOFT32 ในการเขียนแลคเคอร์ไคอะแกรม ในส่วนของการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC นั้น จะใช้โปรแกรม DSdata มาเป็นตัวช่วยเสริมในการบันทึกค่าของข้อมูลด้วย

4.5.1 การทดสอบแบบไร้ภาระแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงานของ PLC

1. เริ่มการทดสอบแบบไร้ภาระ
2. PLC ตั้ง Relay เลือกขดลวดให้ทำงานที่ขดที่ 1
3. จ่ายแรงดันให้มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 20 V. โดยใช้ PLC ควบคุมมูมทริกของ AC Source
4. เก็บค่ากระแสไฟฟ้าขาเข้า, กำลังไฟฟ้าขาเข้า และความเร็วรอบ พร้อมทั้งแสดงค่าความเร็วรอบที่มิเตอร์
5. เพิ่มแรงดันที่ละ 20 V. และเก็บค่าเช่นเดียวกับข้อ 4 ทำซ้ำเช่นนี้จนแรงดันขาเข้าได้เท่ากับ 220 V.
6. PLC ตั้ง Relay ให้เปลี่ยนขดการทำงานจากขดที่ 1 เป็นขดที่ 2 และ ขดที่ 3 ตามลำดับและเก็บค่าเช่นเดียวกับข้อ 3 ถึง ข้อ 5
7. ทำงานจนครบทุกขด

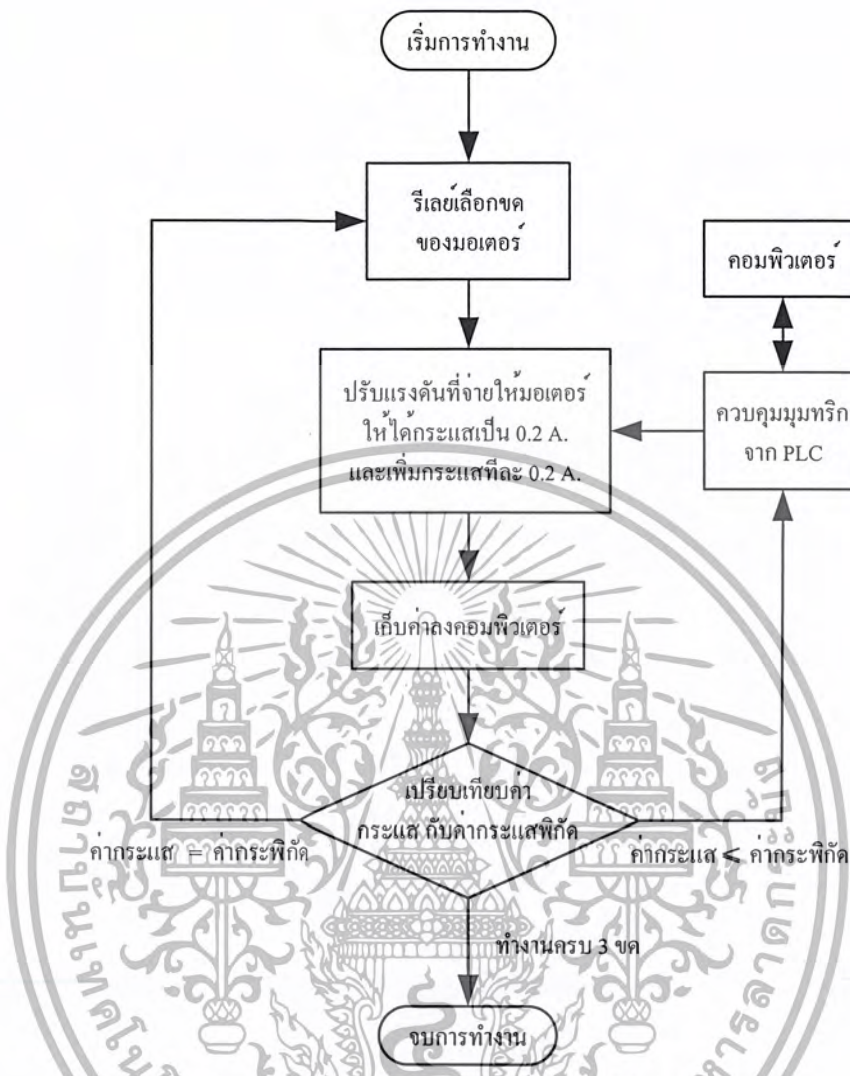


4.5.2 การทดสอบแบบตรึงตัวหมุนแบบอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงานของ PLC

1. เริ่มการทดสอบแบบตรึงตัวหมุน
2. PLC ตั้ง Relay เลือกชุดลวดให้ทำงานที่ชุดที่ 1
3. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยให้มีค่ากระแสไฟฟ้าเริ่มต้น 0.2 A. โดยใช้ PLC ควบคุม
4. เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้า และกำลังไฟฟ้าขาเข้า
5. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าโดยทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 A. และ เก็บค่าเช่นเดียวกับข้อ 5 ทำซ้ำจนได้ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2.2 A.
6. PLC ตั้ง Relay ให้เปลี่ยนชุดการทำงานจากชุดที่ 1 เป็นชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ตามลำดับ และเก็บค่าเช่นเดียวกับข้อ 4 ถึง 6
7. ทำงานจนครบทุกชุดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 แผนภาพการทำงานแบบตรึงตัวหมุน

4.6 โปรแกรมภาษา Visual Basic

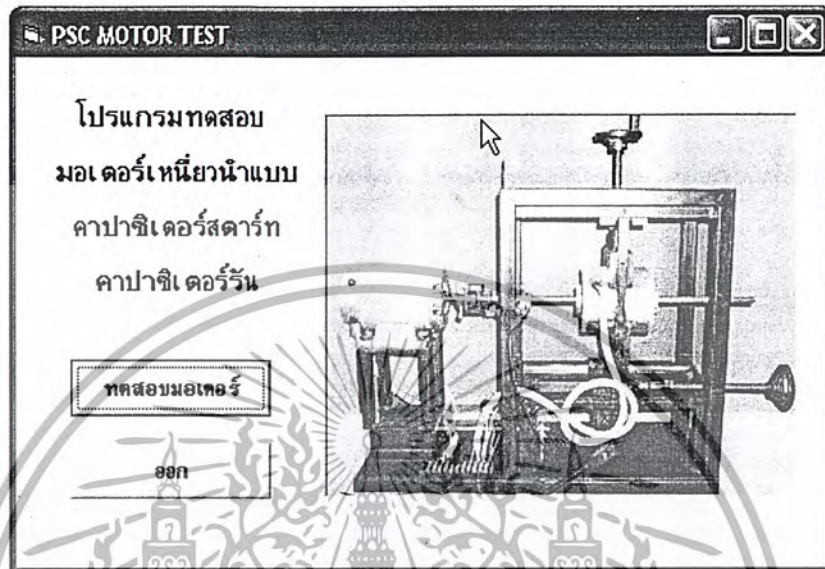
โปรแกรมภาษา Visual Basic (VB) นั้นเป็นภาษาที่พัฒนาขึ้น โดยบริษัทไมโครซอฟต์เพื่อให้เป็นภาษาในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ หลักการสำหรับของ โปรแกรมภาษา Visual Basic คือ การที่โปรแกรมเมอร์ออกแบบหน้าจอสำหรับติดต่อกับผู้ใช้ โดยการใช้ภาพวาด และวางองค์ประกอบต่างๆ ลงบนหน้าจอได้ตามความต้องการของโปรแกรมเมอร์ ซึ่งจะทำให้โปรแกรมเมอร์มองเห็นตัวโปรแกรมและสามารถแก้ไขหน้าจอได้ทันที เมื่อวางองค์ประกอบต่างๆของหน้าจอเสร็จ ก็จะเป็นขั้นตอนของการเขียน โปรแกรมโดยภาษาที่ใช้ในการเขียน โปรแกรมนั้นเรียกว่าภาษา Visual Basic (VB) ซึ่งเป็นภาษาที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับโครงสร้างของภาษา Basic ที่จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆของหน้าจอ เช่น เมนู ฟอรัม รายงานเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ลักษณะของโปรแกรม

การออกแบบตัวโปรแกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหน้าแรก และส่วนของการเก็บข้อมูลและแสดงผล

ลักษณะหน้าแรกของโปรแกรม



รูปที่ 4-5 ส่วนของหน้าแรกของโปรแกรม

ลักษณะส่วนรับข้อมูลและแสดงผล

เมื่อเข้าสู่หน้าการทดสอบมอเตอร์ ก็จะปรากฏแบบให้เลือกรูปแบบของการทดสอบดังรูป

No - load Test					Block Rotor Test					On - load Test				
ชุดทดสอบที่ 1					ชุดทดสอบที่ 2					ชุดทดสอบที่ 3				
ทดสอบ	แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ	แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ	แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ		
20														
40														
60														
80														
100														
120														
140														
160														
180														
200														
220														
ลบข้อมูล	โวลต์	มิลลิแอมป์	วัตต์	รอบต่อนาที	โวลต์	มิลลิแอมป์	วัตต์	รอบต่อนาที	โวลต์	มิลลิแอมป์	วัตต์	รอบต่อนาที		

รูปที่ 4-6 ส่วนหน้าต่างของการทดสอบแบบไร้ภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกรูปแบบการทดสอบแล้ว สามารถคปุมทดสอบ เพื่อสั่งให้ PLC ทำงาน แล้วรจนเสร็จสิ้นกระบวนการทดสอบ จากนั้นจึงบันทึกค่าที่ได้จากการทดสอบโดยกดที่ปุ่มขดที่ 1 และกดปุ่มบันทึก เพื่อทำการเก็บค่า ซึ่งจะแสดงผลได้ดังรูป

No - load Test					Block Rotor Test				On - load Test				
ทดสอบ	บันทึก	ชุดทดสอบที่ 1				ชุดทดสอบที่ 2				ชุดทดสอบที่ 3			
		แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ	แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ	แรงดัน	กระแส	กำลัง	รอบ
20		22	692	7	0								
40		43	23	7	744								
60		60	166	7	1488								
80		80	198	14	1491								
ชุดที่ 1		100	100	210	17	1494							
ชุดที่ 2		120	121	261	25	1991							
		140	140	342	47	1497							
ชุดที่ 3		160	160	350	46	1494							
		180	180	461	59	1494							
รวม		200	200	350	73	1494							
ลบข้อมูล		220	220	636	92	1497							

รูปที่ 4-7 การเก็บข้อมูลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดที่ 1

No - load Test				Block Rotor Test				On - load Test			
ทดสอบ	บันทึก	ชุดทดสอบที่ 1			ชุดทดสอบที่ 2			ชุดทดสอบที่ 3			
		แรงดัน	กระแส	วัตต์	แรงดัน	กระแส	วัตต์	แรงดัน	กระแส	วัตต์	
200											
400											
600											
800											
ชุดที่ 1		1000									
ชุดที่ 2		1200									
		1400									
ชุดที่ 3		1600									
		1800									
รวม		2000									
		2200									

รูปที่ 4-8 ส่วนหน้าต่างของการทดสอบแบบตรึงตัวหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No - load Test				Block Rotor Test				On - load Test			
ทดสอบ	แรงดัน	ชุดทดสอบที่ 1		แรงดัน	ชุดทดสอบที่ 2		แรงดัน	ชุดทดสอบที่ 3			
		กระแส	วัตต์		กระแส	วัตต์		กระแส	วัตต์		
200	4	91	6								
400	31	649	8								
600	35	770	15								
800	41	861	20								
ชุดที่ 1	1000	45	957								
	1200	49	1079								
ชุดที่ 2	1400	53	1175								
	1600	57	1268								
ชุดที่ 3	1800	61	1352								
	2000	66	1445								
लग	2200	93	2038								
		วัตต์	มิลลิแอมป์	วัตต์		วัตต์		วัตต์	มิลลิแอมป์		

รูปที่ 4-9 การเก็บข้อมูลจากการทดสอบแบบตริงตัวหมุนที่ชุดที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบ และผลการทดสอบ

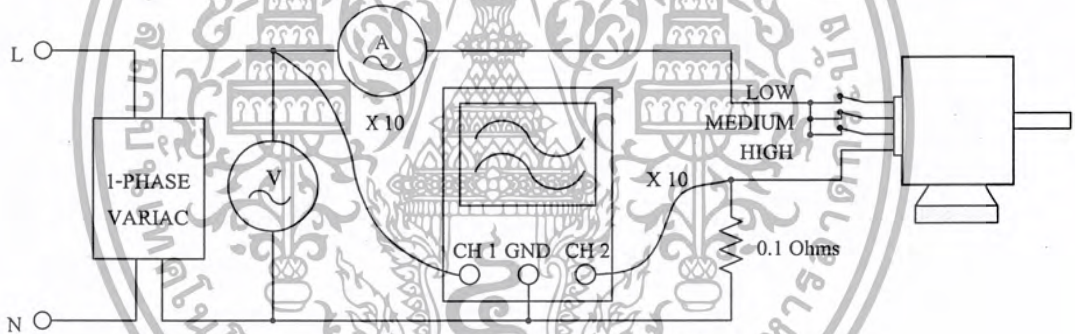
การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบมอเตอร์แบบปรับค่าด้วยมือ และ การทดสอบมอเตอร์แบบปรับค่าด้วยชุดควบคุม โดยวิธีการทดสอบมอเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะมีการทดสอบที่เหมือนกัน คือ การทดสอบแบบไร้ภาระ แบบครึ่งตัวหมุน และ แบบใส่ภาระ

5.1 การเก็บผลการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบปรับค่าด้วยมือ

5.1.1 การทดสอบแบบไร้ภาระ

ขั้นตอนการทดสอบ

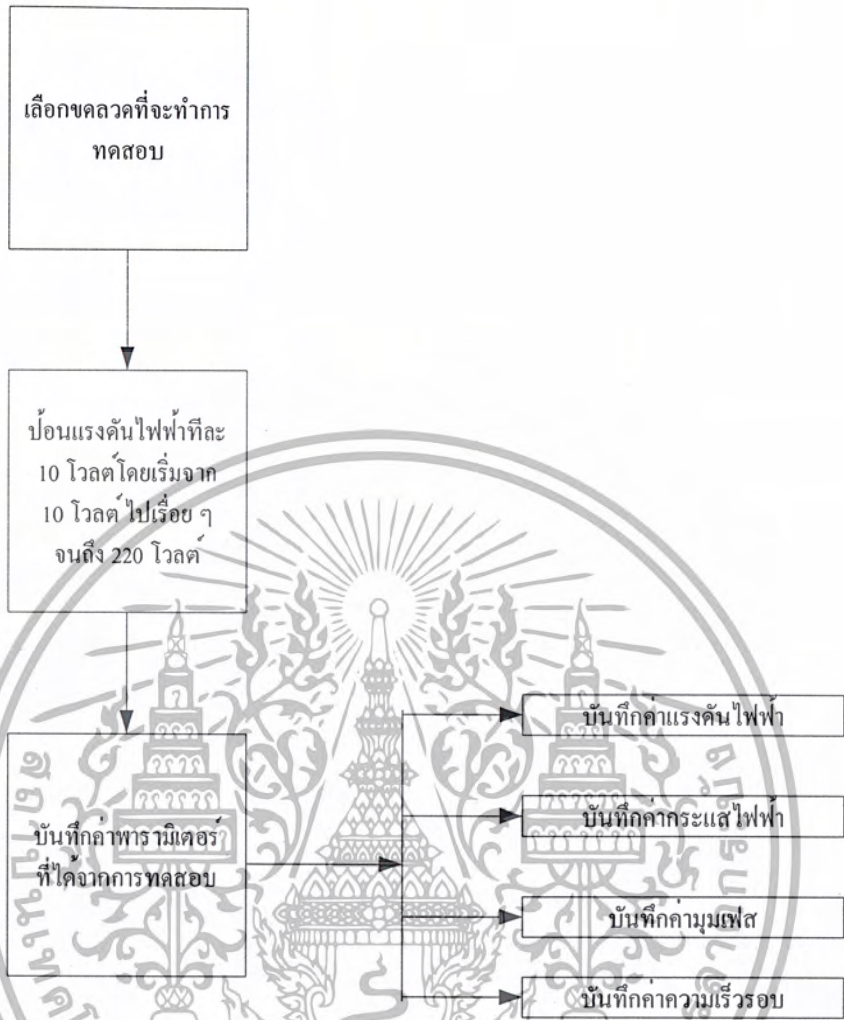
1. ใช้วงจรดังรูปที่ 5-1 เพื่อปรับแรงดันไฟฟ้า โดยเริ่มจาก 10 V. ไปเรื่อยๆ จนถึง 220 V. โดยเริ่มทดสอบจากขด Low



รูปที่ 5-1 การต่อวงจรการทดสอบแบบไร้ภาระ

2. ทำการปรับค่าแรงดัน และบันทึกค่าของกระแส, ค่าความเร็วรอบ, และค่ามุมเฟสที่ค่าแรงดันต่างๆ เมื่อมอเตอร์หมุน
3. เปลี่ยนไปทดสอบขดลวดที่ขด Medium และขด High ตามลำดับ และทำการทดลองแบบเดียวกับข้อ 2
4. คำนวณหาค่า P จากความสัมพันธ์ $P = IV\cos\theta$ ที่ขดลวดทั้ง 3 ขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-2 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีไว้ภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 1	Test Date	: December 6 , 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F. , 400 V_{AC}	
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	-	-	-	-
60	0.10	18	5.71	1477
70	0.10	18	6.66	1483
80	0.10	18	7.61	1485
90	0.11	18	9.42	1489
100	0.12	18	11.41	1490
110	0.12	27	11.76	1490
120	0.13	27	13.90	1492
130	0.13	27	15.06	1492
140	0.13	27	16.22	1494
150	0.15	27	20.05	1494
160	0.16	27	22.81	1494
170	0.17	27	25.75	1496
180	0.18	27	28.87	1495
190	0.19	27	32.17	1494
200	0.20	27	35.64	1496
210	0.21	27	39.29	1496
220 (rated)	0.23	36	40.94	1495
230	0.24	36	44.66	1496
240	0.26	36	50.48	1494
Remark	: Before 60 Voltage PSC Motor Didn't Start			

ตารางที่ 5-1 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 1	Test Date	: December 6, 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}	
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	-	-	-	-
60	0.11	18	6.28	1483
70	0.12	18	7.99	1484
80	0.13	18	9.89	1490
90	0.14	18	11.98	1492
100	0.15	18	14.27	1493
110	0.16	18	16.74	1495
120	0.17	21.6	18.97	1495
130	0.18	27	20.85	1495
140	0.21	27	26.20	1496
150	0.23	27	30.74	1497
160	0.24	27	34.21	1496
170	0.26	27	39.38	1497
180	0.275	27	44.10	1497
190	0.295	36	45.35	1496
200	0.315	36	50.97	1498
210	0.335	36	56.91	1496
220 (rated)	0.36	39.6	61.02	1496
230	0.39	39.6	69.12	1496
240	0.42	45	71.28	1496
Remark	: Before 60 Voltage PSC Motor Didn't Start			

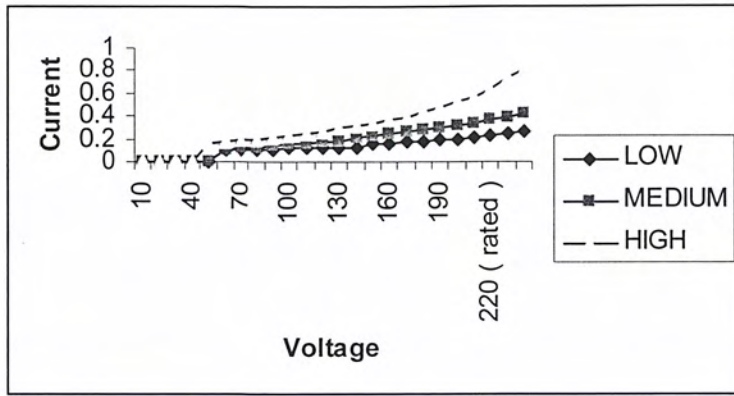
ตารางที่ 5-2 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

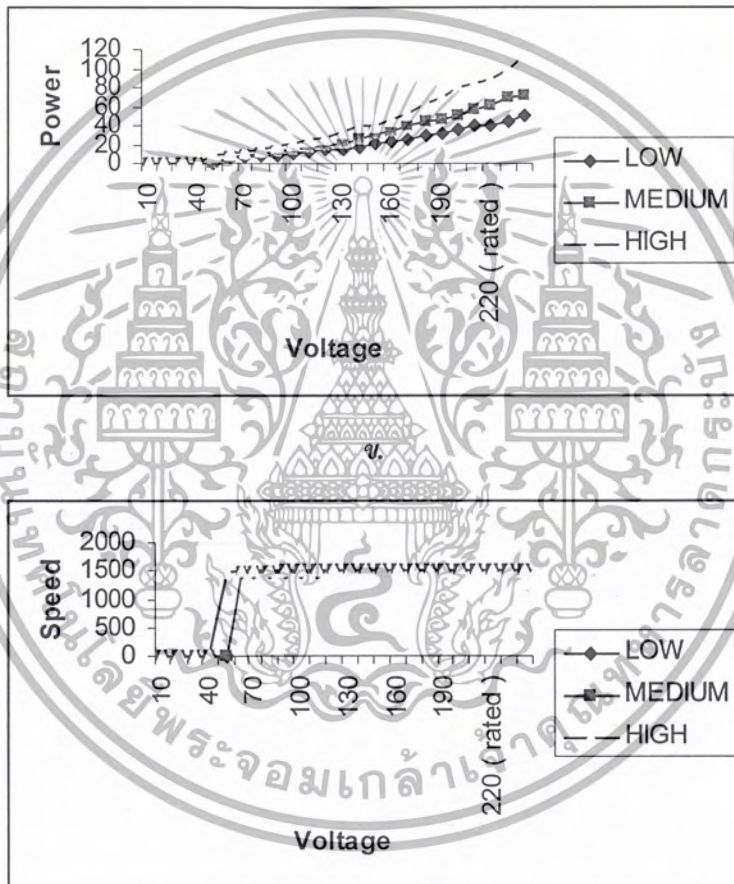
Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 1	Test Date	: December 6, 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}	
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	0.165	18	7.85	1486
60	0.17	18	9.70	1492
70	0.19	18	12.65	1493
80	0.2	18	15.22	1494
90	0.215	21.6	17.99	1495
100	0.235	21.6	21.85	1496
110	0.25	21.6	25.57	1496
120	0.265	27	28.33	1496
130	0.29	27	33.59	1496
140	0.315	27	39.29	1496
150	0.335	36	40.65	1497
160	0.365	36	47.25	1494
170	0.39	36	53.64	1496
180	0.43	36	62.62	1495
190	0.47	39.6	68.81	1496
200	0.52	39.6	80.13	1495
210	0.57	45	84.64	1495
220 (rated)	0.63	50.4	88.35	1495
230	0.73	54	98.69	1496
240	0.81	54	114.27	1496
Remark	: Before 50 Voltage PSC Motor Didn't Start			

ตารางที่ 5-3 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.

รูปที่ 5-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบไร้ภาระครั้งที่ 1

- ก. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
- ข. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
- ค. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 2	Test Date	: December 13, 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}	
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	-	-	-	-
60	0.10	18	5.71	1475
70	0.10	18	6.66	1481
80	0.11	27	7.84	1485
90	0.12	27	9.62	1486
100	0.12	27	10.69	1487
110	0.13	27	12.74	1492
120	0.13	27	13.90	1492
130	0.14	27	16.22	1492
140	0.15	27	18.71	1492
150	0.16	27	21.38	1495
160	0.17	27	24.24	1496
170	0.18	27	27.26	1496
180	0.19	27	30.47	1494
190	0.20	27	33.86	1496
200	0.21	27	37.42	1495
210	0.22	36	37.38	1497
220 (rated)	0.23	36	40.94	1497
230	0.24	36	44.66	1496
240	0.26	36	50.48	1495
Remark	: Before 60 Voltage PSC Motor Didn't Start			

ตารางที่ 5-4 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 2	Test Date	: December 13, 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}	
Rated Current	: 2.2 A	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	0.12	27	5.35	1481
60	0.12	27	6.42	1486
70	0.13	27	8.11	1488
80	0.14	27	9.98	1490
90	0.15	27	12.03	1488
100	0.16	27	14.26	1490
110	0.17	27	16.66	1492
120	0.18	27	19.25	1493
130	0.19	27	22.01	1493
140	0.20	27	24.95	1495
150	0.22	32.4	27.86	1492
160	0.23	32.4	31.07	1495
170	0.24	36	33.01	1493
180	0.26	36	37.86	1495
190	0.31	36	47.65	1495
200	0.33	39.6	50.85	1493
210	0.35	39.6	56.63	1495
220 (rated)	0.37	45	57.56	1496
230	0.39	45	63.43	1495
240	0.42	50.4	64.25	1496
Remark	: Before 50 Voltage PSC Motor Didn't Start			

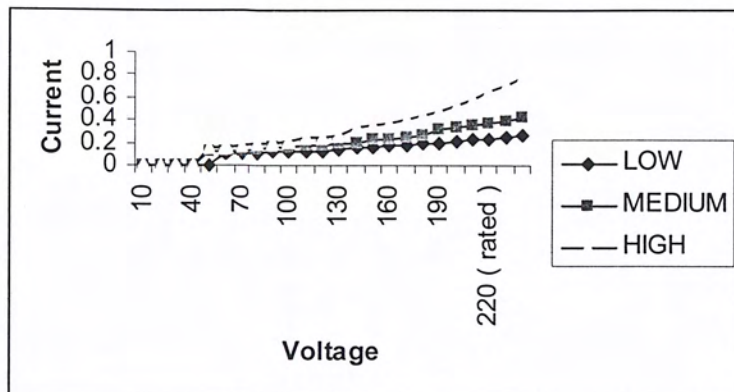
ตารางที่ 5-5 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 Hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

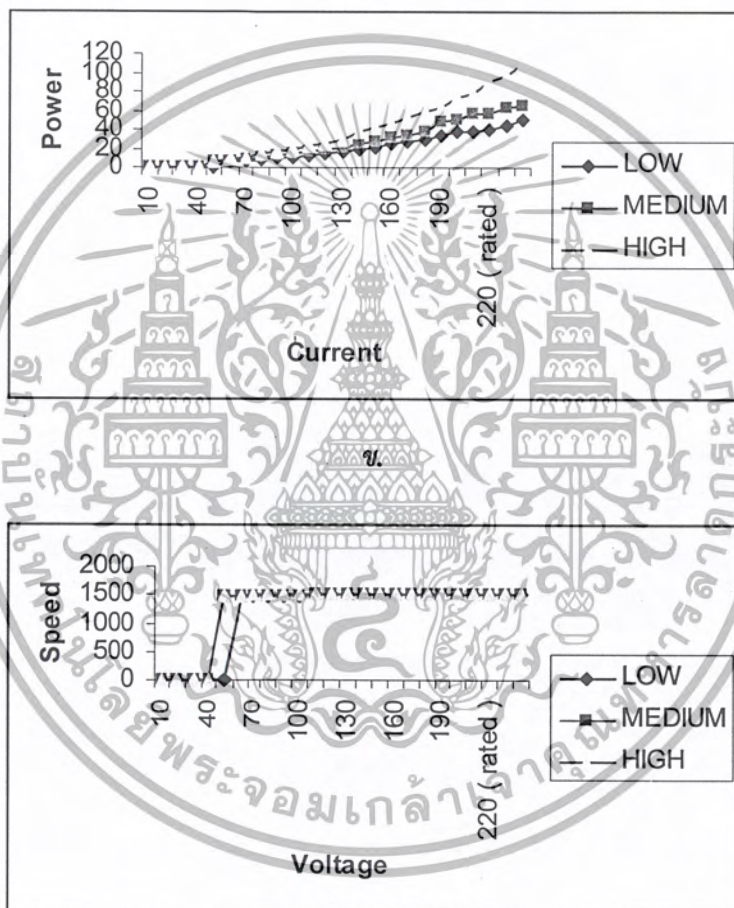
Test Description for PSC Motor				
Test Number	: 2	Test Date	: December 13 , 2002	
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362	
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F. , 400 V _{AC}	
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz	
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase	
Voltage (volts)	Current (amperes)	Phase Angle (degree)	Power (watts)	Speed (rpm)
10	-	-	-	-
20	-	-	-	-
30	-	-	-	-
40	-	-	-	-
50	0.15	27	6.68	1483
60	0.16	27	8.55	1490
70	0.17	27	10.60	1492
80	0.20	27	14.26	1493
90	0.20	27	16.04	1495
100	0.21	27	18.71	1495
110	0.24	32.4	22.29	1495
120	0.25	32.4	25.33	1495
130	0.27	32.4	29.64	1496
140	0.33	36	37.38	1494
150	0.35	36	42.47	1495
160	0.36	36	46.60	1494
170	0.40	39.6	52.39	1494
180	0.43	39.6	59.64	1495
190	0.47	45	63.14	1496
200	0.52	45	73.54	1496
210	0.58	50.4	77.64	1495
220 (rated)	0.65	50.4	91.15	1495
230	0.71	54	95.99	1496
240	0.78	54	110.03	1497
Remark	: Before 50 Voltage PSC Motor Didn't Start			

ตารางที่ 5-6 ผลจากการทดสอบแบบไร้ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

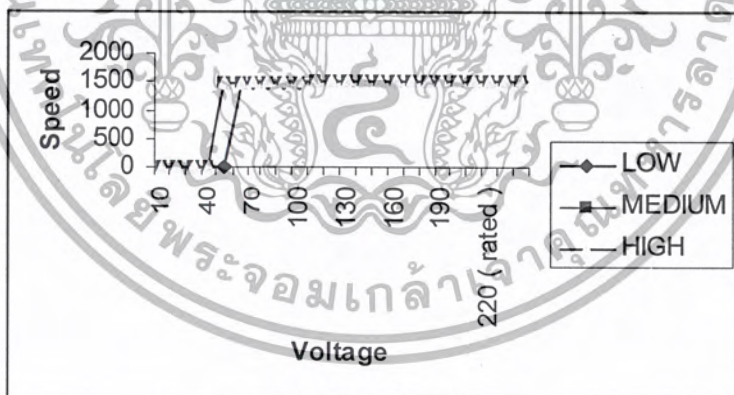
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.



ค.

รูปที่ 5-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบไร้การครั้งที่ 2

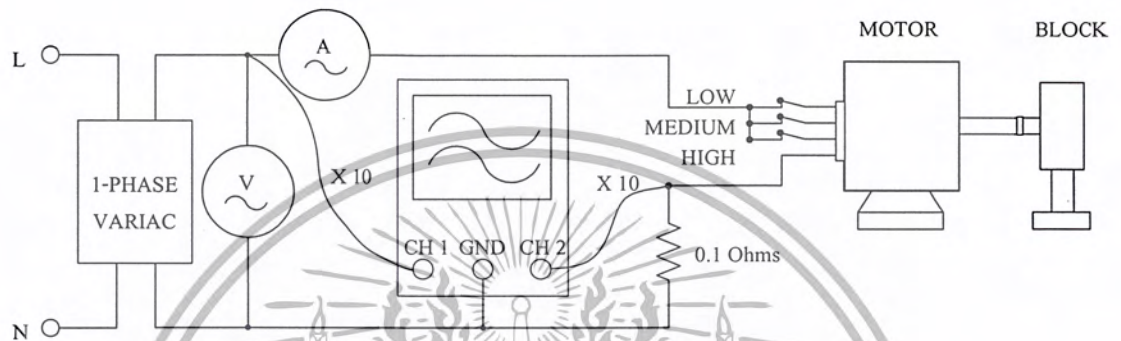
- ก. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
- ข. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
- ค. เปรียบเทียบระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การทดสอบแบบตริงตัวหมุน

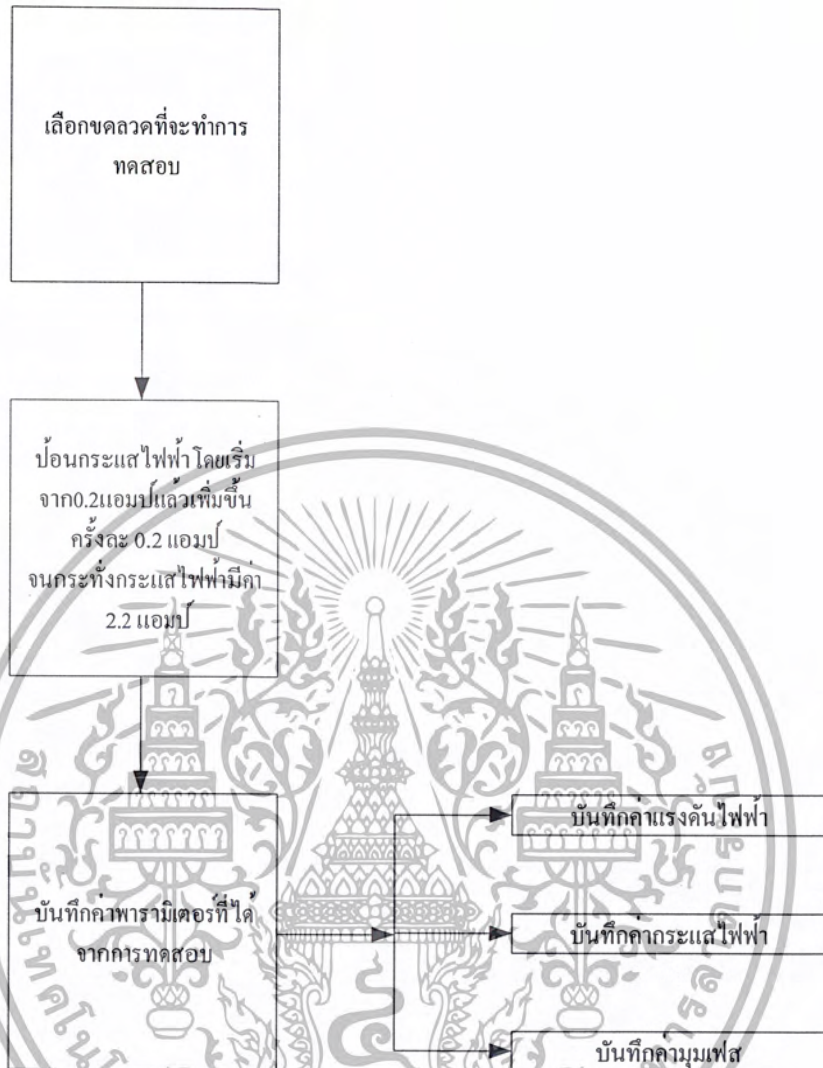
ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วงจรดังรูปที่ 5-2 เพื่อปรับค่ากระแสไฟฟ้า โดยเริ่มจาก 0.2 A. และทำการปรับค่ากระแสเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 A. ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งกระแสมีค่า 2.2 A. โดยเริ่มทดสอบจากขด Low



รูปที่ 5-5 การต่อวงจรการทดสอบแบบตริงตัวหมุน

2. ทำการปรับค่าแรงดัน จนได้ค่ากระแสตามช่วงที่กำหนดไว้ แล้วบันทึกค่าแรงดัน, ค่าความเร็วรอบ, และมุมเฟส
3. เปลี่ยนไปทดสอบขดลวดที่ขด Medium และขด High ตามลำดับ และทำการทดลองแบบเดียวกับข้อ 2
4. คำนวณหาค่า P จากความสัมพันธ์ $P = IV \cos \theta$ ที่ขดลวดทั้ง 3 ขด



รูปที่ 5-6 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีเครื่องวัดความถี่

ผลการทดสอบ

Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 1	Test Date	: December 6, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	12.5	36	2.02
0.4	26.9	43.2	7.84
0.6	41.3	43.2	18.06
0.8	55.3	43.2	32.25
1.0	69.9	45	49.43
1.2	83.5	45	70.85
1.4	98.7	45	97.71
1.6	114.0	45	128.98
1.8	128.8	45	163.94
2.0	143.5	45	202.94
2.2 (rated)	158.4	45	246.41

ตารางที่ 5-7 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน ที่ขีดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 1	Test Date	: December 6, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	9.45	36	1.53
0.4	20.11	36	6.51
0.6	31.79	36	15.43
0.8	42.9	36	27.77
1.0	54.6	36	44.17
1.2	65.1	36	63.20
1.4	76.8	36	86.99
1.6	88.8	36	114.95
1.8	99.8	36	145.33
2.0	111.3	36	180.09
2.2 (rated)	124.2	36	221.06

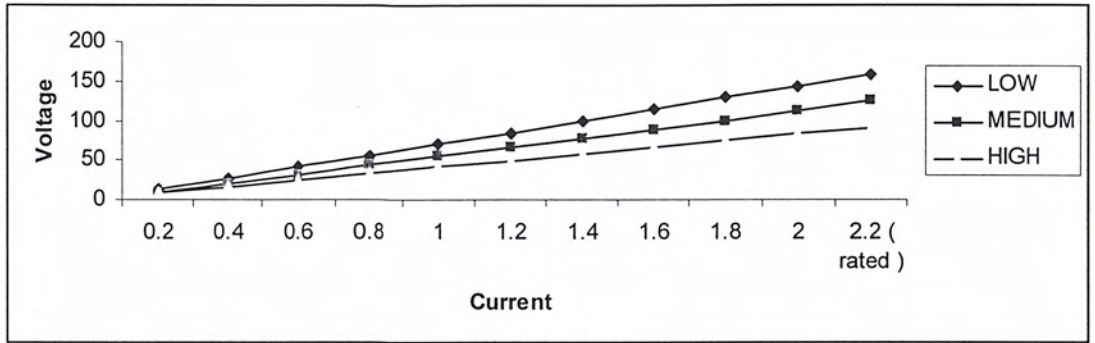
ตารางที่ 5-8 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน
ที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

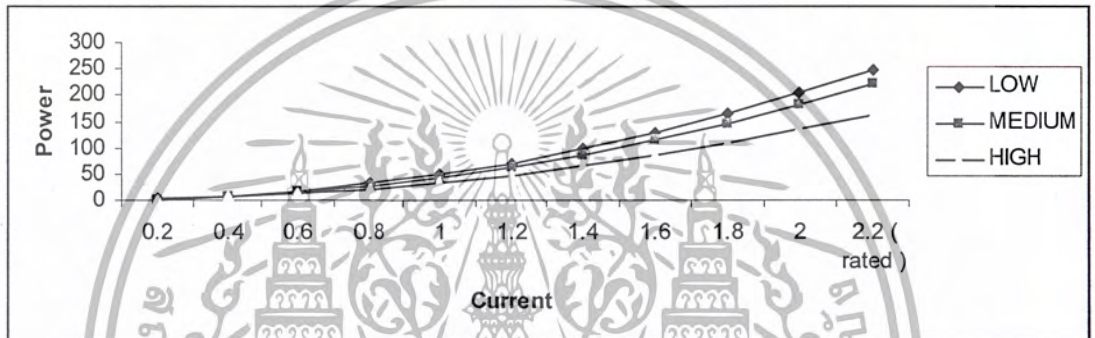
Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 1	Test Date	: December 6, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	7.70	36	1.25
0.4	16.2	36	5.24
0.6	24.74	36	12.01
0.8	32.23	36	20.86
1.0	40.7	36	32.93
1.2	49.1	36	47.67
1.4	57.5	36	65.13
1.6	65.9	36	85.30
1.8	74.2	36	108.05
2.0	82.9	36	134.14
2.2 (rated)	91.2	36	162.32

ตารางที่ 5-9 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน ที่ขีดสวิตช์ High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.

รูปที่ 5-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนครั้งที่ 1

ก. เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

ข. เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 2	Test Date	: December 13, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	14.5	39.6	2.23
0.4	27.2	39.6	8.38
0.6	40	39.6	18.49
0.8	58	39.6	35.75
1.0	72	39.6	55.48
1.2	88	39.6	81.37
1.4	100	39.6	107.87
1.6	118	39.6	145.47
1.8	134	39.6	185.85
2.0	148	39.6	228.07
2.2 (rated)	160	39.6	271.22

ตารางที่ 5-10 ผลจากการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุน ที่โหลด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 2	Test Date	: December 13, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	10.5	36	1.70
0.4	20	36	6.47
0.6	35	36	16.99
0.8	45	36	29.12
1.0	56	36	45.30
1.2	68	36	66.02
1.4	79	36	89.48
1.6	90	36	116.50
1.8	102	36	148.54
2.0	114	36	184.46
2.2 (rated)	125	36	222.48

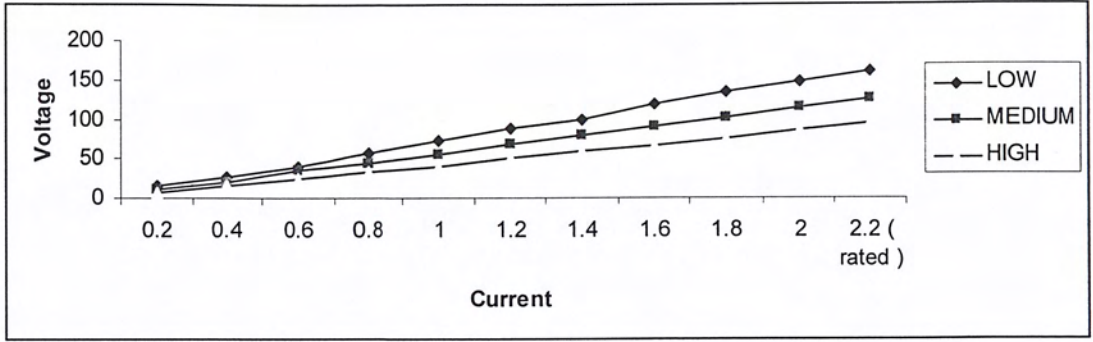
ตารางที่ 5-11 ผลจากการทดสอบแบบตริงตัวหมุน
ที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

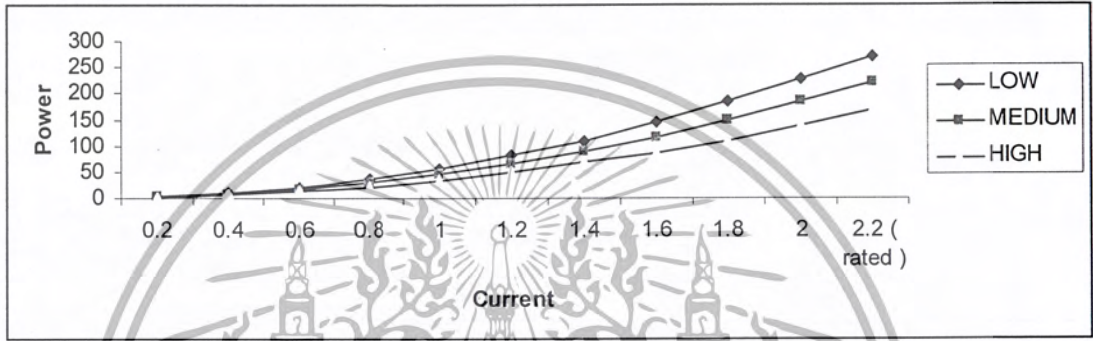
Test Description for PSC Motor			
Test Number	: 2	Test Date	: December 13, 2002
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase
Current (amperes)	Voltage (volts)	Phase Angle (degree)	Power (watts)
0.2	7.2	36	1.16
0.4	16.3	36	5.27
0.6	23.8	36	11.55
0.8	33	36	21.36
1.0	40	36	32.36
1.2	50	36	48.54
1.4	60	36	67.96
1.6	67	36	86.73
1.8	75	36	109.22
2.0	85	36	137.53
2.2 (rated)	94	36	167.30

ตารางที่ 5-12 ผลจากการทดสอบแบบตรงตัวหมุน ที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.



ข.

รูปที่ 5-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบครึ่งตัวหมุนครั้งที่ 2

ก. เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า

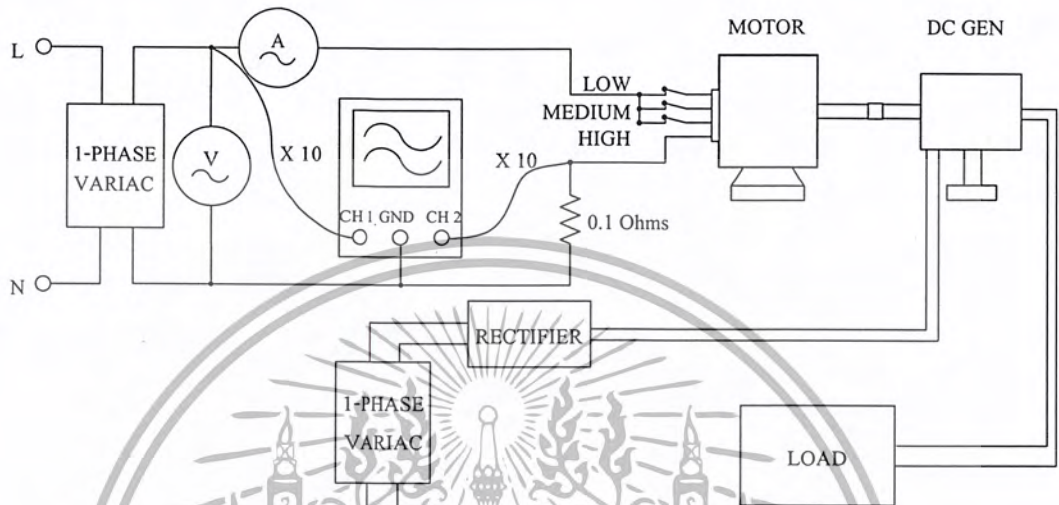
ข. เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การทดสอบแบบใส่ภาระ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วงจรดังรูปที่ 5-3 จากนั้นจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 V. ให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยเริ่มทดสอบจากขด Low



รูปที่ 5-9 การต่อวงจรการทดสอบแบบใส่ภาระ

2. ใช้ DC motor เป็นโหลดให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำและใช้หลอดไฟต่อเป็นโหลดทางด้านขดอามเจอร์
3. เปิดหลอดไฟ 1 หลอด
4. ปรับแรงดันฟิลด์ จนกระทั่งทำให้แรงดันอามเจอร์มีค่าเท่ากับ 70 V.
5. เปิดหลอดไฟเพิ่มครั้งละ 1 หลอด และปรับแรงดันฟิลด์ จนกระทั่งทำให้แรงดันอามเจอร์มีค่าเท่ากับ 70 V.
6. บันทึกค่ากระแสของมอเตอร์, กระแสฟิลด์, แรงดันฟิลด์, กระแสอามเจอร์, ความเร็วรอบ และ กำลังไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
7. ทำซ้ำข้อ 5 และข้อ 6 ไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน จึงหยุดทำการทดสอบ
8. เปลี่ยนไปทดสอบขดลวดที่ขด Medium และขด High ตามลำดับ และทำการทดลองแบบเดียวกับข้อ 2
9. คำนวณหาค่า P จากความสัมพันธ์ $P = IV\cos\theta$ ที่ขดลวดทั้ง 3 ขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-10 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการทดสอบกรณีใส่ภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	I _{motor} (amperes)	I _r (amperes)	V _r (volts)	I _a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _a (watts)
0	0.36	0.77	42	0	1480	75.32	0
1	0.38	0.79	43	0.1	1476	80.28	7
2	0.41	0.80	44	0.2	1473	87.36	14
3	0.43	0.81	44	0.3	1466	91.63	21
4	0.46	0.81	45	0.4	1464	98.76	28
5	0.50	0.82	46	0.5	1463	107.35	35
6	0.53	0.83	46	0.6	1459	114.53	42
7	0.57	0.84	47	0.7	1453	123.18	49
8	0.60	0.85	48	0.8	1447	129.66	56
9	0.64	0.88	49	0.9	1439	138.30	63
10	0.68	0.89	50	1.0	1431	146.95	70
11	0.70	0.88	51	1.05	1431	151.27	73.5
12	0.75	0.91	52	1.16	1424	162.08	81.2
13	0.79	0.91	52	1.25	1420	170.72	87.5
14	0.83	0.93	54	1.35	1411	179.36	94.5
15	0.88	0.95	55	1.45	1403	190.17	101.5
16	0.94	0.98	58	1.55	1393	203.14	108.5
17	0.99	0.99	58	1.65	1383	213.94	115.5
18	1.06	1.01	60	1.75	1379	229.07	122.5
19	1.13	1.04	62	1.85	1363	244.20	129.5
20	1.22	1.09	64	1.95	1343	259.96	136.5
21	1.29	1.13	68	2.02	1331	274.88	141.4
22	1.42	1.21	72	2.12	1298	302.58	148.4

ตารางที่ 5-13 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	<i>I</i>	Test Date	:	<i>December 6, 2002</i>		
Model	:	<i>FB2-1/3 TA-SP</i>	Serial No.	:	<i>FB-02031362</i>		
Rated Voltage	:	<i>220 Volts</i>	Capacitor	:	<i>7.5 μF., 400 V_{AC}</i>		
Rated Current	:	<i>2.2 A.</i>	Frequency	:	<i>50/60 Hz</i>		
Rated Speed	:	<i>1400/1300/1200 rpm.</i>	Type	:	<i>Single Phase</i>		
Load (โหลด)	I_{motor} (amperes)	I_r (amperes)	V_r (volts)	I_a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P_a (watts)
0	0.45	0.75	39	0	1483	94.15	0
1	0.47	0.77	40	0.1	1482	98.34	7
2	0.50	0.78	40	0.2	1480	104.61	14
3	0.53	0.79	42	0.3	1475	110.89	21
4	0.56	0.80	42	0.4	1472	118.30	28
5	0.59	0.81	43	0.5	1471	125.72	35
6	0.62	0.82	44	0.6	1471	132.11	42
7	0.65	0.83	44	0.7	1466	138.50	49
8	0.68	0.84	45	0.8	1462	144.90	56
9	0.71	0.85	46	0.9	1457	151.29	63
10	0.75	0.86	47	1.0	1456	159.81	70
11	0.77	0.86	47	1.08	1453	164.07	75.6
12	0.81	0.87	48	1.18	1450	172.60	82.6
13	0.85	0.89	49	1.27	1446	182.49	88.9
14	0.88	0.89	49	1.37	1443	188.93	95.9
15	0.92	0.91	50	1.47	1436	197.52	102.9
16	0.96	0.92	51	1.54	1434	206.11	111.3
17	0.99	0.93	52	1.64	1429	212.55	114.8
18	1.03	0.94	52	1.74	1425	222.58	121.8
19	1.08	0.95	54	1.84	1420	233.39	128.8
20	1.12	0.96	54	1.94	1416	242.03	135.8
21	1.16	0.97	55	2.01	1410	247.18	140.7
22	1.23	0.97	58	2.11	1403	262.09	147.7

ตารางที่ 5-14 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด *Medium* ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด *0.33 hp*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F, 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	I _{motor} (amperes)	I _r (amperes)	V _r (volts)	I _a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _a (watts)
23	1.27	1.00	58	2.20	1398	270.62	154.0
24	1.33	1.02	59	2.32	1390	283.40	162.4
25	1.39	1.05	60	2.40	1381	296.19	168.0
26	1.45	1.06	62	2.48	1373	308.97	173.6
27	1.51	1.08	64	2.58	1363	321.76	180.6
28	1.59	1.12	66	2.68	1354	338.81	187.6
29	1.66	1.14	68	2.78	1345	353.72	194.6
30	1.76	1.18	72	2.88	1330	375.03	201.6
31	1.78	1.16	72	3.40	1322	379.29	238.0

ตารางที่ 5-14 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด *Medium* ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด
0.33 hp



Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	I _{motor} (amperes)	I _r (amperes)	V _r (volts)	I _a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _a (watts)
0	0.68	0.80	40	0	1487	121.03	0
1	0.70	0.81	41	0.1	1487	124.58	7
2	0.72	0.83	42	0.2	1484	133.74	14
3	0.75	0.83	42	0.3	1484	139.31	21
4	0.78	0.84	43	0.4	1483	150.37	28
5	0.81	0.86	44	0.5	1478	156.15	35
6	0.83	0.86	44	0.6	1477	162.69	42
7	0.85	0.87	45	0.7	1475	169.20	49
8	0.87	0.88	46	0.8	1473	173.18	56
9	0.90	0.88	46	0.9	1472	181.71	63
10	0.93	0.88	47	1.0	1468	190.23	70
11	0.96	0.89	48	1.07	1465	196.36	74.9
12	0.99	0.89	48	1.17	1464	202.50	81.9
13	1.02	0.90	48	1.27	1462	208.64	88.9
14	1.05	0.91	49	1.37	1460	217.34	95.9
15	1.08	0.91	49	1.47	1460	225.97	102.9
16	1.10	0.92	50	1.53	1456	230.15	107.1
17	1.13	0.93	50	1.63	1455	236.43	114.1
18	1.16	0.94	51	1.73	1453	242.70	121.1
19	1.20	0.95	52	1.82	1445	251.07	127.4
20	1.24	0.96	52	1.92	1442	259.44	134.4
21	1.26	0.96	52	2.00	1442	263.63	140.0
22	1.30	0.97	53	2.10	1441	274.63	147.0

ตารางที่ 5-15 ผลจากการทดสอบแบบใบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	<i>1</i>	Test Date	:	<i>December 6, 2002</i>		
Model	:	<i>FB2-1/3 TA-SP</i>	Serial No.	:	<i>FB-02031362</i>		
Rated Voltage	:	<i>220 Volts</i>	Capacitor	:	<i>7.5 μF. , 400 V_{AC}</i>		
Rated Current	:	<i>2.2 A.</i>	Frequency	:	<i>50/60 Hz</i>		
Rated Speed	:	<i>1400/1300/1200 rpm.</i>	Type	:	<i>Single Phase</i>		
Load (โหลด)	I_{motor} (amperes)	I_r (amperes)	V_r (volts)	I_a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P_a (watts)
23	1.34	0.97	54	2.20	1441	285.53	154.0
24	1.37	0.97	54	2.30	1435	291.93	161.0
25	1.42	1.00	56	2.39	1430	302.58	167.3
26	1.44	1.01	56	2.46	1431	304.22	172.2
27	1.54	1.02	58	2.66	1421	328.15	186.2
28	1.59	1.03	58	2.76	1420	338.81	193.2
29	1.63	1.04	58	2.85	1416	347.33	199.5
30	1.68	1.06	60	2.94	1409	357.98	205.8
31	1.17	1.06	60	3.10	1406	364.38	217.0
32	1.79	1.08	62	3.15	1399	378.16	220.5
33	1.84	1.09	63	3.25	1395	392.08	227.5
34	1.91	1.10	64	3.30	1386	406.99	231.0
35	1.96	1.10	65	3.40	1382	417.65	238.0
36	2.01	1.12	66	3.50	1378	428.30	245.0
37	2.10	1.15	69	3.60	1368	447.48	252.0
38	2.19	1.18	71	3.70	1359	466.66	259.0
39	2.27	1.20	72	3.80	1350	483.17	266.0
40	2.36	1.23	76	3.90	1336	502.88	273.0
41	2.52	1.30	80	4.10	1317	532.38	287.0
42	2.87	1.44	90	4.05	1268	600.49	283.5

ตารางที่ 5-15 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V_{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	Pcu (watts)	P _a (watts)	Pout (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1480	75.32	0	0	12	15.9	0.0772
1	1476	80.28	0.016	7	19.02	23.6	0.1225
2	1473	87.36	0.064	14	26.06	29.7	0.1681
3	1466	91.63	0.144	21	33.14	36.4	0.2140
4	1464	98.76	0.256	28	40.25	40.7	0.2615
5	1463	107.35	0.400	35	47.40	44.2	0.3085
6	1459	114.53	0.576	42	54.57	47.8	0.3564
7	1453	123.18	0.784	49	61.80	50.2	0.4050
8	1447	129.66	1.024	56	69.00	53.21	0.4522
9	1439	138.30	1.296	63	76.30	55.17	0.5049
10	1431	146.95	1.600	70	83.60	56.89	0.5563
11	1431	151.27	1.764	73.5	87.264	57.68	0.5808
12	1424	162.08	2.153	81.2	95.353	58.83	0.6377
13	1420	170.72	2.500	87.5	102.000	59.74	0.6841
14	1411	179.36	2.916	94.5	109.416	57.31	0.7385
15	1403	190.17	3.364	101.5	116.864	57.53	0.7932
16	1393	203.14	3.844	108.5	124.344	61.21	0.8501
17	1383	213.94	4.356	115.5	131.856	61.63	0.9080
18	1379	229.07	4.900	122.5	139.400	60.85	0.9627
19	1363	244.20	5.476	129.5	146.976	60.19	1.0269
20	1343	259.96	6.084	136.5	154.584	59.46	1.0962
21	1331	274.88	6.528	141.4	159.928	58.18	1.1443
22	1298	302.58	7.191	148.4	167.591	54.31	1.2296

ตารางที่ 5-16 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1483	94.15	0	0	12	12.74	0.077
1	1482	98.34	0.016	7.0	19.02	19.32	0.122
2	1480	104.61	0.064	14.0	26.06	24.85	0.167
3	1475	110.89	0.144	21.0	33.14	29.84	0.214
4	1472	118.30	0.256	28.0	40.25	33.98	0.260
5	1471	125.72	0.400	35.0	47.40	37.70	0.307
6	1471	132.11	0.576	42.0	54.57	41.32	0.353
7	1466	138.50	0.784	49.0	61.80	44.62	0.401
8	1462	144.90	1.024	56.0	69.00	47.61	0.449
9	1457	151.29	1.296	63.0	76.30	50.43	0.499
10	1456	159.81	1.600	70.0	83.60	52.31	0.547
11	1453	164.07	1.866	75.6	89.466	54.52	0.586
12	1450	172.60	2.227	82.6	96.827	56.09	0.636
13	1446	182.49	2.580	88.9	103.48	56.70	0.681
14	1443	188.93	3.003	95.9	110.903	58.70	0.732
15	1436	197.52	3.457	102.9	118.357	59.92	0.785
16	1434	206.11	4.045	111.3	127.345	61.78	0.846
17	1429	212.55	1.303	114.8	131.103	61.68	0.874
18	1425	222.58	4.844	121.8	138.644	62.28	0.927
19	1420	233.39	5.416	128.8	146.216	62.64	0.980
20	1416	242.03	6.021	135.8	153.821	63.55	1.034
21	1410	247.18	6.464	140.7	159.164	64.39	1.075
22	1403	262.09	7.123	147.7	166.823	63.65	1.132

ตารางที่ 5-17 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
23	1398	270.62	7.744	154.0	173.744	64.20	1.183
24	1390	283.40	8.611	162.4	183.011	64.57	1.254
25	1381	296.19	9.216	168.0	189.216	63.88	1.305
26	1373	308.97	9.840	173.6	195.44	63.25	1.356
27	1363	321.76	10.650	180.6	203.25	63.16	1.420
28	1354	338.81	11.492	187.6	211.092	62.30	1.485
29	1345	353.72	12.365	194.6	218.965	61.90	1.550
30	1330	375.03	13.271	201.6	266.871	71.16	1.911
31	1322	379.29	18.496	238.0	268.496	70.78	1.934

ตารางที่ 5-17 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด
0.33 hp.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{ac}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		

Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	Pcu (watts)	P _a (watts)	Pout (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1487	121.03	0	0	12	9.91	0.077
1	1487	124.58	0.016	7	19.02	15.26	0.122
2	1484	133.74	0.064	14	26.06	19.49	0.167
3	1484	139.31	0.144	21	33.14	23.76	0.212
4	1483	150.37	0.256	28	40.25	26.73	0.258
5	1478	156.15	0.400	35	47.40	30.35	0.305
6	1477	162.69	0.576	42	54.57	33.56	0.352
7	1475	169.20	0.784	49	61.80	36.52	0.399
8	1473	173.18	1.024	56	69.00	39.84	0.466
9	1472	181.71	1.296	63	76.30	41.99	0.493
10	1468	190.23	1.600	70	83.60	43.91	0.542
11	1465	196.36	1.832	74.9	88.732	45.19	0.577
12	1464	202.50	2.190	81.9	96.09	47.45	0.625
13	1462	208.64	2.580	88.9	103.48	49.59	0.674
14	1460	217.34	3.003	95.9	110.90	51.02	0.723
15	1460	225.97	3.457	102.9	118.35	52.37	0.771
16	1456	230.15	3.745	107.1	122.84	53.37	0.804
17	1455	236.43	4.251	114.1	130.35	55.13	0.853
18	1453	242.70	4.788	121.1	137.88	56.81	0.904
19	1445	251.07	5.299	127.4	147.70	57.63	0.954
20	1442	259.44	5.898	134.4	152.29	58.70	1.005
21	1442	263.63	6.400	140.0	158.40	60.08	1.046
22	1441	274.63	7.056	147.0	166.06	60.47	1.097

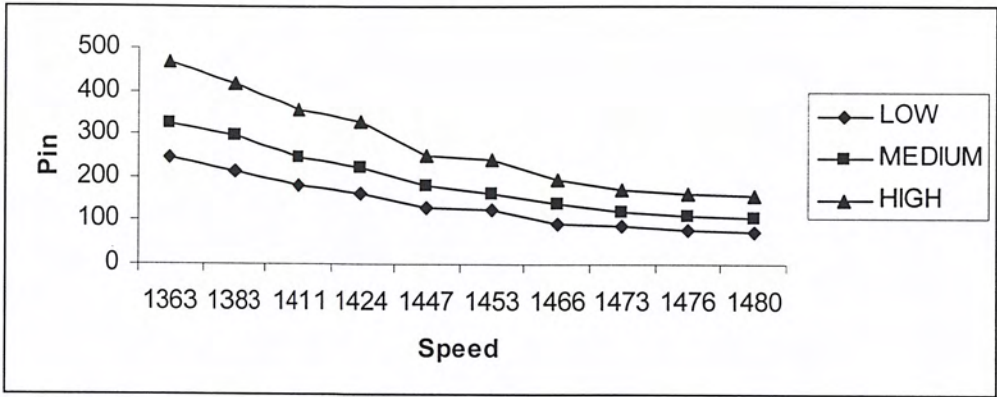
ตารางที่ 5-18 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

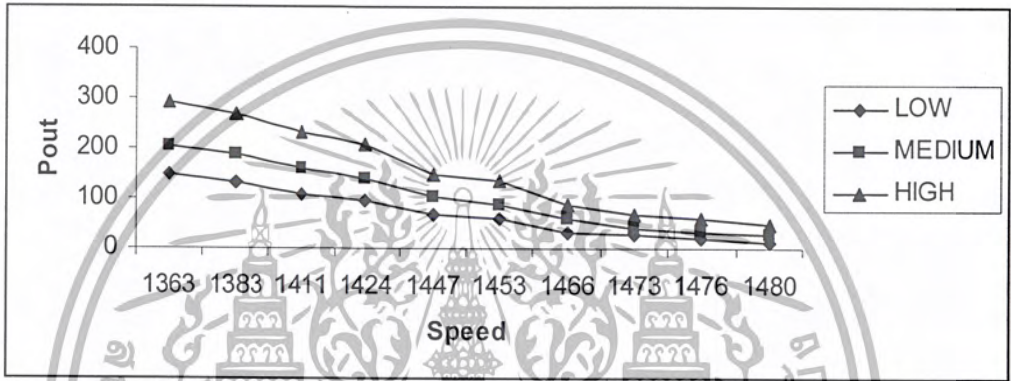
Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	1	Test Date	:	December 6, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V _{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
23	1441	285.53	7.744	154.0	173.74	60.85	1.148
24	1435	291.93	8.464	161.0	181.46	62.16	1.204
25	1430	302.58	9.139	167.3	188.44	62.28	1.255
26	1431	304.22	9.682	172.2	193.88	63.73	1.290
27	1421	328.15	11.320	186.2	209.52	63.84	1.404
28	1420	338.81	12.188	193.2	217.39	64.16	1.458
29	1416	347.33	12.996	199.5	224.50	64.64	1.510
30	1409	357.98	13.829	205.8	231.63	64.70	1.566
31	1406	364.38	15.376	217.0	244.38	67.07	1.655
32	1399	378.16	15.876	220.5	248.38	65.68	1.690
33	1395	392.08	16.9	227.5	256.4	65.39	1.750
34	1386	406.99	17.424	231.0	260.42	63.98	1.789
35	1382	417.65	18.494	238.0	268.50	64.29	1.850
36	1378	428.30	19.6	245.0	276.6	64.58	1.911
37	1368	447.48	20.736	252.0	284.74	63.63	1.982
38	1359	466.66	21.904	259.0	292.90	62.76	2.052
39	1350	483.17	23.104	266.0	301.10	62.25	2.124
40	1336	502.88	24.336	273.0	309.34	61.51	2.205
41	1317	532.38	26.896	287.0	325.90	61.21	2.357
42	1268	600.49	26.244	283.5	321.74	53.58	2.416

ตารางที่ 5-18 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

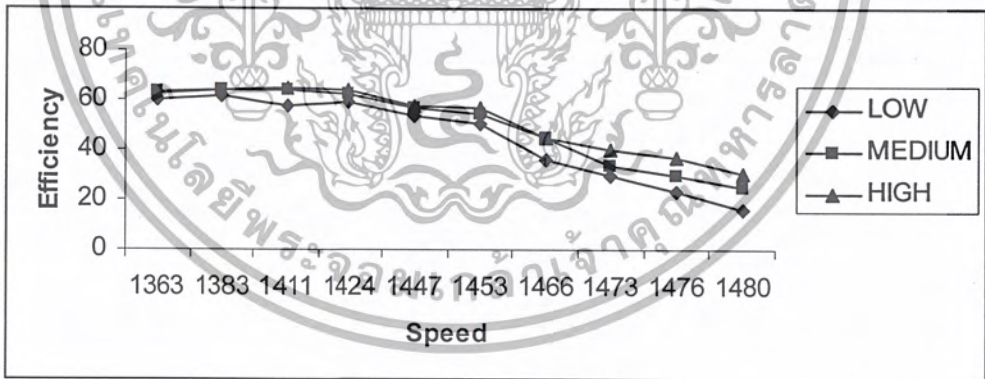
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

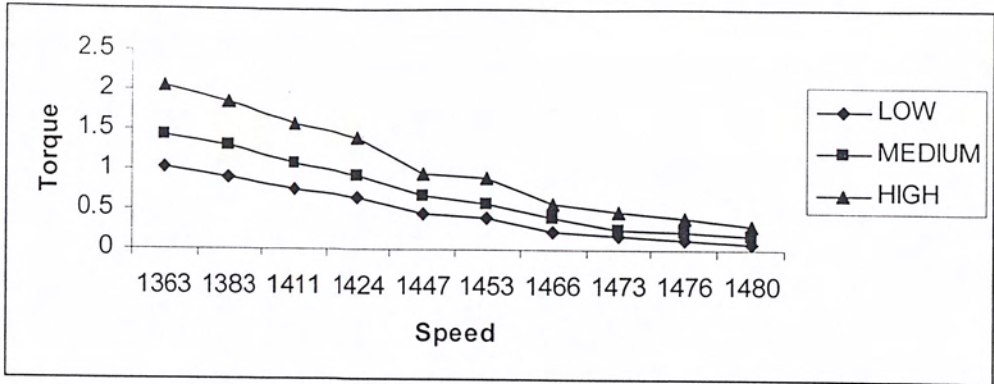


ข.



ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง.

รูปที่ 5-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกราฟทดสอบแบบใส่ภาระครั้งที่ 1

- ก. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าอินพุท
- ข. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับ กำลังไฟฟ้าเอาต์พุท
- ค. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพ
- ง. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V_{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	I_{motor} (amperes)	I_r (amperes)	V_r (volts)	I_a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P_a (watts)
0	0.35	0.77	42	0	1480	70	0
1	0.37	0.78	43	0.1	1476	80	7
2	0.40	0.79	44	0.2	1473	86	14
3	0.42	0.80	45	0.3	1466	92	21
4	0.45	0.81	46	0.4	1464	100	28
5	0.48	0.82	46	0.5	1463	111	35
6	0.51	0.83	47	0.6	1459	117	42
7	0.55	0.84	48	0.7	1453	120	49
8	0.58	0.85	49	0.8	1447	130	56
9	0.63	0.87	50	0.9	1439	134	63
10	0.66	0.88	51	1.0	1434	145	70
11	0.69	0.89	52	1.06	1431	151	76
12	0.73	0.91	53	1.16	1424	161	83
13	0.77	0.91	54	1.25	1420	170	90
14	0.82	0.92	54	1.35	1411	181	97
15	0.86	0.93	55	1.45	1403	188	104
16	0.93	0.97	57	1.55	1393	200	108
17	0.97	0.98	58	1.65	1383	208	114
18	1.04	0.99	60	1.74	1379	226	122
19	1.11	1.04	62	1.86	1363	238	127
20	1.19	1.08	64	1.96	1343	257	135
21	1.25	1.12	67	2.03	1331	273	140
221	1.40	1.20	72	2.12	1298	304	148

ตารางที่ 5-19 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V_{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	I_{motor} (amperes)	I_f (amperes)	V_f (volts)	I_a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P_a (watts)
0	0.44	0.78	40	0	1483	88	0
1	0.46	0.78	40	0.1	1482	96	7
2	0.48	0.78	41	0.2	1480	102	14
3	0.52	0.79	42	0.3	1476	110	21
4	0.55	0.80	42	0.4	1473	116	28
5	0.58	0.81	43	0.5	1472	122	35
6	0.62	0.82	44	0.6	1471	130	42
7	0.64	0.83	44	0.7	1466	137	49
8	0.67	0.84	45	0.8	1462	146	56
9	0.70	0.85	46	0.9	1457	152	63
10	0.74	0.86	47	1.0	1456	164	70
11	0.77	0.86	47	1.08	1453	172	76.5
12	0.81	0.87	48	1.18	1450	176	83
13	0.85	0.89	49	1.28	1446	182	90
14	0.88	0.89	49	1.38	1443	188	97
15	0.92	0.91	50	1.47	1436	194	103
16	0.96	0.92	51	1.55	1434	202	109
17	0.98	0.93	52	1.65	1429	210	116
18	1.02	0.94	52	1.75	1425	216	123
19	1.08	0.95	53	1.85	1420	228	130
20	1.12	0.96	54	1.95	1416	240	137
21	1.16	0.97	55	2.04	1410	252	143
22	1.23	0.97	57	2.14	1403	264	150

ตารางที่ 5-20 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	I _{motor} (amperes)	I _r (amperes)	V _r (volts)	I _a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _a (watts)
23	1.27	1.00	58	2.24	1398	273	157
24	1.33	1.02	59	2.33	1390	284	163
25	1.39	1.05	60	2.43	1381	300	170
26	1.45	1.06	62	2.52	1373	310	176
27	1.51	1.08	64	2.62	1363	323	183
28	1.59	1.12	66	2.72	1354	341	190
29	1.66	1.14	68	2.77	1345	354	194
30	1.76	1.18	70	2.87	1330	375	201
31	1.78	1.16	72	3.40	1322	380	238

ตารางที่ 5-20 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium
ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V_{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	I_{motor} (amperes)	I_r (amperes)	V_r (volts)	I_a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P_a (watts)
0	0.68	0.81	40	0	1487	122	0
1	0.70	0.82	41	0.1	1486	128	7
2	0.72	0.83	42	0.2	1485	134	14
3	0.74	0.83	42	0.3	1484	140	21
4	0.77	0.84	43	0.4	1483	148	28
5	0.80	0.86	44	0.5	1478	154	35
6	0.82	0.86	44	0.6	1477	160	42
7	0.84	0.87	45	0.7	1475	168	49
8	0.86	0.88	46	0.8	1473	174	56
9	0.89	0.88	46	0.9	1468	182	63
10	0.92	0.88	47	1.0	1465	190	70
11	0.95	0.89	48	1.08	1464	194	76
12	0.98	0.89	48	1.18	1462	202	83
13	1.02	0.90	48	1.28	1460	210	90
14	1.04	0.91	49	1.38	1458	218	97
15	1.08	0.91	49	1.48	1456	225	104
16	1.10	0.92	50	1.54	1455	230	108
17	1.13	0.93	50	1.64	1453	236	115
18	1.16	0.94	51	1.74	1445	242	122
19	1.20	0.95	52	1.85	1442	250	130
20	1.24	0.96	52	1.94	1441	260	136
21	1.27	0.97	52	2.02	1440	264	141
22	1.30	0.97	52	2.10	1439	275	147

ตารางที่ 5-21 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	I _{motor} (amperes)	I _r (amperes)	V _r (volts)	I _a (amperes)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _a (watts)
23	1.34	0.98	53	2.21	1436	286	155
24	1.38	0.99	54	2.32	1435	292	162
25	1.42	1.00	55	2.40	1432	303	168
26	1.48	1.01	56	2.47	1431	314	173
27	1.55	1.02	57	2.62	1424	328	183
28	1.59	1.03	57	2.72	1421	339	190
29	1.64	1.04	58	2.83	1416	347	198
30	1.68	1.06	58	2.92	1410	358	204
31	1.72	1.07	60	3.12	1407	364	218
32	1.78	1.08	62	3.18	1398	378	223
33	1.84	1.09	63	3.26	1396	392	228
34	1.92	1.10	64	3.32	1386	407	232
35	1.96	1.11	65	3.40	1382	418	238
36	2.03	1.12	66	3.52	1378	428	246
37	2.10	1.14	68	3.61	1368	448	253
38	2.19	1.18	70	3.71	1359	467	260
39	2.27	1.20	72	3.82	1350	483	267
40	2.36	1.23	75	3.92	1340	502	274
41	2.54	1.30	80	4.05	1320	530	284
42	2.85	1.44	90	4.06	1272	600	284

ตารางที่ 5-21 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number :	2	Test Date :	December 18 , 2002				
Model :	FB2-1/3 TA-SP	Serial No. :	FB-02031362				
Rated Voltage :	220 Volts	Capacitor :	7.5 μ F. , 400 V_{AC}				
Rated Current :	2.2 A.	Frequency :	50/60 Hz				
Rated Speed :	1400/1300/1200 rpm.	Type :	Single Phase				
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1480	70	0	0	12.0	17.14	0.077
1	1476	80	0.016	7	19.0	23.75	0.123
2	1473	86	0.064	14	26.1	30.35	0.169
3	1466	92	0.144	21	33.1	35.97	0.215
4	1464	100	0.256	28	40.2	40.20	0.262
5	1463	111	0.400	35	47.4	42.70	0.309
6	1459	117	0.576	42	54.6	46.67	0.356
7	1453	120	0.784	49	61.8	51.50	0.405
8	1447	130	1.024	56	69.0	53.08	0.454
9	1439	134	1.296	63	76.3	56.94	0.505
10	1434	145	1.600	70	83.6	57.66	0.555
11	1431	151	1.798	76	89.8	59.47	0.598
12	1424	161	2.153	83	97.2	60.37	0.650
13	1420	170	2.500	90	104.5	61.47	0.701
14	1411	181	2.916	97	111.9	61.82	0.755
15	1403	188	3.364	104	119.4	63.51	0.806
16	1393	200	3.844	108	123.8	61.90	0.846
17	1383	208	4.356	114	130.4	62.69	0.898
18	1379	226	4.844	122	138.8	61.42	0.959
19	1363	238	5.535	127	144.5	60.71	1.026
20	1343	257	6.147	135	153.1	59.57	1.096
21	1331	273	6.593	140	158.6	58.09	1.136
22	1298	304	7.191	148	167.2	55.00	1.227

ตารางที่ 5-22 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Low ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number :	2	Test Date :	December 18 , 2002				
Model :	FB2-1/3 TA-SP	Serial No. :	FB-02031362				
Rated Voltage :	220 Volts	Capacitor :	7.5 μ F. , 400 V_{AC}				
Rated Current :	2.2 A.	Frequency :	50/60 Hz				
Rated Speed :	1400/1300/1200 rpm.	Type :	Single Phase				
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1483	88	0.000	0	12.00	13.63	0.077
1	1482	96	0.016	7	19.00	19.79	0.122
2	1480	102	0.064	14	26.10	25.59	0.168
3	1476	110	0.144	21	33.10	30.09	0.214
4	1473	116	0.256	28	40.20	34.66	0.260
5	1472	122	0.400	35	47.40	38.85	0.307
6	1471	130	0.576	42	54.60	42.00	0.354
7	1466	137	0.784	49	61.80	45.11	0.401
8	1462	146	1.024	56	69.00	47.26	0.449
9	1457	152	1.296	63	76.30	50.20	0.499
10	1456	164	1.600	70	83.60	50.98	0.547
11	1453	172	1.866	77	90.37	52.24	0.592
12	1450	176	2.228	83	97.23	55.24	0.639
13	1446	182	2.621	90	104.62	57.48	0.689
14	1443	188	3.047	97	112.05	59.60	0.739
15	1436	194	3.457	103	118.46	61.06	0.786
16	1434	202	3.844	109	124.85	61.80	0.829
17	1429	210	4.356	116	132.36	63.02	0.882
18	1425	216	4.900	123	139.90	64.77	0.935
19	1420	228	5.476	130	147.78	64.92	0.991
20	1416	240	6.084	137	155.08	64.62	1.043
21	1410	252	6.658	143	162.54	64.50	1.098
22	1403	264	7.327	150	169.33	64.14	1.149

ตารางที่ 5-23 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	2	Test Date	:	December 18, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V_{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		

Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	Pcu (watts)	P _n (watts)	Pout (watts)	Eff %	Torque (N-m)
23	1398	273	8.028	157	177.03	64.85	1.206
24	1390	284	8.686	163	183.69	64.68	1.259
25	1381	300	9.448	170	191.45	63.81	1.321
26	1373	310	10.160	176	198.16	63.92	1.374
27	1363	323	10.983	183	205.98	63.77	1.439
28	1354	341	11.837	190	213.84	62.71	1.504
29	1345	354	12.277	194	218.78	61.80	1.549
30	1330	375	13.179	201	226.18	60.31	1.620
31	1322	380	18.496	238	268.50	70.66	1.934

ตารางที่ 5-23 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด Medium
ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Description for PSC Motor							
Test Number	:	2	Test Date	:	December 18, 2002		
Model	:	FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	:	FB-02031362		
Rated Voltage	:	220 Volts	Capacitor	:	7.5 μ F., 400 V_{AC}		
Rated Current	:	2.2 A.	Frequency	:	50/60 Hz		
Rated Speed	:	1400/1300/1200 rpm.	Type	:	Single Phase		
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Pin (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
0	1487	122	0	0	12	9.83	0.077
1	1486	128	0.016	7	19	14.84	0.122
2	1485	134	0.064	14	26	19.40	0.167
3	1484	140	0.144	21	33.1	23.64	0.212
4	1483	148	0.256	28	40.2	27.16	0.258
5	1478	154	0.4	35	47.4	30.78	0.306
6	1477	160	0.576	42	54.6	34.13	0.353
7	1475	168	0.784	49	61.8	36.79	0.400
8	1473	174	1.024	56	69.0	39.66	0.448
9	1468	182	1.296	63	76.3	41.92	0.497
10	1465	190	1.600	70	83.6	44.00	0.543
11	1464	194	1.87	76	89.9	46.34	0.585
12	1462	202	2.23	83	97.2	48.12	0.633
13	1460	210	2.62	90	104.6	49.80	0.682
14	1458	218	3.05	97	112.1	51.42	0.732
15	1456	225	3.50	104	119.5	53.11	0.782
16	1455	230	3.80	108	123.8	53.83	0.810
17	1453	236	4.30	115	131.3	55.63	0.860
18	1445	242	4.84	122	138.8	57.36	0.915
19	1442	250	5.48	130	147.5	59.00	0.974
20	1441	260	6.02	136	154.02	59.24	1.018
21	1440	264	6.53	141	159.53	60.43	1.078
22	1439	275	7.06	147	166.06	60.39	1.127

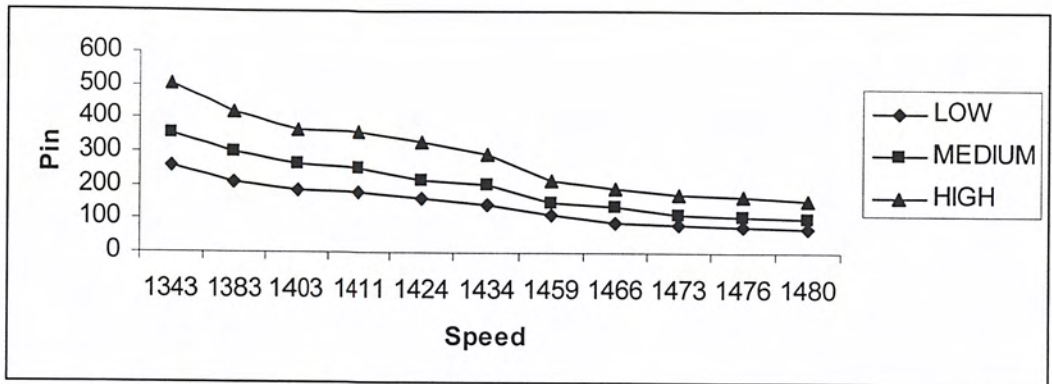
ตารางที่ 5-24 ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

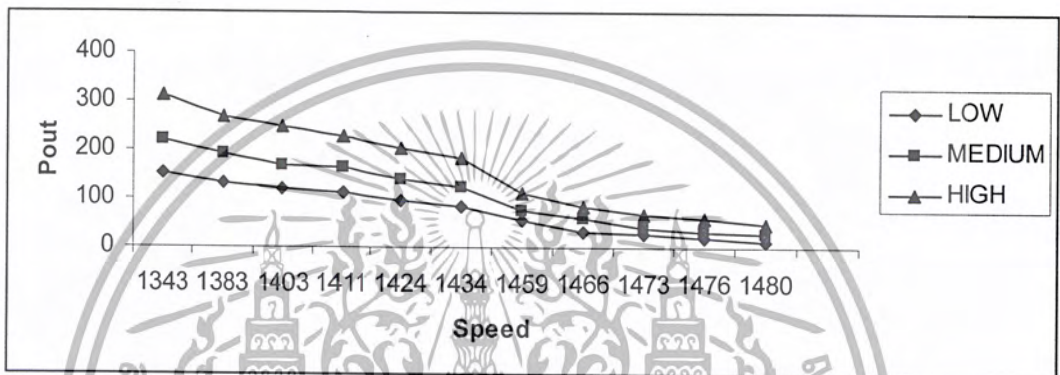
Test Description for PSC Motor							
Test Number	: 2	Test Date	: December 18, 2002				
Model	: FB2-1/3 TA-SP	Serial No.	: FB-02031362				
Rated Voltage	: 220 Volts	Capacitor	: 7.5 μ F., 400 V _{AC}				
Rated Current	: 2.2 A.	Frequency	: 50/60 Hz				
Rated Speed	: 1400/1300/1200 rpm.	Type	: Single Phase				
Load (โหลด)	Speed (rpm)	Power (watts)	P _{cu} (watts)	P _a (watts)	P _{out} (watts)	Eff %	Torque (N-m)
23	1436	286	7.81	155	174.81	61.12	1.159
24	1435	292	8.61	162	182.61	62.54	1.212
25	1432	303	9.22	168	189.22	62.45	1.258
26	1431	314	9.76	173	194.76	62.03	1.296
27	1424	328	10.98	183	205.98	62.80	1.378
28	1421	339	11.84	190	213.84	63.08	1.433
29	1416	347	12.81	198	222.81	64.21	1.499
30	1410	358	13.64	204	229.64	64.15	1.551
31	1407	364	15.58	218	245.58	67.47	1.662
32	1398	378	16.18	223	251.18	66.45	1.711
33	1396	392	17.00	228	257.0	65.56	1.753
34	1386	407	17.64	232	261.64	64.29	1.798
35	1382	418	18.50	238	268.50	64.23	1.850
36	1378	428	19.82	246	277.82	64.91	1.920
37	1368	448	20.85	253	285.85	63.81	1.990
38	1359	467	22.02	260	294.02	63.95	2.060
39	1350	483	23.35	267	302.35	62.60	2.133
40	1340	502	24.59	274	310.59	61.87	2.207
41	1320	530	26.24	284	322.24	60.80	2.325
42	1272	600	26.37	284	322.37	53.73	2.414

ตารางที่ 5-24 (ต่อ) ผลจากการทดสอบแบบใส่ภาระที่ขดลวด High ของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาด 0.33 hp.

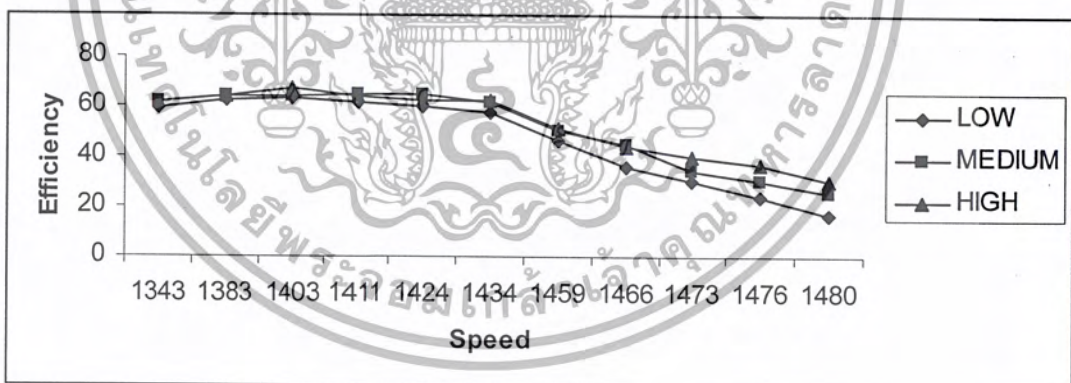
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

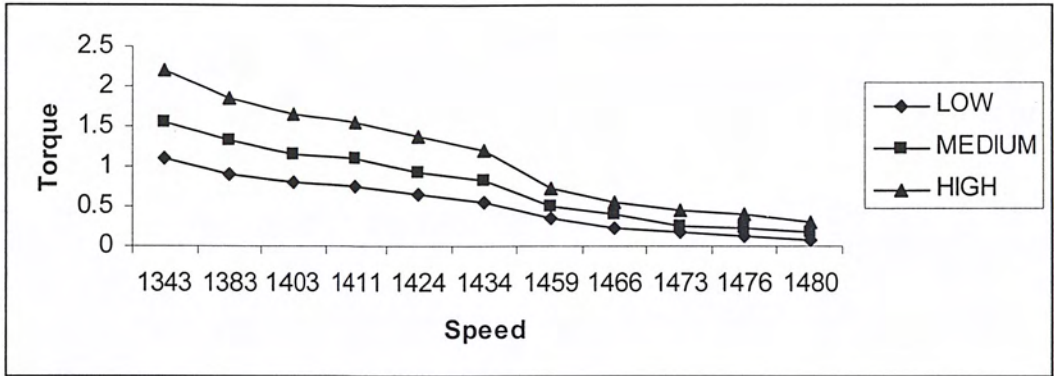


ข.



ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง.

รูปที่ 5-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบใส่ภาระครั้งที่ 2

- ก. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับกำลังไฟฟ้าอินพุท
- ข. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับ กำลังไฟฟ้าเอาต์พุท
- ค. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพ
- ง. เปรียบเทียบระหว่างความเร็วรอบกับแรงบิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การแสดงค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า

5.3.1 ขดลวด Low

ผลการทดสอบในกรณี *No-load Test* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $V_{no\ load} = 220\ V.$
 2. $I_{no\ load} = 0.23\ A.$
 3. $\phi_{no\ load} = 36^\circ$
- } เป็นค่าที่พิกัดแรงดัน
(Rated Voltage)
4. ความเร็วรอบ = 1497 รอบ/วินาที

ผลการทดสอบในกรณี *Blocked-Rotor Test* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $I_{blocked} = 2.2\ A.$
 2. $V_{blocked} = 160\ V.$
 3. $\phi_{blocked} = 39.6^\circ$
- } เป็นค่าที่พิกัดกระแส
(Rated Current)

ผลการทดสอบในกรณี *VI-Method* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $R_f = 23.14\ \Omega$ (เป็นค่า average)

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจรสมมูล

1. หาค่า I_ϕ ;

$$I_\phi = I_{no\ load}$$

$$\therefore I_\phi = 0.23\ A.$$

2. หาค่า I_c ;

$$I_c = (I_{no\ load})(\cos\phi_{no\ load})$$

$$= (0.23)(\cos 36^\circ)$$

$$\therefore I_c = 0.186\ A.$$

3. หาค่า I_m ;

$$I_m = (I_{no\ load})(\sin\phi_{no\ load})$$

$$= (0.23)(\sin 36^\circ)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore I_m = 0.135 \text{ A.}$$

4. หาค่า R_c ;

$$R_c = \frac{(V_{no \text{ load}})}{(I_c)}$$

$$= \frac{220}{0.186}$$

$$\therefore R_c = 1182.80 \ \Omega$$

5. หาค่า X_m ;

$$X_m = (V_{no \text{ load}}) / (I_m)$$

$$= \frac{220}{0.135}$$

$$\therefore X_m = 1629.63 \ \Omega$$

6. หาค่า $Z_{blocked}$;

$$Z_{blocked} = \frac{V_{blocked} \angle 0^\circ}{I_{blocked} \angle -\phi_{blocked}}$$

$$= \frac{160 \angle 0^\circ}{2.2 \angle -39.6^\circ}$$

$$= 72.73 \angle 39.6^\circ \ \Omega$$

จาก $Z_{blocked} = R_{blocked} + jX_{blocked}$

$$= 56.04 + j46.36 \ \Omega$$

$$\therefore R_{blocked} = 56.04 \ \Omega$$

$$X_{blocked} = 46.36 \ \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$7. \text{ หาค่า } R_2 ; \quad R_2 = R_{blocked} - R_1$$

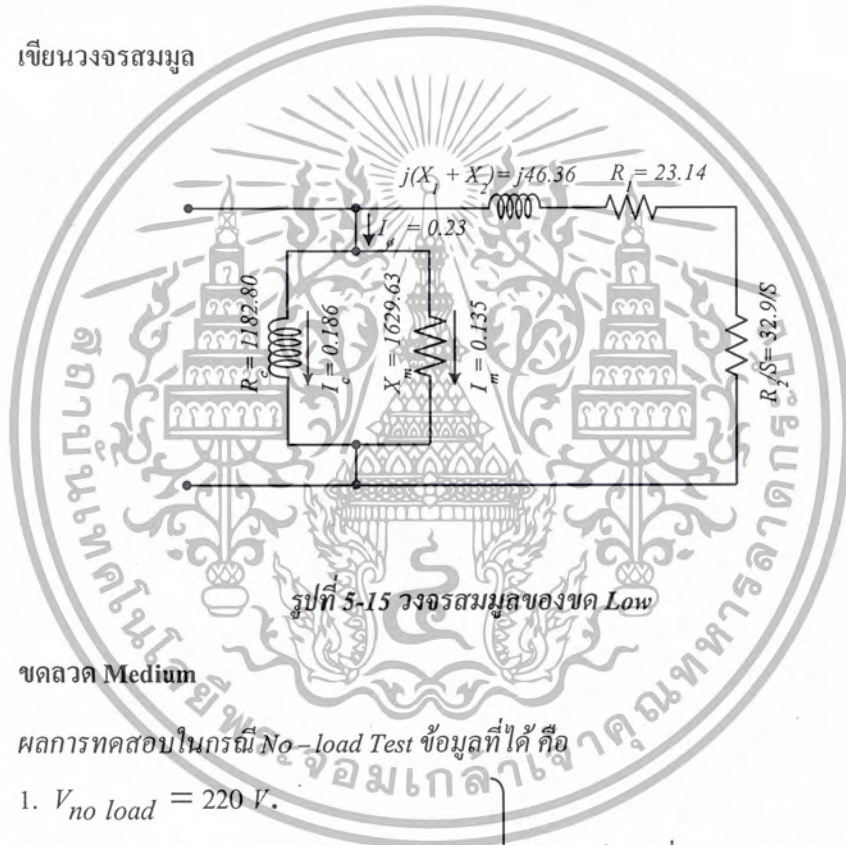
$$= 56.04 - 23.14$$

$$\therefore R_2 = 32.90 \, \Omega$$

$$8. \text{ หาค่า } X_1 + X_2 ; \quad X_1 + X_2 = X_{blocked}$$

$$\therefore X_1 + X_2 = 46.36 \, \Omega$$

2. เขียนวงจรสมมูล



รูปที่ 5-15 วงจรสมมูลของขด Low

5.3.2 ขดลวด Medium

ผลการทดสอบในกรณี No-load Test ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $V_{no\ load} = 220\ V.$
 2. $I_{no\ load} = 0.37\ A.$
 3. $\phi_{no\ load} = 45^\circ$
 4. ความเร็วรอบ = 1496 รอบ/วินาที
- } เป็นค่าที่พิกัดแรงดัน
(Rated Voltage)

ผลการทดสอบในกรณี Blocked-Rotor Test ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $I_{blocked} = 2.2\ A.$
 2. $V_{blocked} = 125\ V.$
 3. $\phi_{blocked} = 36^\circ$
- } เป็นค่าที่พิกัดกระแส
(Rated Current)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบในกรณี VI - Method ข้อมูลที่ได้คือ

1. $R_I = 20.15 \Omega$ (เป็นค่า average)

1. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจรสมมูล

1. หาค่า I_ϕ ; $I_\phi = I_{no\ load}$

$$\therefore I_\phi = 0.37\ A.$$

2. หาค่า I_c ; $I_c = (I_{no\ load})(\cos\phi_{no\ load})$

$$= (0.37)(\cos 45^\circ)$$

$$\therefore I_c = 0.262\ A.$$

3. หาค่า I_m ; $I_m = (I_{no\ load})(\sin\phi_{no\ load})$

$$= (0.37)(\sin 45^\circ)$$

$$\therefore I_m = 0.262\ A.$$

4. หาค่า R_c ; $R_c = \frac{(V_{no\ load})}{(I_c)}$

$$= \frac{220}{0.262}$$

$$\therefore R_c = 839.69\ \Omega$$

5. หาค่า X_m ; $X_m = (V_{no\ load}) / (I_m)$

$$= \frac{220}{0.262}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\therefore X_m = 839.69 \, \Omega$$

6. หาค่า $Z_{blocked}$;

$$Z_{blocked} = \frac{V_{blocked} \angle 0^\circ}{I_{blocked} \angle -\phi_{blocked}}$$

$$= \frac{125 \angle 0^\circ}{2.2 \angle -36^\circ}$$

$$= 56.82 \angle 36^\circ \, \Omega$$

จาก $Z_{blocked} = R_{blocked} + jX_{blocked}$

$$= 45.97 + j33.40 \, \Omega$$

$$\therefore R_{blocked} = 45.97 \, \Omega$$

$$X_{blocked} = 33.40 \, \Omega$$

7. หาค่า R_2 ;

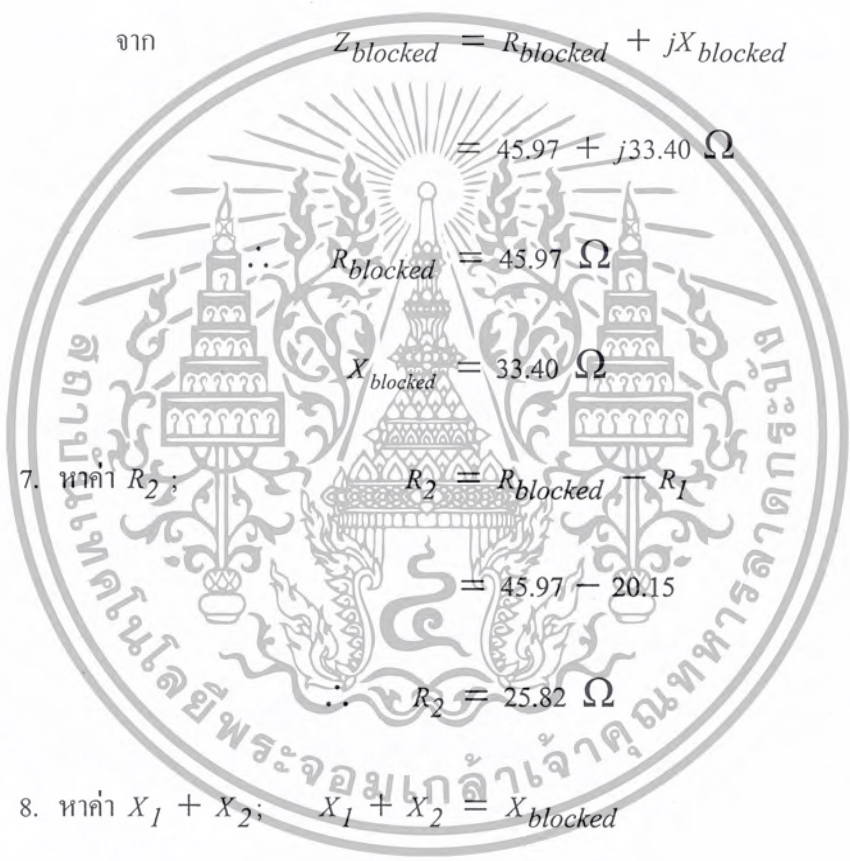
$$R_2 = R_{blocked} - R_1$$

$$= 45.97 - 20.15$$

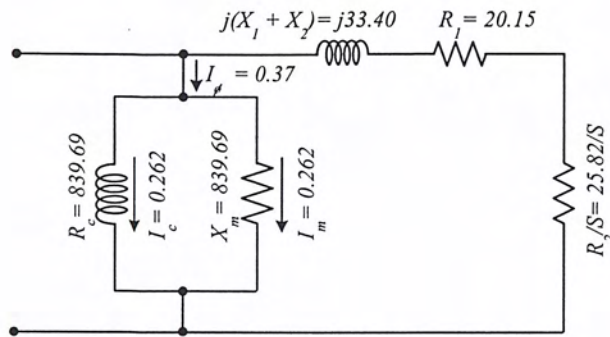
$$\therefore R_2 = 25.82 \, \Omega$$

8. หาค่า $X_1 + X_2$; $X_1 + X_2 = X_{blocked}$

$$\therefore X_1 + X_2 = 33.40 \, \Omega$$



2. เขียนวงจรสมมูล



รูปที่ 5-16 วงจรสมมูลของขดลวด Medium

5.3.3 ขดลวด High

ผลการทดสอบในกรณี *No-load Test* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $V_{no\ load} = 220\ V.$
 2. $I_{no\ load} = 0.65\ A.$
 3. $\phi_{no\ load} = 50.4^\circ$
 4. ความเร็วรอบ = 1495 รอบ/วินาที
- } เป็นค่าที่พิกัดแรงดัน
(Rated Voltage)

ผลการทดสอบในกรณี *Blocked-Rotor Test* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $I_{blocked} = 2.2\ A.$
 2. $V_{blocked} = 94\ V.$
 3. $\phi_{blocked} = 36^\circ$
- } เป็นค่าที่พิกัดกระแส
(Rated Current)

ผลการทดสอบในกรณี *VI-Method* ข้อมูลที่ได้ คือ

1. $R_1 = 17.84\ \Omega$ (เป็นค่า average)

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจรสมมูล

1. หาค่า I_ϕ ; $I_\phi = I_{no\ load}$

$$\therefore I_\phi = 0.65\ A.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 2. \text{ หาค่า } I_c; \quad I_c &= (I_{no\ load})(\cos\phi_{no\ load}) \\
 &= (0.65)(\cos 50.4^\circ)
 \end{aligned}$$

$$\therefore I_c = 0.414 \text{ A.}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ หาค่า } I_m; \quad I_m &= (I_{no\ load})(\sin\phi_{no\ load}) \\
 &= (0.65)(\sin 50.4^\circ)
 \end{aligned}$$

$$\therefore I_m = 0.501 \text{ A.}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ หาค่า } R_c; \quad R_c &= \frac{(V_{no\ load})}{(I_c)} \\
 &= \frac{220}{0.414}
 \end{aligned}$$

$$\therefore R_c = 531.40 \ \Omega$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ หาค่า } X_m; \quad X_m &= \frac{(V_{no\ load})}{(I_m)} \\
 &= \frac{220}{0.501}
 \end{aligned}$$

$$\therefore X_m = 439.12 \ \Omega$$

$$\begin{aligned}
 6. \text{ หาค่า } Z_{blocked}; \quad Z_{blocked} &= \frac{V_{blocked} \angle 0^\circ}{I_{blocked} \angle -\phi_{blocked}} \\
 &= \frac{94 \angle 0^\circ}{2.2 \angle -36^\circ}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 41.73 \angle 36^\circ \Omega$$

จาก $Z_{blocked} = R_{blocked} + jX_{blocked}$

$$= 34.57 + j25.12 \Omega$$

$$\therefore R_{blocked} = 34.57 \Omega$$

$$X_{blocked} = 25.12 \Omega$$

7. หาค่า R_2 ;

$$R_2 = R_{blocked} - R_1$$

$$= 34.57 - 17.84$$

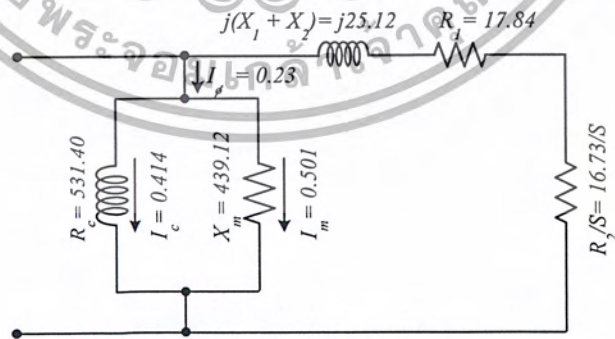
$$\therefore R_2 = 16.73 \Omega$$

8. หาค่า $X_1 + X_2$;

$$X_1 + X_2 = X_{blocked}$$

$$\therefore X_1 + X_2 = 25.12 \Omega$$

2. เขียนวงจรสมมูล



รูปที่ 5-17 วงจรสมมูลของขดลวด High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการหาค่าแรงบิดเริ่มต้นหมุน (T_{start}) ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า

หาค่า Z_2 ; จากความสัมพันธ์

$$Z_2 = \left(R_1 + \frac{R_2}{S} \right) + j(X_1 + X_2)$$

เมื่อ $S=1$; $Z_2 = (R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2)$

หาค่า $|I_2|$; จากความสัมพันธ์

$$I_2 = \frac{V_1}{Z_2}$$

$$|I_2| = \frac{|V_1|}{|Z_2|}$$

หาค่า T_{start} ; จากความสัมพันธ์

$$T = \frac{P_g}{W_s}$$

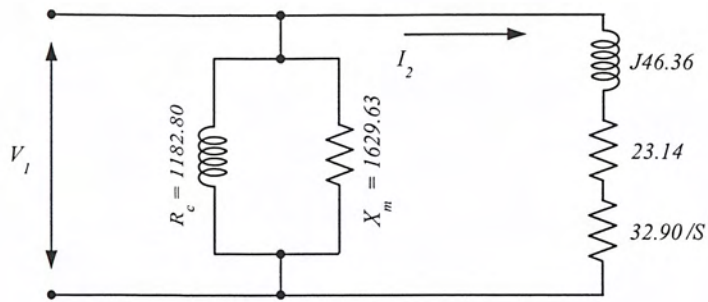
โดยที่

$$P_g = \frac{|I_2|^2 R_2}{S}$$

และ $W_s = \frac{4\pi f}{P}$



5.4.1 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด Low



รูปที่ 5-18 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด Low ที่จัดรูปวงจรใหม่

เมื่อแทนค่าจะได้;

$$Z_2 = (23.14 + 32.90) + j(46.36)$$

$$\therefore Z_2 = 56.04 + j46.36$$

$$\therefore |Z_2| = \sqrt{(56.04)^2 + (46.36)^2}$$

$$\therefore |Z_2| = 72.73$$

เมื่อแทนค่า;

$$|I_2| = \frac{220}{72.73}$$

$$\therefore |I_2| = 3.025 \text{ A.}$$

หาค่า P_g ;

$$\therefore P_g = (9.15)(32.90)$$

$$\therefore P_g = 301.04$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

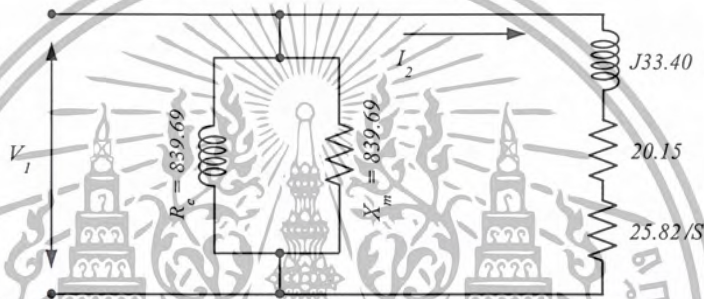
$$\text{หาค่า } W_s; \quad \therefore W_s = \frac{4\pi(50)}{4}$$

$$\therefore W_s = 157.08$$

$$\text{หาค่า } T_{start}; \quad \therefore T_{start} = \frac{301.04}{157.08} = 1.92$$

5.4.2 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด

Medium



รูปที่ 5-19 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด Medium ที่จัดรูปวงจรใหม่

$$\text{เมื่อแทนค่าจะได้; } Z_2 = (20.15 + 25.82) + j(33.40)$$

$$\therefore Z_2 = 45.97 + j33.40$$

$$\therefore |Z_2| = \sqrt{(45.97)^2 + (33.40)^2}$$

$$\therefore |Z_2| = 56.82 \Omega$$

$$\text{เมื่อแทนค่า; } |I_2| = \frac{220}{56.82}$$

$$\therefore |I_2| = 3.87 \text{ A.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หาค่า } P_g; \quad \therefore P_g = (14.98)(25.82)$$

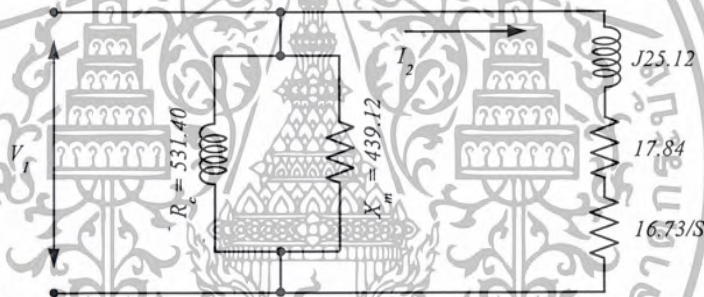
$$\therefore P_g = 386.78$$

$$\text{หาค่า } W_s; \quad \therefore W_s = \frac{4\pi(50)}{4}$$

$$\therefore W_s = 157.08$$

$$\text{หาค่า } T_{start}; \quad \therefore T_{start} = \frac{386.78}{157.08} = 2.46$$

5.4.3 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด High



รูปที่ 5-20 วงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขด High ที่จัดรูปวงจรใหม่

$$\text{เมื่อแทนค่าจะได้;} \quad Z_2 = (17.84 + 16.73) + j(25.12)$$

$$\therefore Z_2 = 34.57 + j25.12$$

$$\therefore |Z_2| = 42.73 \Omega$$

$$\text{เมื่อแทนค่า;} \quad |I_2| = \frac{220}{42.73}$$

$$\therefore |I_2| = 5.15 \text{ A.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{หาค่า } P_g; \quad \therefore P_g = (26.52)(16.73)$$

$$\therefore P_g = 443.68$$

$$\text{หาค่า } W_s; \quad \therefore W_s = \frac{4\pi(50)}{4}$$

$$\therefore W_s = 157.08$$

$$\text{หาค่า } T_{start}; \quad \therefore T_{start} = \frac{443.68}{157.08} = 2.82$$

5.5 ผลการหาค่าแรงบิดสูงสุด (T_{max}) ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า

หาค่า S_{max} ; จากความสัมพันธ์

$$S_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$

หาค่า $|I_2|$; จากความสัมพันธ์

$$|I_2| = \frac{|I_1|}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{S_{max}}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$

หาค่า T_{max} ; จากความสัมพันธ์

$$T_{max} = \frac{|I_2|^2 \left(\frac{R_2}{S_{max}}\right)}{\left(\frac{4\pi f}{P}\right)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.1 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด Low

เมื่อแทนค่า;

$$S_{max} = \frac{32.90}{\sqrt{(23.14)^2 + (46.36)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.63$$

เมื่อแทนค่า,

$$|I_2| = \frac{220}{\sqrt{\left(23.14 + \frac{32.90}{0.63}\right)^2 + (46.36)^2}}$$

$$\therefore |I_2| = 2.49 A$$

เมื่อแทนค่า;

$$T_{max} = \frac{6.20 \left(\frac{32.90}{0.63} \right)}{\left(\frac{4\pi (50)}{4} \right)}$$

$$\therefore T_{max} = 2.06$$

5.5.2 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด Medium

เมื่อแทนค่า;

$$S_{max} = \frac{25.82}{\sqrt{(20.15)^2 + (33.40)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแทนค่า,

$$|I_2| = \frac{220}{\sqrt{\left(20.15 + \frac{25.82}{0.66}\right)^2 + (33.40)^2}}$$

$$\therefore |I_2| = 3.23 \text{ A}$$

เมื่อแทนค่า:

$$T_{max} = \frac{10.43 \left(\frac{25.82}{0.66} \right)}{\left(\frac{4\pi (50)}{4} \right)}$$

$$\therefore T_{max} = 2.62$$

5.5.3 พิจารณาวจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้าที่ขดลวด High

แทนค่า;

$$S_{max} = \frac{16.73}{\sqrt{(17.84)^2 + (25.12)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.54$$

เมื่อแทนค่า,

$$|I_2| = \frac{220}{\sqrt{\left(17.84 + \frac{16.73}{0.54}\right)^2 + (25.12)^2}}$$

$$\therefore |I_2| = 4.01$$

เมื่อแทนค่า:

$$T_{max} = \frac{16.08 \left(\frac{16.73}{0.54} \right)}{\left(\frac{4\pi (50)}{4} \right)}$$

$$\therefore T_{max} = 3.17$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการหาค่ากำลังเอาต์พุตสูงสุด (P_{max}) ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า

จากความสัมพันธ์

$$P_{max} = \frac{|I_2|^2 R_2 (1 - S)}{S}$$

โดย

$$|I_2|^2 = \frac{|V_1|^2}{\left(R_1 + \frac{R_2}{S}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}$$

และค่า

$$S = S_{max}$$

$$S_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}}$$

5.6.1 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า ที่ขดลวด Low

เมื่อแทนค่า;

$$S_{max} = \frac{32.90}{\sqrt{(23.14)^2 + (46.36)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.63$$

เมื่อแทนค่า;

$$|I_2|^2 = \frac{220^2}{\left(23.14 + \frac{32.90}{0.63}\right)^2 + (46.36)^2}$$

$$\therefore |I_2|^2 = 6.18$$

เมื่อแทนค่า;

$$P_{max} = \frac{(6.18)(32.90)(1 - 0.63)}{0.63}$$

$$\therefore P_{max} = 119.41$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6.2 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า ที่ขดลวด Medium

เมื่อแทนค่า;

$$S_{max} = \frac{25.82}{\sqrt{(20.15)^2 + (33.40)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.66$$

เมื่อแทนค่า;

$$|I_2|^2 = \frac{220^2}{\left(20.15 + \frac{25.82}{0.66}\right)^2 + (33.40)^2}$$

$$\therefore |I_2|^2 = 10.46$$

เมื่อแทนค่า;

$$P_{max} = \frac{(10.46)(25.82)(1 - 0.66)}{0.66}$$

$$\therefore P_{max} = 139.14$$

5.6.3 พิจารณาวงจรสมมูลแบบประมาณของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาด 0.33 แรงม้า ที่ขดลวด High

เมื่อแทนค่า;

$$S_{max} = \frac{16.73}{\sqrt{(17.84)^2 + (25.12)^2}}$$

$$\therefore S_{max} = 0.54$$

เมื่อแทนค่า;

$$|I_2|^2 = \frac{220^2}{\left(17.84 + \frac{16.73}{0.54}\right)^2 + (25.12)^2}$$

$$\therefore |I_2|^2 = 16.06$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแทนค่า;

$$P_{max} = \frac{(16.06)(16.73)(1 - 0.54)}{0.54}$$

$$\therefore P_{max} = 228.87$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบมอเตอร์ที่แสดงไว้ในบทที่ 5 จะเห็นได้ว่า การทดสอบทั้ง 2 ลักษณะ(การทดสอบแบบอัตโนมัติและแบบปรับด้วยมือ) นั้นผลการทดสอบ ที่วัดได้นั้นจะมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆไม่เท่ากัน ซึ่งอาจมีผลมาจาก เครื่องมือและตัวผู้ทำการทดสอบเองในการอ่านมิเตอร์ (การทดสอบแบบปรับด้วยมือ) และอาจจะมีผลมาจากอุปกรณ์บางตัวในชุดทดสอบอัตโนมัติที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำให้เกิดฮาร์โมนิกมารบกวนและอุปกรณ์ที่เป็นตัวแปลงสัญญาณต่างๆ เช่น ทรานสดิวเซอร์ และ ชุดการคั่นลอก (การทดสอบแบบอัตโนมัติ) ทำให้ค่าที่แสดงมานั้นมีค่าแตกต่างกันซึ่งวิธีการทดสอบแบบปรับด้วยมือนั้นจะได้ค่าที่แม่นยำกว่า แต่การทดสอบแบบอัตโนมัติจะเป็นวิธีที่สะดวกสบายกว่า

6.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ

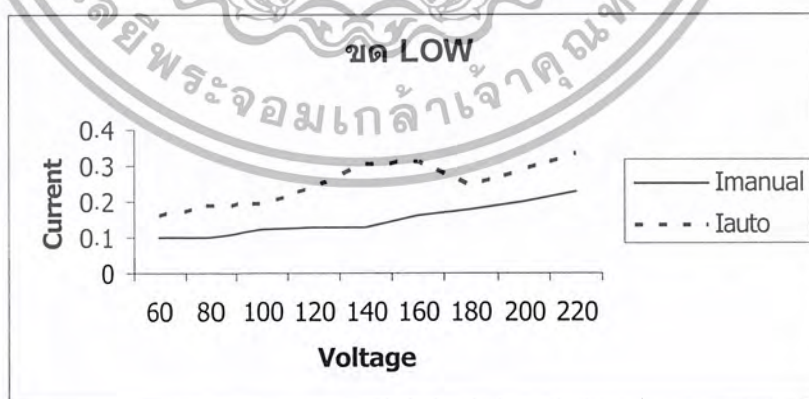
เมื่อนำผลการทดสอบแบบปรับด้วยมือและผลการทดสอบแบบปรับอัตโนมัติมาเปรียบเทียบกันปรากฏว่าผลการทดสอบนั้นมีค่าแตกต่างกันแต่จะมีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกันและเป็นไปตามทฤษฎีด้วย ซึ่งจะแสดงตัวอย่างในรูปของตารางและกราฟของการทดสอบแบบไร้ภาระในตารางที่ 6-1, ตารางที่ 6-2 และ ในรูปที่ 6-1 ถึง รูปที่ 6-6 และเมื่อนำผลการทดสอบแบบปรับด้วยมือไปหาวงจรมูล, แรงบิดเริ่มต้น, แรงบิดสูงสุด และกำลังไฟฟ้าเข้าที่พบผลปรากฏว่าค่าที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (หมายเหตุ : ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ได้ยึดหลักตามหลักของ IEEE standard 112-1996)



Voltage	LOW			MEDIUM			HIGH		
	Imanual	Iauto	Error	Imanual	Iauto	Error	Imanual	Iauto	Error
60	0.1	0.161	61%	0.11	0.162	47.27%	0.17	0.166	-2.35%
80	0.1	0.191	91%	0.13	0.194	49.23%	0.2	0.198	-1%
100	0.12	0.192	60%	0.15	0.195	30%	0.235	0.21	-10.64%
120	0.13	0.237	82.31%	0.17	0.242	42.35%	0.265	0.261	-1.51%
140	0.13	0.306	135%	0.21	0.332	58.1%	0.315	0.342	8.57%
160	0.16	0.309	93.13%	0.24	0.314	30.83%	0.365	0.35	-4.11%
180	0.18	0.243	35%	0.275	0.262	-4.73%	0.43	0.461	7.21%
200	0.2	0.288	44%	0.315	0.299	-5.08%	0.52	0.53	1.92%
220	0.23	0.332	44.35%	0.36	0.349	-3.06%	0.63	0.636	0.95%

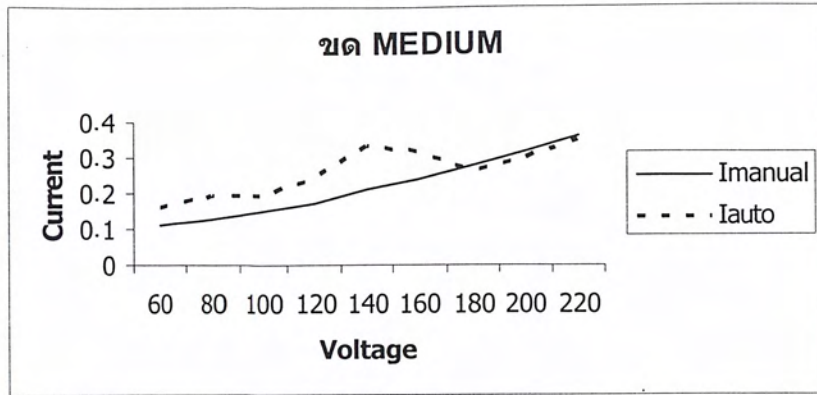
หมายเหตุ : การหา Error จะใช้การทดสอบแบบปรับมือเป็นฐานการหาค่า
เครื่องหมาย+ หมายความว่าค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบอัตโนมัติมีค่าสูงกว่าค่าของ
ข้อมูลในการทดสอบแบบปรับมือ
เครื่องหมาย- หมายความว่าค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบอัตโนมัติมีค่าต่ำกว่าค่าของข้อมูล
ในการทดสอบแบบปรับมือ

ตารางที่ 6-1 เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

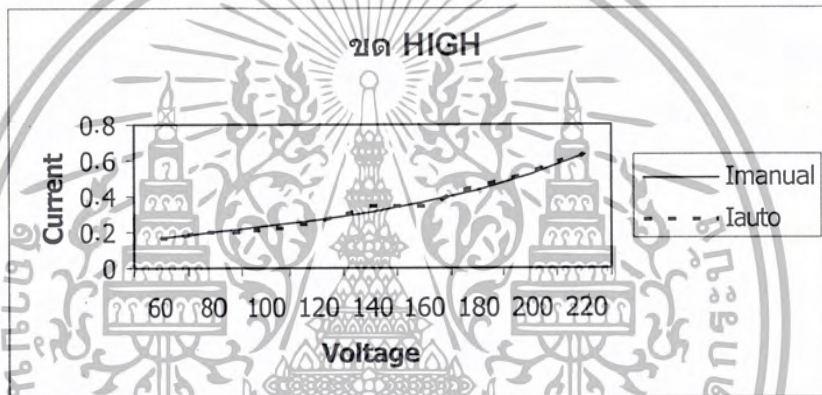


รูปที่ 6-1 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและ
กระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของเขตลด LOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-2 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและ
กระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของชุดลวด MEDIUM



รูปที่ 6-3 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกระแสไฟฟ้าแบบปรับมือและ
กระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของชุดลวด HIGH

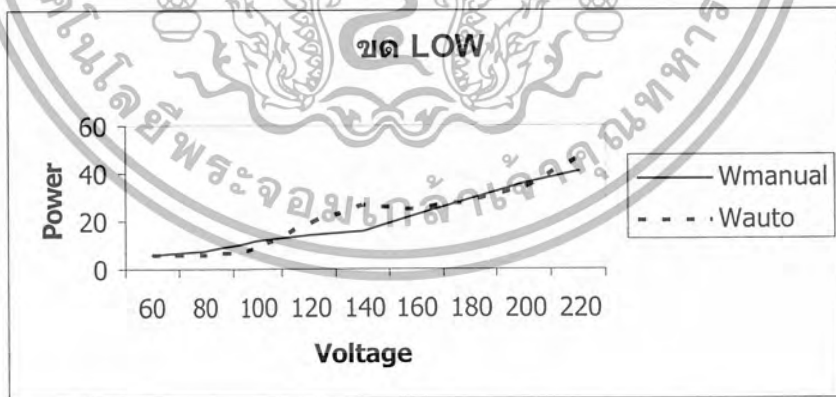
Voltage	LOW			MEDIUM			HIGH		
	Wmanual	Wauto	Error	Wmanual	Wauto	Error	Wmanual	Wauto	Error
60	5.71	6	5.08%	6.28	6	-4.46%	9.7	7	-27.84%
80	7.61	6	-21.16%	9.89	7	-29.22%	15.22	14	-8.02%
100	11.41	8	-29.89%	14.27	15	5.12%	21.85	17	-22.20%
120	13.9	19	36.69%	18.97	21	10.70%	28.33	25	-11.75%
140	16.22	27	66.46%	26.2	31	18.32%	39.29	47	19.62%
160	22.81	25	9.60%	34.21	30	-12.31%	47.25	46	-2.65%
180	28.87	28	-9.01%	44.1	41	-7.03%	62.62	59	-5.78%
200	35.64	34	-4.6%	50.97	50	-1.90%	80.13	73	-8.90%
220	40.94	46	12.36%	61.02	55	-9.87%	88.35	92	4.13%

หมายเหตุ : การหา Error จะใช้การทดสอบแบบปรับมือเป็นฐานการหาค่า

เครื่องหมาย + หมายถึงค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบอัตโนมัติมีค่าสูงกว่าค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบปรับมือ

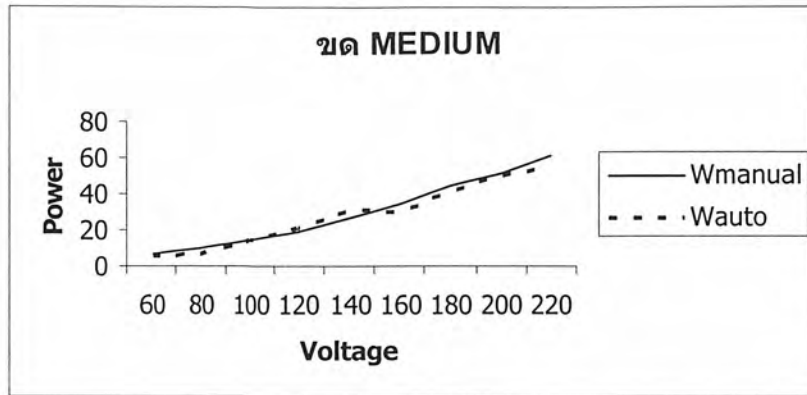
เครื่องหมาย - หมายถึงค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบอัตโนมัติมีค่าต่ำกว่าค่าของข้อมูลในการทดสอบแบบปรับมือ

ตารางที่ 6-2 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

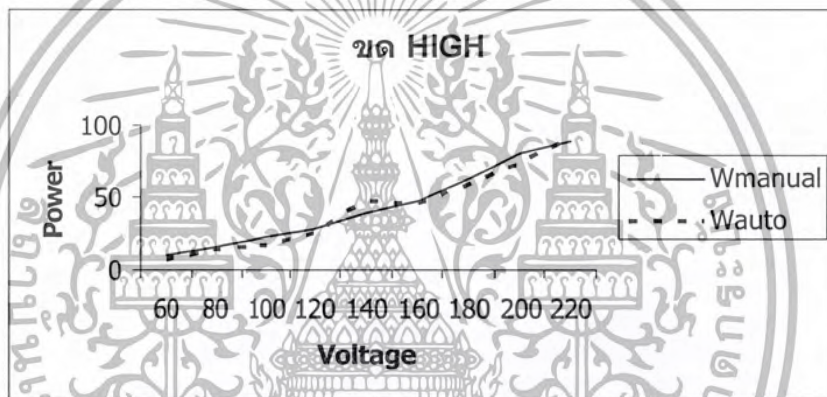


รูปที่ 6-4 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของเขตลวด LOW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-5 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและ
กำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของชุดลด *MEDIUM*



รูปที่ 6-6 กราฟ เปรียบเทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าแบบปรับมือและ
กำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติของชุดลด *HIGH*

6.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

1. ผลของฮาร์โมนิกครบวงจรที่เกิดขึ้นในจุดแหล่งจ่ายแรงดันแบบเฟสคอนโทรล

ข้อเสนอแนะ ควรเปลี่ยนมาใช้หม้อแปลงแบบ Auto Tap Change

2. ผลของการทดสอบที่คลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด อาจจะเป็นผลมาจากตัวผู้ทำการทดสอบ และในการอ่านมิเตอร์ หรืออาจเป็นผลมาจากประสิทธิภาพของเครื่องมือวัด

ข้อเสนอแนะ 1. เพิ่มความระมัดระวังในการอ่านค่าจากมิเตอร์ อาจจะอ่านค่าเปรียบเทียบกับสมาชิก ในกลุ่มหลายๆคน

2. ตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดทั้งก่อนและหลังการใช้

3. ผลที่ได้จากการทดสอบแบบอัตโนมัติมีค่า ความผิดพลาด

ข้อเสนอแนะ 1. ควรจะมีการปรับแต่งอุปกรณ์แปลงสัญญาณให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 แนวทางการพัฒนา

สิ่งที่ควรพัฒนาต่อไปคือ พยายามปรับปรุงให้สามารถทำการทดสอบมอเตอร์ได้หลายขนาดขึ้น และในส่วนของมิเตอร์แสดงผลที่ตู้คอนโทรลอาจจะเพิ่มให้แสดงผลค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ด้วย เช่น แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดร.พีรศักดิ์ วรสุนทร โรสด , มาบุชิ มากาชิซาวา , “ เทคนิคการซ่อมแซมเลือกประเภทและติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำ ” , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2533
- [2] ณรงค์ ขอนตะวัน , “ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ , Alternating Current Motor ” , ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอราวัณการพิมพ์ , 2538
- [3] มงคล ทองสงคราม , “ เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ ” , บริษัท รามาการพิมพ์ จำกัด , 2540
- [4] พิชิต ถ่ายอง , “ เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1 ” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] ณรงค์ ดันชีวะวงศ์ , “ ระบบ PLC ” , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น) , 2543
- [6] Fitzgerald , A.E , C. kingsley , Jr. and Stephen D. Umas : Electric Machinery , Mc Graw - Hill Book company Newyork , 1990
- [7] Chapman , S.J. : Electric Machinery Fundamentals , Mc Graw – Hill Book company , New york , 1991



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นายฐานันดร มหรัตน์วิโรจน์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 44/71 ซ.พระราม 2/83 ถ.พระราม 2 แขวงสามเด้า เขตบางขุนเทียน
 กรุงเทพมหานคร 10150 โทรศัพท์ 0-6633-5379



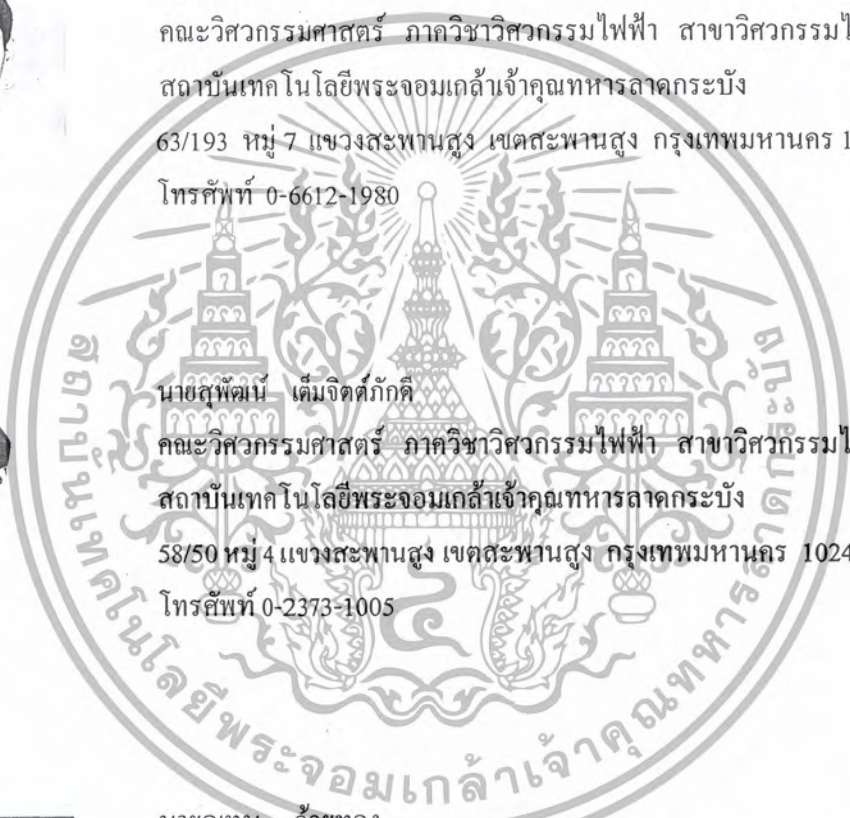
นายนพพล ชันทอง
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 63/193 หมู่ 7 แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร 10240
 โทรศัพท์ 0-6612-1980



นายสุพัฒน์ เต็มจิตต์ภักดิ์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 58/50 หมู่ 4 แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร 10240
 โทรศัพท์ 0-2373-1005



นายอุเทน กล้วยทอง
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 30/1 หมู่ 3 ต.บ้านใหญ่ อ.ผักไห่ จ.พระนครศรีอยุธยา 13120
 โทรศัพท์ 0-1274-6431



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

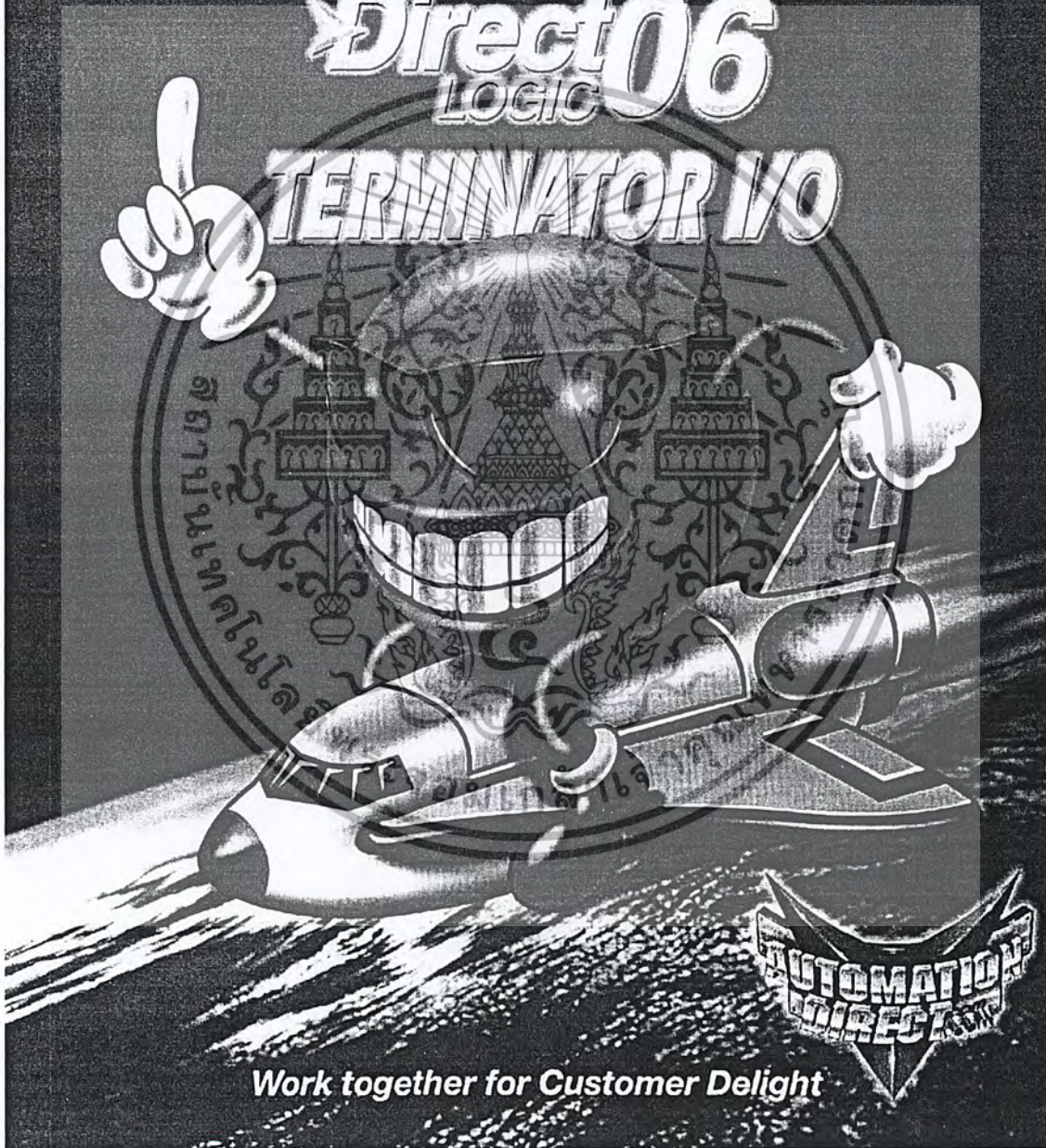
Koyo®

Value & Technology

Direct05 LOGIC

Direct06 LOGIC

TERMINATOR I/O



Work together for Customer Delight

**AUTOMATION
DIRECT**

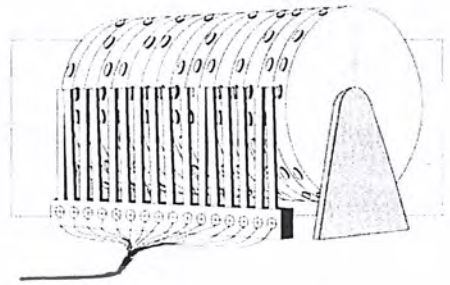
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High Performance

The DL-05 has 2K of program memory, along with 4K of data memory. And 129-instructions including 4ch PID loops.

Drum Sequencer

The drum sequencer instructions offer both time and/or event-based step transitions. Drums are best for repetitive process based on a single series of steps.

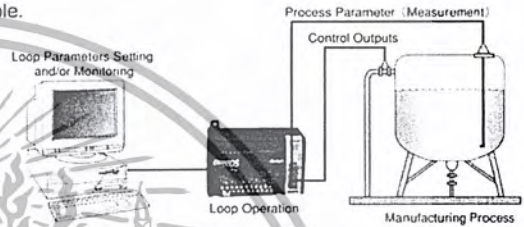


PID Built Right In

The DL-05 supports four PID loops at individual sampling schedules. Manual, automatic, cascade loops are available.

Two Communication Ports

The DL-05 has two built in RS-232 ports. You can connect any two programming, operator interface, or other protocol-compatible devices to the DL-05 simultaneously.



8Inputs and 6 Outputs... and More

The DL-05 capabilities are easy to expand with option modules. (Please refer to DO I/O Section Guide later on this catalog)

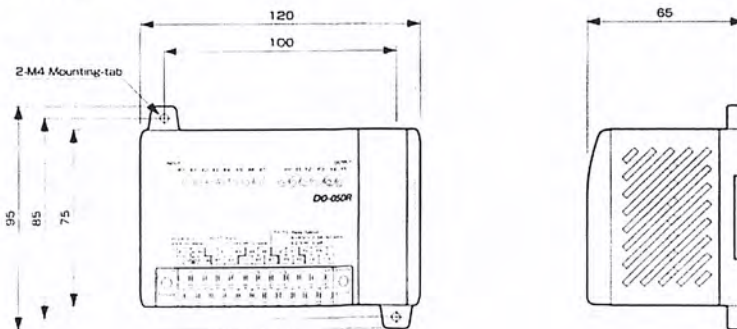
High-Speed Counting and Pulse Output

The DL-05 offers special high-speed input features and output features. Use the DL-05 to solve wide range of positioning and high-speed machine control applications.

High-Speed I/O Mode for DL-05 / DL-06

Number	Mode Name	Description	DL05	DL06
10	Single High-Speed Up Counter	High-speed counter with 24 presets	5khz	7khz
20	Single Quadrature Counter	Phase-contrast input feature	5khz	7khz
		Up/Down input feature	x	7khz
30	Pulse Output	Simple motion and positioning control	7khz	10khz
40	External Interrupt	A high-speed interrupt input	2khz	2khz
50	Pulse Catch	Capture very fast pulse input	10khz	10khz
60	Filtered Input	Selectable filtering feature	○	○

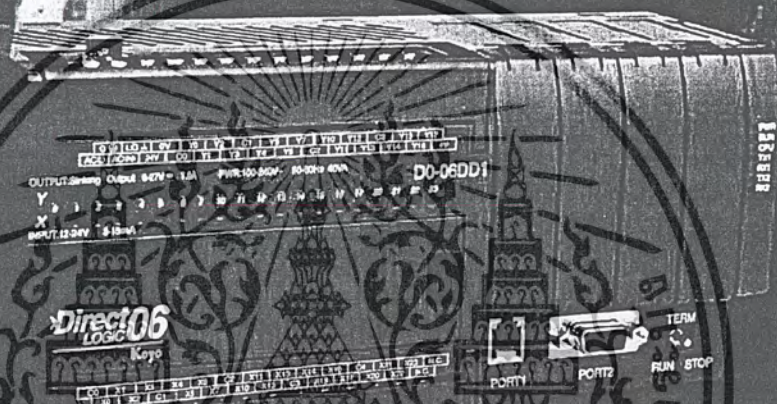
Dimension



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DL-06

Foresighted Concept in One Piece



All-in-One PLC with Amazing Capabilities

Foresighted Concept

It has a powerful GPU. It supports an easy-to-operate LCD monitor. It features smart four option module slots compatible with DL-05. And It comes with an extra expansion I/O slot that enables to connect up to 100 discrete I/O points.

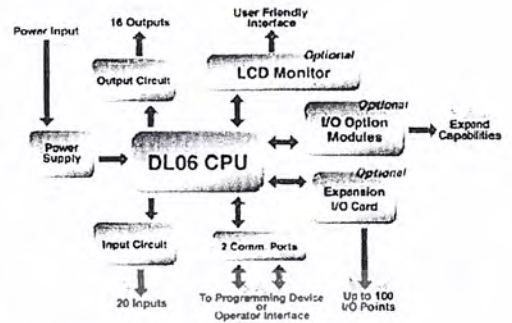
Many powerful hardware and software features included with this PLC. The DL-06 is the best All-in-One PLC on the Market today.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Evolution From DL-05

What is powered up?

- 229 Instructions
- Total 36 I/O point (Input 20 Pt. / Output 16 Pt.)
- 4 I/O Expansion slot
- 8ch PID Loops
- Supports RS-232C / 422 / 485 (Port2)
- High-speed Input (7khz)
- High-speed Output (10khz)



What is enhanced?

- Real time clock / calendar built-in
- LCD monitor module (DO-06LCD, optional)



▲ DO-06LCD

Communication Ports

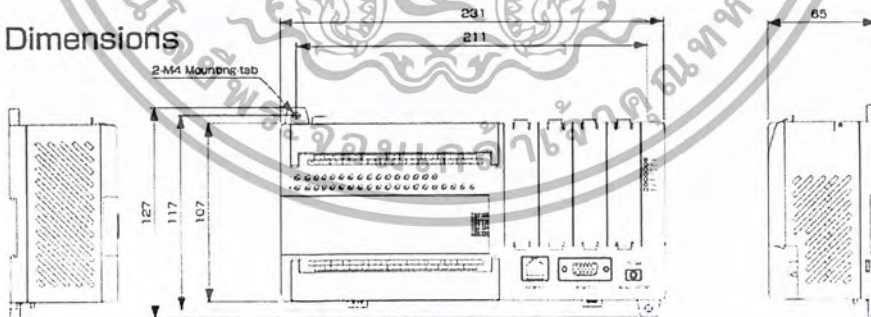


- Supporting ASCII I/O Instruction
- Supporting Floating Point Instruction
- Supporting M-Net (Remote I/O) connection at Port2

DL-05 / 06CPU Spec Chart

Items	DL05	DL06
Ladder Memory	2K	7.5K
V-Memory	3968	7488
Instruction (PLC Logic, PLUS Step)	○	○
Run-time Editing	○	○
Scan (Variable/Fixed)	○	○
Direct I/O	○	○
Password Security	○	○
Number of Instructions	133	229
Control Relays	512	1024
Stages	256	1024
Times	128	256
Counters	128	128
Link Input Relays	2048	2048
Link Output Relays	2048	2048
Free Input	248	492
Free Output	250	496
Real-time Clock/Calendar	DO-01MC	○
PID Loops	4	8

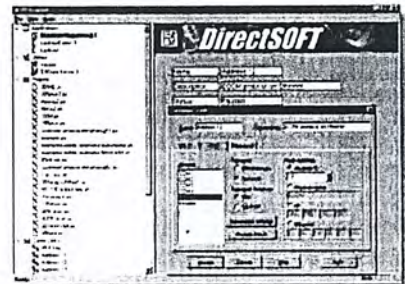
Dimensions



DL-05 / DL-06 Programming Software



DirectSoft32 is our full-featured 32-bit Windows-certified programming package that supports DL series PLC. With DirectSoft32, you can program multiple DL series PLCs from one location over a network. (Supporting Ethernet and Modem connection)

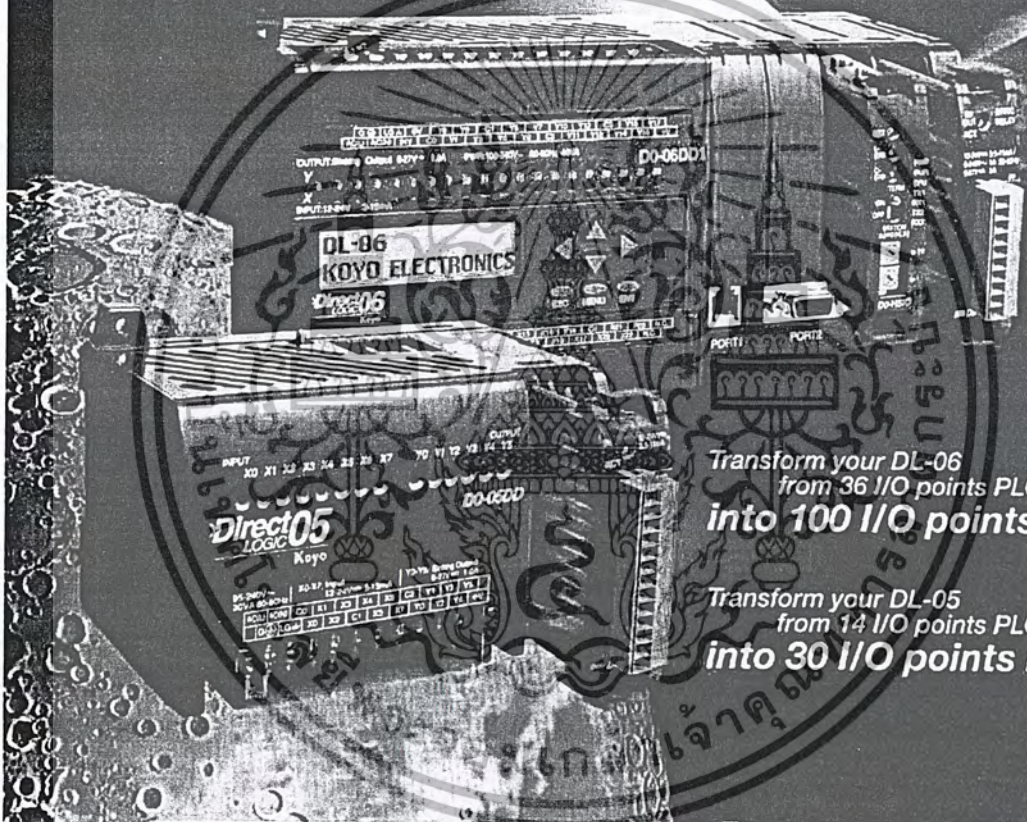


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DO I/O

Expand DL-05 / DL-06 Capabilities

Enables to support PID controls with the use of Analog module



Transform your DL-06
from 36 I/O points PLC
into 100 I/O points PLC

Transform your DL-05
from 14 I/O points PLC
into 30 I/O points PLC

DL-05 / DL-06 becomes a "smart
node" on a DeviceNet network using
this communication option module.
(DO-DEVNETS)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DL-05 Series Lineup

DL-05 Model Number	External Power	Discrete Input Type	Discrete Output Type	Auxiliary 24V Output	High Speed Input	Pulse Output
D0-0500	55.254 VAC	DC	DC	Yes	Yes	Yes
D0-05DR	55.254 VAC	DC	Relay	Yes	Yes	No
D0-05AD	55.254 VAC	AC	DC	Yes	No	Yes
D0-05AR	55.254 VAC	AC	Relay	Yes	No	No
D0-050A	55.254 VAC	DC	AC	Yes	Yes	No
D0-05AA	55.254 VAC	AC	AC	Yes	No	No
D0-050D-D	108.254 VDC	DC	DC	No	Yes	Yes
D0-05DR-D	108.254 VDC	DC	Relay	No	Yes	No

D0-05XX-X

- Type of Power Unit
 - None-AC95~240V
 - D=DC12~24V
- Type of Output
 - R=Relay (2.0A)
 - D=DC6~27V 0.5A(YC-2) 1.0A(Y3-5)
 - A=AC17~240V 47~63Hz0.5A
- Type of Input
 - D=DC12~24V
 - A=AC9C~120V

DL-06 Series Lineup

DL-06 Model Number	External Power	Discrete Input Type	Discrete Output Type	Auxiliary 24V Output	High Speed Input	Pulse Output
D0-06001	55.254 VAC	DC	DC	Yes	Yes	Yes
D0-06002	55.254 VAC	DC	DC	Yes	Yes	Yes
D0-06DR	55.254 VAC	DC	Relay	Yes	Yes	No
D0-06AR	55.254 VAC	AC	Relay	Yes	No	No
D0-060A	55.254 VAC	DC	AC	Yes	Yes	No
D0-06AA	55.254 VAC	AC	AC	Yes	No	No
D0-060D1-D	108.254 VDC	DC	DC	No	Yes	Yes
D0-06DR-D	108.254 VDC	DC	Relay	No	Yes	No

D0-06XXX-X

- Type of Power Unit
 - None-AC95~240V
 - D=DC12~24V
- Type of Transistor (DC output)
 - 1=Sink
 - 2=Source
- Type of Output
 - R=Relay (2.0A)
 - D=DC6~27V 0.5A(YO-2) 1.0A(Y3-5)
 - A=AC17~240V 47~63Hz0.5A
- Type of Input
 - D=DC12~24V
 - A=AC9C~120V

Option Module Lineup

Model Number	Specifications Outline	Category
D0-08TR	8pt Relay Output (1.0A)	Digital I/O
D0-08CDD1	4pt DC sink/source Input & 4pt DC sink Output	
D0-07CDR	4pt DC sink/source Input & 8pt Relay Output (1.0A)	
D0-10ND3	10pt DC sink/source Input	
D0-10TD1	10pt DC sink Output	
D0-10TD2	10pt DC source Output	
D0-16ND3**	16pt DC sink/source Input	
D0-16TD1**	16pt DC sink Output	
D0-16TD2**	16pt DC source Output	
F0-04AD1	0~20mA or 4~20mA 4ch analog Input	
F0-2AD2DA-2	0~5V or 0~10V type 2ch AD & 2ch DA	
F0-4AD2DA-2	0~5V or 0~10V type 4ch AD & 2ch DA	
F0-4AD2DA-1**	0~20mA or 4~20mA type 4ch AD & 2ch DA	Network
D0-DEVNETS	DeviceNet slave	
D0-HSIO	CUnet module	Memory
D0-01MC	Real time clock/calendar/memory cartridge (only for DL-05)	
H0-CTRIO**	100khz 1ch High-speed counter	High speed counter

** This module comes without a connector. Please contact us for the availability of connector assembly.
 ** This module will be released in year 2002



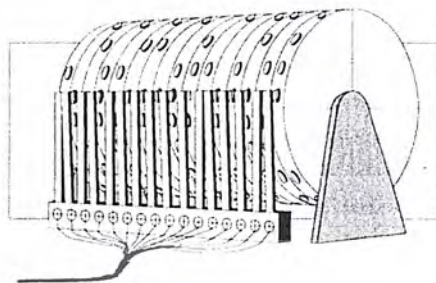
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High Performance

The DL-05 has 2K of program memory, along with 4K of data memory. And 129-instructions including 4ch PID loops.

Drum Sequencer

The drum sequencer instructions offer both time and/or event-based step transitions. Drums are best for repetitive process based on a single series of steps.

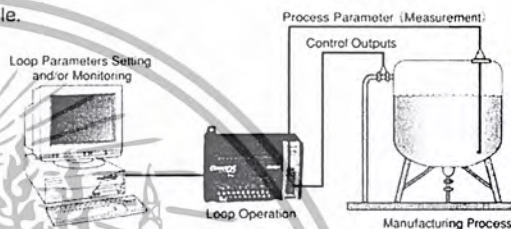


PID Built Right In

The DL-05 supports four PID loops at individual sampling schedules. Manual, automatic, cascade loops are available.

Two Communication Ports

The DL-05 has two built in RS-232 ports. You can connect any two programming, operator interface, or other protocol-compatible devices to the DL-05 simultaneously.



8Inputs and 6 Outputs... and More

The DL-05 capabilities are easy to expand with option modules. (Please refer to DO I/O Section Guide later on this catalog)

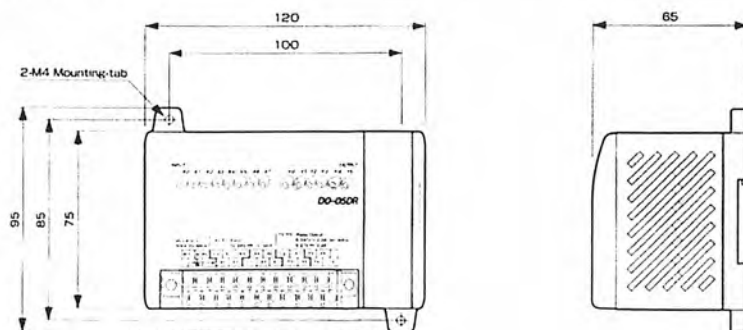
High-Speed Counting and Pulse Output

The DL-05 offers special high-speed input features and output features. Use the DL-05 to solve wide range of positioning and high-speed machine control applications.

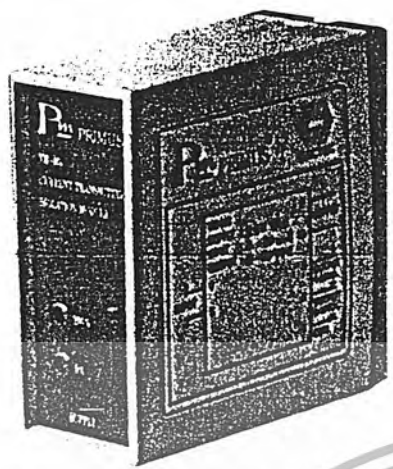
High-Speed I/O Mode for DL-05 / DL-06

Number	Mode Name	Description	DL05	DL06
10	Single High-Speed Up Counter	High-speed counter with 24 presets	5khz	7khz
20	Single Quadrature Counter	Phase-contrast input feature	5khz	7khz
		Up/Down input feature	x	7khz
30	Pulse Output	Simple motion and positioning control	7khz	10khz
40	External Interrupt	A high-speed interrupt input	2khz	2khz
50	Pulse Catch	Capture very fast pulse input	10khz	10khz
60	Filtered Input	Selectable filtering feature	○	○

Dimension



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



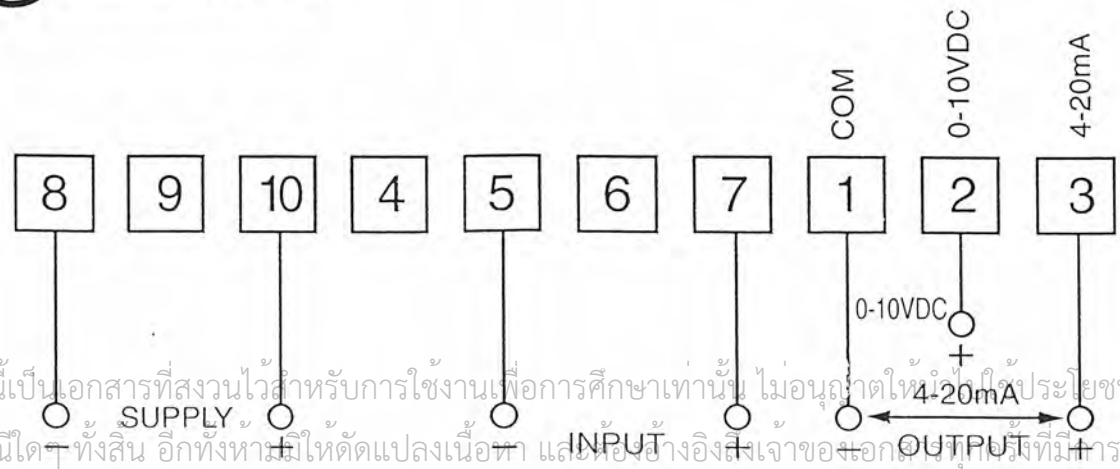
คุณสมบัติพิเศษ

- อุปกรณ์แปลงสัญญาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) เป็นสัญญาณอนาลอกมาตรฐาน
- อินพุตและเอาต์พุตแยกอิสระจากกัน (Isolation)
- สามารถปรับ zero และ span ได้
- มี LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง

ข้อมูลทางเทคนิค

แรงดันไฟเลี้ยง	: 24, 110, 220 VAC $\pm 20\%$
ความถี่	: 45 - 75 Hz
กินไฟ	: 2.5 VAC
อุณหภูมิการทำงาน	: -20°C ถึง 60°C
การปรับสเกล	: โดยใช้ POT ปรับหมุน 2 ตัว
Zero	: $\pm 20\%$ ของย่านวัด
Span	: $\pm 20\%$ ของย่านวัด
ความเที่ยงตรง	: $\pm 1\%$
การบอกแสดง	: LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง
ความต้านทานเอาต์พุต	: 0 - 20 mA ต่อโหลดสูงสุด 500Ω
	: 4 - 20 mA ต่อโหลดสูงสุด 500Ω
	: 0 - 10 V ต่อโหลดสูงสุด $1K\Omega$
ความต้านทานอินพุต	: กระแส AC $10M\Omega$
	: กระแส DC $50M\Omega$

ไดอะแกรมการต่อใช้งาน

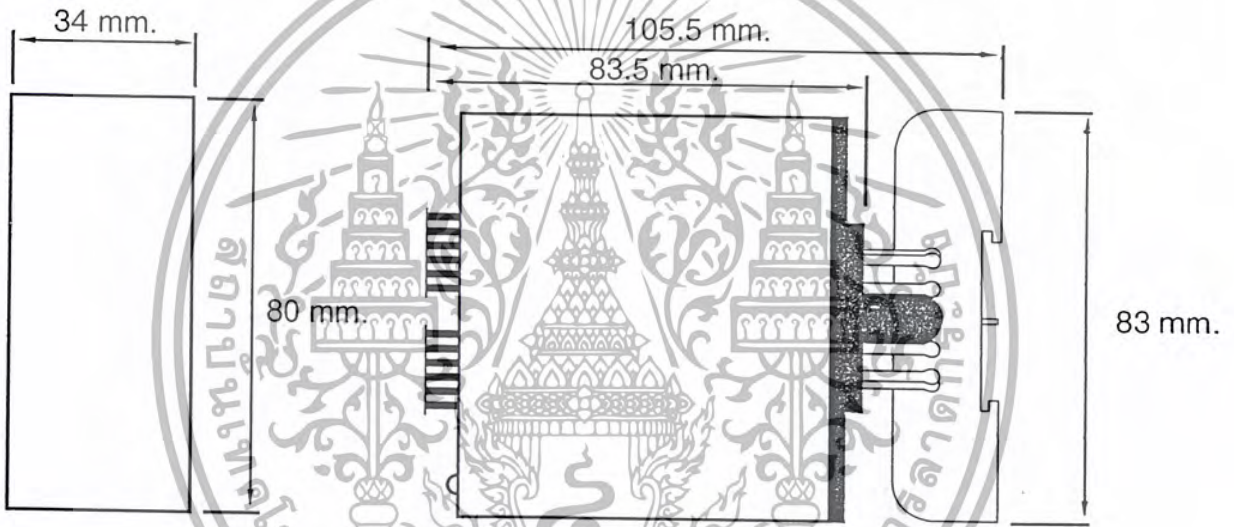


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าค่าใหม่ที่ได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของออกตลับที่ผลิตซึ่งมีการนำไปใช้

โต๊ะแถมการต่อใช้งาน

อุปกรณ์แปลงสัญญาณ รุ่น TM - 001 สามารถแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือกระแสสลับ (AC) ค่าต่างๆ ให้เป็นสัญญาณอานาลอกมาตรฐาน 0 - 20 mA, 4 - 20 mA หรือ 0 - 10 VDC โดยอินพุตและเอาต์พุตแยกอิสระจากกัน (Isolation) และสัญญาณทางด้านอินพุตเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตในแบบเชิงเส้น (Linearity) ที่ถูกต้องและแม่นยำ

ข้อมูลทางเทคนิค

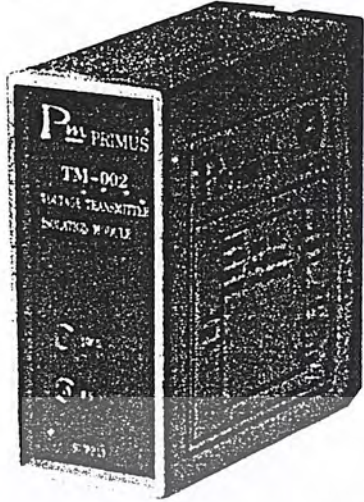


วิธีการสั่งซื้อ

TM - 001 - UUU - V - W - X

UUU = แรงดันไฟเลี้ยง	V = ย่านอินพุต	W = สัญญาณเอาต์พุต	X = ย่านเอาต์พุต
24 = 24 VAC	1 = 0 - 2 mA	A = AC	1 = 0 - 20 mA
110 = 110 VAC	2 = 4 - 20 mA	D = DC	2 = 4 - 20 mA
220 = 220 VAC	3 = 0 - 100 mA		3 = 0 - 10 V
240 = 240 VAC	4 = 0 - 1 A		
	5 = 0 - 3 A		
	6 = 0 - 5 A		
	S = Special		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



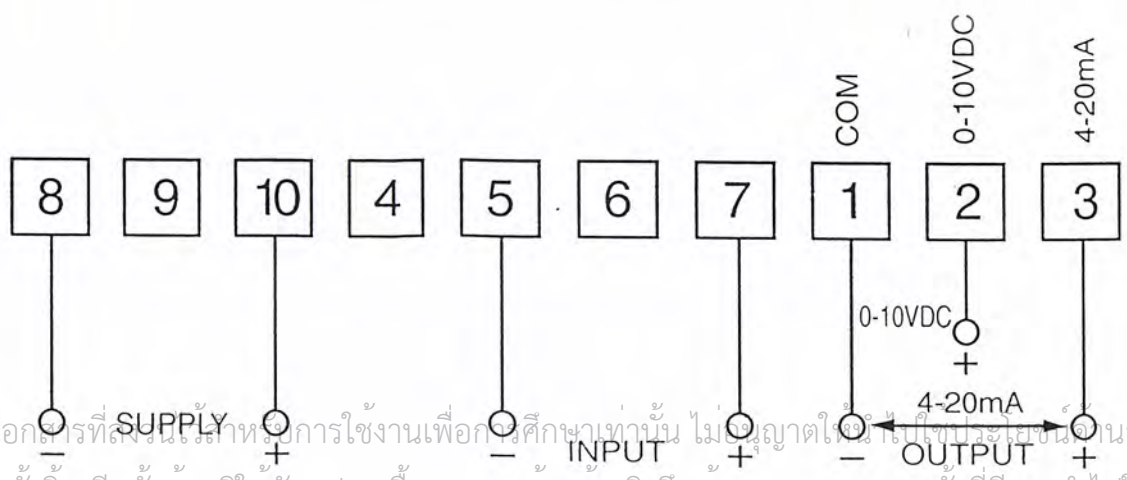
คุณสมบัติพิเศษ

- อุปกรณ์แปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าตรง (DC) และแรงดันไฟฟ้าสลับ (AC) เป็น
- สัญญาณแอนาล็อกมาตรฐาน
- อินพุตและเอาต์พุตแยกอิสระจากกัน (Isolation)
- สามารถปรับ zero และ span ได้
- มี LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง

ข้อมูลทางเทคนิค

แรงดันไฟเลี้ยง	: 24, 110, 220 VAC $\pm 20\%$
ความถี่	: 45 - 75 Hz
กินไฟ	: 2.5 VAC
อุณหภูมิการทำงาน	: -20°C ถึง 60°C
การปรับสเกล	: โดยใช้ POT ปรับหมุน 2 ตัว
Zero	: $\pm 20\%$ ของย่านวัด
Span	: $\pm 20\%$ ของย่านวัด
ความเที่ยงตรง	: $\pm 1\%$
การบอกแสดง	: LED แสดงแรงดันไฟเลี้ยง
ความต้านทานเอาต์พุต	: 0 - 20 mA ต่อโหลดสูงสุด 500 Ω
	: 4 - 20 mA ต่อโหลดสูงสุด 500 Ω
	: 0 - 10 V ต่อโหลดสูงสุด 1K Ω
หนัก	: 80 g
ความต้านทานอินพุต	: กระแส AC 10M Ω

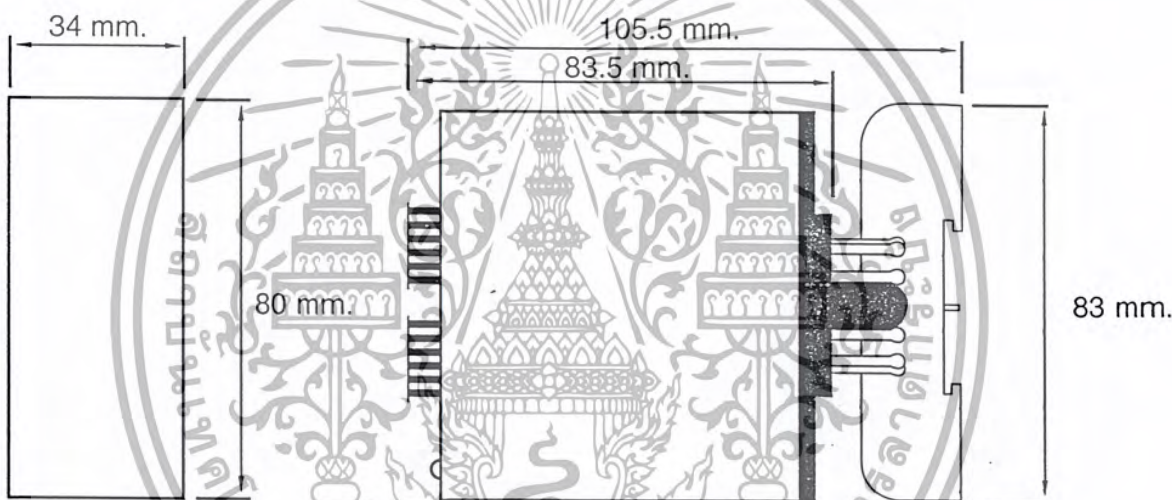
ไอโตะกรรมการต่อใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำงาน

อุปกรณ์แปลงสัญญาณ รุ่น TM - 002 สามารถแปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าตรง (DC) และแรงดันไฟฟ้าสลับ (AC) ค่าต่างๆ ให้เป็นสัญญาณอานาลอกมาตรฐาน 0 - 20 mA, 4 - 20 mA หรือ 0 - 10 VDC/VAC โดยอินพุตและเอาต์พุต แยกอิสระจากกัน (Isolation) และสัญญาณทางด้านอินพุตเป็นสัดส่วน โดยตรงกับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตในแบบเชิงเส้น (Linearity) ที่ถูกต้องและแม่นยำ

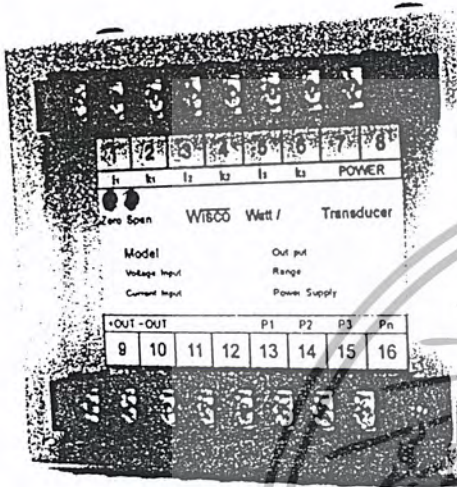
ขนาดและมิติ

วิธีการติดต่อสั่งซื้อ

TM - 002 - UUU - V - W - X

UUU = แรงดันไฟเลี้ยง	V = ย่านอินพุต	w = สัญญาณอินพุต	X = ย่านเอาต์พุต
024 = 24 VAC	1 = 0 - 10 mV	A = AC	1 = 0 - 20 mA
110 = 110 VAC	2 = 0 - 10 V	D = DC	2 = 4 - 20 mA
220 = 220 VAC	3 = 0 - 100 V		3 = 0 - 10 V
240 = 240 VAC	4 = 0 - 250 V		
	5 = 0 - 500 V		
	S = Special		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Watt Transducer WAT 95

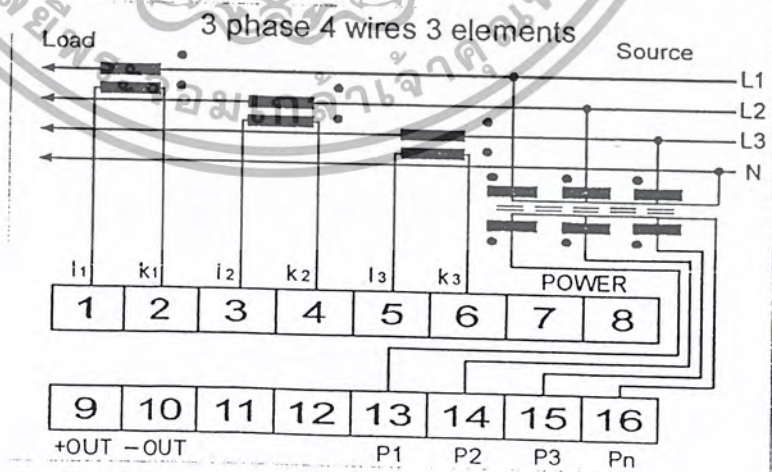


- High accuracy

- Long term stability

- Time-Division Multiplication principle

Watt Transducers WAT 95 are used to convert single or three phase unbalance load active power into a proportional load independent DC. Output. Based fully on electronic Time-Division Multiplication measuring principle, the true power of a network with any power factor range are linearly produced by Watt Transducer output.



Wisco Co;Ltd. 102/111 Tessabansongkroh Road Bangkok 10900 Tel.5911916,5804427,9543280-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Calibration watt of rated output

Connection	V=110V		V=220V		V=380V	
	I=1A	I=5A	I=1A	I=5A	I=1A	I=5A
Single Phase	100W	500W	200W	1000W	-	-
3 phase, 3 wire	200W	1000W	400W	2000W	600W	3000W
3 phase, 4 wire	200W	1000W	400W	2000W	600W	3000W

Note. V= Line voltage

Equation to calculated measuring range

Measuring range = Calibration watt x PT ratio x CT ratio

Example 3phase, 3wire, PT 220V/110V, CT 250/5A, Calibration watt = 1000W

$$\text{Measuring range} = 1000 \times \frac{220}{110} \times \frac{250}{5} = 100 \text{ KW.}$$

Specifications

Connection: 1 phase, 3 phase 3 wire, 3 phase 4 wire
 Input voltage: 110 VAC., 220 VAC., 380 VAC. (Line voltage for 3 phase)
 Input current: 1 A, 5 A.
 Frequency: 50 Hz.
 Power consumption: < 0.2VA for input current, < 0.4VA for voltage input

Output

Output	Max. load	Output	Min. load
0-1mA	10Kohm	0-10mV	500 ohm
4~20 mA	600 ohm	0-100mV	500 ohm
		0-1V	500 ohm
		0-5V	1Kohm
		1-5V	1Kohm

Accuracy: < ±0.5% of span
 Power supply: 110 VAC, 220 VAC.
 Operating temperature: 0-50 C
 Mounting: Screw terminals
 Mounting: Wall mount
 Dimension: W132xH132xD162mm.

Ordering information

Specify connection , input voltage , input current , output

Power supply

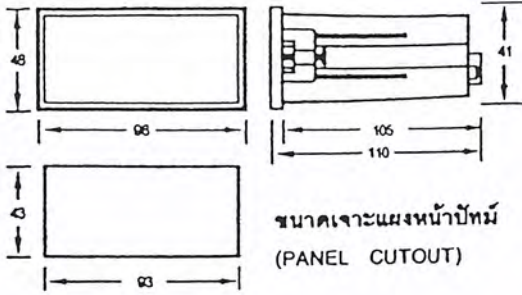
Example

WAT 95/3 phase 4 wire/380 VAC./5A/4-20 mA/220 VAC

Wisco Co.;Ltd. 102/111 Tessabansongkroh Road Bangkok 10900 Tel.5911916,5804427,9543280-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเครื่อง : DT-2240D (หน่วย : มม.)



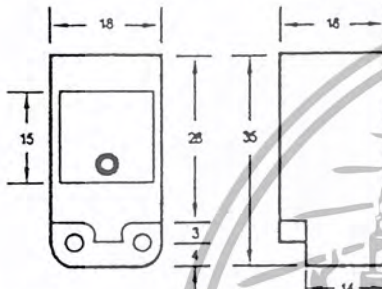
รายละเอียดขั้วต่อสาย

DT2240D			NC	POWER SUPPLY		
GND	SIGNAL	+12V		AC	AC	AC
FC 442D				220V	110V	OV
INPUT	INPUT	NC		240V		
1	2	3	4	5	6	7

ขนาดรูปร่างของเซนเซอร์ที่ใช้ตัวร่วม

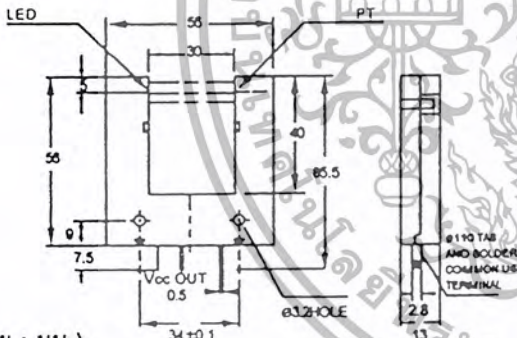
การต่อสาย DT-2240D กับ PX01

PX-01 เซนเซอร์แบบพรีอักษิมีตส์วิทซ์



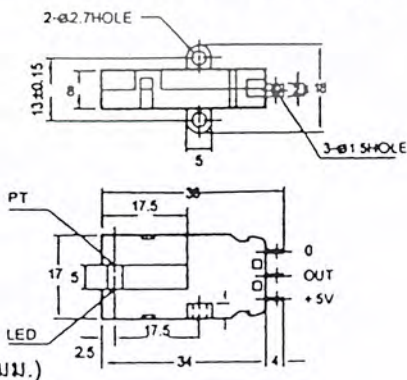
(หน่วย : มม.)

LMS-302 เซนเซอร์แบบสวิทซ์ค่าแสงรูปตัว "U"

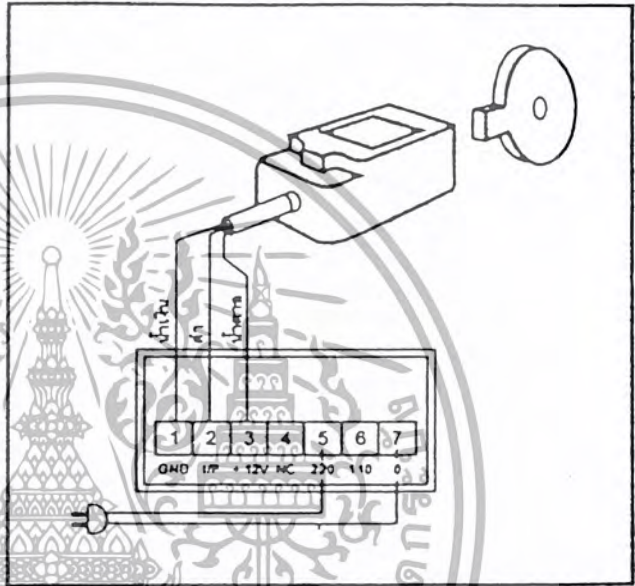


(หน่วย : มม.)

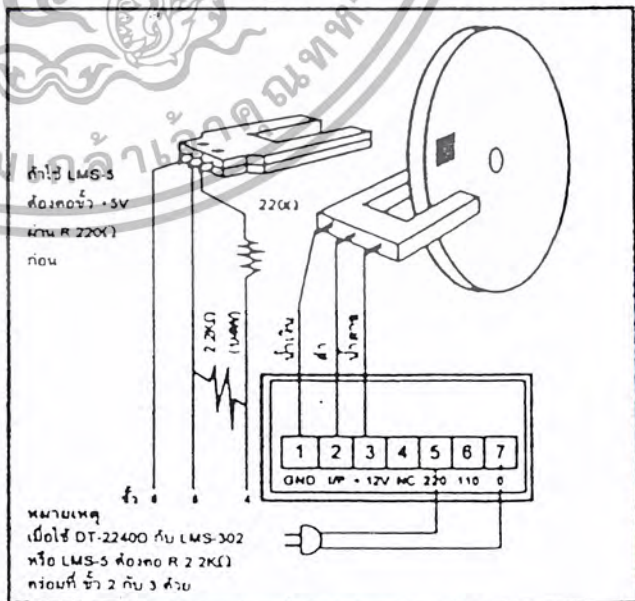
LMS-5 เซนเซอร์แบบสวิทซ์ค่าแสงรูปตัว "U"



(หน่วย : มม.)



การต่อสาย DT-2240D กับ LMS-302 หรือ LMS-5



ผู้แทนจำหน่ายแต่ผู้เดียวในประเทศไทย

บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด
Sang Chai Meter Co., Ltd.

694/23-26 ถนน พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

694/23-26 Phaholyothin Road, Samsen Nai, Phayathai, Bangkok 10400

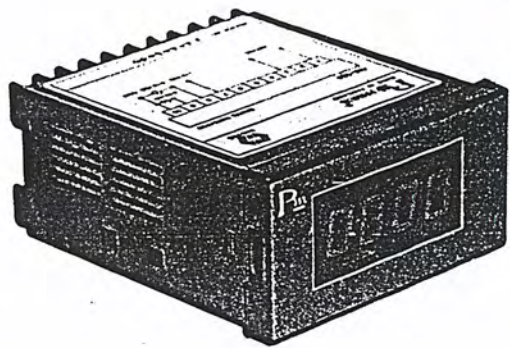
Tel 616 8031 616 8041 616 8051 616 8091 271-0239, 271-4969-77, 272-5735-7 Fax (02) 616 8061-4, 616 8050, 271-1030

WWW.SangChaiMeter.com

Email: scmth@sc99.th.com

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติพิเศษ

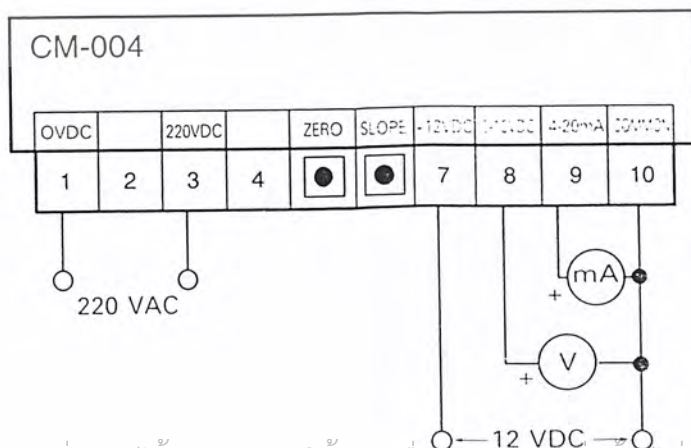


CM - 004 เป็นมิเตอร์ดิจิทัลที่แสดงผลเป็นตัวเลข LED สีแดง 4 หลักโดยรับสัญญาณ 0-10 VDC หรือ 4-20 mA อยู่ในตัวเดียวกัน สามารถปรับค่า Min,Max และ Slope ได้แสดงผลตั้งแต่ -199 ถึง 1999 โดยตั้งจุดทศนิยมได้ 1 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง เหมาะสำหรับติดตั้งที่ตู้ควบคุม เพื่อแสดงความเร็วของมอเตอร์ จาก Inverter, DC drive หรือแสดงลักษณะงานอื่น ๆ อีกมากมาย มีแหล่งจ่ายไฟ 12 VDC สำหรับจ่ายให้กับ Transducer

ข้อมูลทางเทคนิค

- สามารถเลือกรับอินพุตได้ทั้ง 0-10 VDC หรือ 4-20 mA ในตัวเดียวกัน
- ความเที่ยงตรงในการวัด $\pm 0.25\%$
- ย่านการแสดงผล -199 ถึง 1999
- แสดงผลเป็นตัวเลข LED สีแดง ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว 4 หลัก
- อินพุตอิมพีแดนซ์สำหรับ 0-10VDC = $500\text{ k}\Omega$
- อิมพุตอิมพีแดนซ์สำหรับ 4-20mA = $250\ \Omega$
- แรงดันไฟเลี้ยง 220 VAC $\pm 20\%$
- กินไฟ 1 VA
- ขนาด 48 X 96 X 100 มม.
- น้ำหนัก 90 กรัม

โต๊ะแกรมการต่อใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

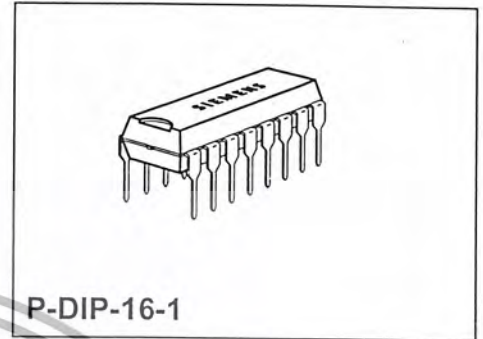
Phase Control IC

TCA 785

Bipolar IC

Features

- Reliable recognition of zero passage
- Large application scope
- May be used as zero point switch
- LSL compatible
- Three-phase operation possible (3 ICs)
- Output current 250 mA
- Large ramp current range
- Wide temperature range



P-DIP-16-1

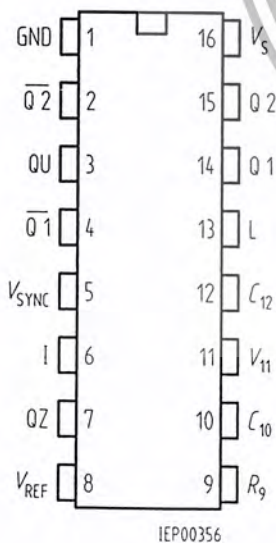
Type	Ordering Code	Package
TCA 785	Q67000-A2321	P-DIP-16-1

This phase control IC is intended to control thyristors, triacs, and transistors. The trigger pulses can be shifted within a phase angle between 0° and 180° . Typical applications include converter circuits, AC controllers and three-phase current controllers.

This IC replaces the previous types TCA 780 and TCA 780 D.

Pin Definitions and Functions

Pin	Symbol	Function
1	GND	Ground
2	Q2	Output 2 inverted
3	Q U	Output U
4	Q2	Output 1 inverted
5	V_{SYNC}	Synchronous voltage
6	I	Inhibit
7	Q Z	Output Z
8	V_{REF}	Stabilized voltage
9	R_9	Ramp resistance
10	C_{10}	Ramp capacitance
11	V_{11}	Control voltage
12	C_{12}	Pulse extension
13	L	Long pulse
14	Q 1	Output 1
15	Q 2	Output 2
16	V_s	Supply voltage



Pin Configuration (top view)

Functional Description

The synchronization signal is obtained via a high-ohmic resistance from the line voltage (voltage V_s). A zero voltage detector evaluates the zero passages and transfers them to the synchronization register.

This synchronization register controls a ramp generator, the capacitor C_{10} of which is charged by a constant current (determined by R_9). If the ramp voltage V_{10} exceeds the control voltage V_{11} (triggering angle φ), a signal is processed to the logic. Dependent on the magnitude of the control voltage V_{11} , the triggering angle φ can be shifted within a phase angle of 0° to 180° .

For every half wave, a positive pulse of approx. $30 \mu s$ duration appears at the outputs Q 1 and Q 2. The pulse duration can be prolonged up to 180° via a capacitor C_{12} . If pin 12 is connected to ground, pulses with a duration between φ and 180° will result.

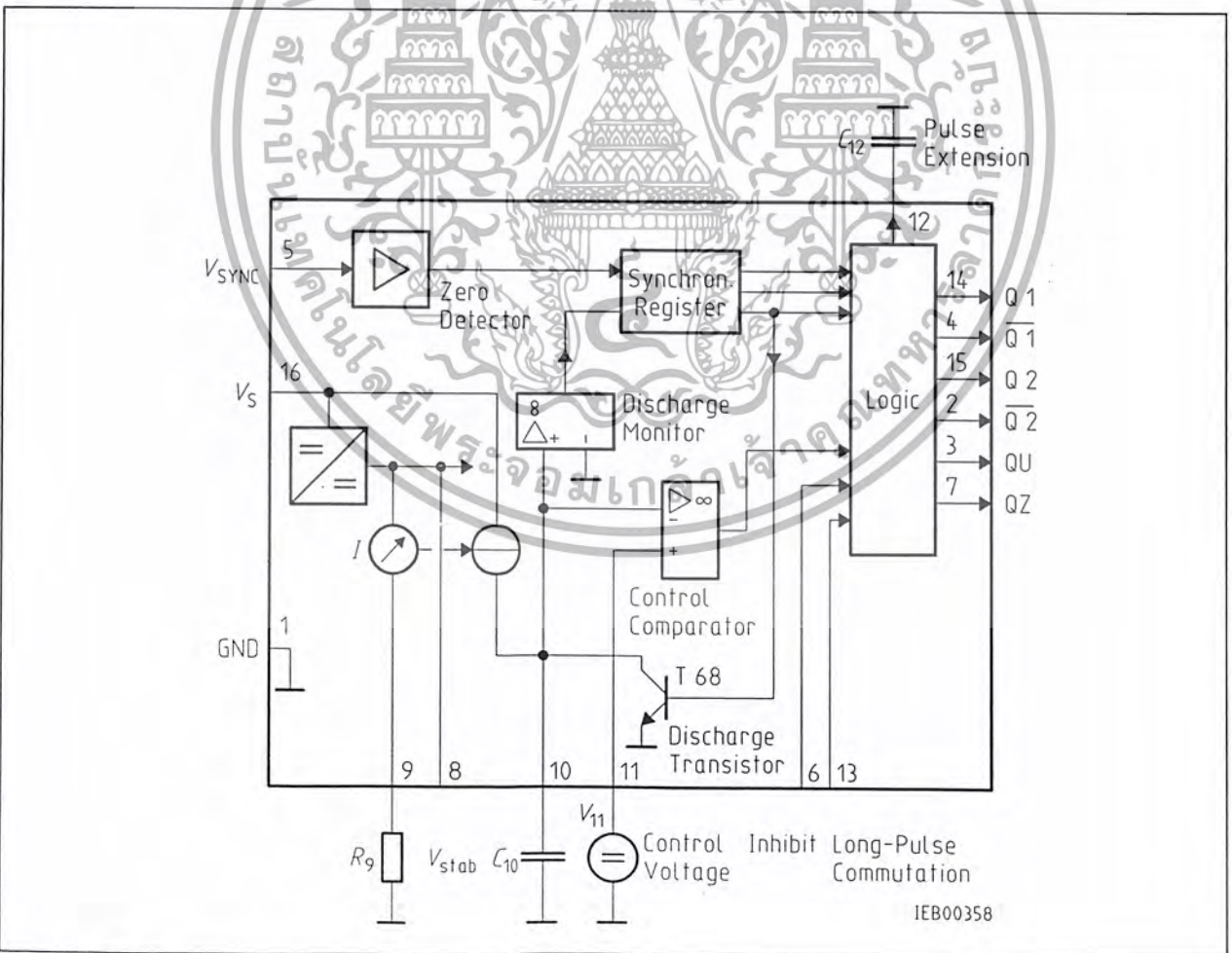
Outputs $\overline{Q}1$ and $\overline{Q}2$ supply the inverse signals of Q 1 and Q 2.

A signal of $\varphi + 180^\circ$ which can be used for controlling an external logic, is available at pin 3.

A signal which corresponds to the NOR link of Q 1 and Q 2 is available at output Q Z (pin 7).

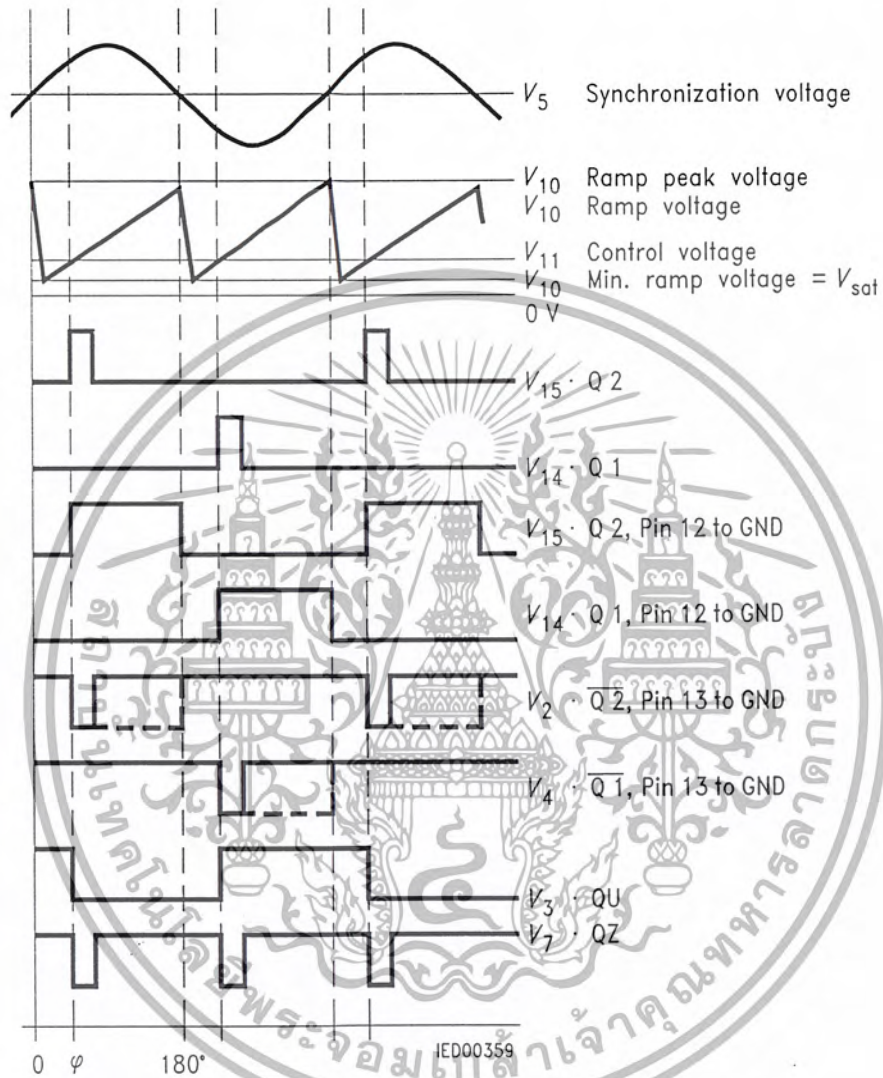
The inhibit input can be used to disable outputs Q1, Q2 and $\overline{Q}1$, $\overline{Q}2$.

Pin 13 can be used to extend the outputs $\overline{Q}1$ and $\overline{Q}2$ to full pulse length ($180^\circ - \varphi$).



Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Semiconductor Group 2
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pulse Diagram

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Limit Values		Unit
		min.	max.	
Supply voltage	V_S	- 0.5	18	V
Output current at pin 14, 15	I_Q	- 10	400	mA
Inhibit voltage	V_6	- 0.5	V_S	V
Control voltage	V_{11}	- 0.5	V_S	V
Voltage short-pulse circuit	V_{13}	- 0.5	V_S	V
Synchronization input current	V_5	- 200	± 200	μA
Output voltage at pin 14, 15	V_Q		V_S	V
Output current at pin 2, 3, 4, 7	I_Q		10	mA
Output voltage at pin 2, 3, 4, 7	V_Q		V_S	V
Junction temperature	T_j		150	$^{\circ}C$
Storage temperature	T_{stg}	- 55	125	$^{\circ}C$
Thermal resistance system - air	$R_{th SA}$		80	K/W

Operating Range

Supply voltage	V_S	8	18	V
Operating frequency	f	10	500	Hz
Ambient temperature	T_A	- 25	85	$^{\circ}C$

Characteristics

$8 \leq V_S \leq 18 V$; $- 25 \text{ }^{\circ}C \leq T_A \leq 85 \text{ }^{\circ}C$; $f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Supply current consumption S1 ... S6 open $V_{11} = 0 V$ $C_{10} = 47 \text{ nF}$; $R_9 = 100 \text{ k}\Omega$	I_S	4.5	6.5	10	mA	1
Synchronization pin 5 Input current	$I_{5 rms}$	30		200	μA	1
Offset voltage	ΔV_5		30	75	mV	4
Control input pin 11 Control voltage range	V_{11}	0.2		$V_{10 peak}$	V	1
Input resistance	R_{11}		15		$k\Omega$	5

Characteristics (cont'd)

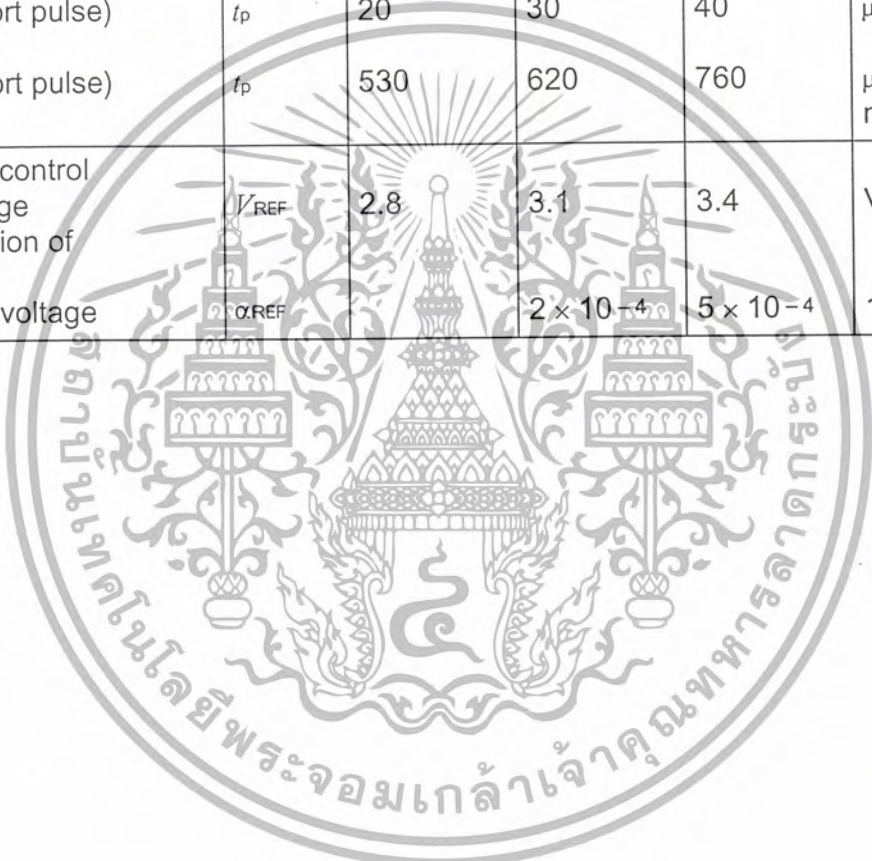
$8 \leq V_s \leq 18 \text{ V}$; $-25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}$; $f = 50 \text{ Hz}$

Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Ramp generator						
Charge current	I_{10}	10		1000	μA	
Max. ramp voltage	V_{10}			$V_2 - 2$	V	1
Saturation voltage at capacitor	V_{10}	100	225	350	mV	1.6
Ramp resistance	R_9	3		300	k Ω	1
Sawtooth return time	t_f		80		μs	1
Inhibit pin 6						
switch-over of pin 7						
Outputs disabled	V_{6L}		3.3	2.5	V	1
Outputs enabled	V_{6H}	4	3.3		V	1
Signal transition time	t_r	1		5	μs	1
Input current	I_{6H}		500	800	μA	1
$V_6 = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{6L}$	80	150	200	μA	1
$V_6 = 1.7 \text{ V}$						
Deviation of I_{10}	I_{10}	-5		5	%	1
$R_9 = \text{const.}$						
$V_s = 12 \text{ V}$; $C_{10} = 47 \text{ nF}$						
Deviation of I_{10}	I_{10}	-20		20	%	1
$R_9 = \text{const.}$						
$V_s = 8 \text{ V to } 18 \text{ V}$						
Deviation of the ramp voltage between 2 following half-waves, $V_s = \text{const.}$	$\Delta V_{10 \text{ max}}$		± 1		%	
Long pulse switch-over pin 13						
switch-over of S8						
Short pulse at output	V_{13H}	3.5	2.5		V	1
Long pulse at output	V_{13L}		2.5	2	V	1
Input current	I_{13H}			10	μA	1
$V_{13} = 8 \text{ V}$						
Input current	$-I_{13L}$	45	65	100	μA	1
$V_{13} = 1.7 \text{ V}$						
Outputs pin 2, 3, 4, 7						
Reverse current	I_{CEO}			10	μA	2.6
$V_Q = V_s$						
Saturation voltage	V_{sat}	0.1	0.4	2	V	2.6
$I_Q = 2 \text{ mA}$						

Characteristics (cont'd)

$8 \leq V_s \leq 18 \text{ V}; -25 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85 \text{ }^\circ\text{C}; f = 50 \text{ Hz}$

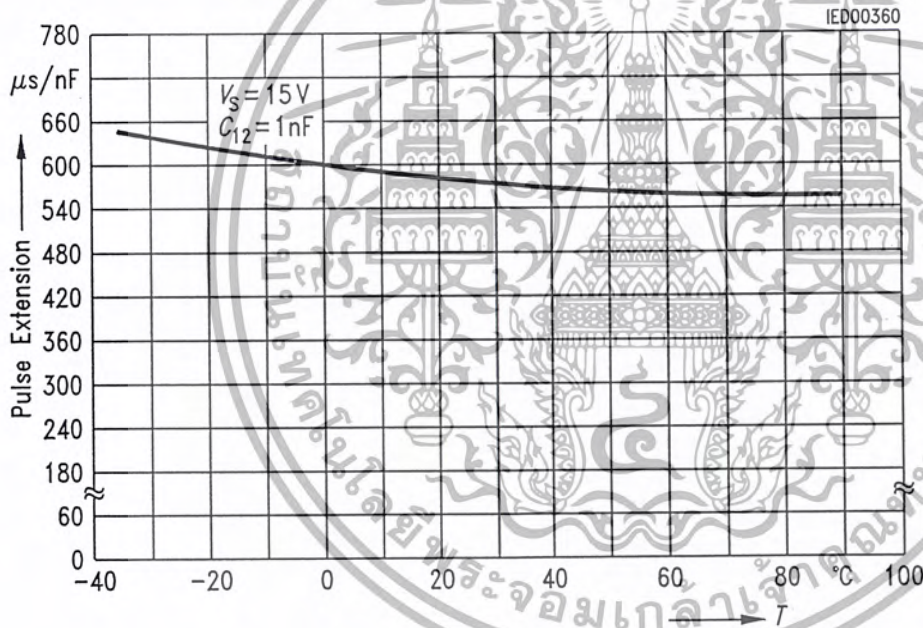
Parameter	Symbol	Limit Values			Unit	Test Circuit
		min.	typ.	max.		
Outputs pin 14, 15 H-output voltage $- I_Q = 250 \text{ mA}$	$V_{14/15 \text{ H}}$	$V_s - 3$	$V_s - 2.5$	$V_s - 1.0$	V	3.6
L-output voltage $I_Q = 2 \text{ mA}$	$V_{14/15 \text{ L}}$	0.3	0.8	2	V	2.6
Pulse width (short pulse) S9 open	t_p	20	30	40	μs	1
Pulse width (short pulse) with C_{12}	t_p	530	620	760	$\mu\text{s}/\text{nF}$	1
Internal voltage control Reference voltage	V_{REF}	2.8	3.1	3.4	V	1
Parallel connection of 10 ICs possible TC of reference voltage	α_{REF}		2×10^{-4}	5×10^{-4}	1/K	1



Application Hints for External Components

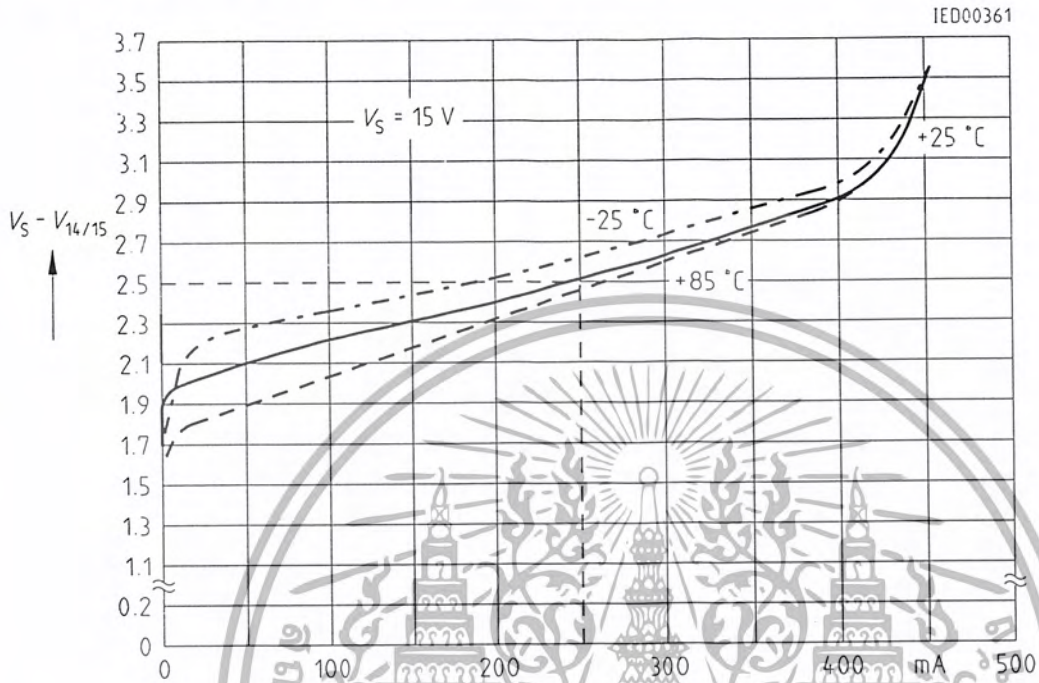
		min	max	
Ramp capacitance	C_{10}	500 pF	$1 \mu\text{F}^{1)}$	The minimum and maximum values of I_{10} are to be observed
Triggering point	$t_{Tr} = \frac{V_{11} \times R_9 \times C_{10}}{V_{REF} \times K}$		²⁾	
Charge current	$I_{10} = \frac{V_{REF} \times K}{R_9}$		²⁾	Ramp voltage $V_{10 \max} = V_S - 2 \text{ V}$ $V_{10} = \frac{V_{REF} \times K \times t}{R_9 \times C_{10}}$ ²⁾

Pulse Extension versus Temperature

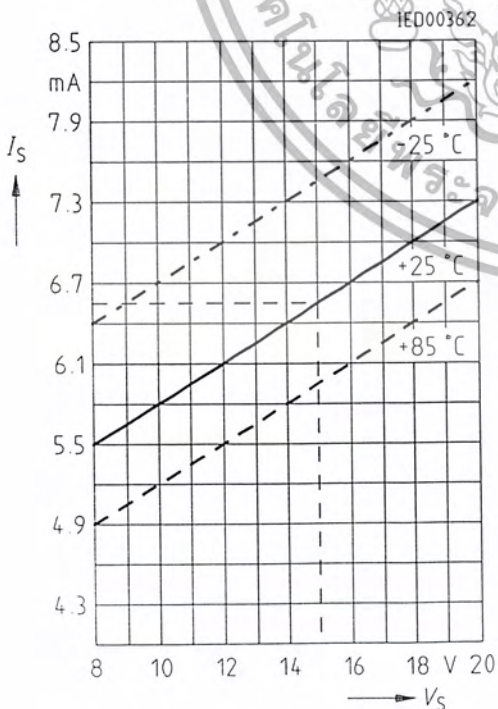


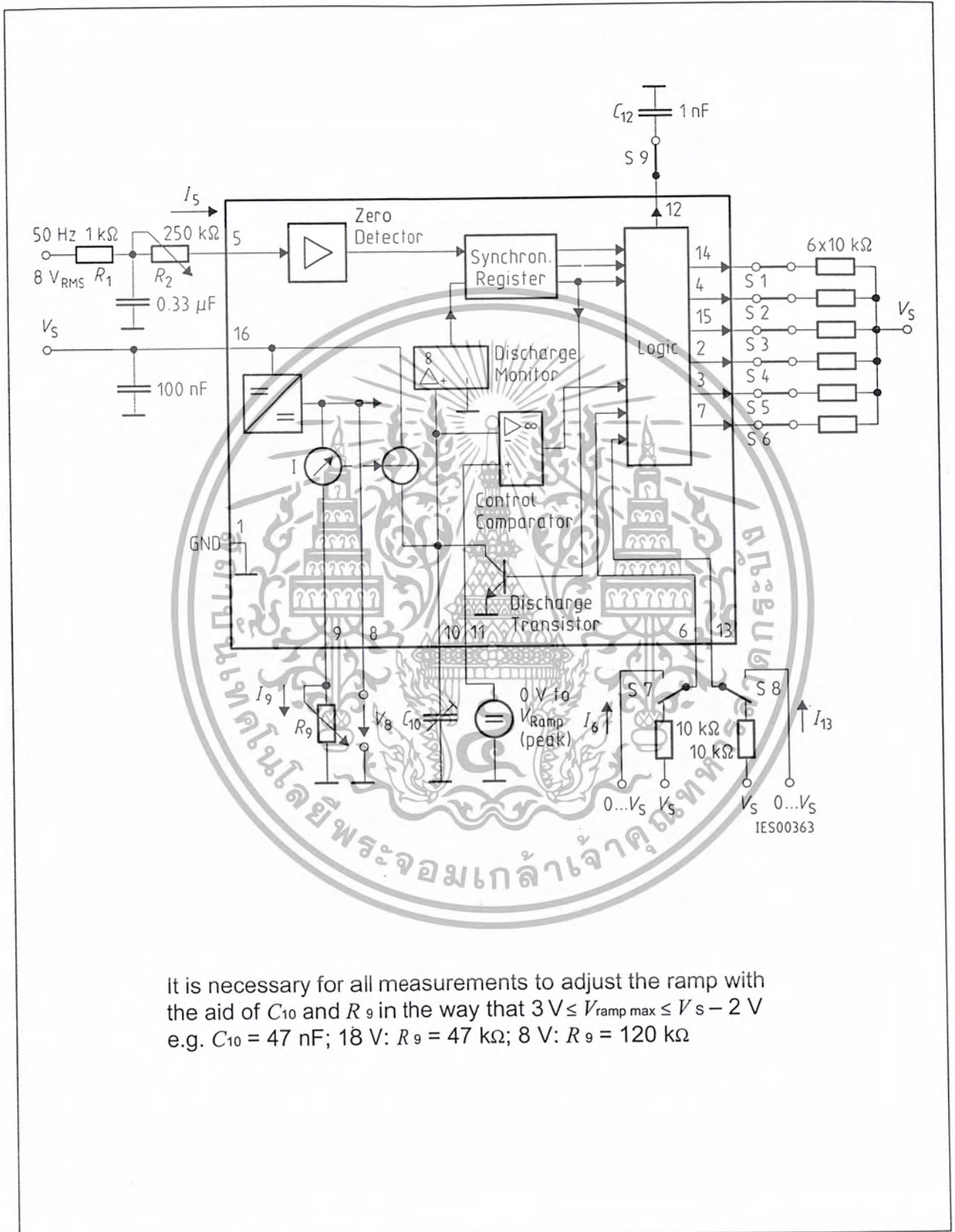
1) Attention to flyback times
2) $K = 1.10 \pm 20 \%$

Output Voltage measured to + I_s



Supply Current versus Supply Voltage

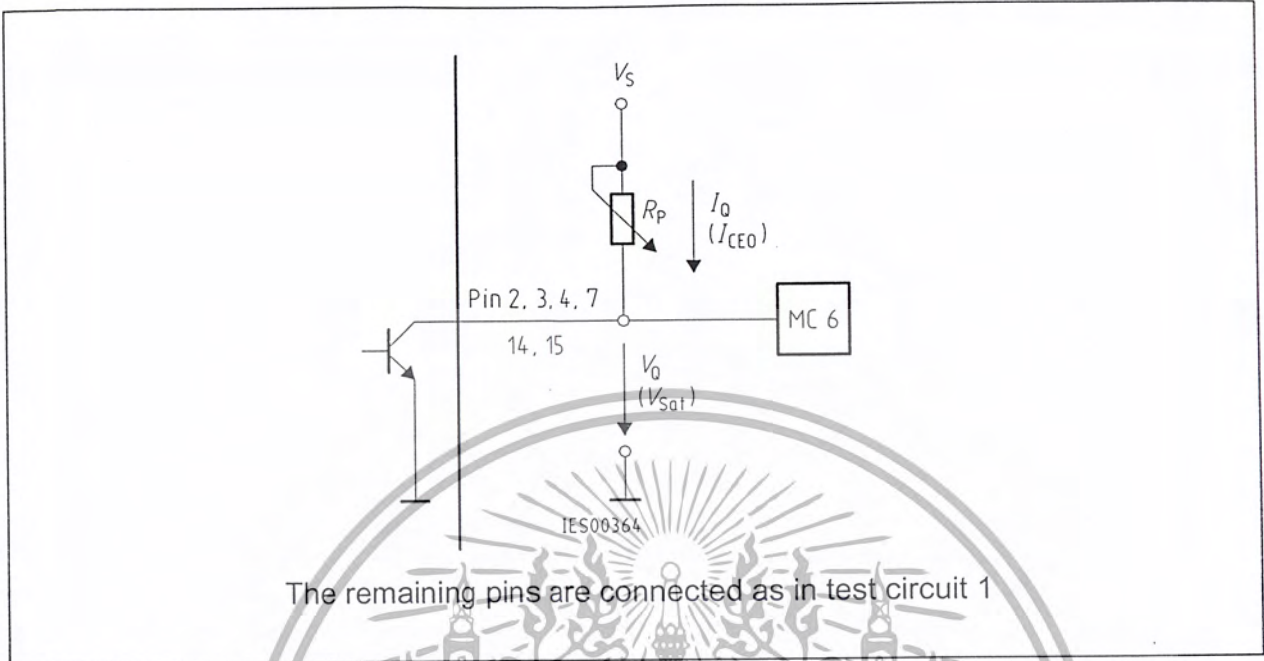




It is necessary for all measurements to adjust the ramp with the aid of C_{10} and R_9 in the way that $3 \text{ V} \leq V_{\text{ramp max}} \leq V_S - 2 \text{ V}$
 e.g. $C_{10} = 47 \text{ nF}$; 18 V: $R_9 = 47 \text{ k}\Omega$; 8 V: $R_9 = 120 \text{ k}\Omega$

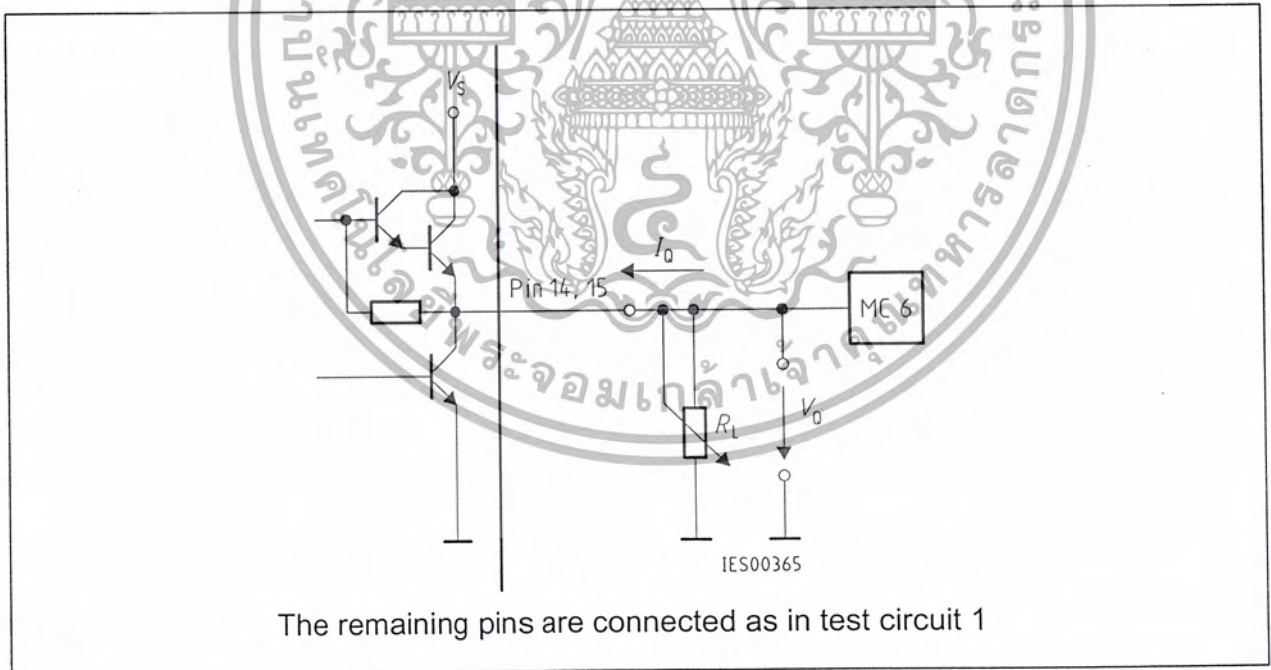
Test Circuit 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในกรณีใดๆ Semiconductor Group 9 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



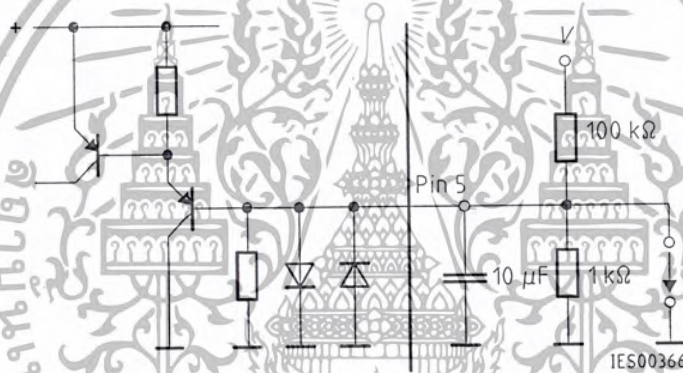
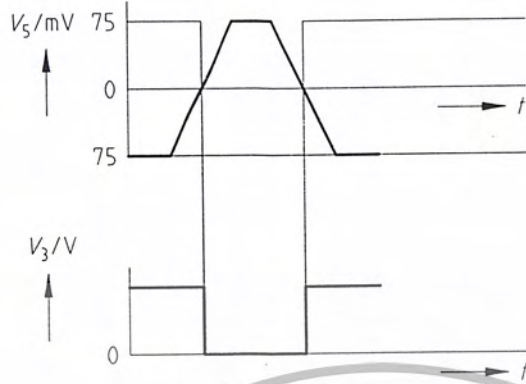
The remaining pins are connected as in test circuit 1

Test Circuit 2



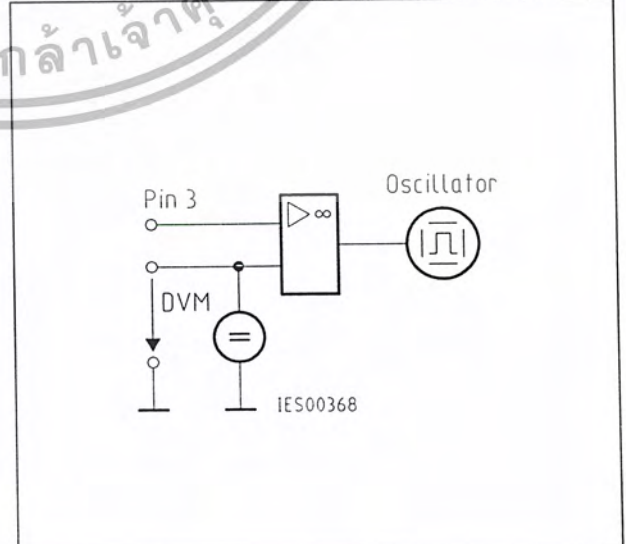
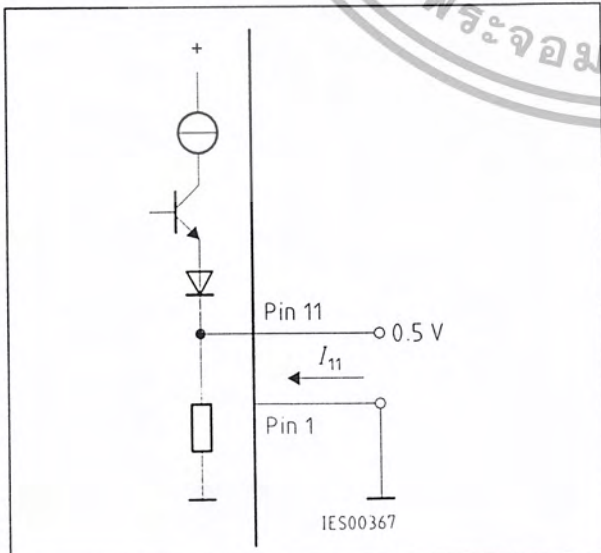
The remaining pins are connected as in test circuit 1

Test Circuit 3



Remaining pins are connected as in test circuit 1
The 10 μF capacitor at pin 5 serves only for test purposes

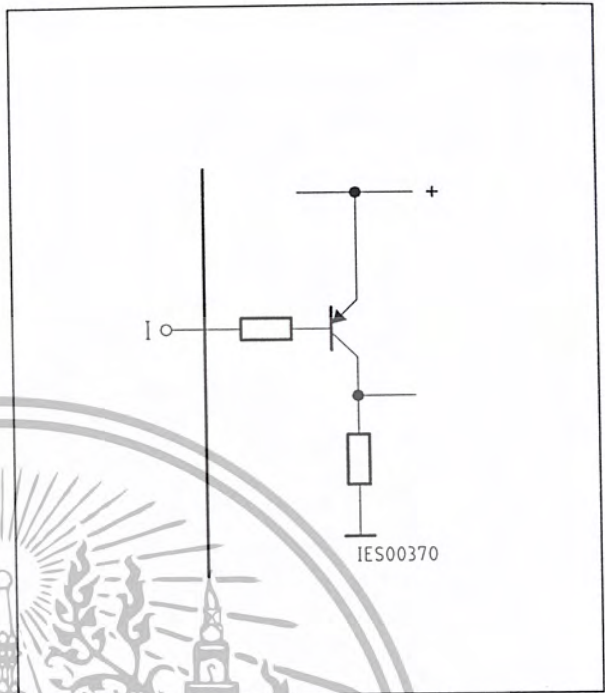
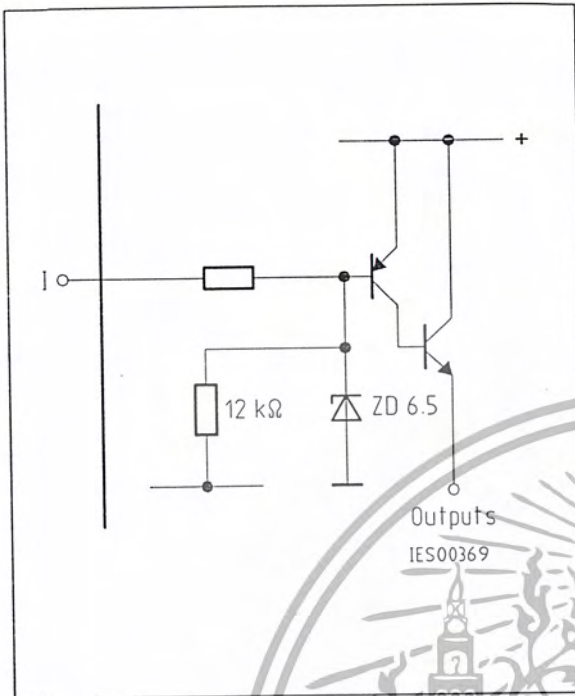
Test Circuit 4



Test Circuit 5

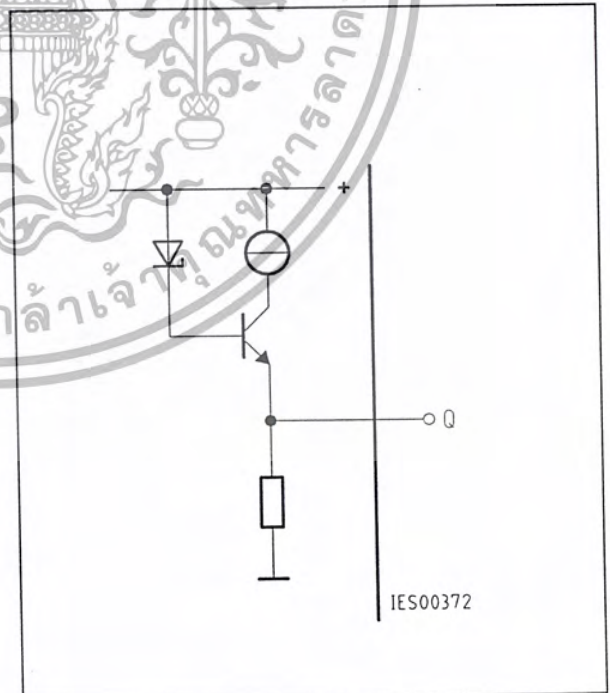
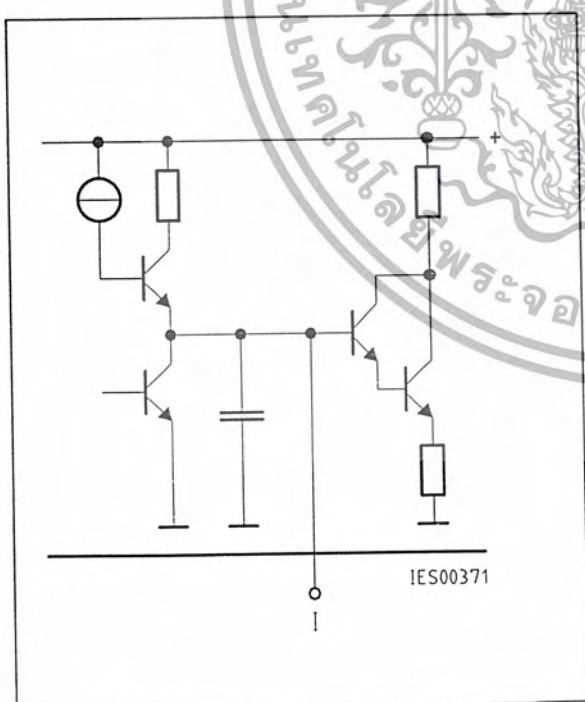
Test Circuit 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Semiconductor Group 11 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



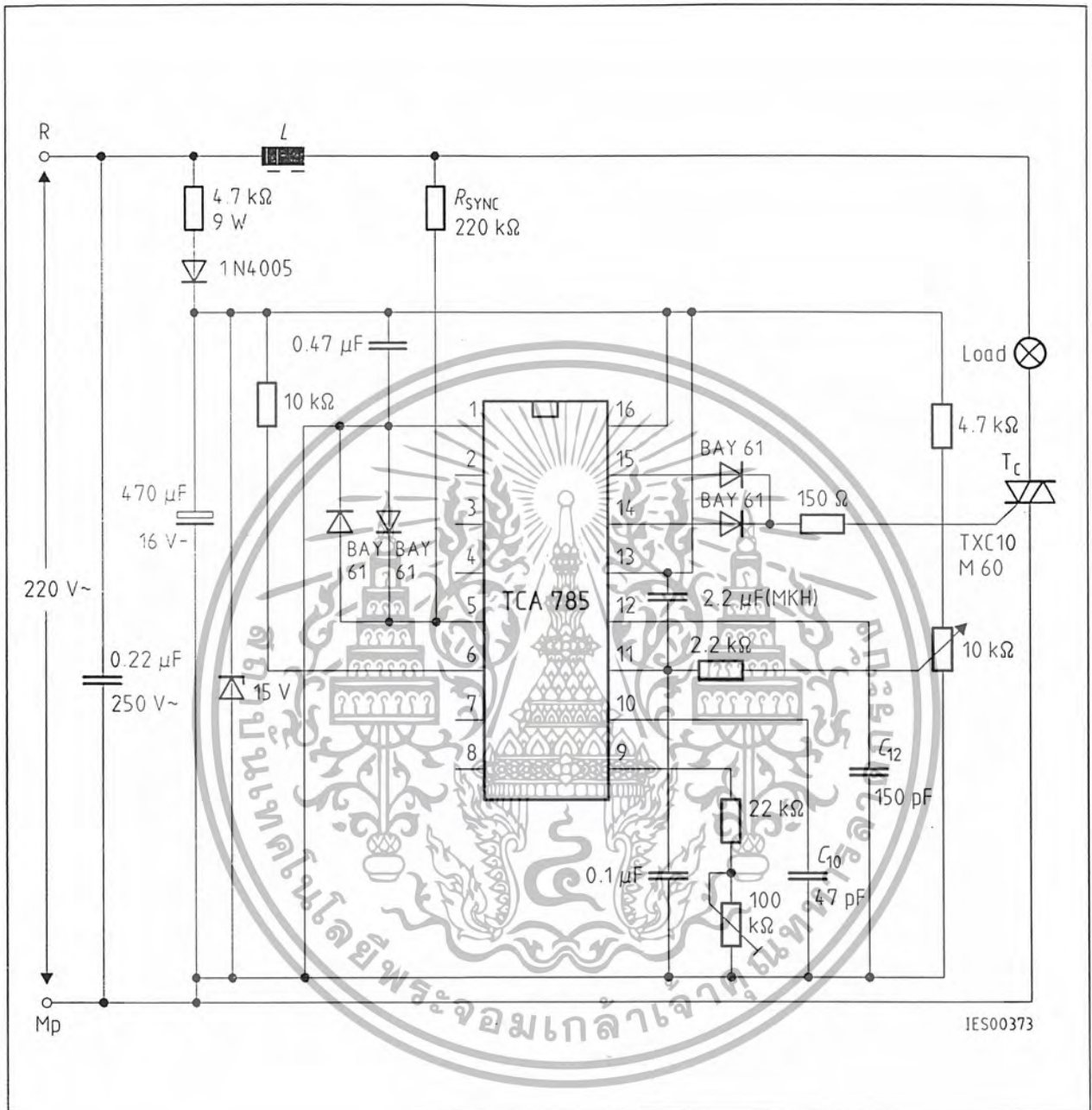
Inhibit 6

Long Pulse 13



Pulse Extension 12

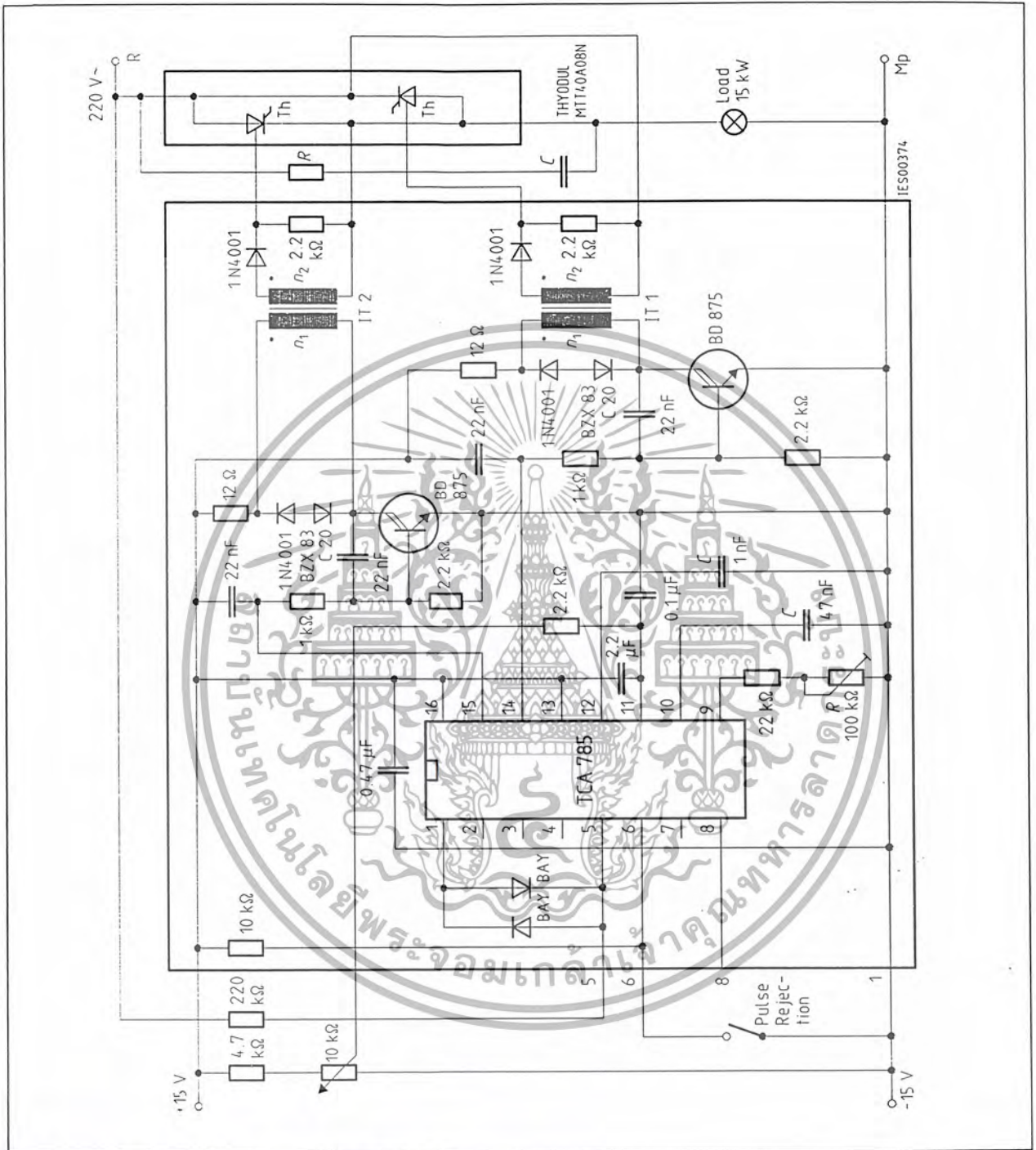
Reference Voltage 8



Application Examples
Triac Control for up to 50 mA Gate Trigger Current

A phase control with a directly controlled triac is shown in the figure. The triggering angle of the triac can be adjusted continuously between 0° and 180° with the aid of an external potentiometer. During the positive half-wave of the line voltage, the triac receives a positive gate pulse from the IC output pin 15. During the negative half-wave, it also receives a positive trigger pulse from pin 14. The trigger pulse width is approx. 100 μs.

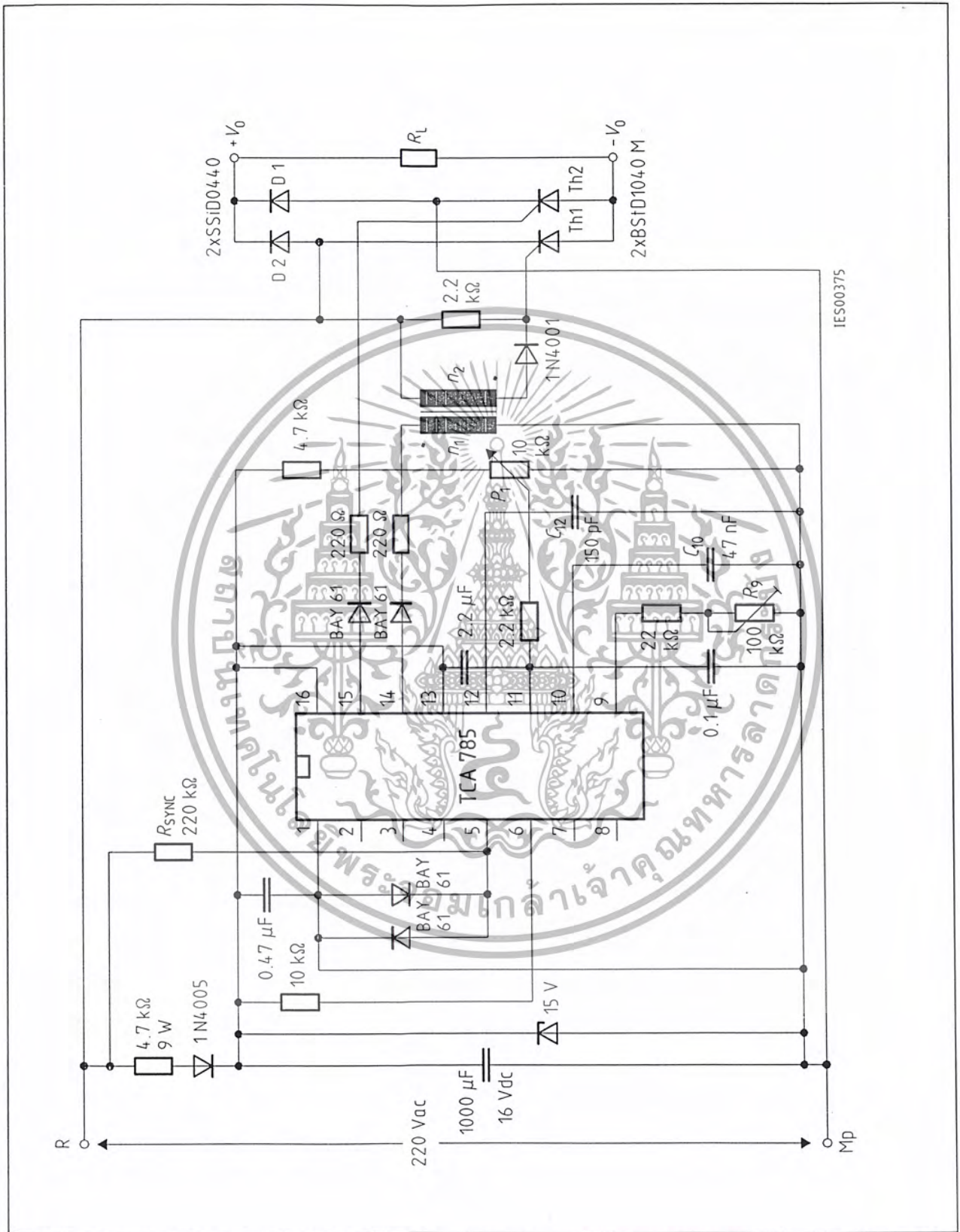
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าใครผิดแต่อย่างใด หวังว่าผู้อ่านจะโปรดอย่าลืมให้คำติชมและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Fully Controlled AC Power Controller
Circuit for Two High-Power Thyristors**

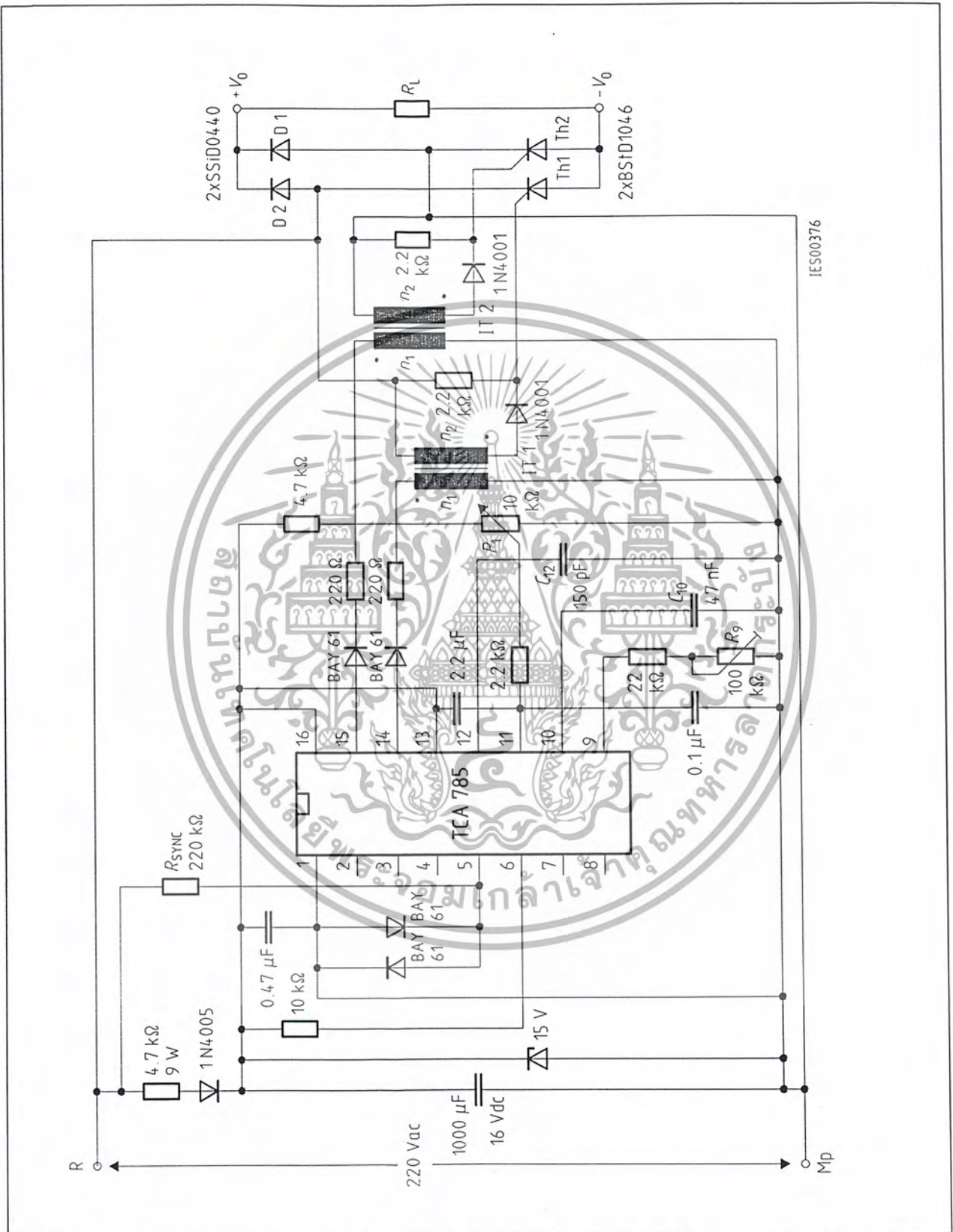
Shown is the possibility to trigger two antiparalleled thyristors with one IC TCA 785. The trigger pulse can be shifted continuously within a phase angle between 0° and 180° by means of a potentiometer. During the negative line half-wave the trigger pulse of pin 14 is fed to the relevant thyristor via a trigger pulse transformer. During the positive line half-wave, the gate of the second thyristor is triggered by a trigger pulse transformer at pin 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Semiconductor Group 14
ไม่ว่าการแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Trigger Pulse Transformer and Direct Control for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Semicondutor Group 15
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Half-Controlled Single-Phase Bridge Circuit with Two Trigger Pulse Transformers for Low-Power Thyristors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Semiconductor Group 16
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Pulse Transformers

Range of preferred types

Pulse Transformers

SKPT 14 to SKPT 27

Absolute Maximum Ratings		
Symbol	Conditions	Values
V_{ww}	Crest working voltage	400 ... 650 V
V_{isol}	A.C. rms; 1 minute, see table below ¹⁾	2,5 ... 5 kV
T_{op}	Operating Temperature	- 40 ... + 85 °C
T_{stg}	Storage Temperature	- 50 ... + 90 °C

SKPT 25a3

Characteristics ²⁾

Types	N_p/N_s	$\int V dt$	R_p	R_s	L_p	L_{ss}	C_{ps}	I_M	t_r	R_L	V_{ww}	V_{isol}	Winding
• New Type	s	μVs	Ω	Ω	mH	μH	pF	mA	μs	Ω	V	kV	conf
SKPT 14b2,5	1:1:1	250	0,86	0,86	1,8	85	10	150	2	80	500	4	B
SKPT 14k2,5	1:1:1	250	0,86	0,86	1,8	85	10	150	2	80	500	4	C
SKPT 14c2,5	2:1	250	1,6	0,86	7,5	400	12	150	2,5	80	500	4	D
SKPT 14a3	1:1	350	1,25	1,25	2,8	135	12	150	2,5	80	500	4	A
SKPT 14i3	1:1	350	1,25	1,25	2,8	135	12	150	2,5	80	500	4	D
SKPT 14g3	2:1:1	330	3,5	1,6	11	148	10	150	5	80	500	4	B
SKPT 14c3,5	2:1	350	3,5	2,4	13,5	82	9	150	2,5	80	500	4	D
SKPT 14i5	1:1	500	2,7	2,7	5,5	75	10	150	2,5	80	500	4	D
SKPT 14k6	1:1:1	600	2,8	2,8	9	290	10	150	2,5	80	500	4	C
SKPT 25j2	1:2:2	200	0,8	1,6	0,9/1,6	30/60	7	250	1,5	47	500	5	H
SKPT 25a3	1:1	300	0,55	0,55	2	45	8	250	1,5	47	500	4	A
SKPT 25b3	1:1:1	300	0,55	0,55	2	48	9	250	1,5	47	500	4	B
SKPT 25e3	3:1:1	300	1,7	0,55	15	300	10	250	1,5	47	500	4	B
SKPT 25h3	1:1:1:1	300	0,55	0,55	2	48	9	250	1,5	47	500	4	C
SKPT 25k3/650	1:1:1	300	0,55	0,55	2	38	9	250	1,5	47	650	4	F
SKPT 25m3	1:1	300	0,55	0,55	1,8	105	7	250	1,5	47	1000	6	G
SKPT 25n3	3:1	300	1,7	0,55	15	870	7	250	1,5	47	1000	6	G
SKPT 25p3/650	3:1:1	300	1,7	0,55	15	300	10	250	1,5	47	650	4	F
SKPT 25a4	1:1	400	0,6	0,6	4	50	10	250	2	47	500	4	A
SKPT 25b4	1:1:1	400	0,6	0,6	4	52	10	250	2	47	500	4	B
SKPT 25g4	2:1:1	400	2,3	1,1	9/15	260/490	7	250	1,5	47	500	5	H
SKPT 25a5	1:1	500	1	1	5,5	85	11	100 250	1,1 3	100 47	500	4	A

continued on next page

¹⁾ Material used is according to UL94-V0. Isolation test and pin distance according to IEC 60664-1(1992); (VDE 0110-1:1997-4)

²⁾ Explanations see Chapter A, Section 14.2

14.2 Pulse Transformers (continued)

Types	N_p/N_s	$\int V dt$	R_p	R_s	L_p	L_{ss}	C_{ps}	I_M	t_r	R_L	V_{wv}	V_{isol}	Win- ding
• New Type	s	μVs	Ω	Ω	mH	μH	pF	mA	μs	Ω	V	kV	conf
SKPT 25b5	1:1:1	500	1	1	5,5	89	12	100 250	1,1 3	100 47	500	4	B
SKPT 25m5	1:1	500	1	1	5,5	170	7	250	1,5	47	1000	6	G
SKPT 25o5	2:1	500	2,1	1	32	830	7,5	250	1,5	47	1000	5	G
SKPT 25b8	1:1:1	800	1,6	1,6	14	220	14	25 250	1 6	470 47	500	4	B
SKPT 25b10	1:1:1	1000	1,8	1,8	18	260	13	25 250	1 6	470 47	500	4	B
SKPT 26a3	1:1	300	0,55	0,55	2	45	8	250	1,5	47	500	4	A
SKPT 26b3	1:1:1	300	0,55	0,55	2	48	8	250	1,5	47	500	4	B
SKPT 26e3	3:1:1	300	1,7	0,55	15	300	10	250	1,5	47	500	4	B
SKPT 26b10	1:1:1	1000	1,8	1,8	18	260	15	25 250	1 6	470 47	500	4	B
SKPT 21a3	1:1	270	0,6	0,6	3,5	3,5	55	800	0,8	15	650	4	A
SKPT 21b3	1:1:1	270	0,6	0,6	3,5	3,5	55	800	0,8	15	440	2,5	B
SKPT 21b3/650	1:1:1	270	0,6	0,5/0,7	3,5	2,7/3,2	30	800	0,8	15	650	4	B
SKPT 21c3	2:1	275	1,0	0,5	6,5	10	50	800	0,8	15	650	4	A
SKPT 21d3	3:1	270	1,5	0,6	30	20	65	800	0,8	15	650	4	A
SKPT 21e3	3:1:1	270	1,5	0,6	30	20	65	800	0,8	15	440	2,5	B
SKPT 21b4	1:1:1	370	0,7	0,7	6	3,5	65	800	0,8	15	440	2,5	B
SKPT 21b4/650	1:1:1	370	0,7	0,6/0,8	6	4,3/7	65	800	0,8	15	650	4	B
SKPT 21a5	1:1	450	1,0	1,0	10	10	65	800	0,8	15	650	4	A
SKPT 21b5	1:1:1	450	1,0	1,0	10	4,5	65	800	0,8	15	440	2,5	B
SKPT 21b5/650	1:1:1	450	1,0	1,0	10	10	65	800	0,8	15	650	4	B
SKPT 22e3/650	3:1:1	280	1,2	0,5	35	10	40	800	0,8	47	650	4	B
SKPT 27a3	1:1	300	0,3	0,3	2	3	76	1200	1	10	650	4	A
SKPT 27b3	1:1:1	300	0,3	0,3	2	3	95	1200	1	10	500	3	B
SKPT 27b3/650	1:1:1	300	0,3	0,2/0,4	2	3	65	1200	1	10	650	4	B
SKPT 27d3,5	3:1	350	0,6	0,3	20	22	100	2500	1	4,7	650	4	A
SKPT 27e3,5	3:1:1	350	0,6	0,3	20	25	110	2500	1	4,7	650	4	B
SKPT 27b4/1300	1:1:1	450	0,1	0,1	0,55	7,5	8,5	2000	0,5	10	1300	6	B
SKPT 27a5	1:1	500	0,4	0,4	5	5	105	2000	1	10	650	4	A

continued on next page

¹⁾ Material used is according to UL94-V0. Isolation test and pin distance according to IEC 60664-1(1992); (VDE 0110-1:1997-4)

²⁾ Explanations see Chapter A, Section 14.2

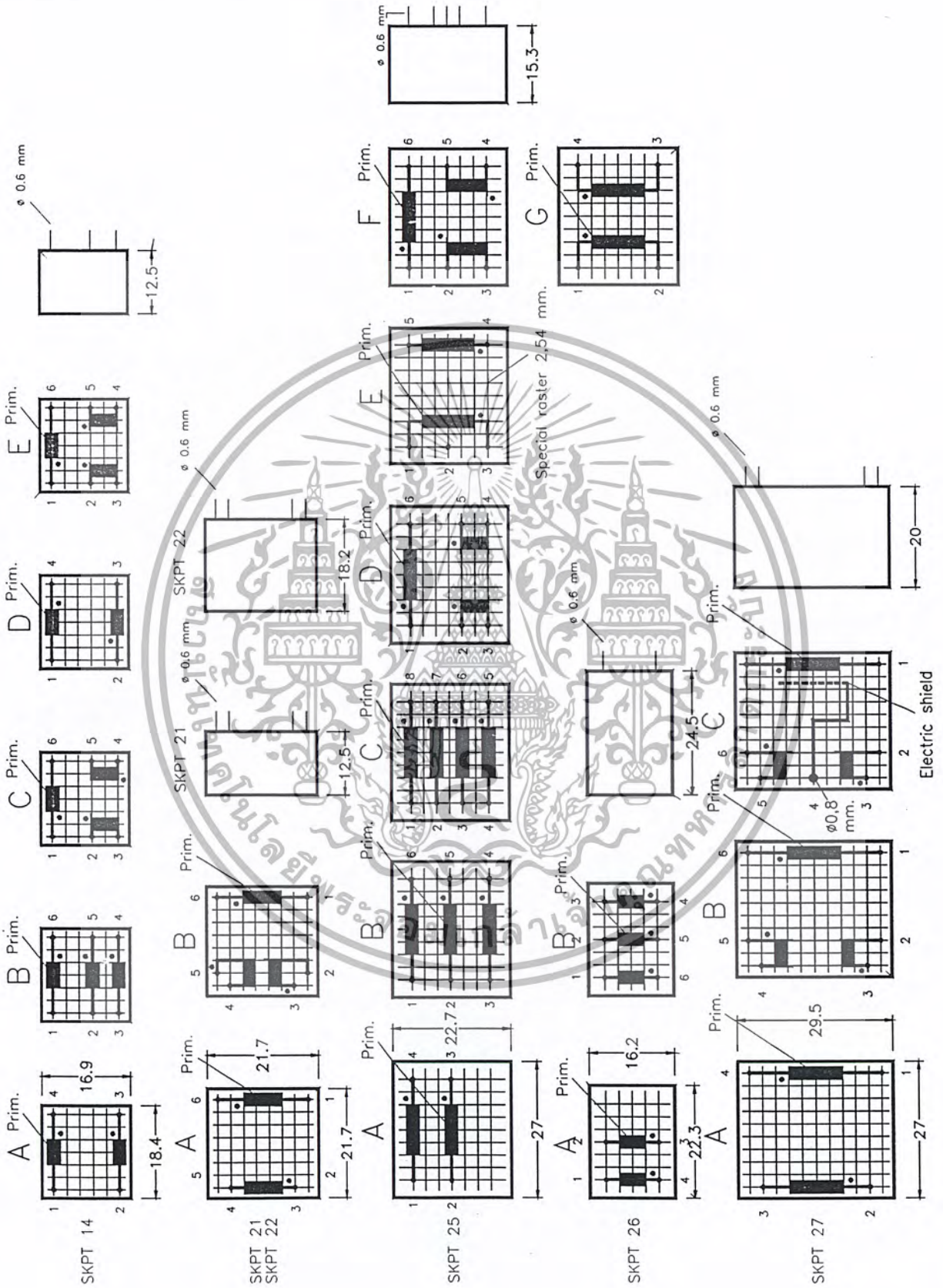
14.2 Pulse Transformers (continued)

Types	N_p/N_s	$\int V dt$	R_p	R_s	L_p	L_{ss}	C_{ps}	I_M	t_r	R_L	V_{ww}	V_{isol}	Winding
• New Type	s	μVs	Ω	Ω	mH	μH	pF	mA	μs	Ω	V	kV	conf
SKPT 27b5	1:1:1	500	0,4	0,4	5	5	117	2000	1	10	500	3	B
SKPT 27b5/650	1:1:1	500	0,4	0,3/0,5	5	5	100	2000	1	10	650	4	B
SKPT 27a10	1:1	1000	0,3	0,3	2,5	5	83	2000	1	10	650	4	A
SKPT 27b10	1:1:1	1000	0,3	0,3	2,5	5	97	2000	1	10	500	3	B
SKPT 27b10/650	1:1:1	1000	0,3	0,2/0,4	2,5	5	84	2000	1	10	650	4	B
SKPT 27b10ES	1:1:1	1000	0,3	0,3	2,5	5	97	2000	1	10	650	4	C
SKPT 27c10	2:1	1000	0,5	0,3	10	15	110	2000	1	10	650	4	A
SKPT HVb3	1:1:1	300	0,3	0,3	3	75	8,5	1000	1	50	3200	12	A
SKPT 25a3/s	1:1	300	0,55	0,55	2	12	20	250	0,8	47	440	3	A
SKPT 25b3/s	1:1:1	300	0,55	0,55	2	12	20	250	0,8	47	440	3	B
SKPT 25e3/s	3:1:1	300	1,8	0,8	15	80	28	250	0,8	47	440	3	B
SKPT 25h3/s	1:1:1:1	300	0,55	0,55	2	12	20	250	0,8	47	440	3	C
SKPT 25a4/s	1:1	400	0,8	0,9	4	17	28	250	0,8	47	440	3	A
SKPT 909	1:1	400	0,8	0,9	4	17	28	600	1	5	900	3	E
SKPT 25b4/s	1:1:1	400	0,8	0,9	4	17	28	250	0,8	47	500	3	B
SKPT 25b4/hs	1:1:1	400	0,8	0,9	1,8	15	28	250	0,8	400	700	4	D
SKPT 25a5/s	1:1	500	1	1,1	5,5	22	28	100 250	0,8 1	100 47	500	3	A
SKPT 25b5/s	1:1:1	500	1,1	1,2	5,5	25	30	100 250	0,8 1	100 47	500	3	B
SKPT 25b6/N	1:1:1	650	1,13	1,2	4,6	20	37	250	1	47	600	4	B
SKPT 25b8/s	1:1:1	800	1,8	2,1	14	40	35	25 250	0,8 1,5	470 47	500	3	B
SKPT 25b10/s	1:1:1	1000	2,2	2,4	18	50	40	25 250	0,8 1,5	470 47	500	3	B
SKPT 25b20/s	1:1:1	2000	6	6	55	100	45	250	3	47	500	3	B

1) Material used is according to UL94-V0. Isolation test and pin distance according to IEC 60664-1(1992); (VDE 0110-1:1997-4)

2) Explanations see Chapter A, Section 14.2

Winding Configurations and Dimensions in mm 2,5 mm grid



Current Transformer

TI 300/0,3

300 A / 0,3 A

Absolute Maximum Ratings

Symbol	Term	Values
I_1	Max. primary current	300 A
I_2	Max. secondary current	0,3 A
	Precision class sec. current	0,5 %
$\frac{n_s}{n_p}$	Transformer current ratio	1000 : 1
P_{out}	Max. Power output (50/60 Hz)	2 VA
f_{op}	Operating frequency	50 / 60 Hz
R_2	Load resistance ¹⁾	> 22,2 Ω

TI 300 / 0,3

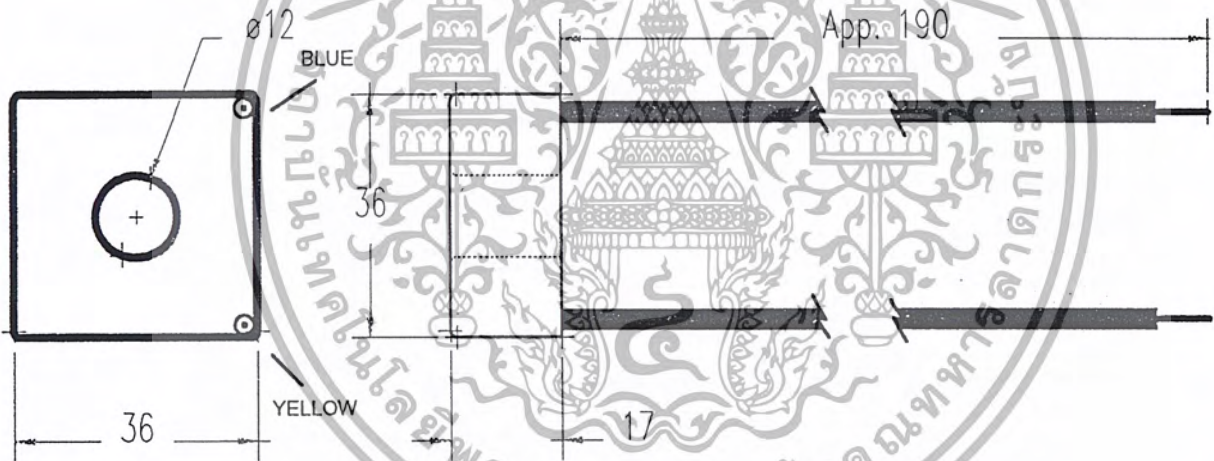


Fig. 1 Outline

Dimensions in mm

CD4073B, CD4081B, CD4082B Types

CMOS AND Gates

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

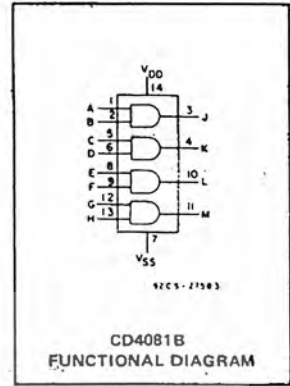
CD4073B Triple 3-Input AND Gate
CD4081B Quad 2-Input AND Gate
CD4082B Dual 4-Input AND Gate

■ CD4073B, CD4081B and CD4082B AND gates, provide the system designer with direct implementation of the AND function and supplement the existing family of CMOS gates.

The CD4073B, CD4081B and CD4082B types are supplied in 14-lead dual-in-line ceramic packages (D and F suffixes), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead small-outline package (NSR suffix), and in chip form (H suffix).

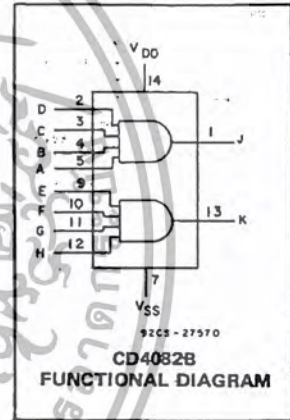
Features:

- Medium-Speed Operation - t_{PLH} , $t_{PHL} = 60$ ns (typ.) at $V_{DD} = 10$ V
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Maximum input current of $1 \mu A$ at 18 V over full package-temperature range; 100 nA at 18 V and $25^\circ C$
- Noise margin (full package-temperature range) =
 - 1 V at $V_{DD} = 5$ V
 - 2 V at $V_{DD} = 10$ V
 - 2.5 V at $V_{DD} = 15$ V
- Standardized, symmetrical output characteristics
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"



MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD}) Voltages referenced to V_{SS} Terminal	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to $V_{DD} + 0.5V$
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	± 10 mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D):	
For $T_A = -55^\circ C$ to $+100^\circ C$	500 mW
For $T_A = +100^\circ C$ to $+125^\circ C$	Derate Linearly at 12mW/ $^\circ C$ to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
FOR $T_A =$ FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100 mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A)	$-55^\circ C$ to $+125^\circ C$
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg})	$-65^\circ C$ to $+150^\circ C$
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance $1/16 \pm 1/32$ inch (1.59 \pm 0.78 mm) from case for 10s max	$+265^\circ C$



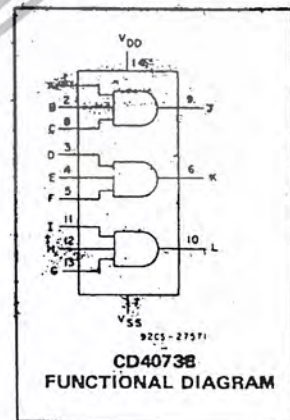
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For $T_A =$ Full-Package Temperature Range)	3	18	V

DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = 25^\circ C$, Input $t_r, t_f = 20$ ns, and $C_L = 50$ pF, $R_L = 200$ k Ω

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS	ALL TYPES LIMITS		UNITS	
		V_{DD} Volts	TYP.		MAX.
Propagation Delay Time, t_{PHL}, t_{PLH}		5	125	250	ns
		10	60	120	
		15	45	90	
Transition Time, t_{THL}, t_{TLH}		5	100	200	ns
		10	50	100	
		15	40	80	
Input Capacitance, C_{IN}	Any Input	-	5	7.5	pF



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4073B, CD4081B, CD4082B Types

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	+25							
				-55	-40	+85	+125	Min.	Typ.	Max.	
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	—	0,5	5	0,25	0,25	7,5	7,5	—	0,01	0,25	μA
	—	0,10	10	0,5	0,5	15	15	—	0,01	0,5	
	—	0,15	15	1	1	30	30	—	0,01	1	
	—	0,20	20	5	5	150	150	—	0,02	5	
Output Low (Sink) Current I _{OL} Min.	0,4	0,5	5	0,64	0,61	0,42	0,36	0,51	1	—	mA
	0,5	0,10	10	1,6	1,5	1,1	0,9	1,3	2,6	—	
	1,5	0,15	15	4,2	4	2,8	2,4	3,4	6,8	—	
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4,6	0,5	5	-0,64	-0,61	-0,42	-0,36	-0,51	-1	—	mA
	2,5	0,5	5	-2	-1,8	-1,3	-1,15	-1,6	-3,2	—	
	9,5	0,10	10	-1,6	-1,5	-1,1	-0,9	-1,3	-2,6	—	
	13,5	0,15	15	-4,2	-4	-2,8	-2,4	-3,4	-6,8	—	
Output Voltage: Low-Level, V _{OL} Max.	—	0,5	5	—	—	—	—	—	0	0,05	V
	—	0,10	10	—	—	—	—	—	0	0,05	
	—	0,15	15	—	—	—	—	—	0	0,05	
Output Voltage: High-Level, V _{OH} Min.	—	0,5	5	—	—	—	—	—	5	—	V
	—	0,10	10	—	—	—	—	—	9,95	—	
	—	0,15	15	—	—	—	—	—	14,95	—	
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	0,5	—	5	—	—	—	—	—	—	1,5	V
	1	—	10	—	—	—	—	—	—	3	
	1,5	—	15	—	—	—	—	—	—	4	
Input High Voltage, V _{IH} Min.	0,5, 4,5	—	5	—	—	—	—	—	—	3,5	V
	1,9	—	10	—	—	—	—	—	—	7	
	1,5, 13,5	—	15	—	—	—	—	—	—	11	
Input Current I _{IN} Max.		0,18	18	±0,1	±0,1	±1	±1	—	±10 ⁻⁶	±0,1	μA

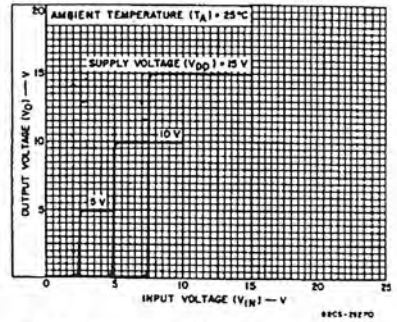


Fig. 3 - Typical voltage transfer characteristics.

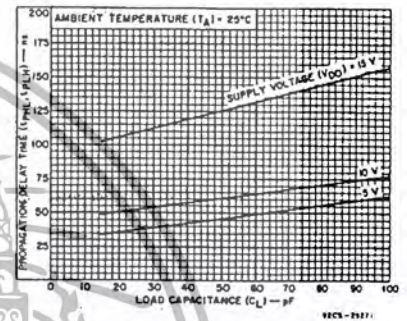


Fig. 4 - Typical propagation delay time as a function of load capacitance.

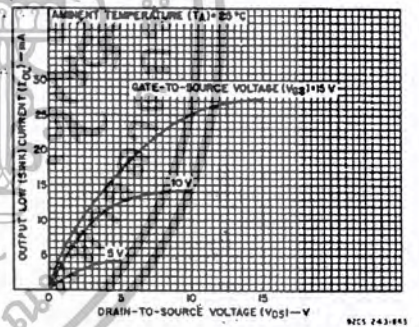


Fig. 5 - Typical output low (sink) current characteristics.

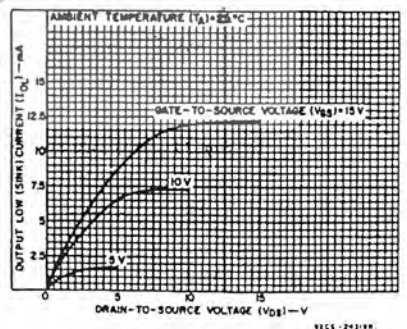


Fig. 6 - Minimum output low (sink) current characteristics.

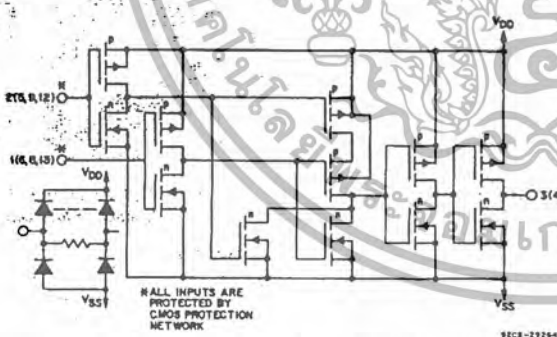


Fig. 1 - Schematic diagram for CD4081B (1 of 4 identical gates).

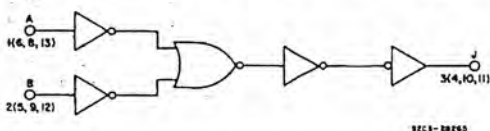


Fig. 2 - Logic diagram for CD4081B (1 of 4 identical gates).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4073B, CD4081B, CD4082B Types

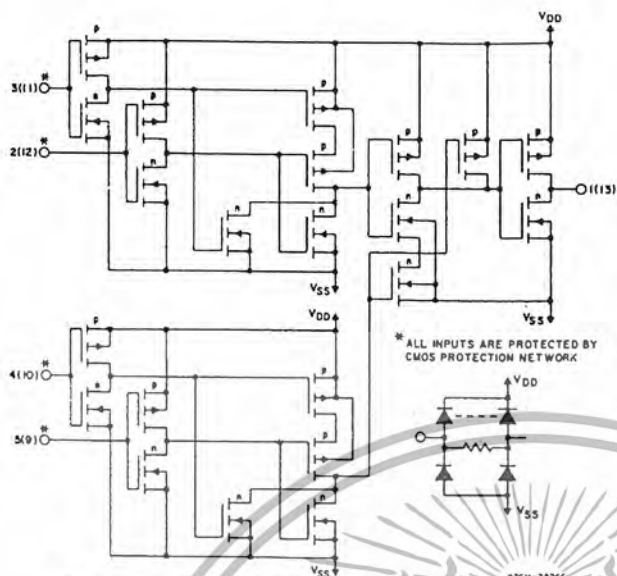


Fig. 7 - Schematic diagram for CD4082B (1 of 2 identical gates).

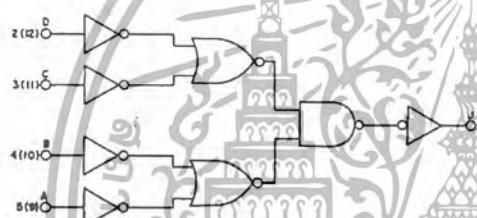


Fig. 9 - Logic diagram for CD4082B (1 of 2 identical gates).

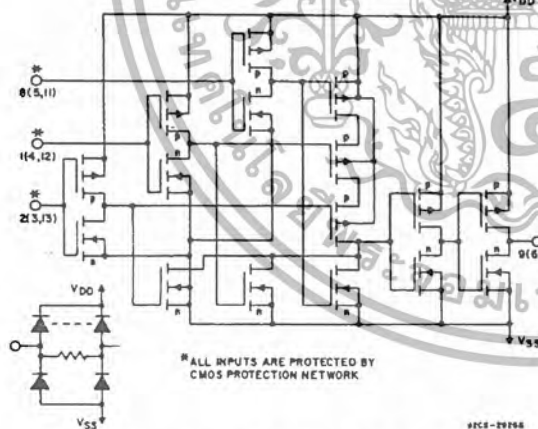


Fig. 11 - Schematic diagram for CD4073B (1 of 3 identical gates).

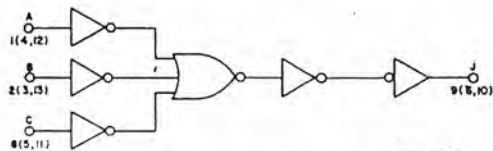


Fig. 13 - Logic diagram for CD4073B (1 of 3 identical gates).

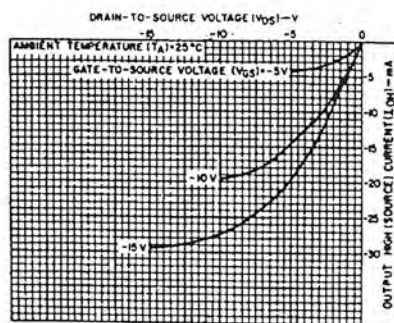


Fig. 8 - Typical output high (source) current characteristics.

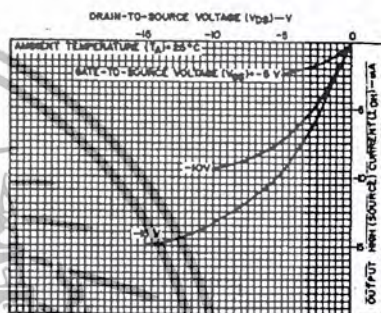


Fig. 10 - Minimum output high (source) current characteristics.

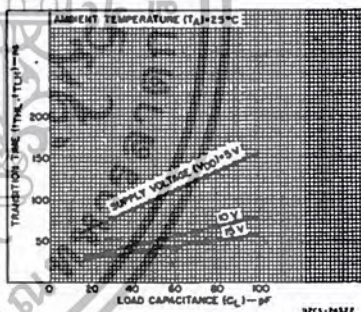


Fig. 12 - Typical transition time as a function of load capacitance.

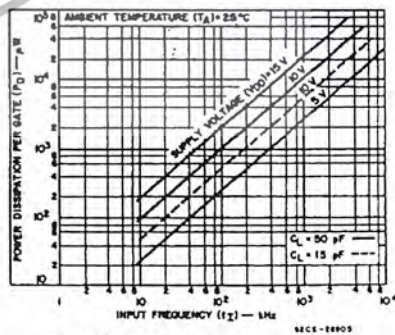


Fig. 14 - Typical dynamic power dissipation per gate as a function of frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD4073B, CD4081B, CD4082B Types

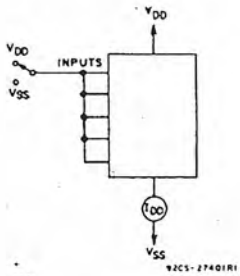


Fig. 15 - Quiescent device current test circuit.

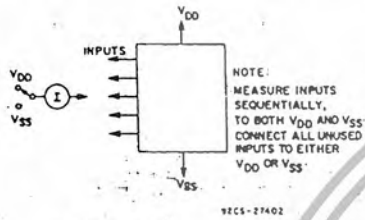


Fig. 16 - Input current test circuit.

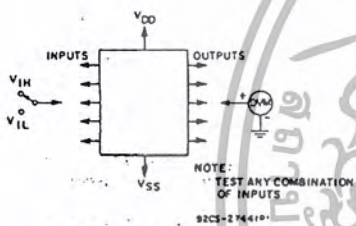
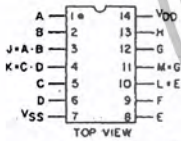
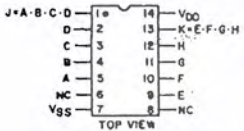


Fig. 17 - Input-voltage test circuit.

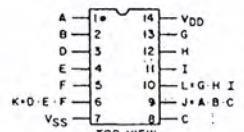
TERMINAL ASSIGNMENTS



CD4081B

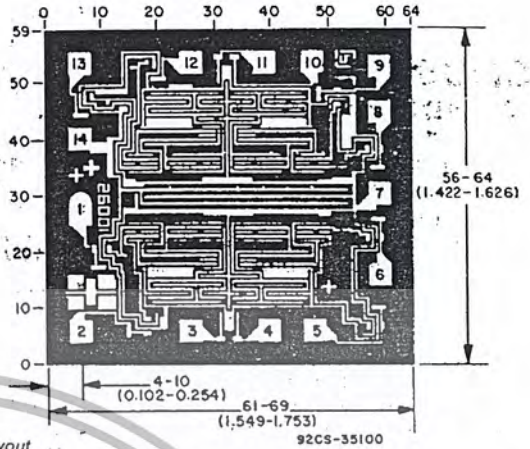


CD4082B

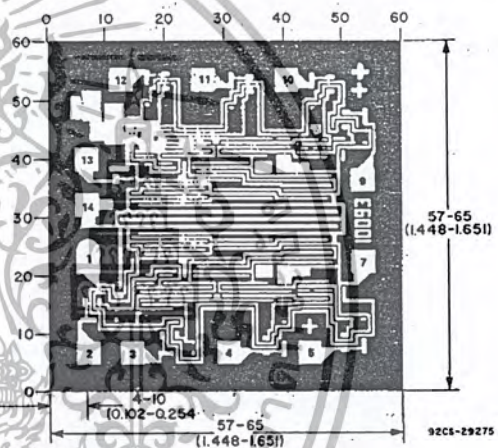


CD4073B

Chip dimensions and pad layout for CD4081B.

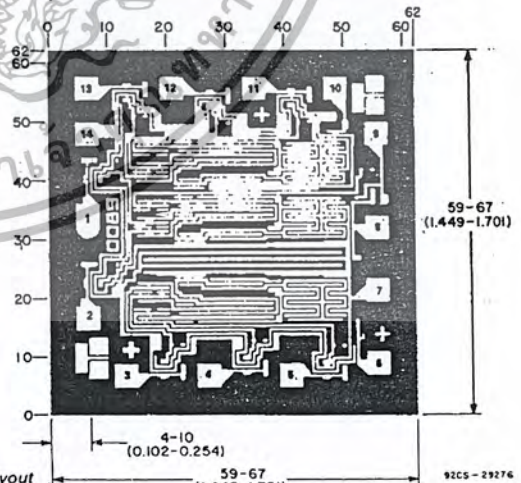


Chip dimensions and pad layout for CD4082B.



Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10⁻³ inch).

Chip dimensions and pad layout for CD4073B.



3
COMMERCIAL CMOS
HIGH VOLTAGE ICs

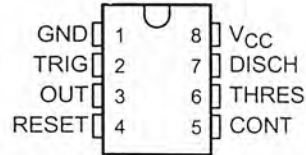
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

SLFS022C – SEPTEMBER 1973 – REVISED FEBRUARY 2002

- Timing From Microseconds to Hours
- Astable or Monostable Operation
- Adjustable Duty Cycle
- TTL-Compatible Output Can Sink or Source up to 200 mA
- Designed To Be Interchangeable With Signetics NE555, SA555, and SE555

NE555 . . . D, P, PS, OR PW PACKAGE
SA555 . . . D OR P PACKAGE
SE555 . . . D, JG, OR P PACKAGE
(TOP VIEW)



description

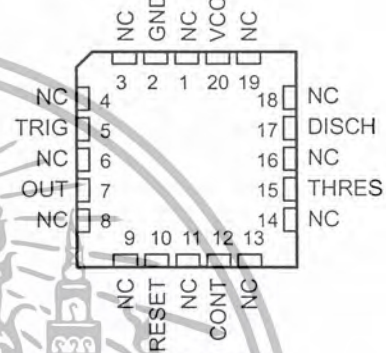
These devices are precision timing circuits capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time-delay or monostable mode of operation, the timed interval is controlled by a single external resistor and capacitor network. In the astable mode of operation, the frequency and duty cycle can be controlled independently with two external resistors and a single external capacitor.

The threshold and trigger levels normally are two-thirds and one-third, respectively, of V_{CC} . These levels can be altered by use of the control-voltage terminal. When the trigger input falls below the trigger level, the flip-flop is set and the output goes high. If the trigger input is above the trigger level and the threshold input is above the threshold level, the flip-flop is reset and the output is low. The reset (RESET) input can override all other inputs and can be used to initiate a new timing cycle. When RESET goes low, the flip-flop is reset and the output goes low. When the output is low, a low-impedance path is provided between discharge (DISCH) and ground.

The output circuit is capable of sinking or sourcing current up to 200 mA. Operation is specified for supplies of 5 V to 15 V. With a 5-V supply, output levels are compatible with TTL inputs.

The NE555 is characterized for operation from 0°C to 70°C. The SA555 is characterized for operation from -40°C to 85°C. The SE555 is characterized for operation over the full military range of -55°C to 125°C.

SE555 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC – No internal connection

AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGE					
	VTHRES MAX VCC = 15 V	SMALL OUTLINE (D, PS)	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (P)	PLASTIC THIN SHRINK SMALL OUTLINE (PW)
0°C to 70°C	11.2 V	NE555D NE555PS	—	—	NE555P	NE555PW
-40°C to 85°C	11.2 V	SA555D	—	—	SA555P	—
-55°C to 125°C	10.6 V	SE555D	SE555FK	SE555JG	SE555P	—

The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., NE555DR). The PS and PW packages are only available taped and reeled.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

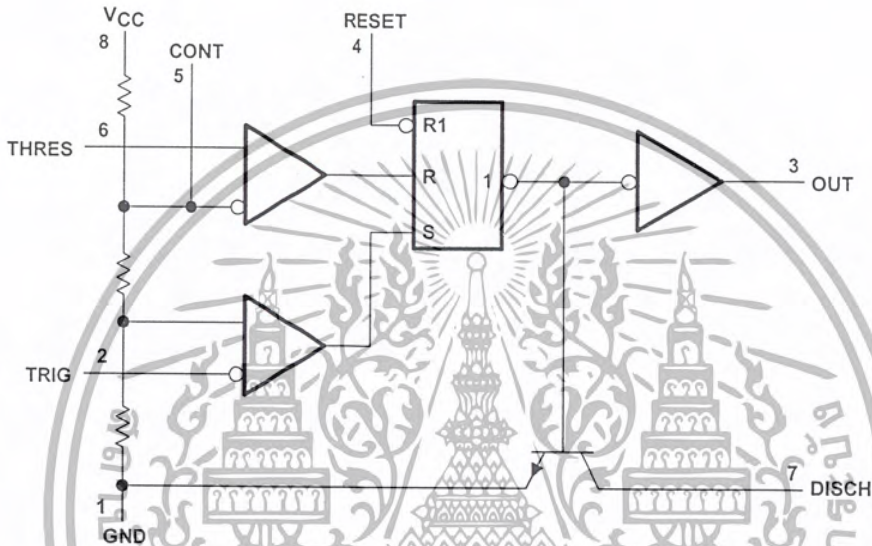
SLFS022C – SEPTEMBER 1973 – REVISED FEBRUARY 2002

FUNCTION TABLE

RESET	TRIGGER VOLTAGE†	THRESHOLD VOLTAGE†	OUTPUT	DISCHARGE SWITCH
Low	Irrelevant	Irrelevant	Low	On
High	<1/3 V _{DD}	Irrelevant	High	Off
High	>1/3 V _{DD}	>2/3 V _{DD}	Low	On
High	>1/3 V _{DD}	<2/3 V _{DD}	As previously established	

† Voltage levels shown are nominal.

functional block diagram



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.

NOTE A: RESET can override TRIG, which can override THRES.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC} (see Note 1)	18 V
Input voltage (CONT, RESET, THRES, and TRIG)	V_{CC}
Output current	± 225 mA
Continuous total dissipation	See Dissipation Rating Table
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2):	
D package	97°C/W
P package	85°C/W
PS package	95°C/W
PW package	149°C/W
Case temperature for 60 seconds: FK package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D, P, PS, or PW package	260°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 60 seconds: JG package	300°C
Storage temperature range, T_{Stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. All voltage values are with respect to GND.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE $T_A = 25^\circ\text{C}$	$T_A = 70^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 85^\circ\text{C}$ POWER RATING	$T_A = 125^\circ\text{C}$ POWER RATING
FK	1375 mW	11.0 mW/°C	880 mW	715 mW	275 mW
JG (SE555)	1050 mW	8.4 mW/°C	672 mW	546 mW	210 mW

recommended operating conditions

			MIN	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	SA555, NE555	4.5	16	V
		SE555	4.5	18	
V_I	Input voltage (CONT, RESET, THRES, and TRIG)			V_{CC}	V
I_O	Output current			± 200	mA
T_A	Operating free-air temperature	NE555	0	70	°C
		SA555	-40	85	
		SE555	-55	125	



NE555, SA555, SE555 PRECISION TIMERS

SLFS022C – SEPTEMBER 1973 – REVISED FEBRUARY 2002

electrical characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V to }15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		SE555			NE555 SA555			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
THRES voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$		9.4	10	10.6	8.8	10	11.2	V
	$V_{CC} = 5\text{ V}$		2.7	3.3	4	2.4	3.3	4.2	
THRES current (see Note 3)			30	250		30	250	nA	
TRIG voltage level	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	4.5	5	5.6	V
			3		6				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	
					1.9				
TRIG current	TRIG at 0 V		0.5	0.9		0.5	2	μA	
RESET voltage level			0.3	0.7	1	0.3	0.7	1	V
	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$				1.1				
RESET current	RESET at V_{CC}		0.1	0.4		0.1	0.4	mA	
	RESET at 0 V		-0.4	-1		-0.4	-1.5		
DISCH switch off-state current			20	100		20	100	nA	
CONT voltage (open circuit)	$V_{CC} = 15\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V
			9.6		10.4				
	$V_{CC} = 5\text{ V}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2.9	3.3	3.8	2.6	3.3	4	
			2.9		3.8				
Low-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 10\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.1	0.15		0.1	0.25	V	
			0.4	0.5		0.4	0.75		
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 50\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2	2.2		2	2.5		
			2.5	2.7		2.5			
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OL} = 200\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	2.5			2.5			
			0.35						
	$V_{CC} = 5\text{ V}$, $I_{OL} = 3.5\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	0.1	0.2		0.1	0.35		
			0.15	0.25		0.15	0.4		
High-level output voltage	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OH} = -100\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	13	13.3		12.75	13.3	V	
			12						
	$V_{CC} = 15\text{ V}$, $I_{OH} = -200\text{ mA}$	$T_A = -55^\circ\text{C to }125^\circ\text{C}$	12.5			12.5			
			3	3.3		2.75	3.3		
Supply current	Output low, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	10	12		10	15	mA	
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	3	5		3	6		
	Output high, No load	$V_{CC} = 15\text{ V}$	9	10		9	13		
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	2	4		2	5		

NOTE 3: This parameter influences the maximum value of the timing resistors R_A and R_B in the circuit of Figure 12. For example, when $V_{CC} = 5\text{ V}$, the maximum value is $R = R_A + R_B = 3.4\text{ M}\Omega$, and for $V_{CC} = 15\text{ V}$, the maximum value is $10\text{ M}\Omega$.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

operating characteristics, $V_{CC} = 5\text{ V}$ and 15 V

PARAMETER		TEST CONDITION [†]	SE555			NE555 SA555			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Initial error of timing interval [‡]	Each timer, monostable [§]	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.5%	1.5%*		1%	3%		
	Each timer, astable [¶]		1.5%		2.25%				
Temperature coefficient of timing interval	Each timer, monostable [§]	$T_A = \text{MIN to MAX}$	30	100*		50		ppm/ $^\circ\text{C}$	
	Each timer, astable [¶]		90		150				
Supply-voltage sensitivity of timing interval	Each timer, monostable [§]	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.05	0.2*		0.1	0.5	%/ V	
	Each timer, astable [¶]		0.15		0.3				
Output-pulse rise time		$C_L = 15\text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	100	200*		100	300	ns	
Output-pulse fall time		$C_L = 15\text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	100	200*		100	300	ns	

* On products compliant to MIL-PRF-38535, this parameter is not production tested.

[†] For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

[‡] Timing interval error is defined as the difference between the measured value and the average value of a random sample from each process run.

[§] Values specified are for a device in a monostable circuit similar to Figure 9, with the following component values: $R_A = 2\text{ k}\Omega$ to $100\text{ k}\Omega$, $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$.

[¶] Values specified are for a device in an astable circuit similar to Figure 12, with the following component values: $R_A = 1\text{ k}\Omega$ to $100\text{ k}\Omega$, $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$.



TYPICAL CHARACTERISTICS†

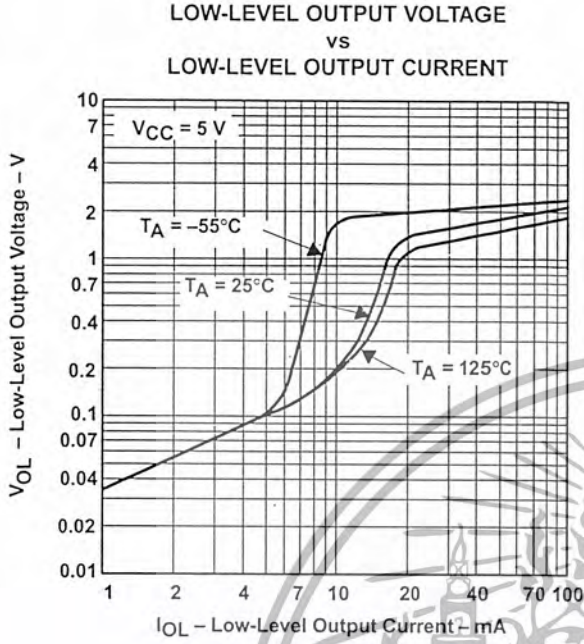


Figure 1

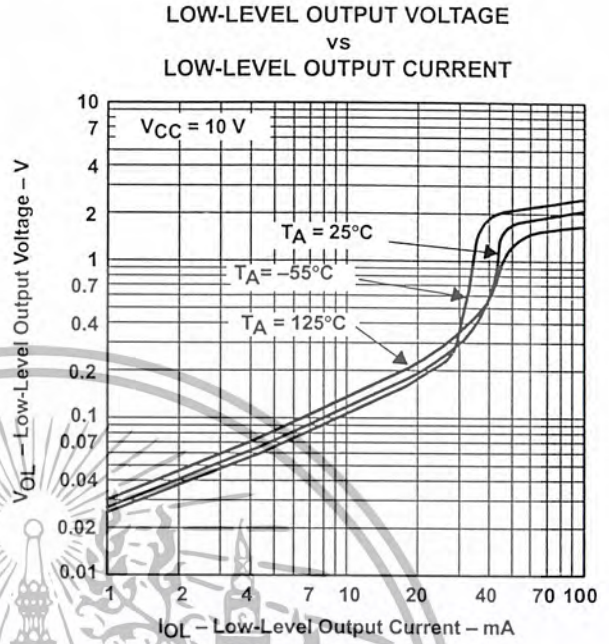


Figure 2

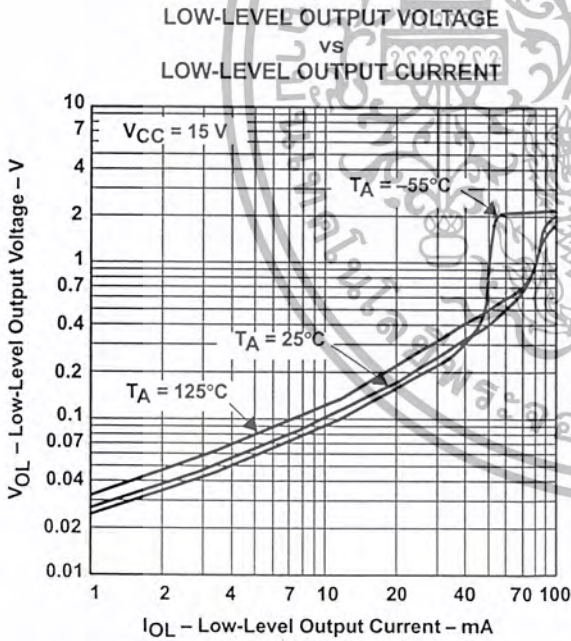


Figure 3

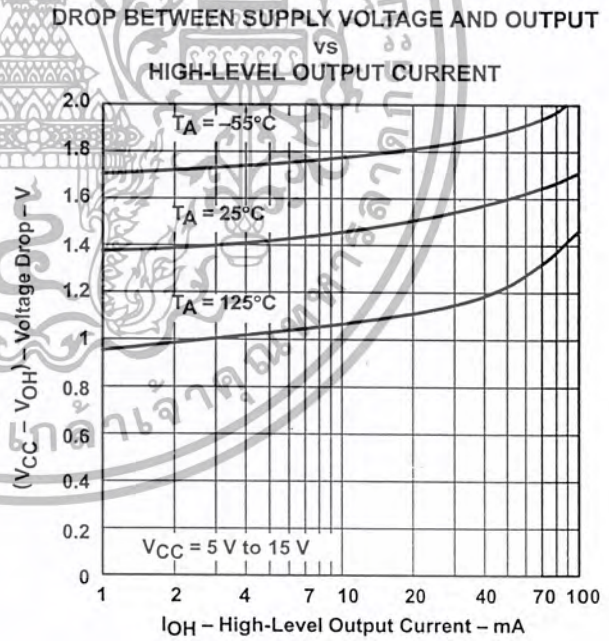


Figure 4

†Data for temperatures below 0°C and above 70°C are applicable for SE555 circuits only.

TYPICAL CHARACTERISTICS†

SUPPLY CURRENT
vs
SUPPLY VOLTAGE

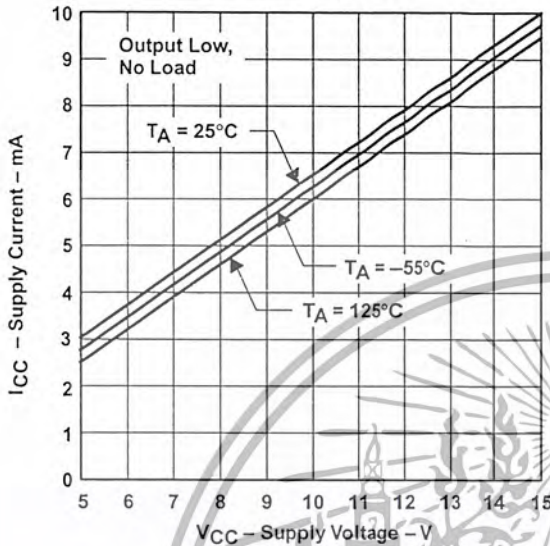


Figure 5

NORMALIZED OUTPUT PULSE DURATION
(MONOSTABLE OPERATION)
vs
SUPPLY VOLTAGE

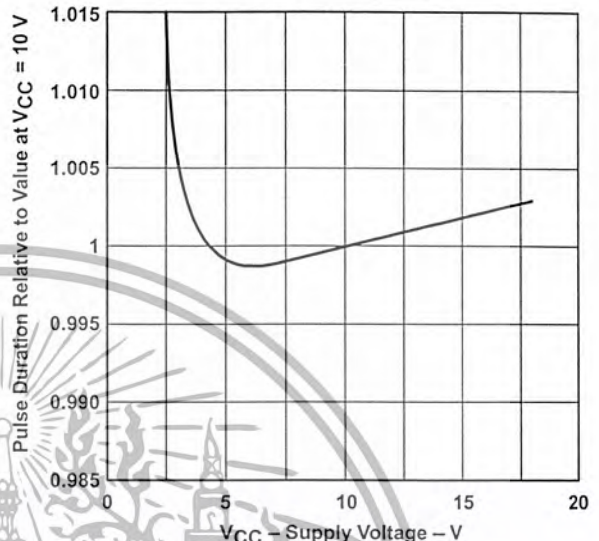


Figure 6

NORMALIZED OUTPUT PULSE DURATION
(MONOSTABLE OPERATION)
vs
FREE-AIR TEMPERATURE

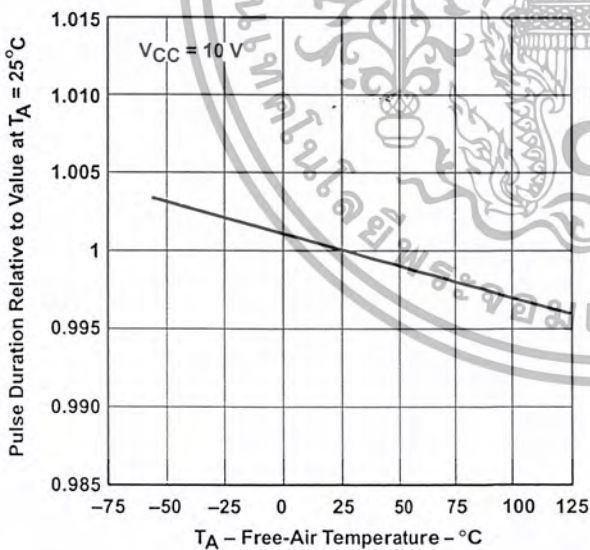


Figure 7

PROPAGATION DELAY TIME
vs
LOWEST VOLTAGE LEVEL
OF TRIGGER PULSE

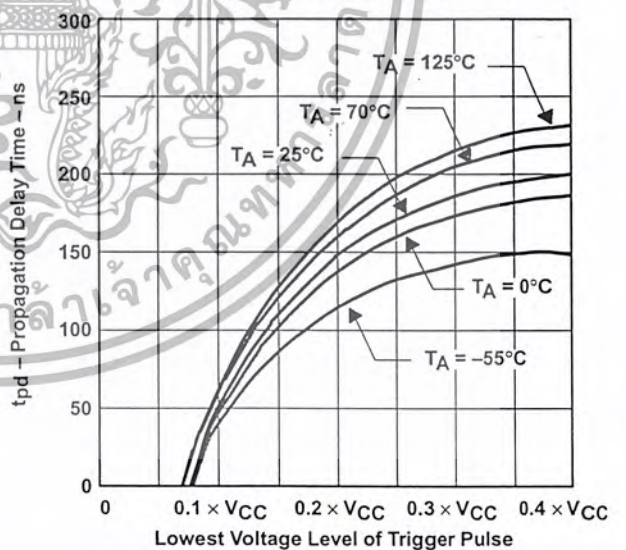


Figure 8

†Data for temperatures below 0°C and above 70°C are applicable for SE555 series circuits only.



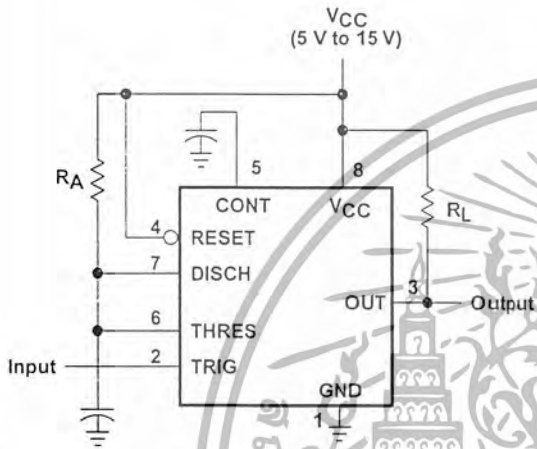
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

monostable operation

For monostable operation, any of these timers can be connected as shown in Figure 9. If the output is low, application of a negative-going pulse to the trigger (TRIG) sets the flip-flop (\bar{Q} goes low), drives the output high, and turns off Q1. Capacitor C then is charged through R_A until the voltage across the capacitor reaches the threshold voltage of the threshold (THRES) input. If TRIG has returned to a high level, the output of the threshold comparator resets the flip-flop (\bar{Q} goes high), drives the output low, and discharges C through Q1.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.

Figure 9. Circuit for Monostable Operation

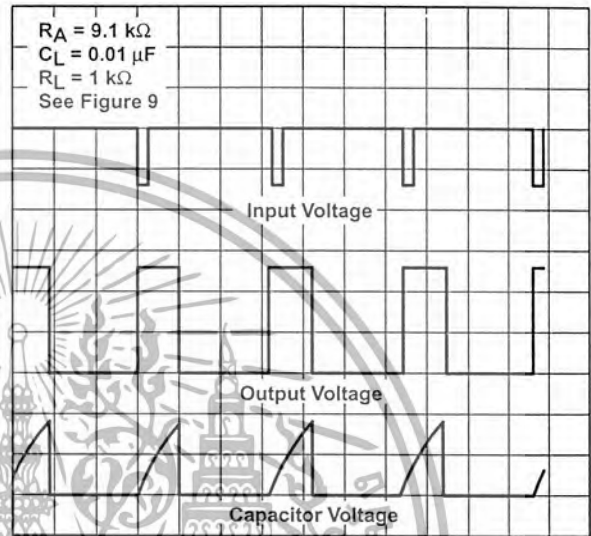


Figure 10. Typical Monostable Waveforms

Monostable operation is initiated when TRIG voltage falls below the trigger threshold. Once initiated, the sequence ends only if TRIG is high at the end of the timing interval. Because of the threshold level and saturation voltage of Q1, the output pulse duration is approximately $t_w = 1.1R_A C$. Figure 11 is a plot of the time constant for various values of R_A and C. The threshold levels and charge rates both are directly proportional to the supply voltage, V_{CC} . The timing interval is, therefore, independent of the supply voltage, so long as the supply voltage is constant during the time interval.

Applying a negative-going trigger pulse simultaneously to RESET and TRIG during the timing interval discharges C and reinitiates the cycle, commencing on the positive edge of the reset pulse. The output is held low as long as the reset pulse is low. To prevent false triggering, when RESET is not used, it should be connected to V_{CC} .

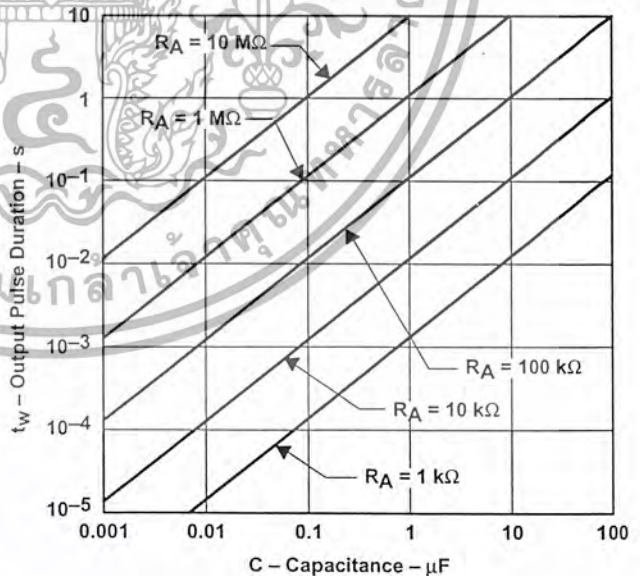


Figure 11. Output Pulse Duration vs Capacitance



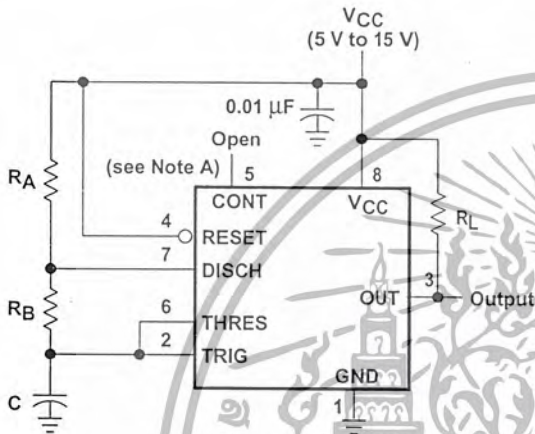
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

APPLICATION INFORMATION

astable operation

As shown in Figure 12, adding a second resistor, R_B , to the circuit of Figure 9 and connecting the trigger input to the threshold input causes the timer to self-trigger and run as a multivibrator. The capacitor C charges through R_A and R_B and then discharges through R_B only. Therefore, the duty cycle is controlled by the values of R_A and R_B .

This astable connection results in capacitor C charging and discharging between the threshold-voltage level ($\approx 0.67 \times V_{CC}$) and the trigger-voltage level ($\approx 0.33 \times V_{CC}$). As in the monostable circuit, charge and discharge times (and, therefore, the frequency and duty cycle) are independent of the supply voltage.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.

NOTE A: Decoupling CONT voltage to ground with a capacitor can improve operation. This should be evaluated for individual applications.

Figure 12. Circuit for Astable Operation

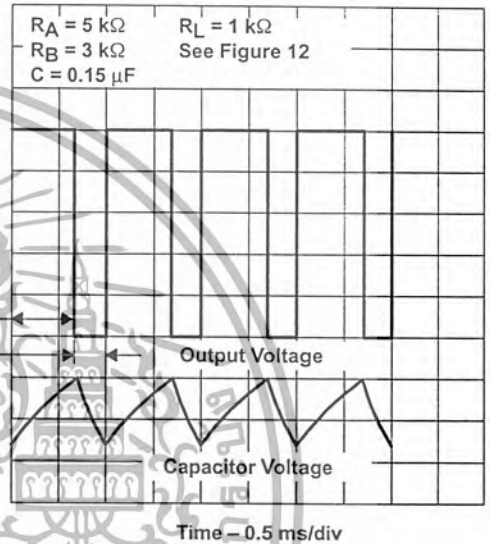


Figure 13. Typical Astable Waveforms

APPLICATION INFORMATION

astable operation (continued)

Figure 13 shows typical waveforms generated during astable operation. The output high-level duration t_H and low-level duration t_L can be calculated as follows:

$$t_H = 0.693 (R_A + R_B) C$$

$$t_L = 0.693 (R_B) C$$

Other useful relationships are shown below.

$$\text{period} = t_H + t_L = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

$$\text{frequency} \approx \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

$$\text{Output driver duty cycle} = \frac{t_L}{t_H + t_L} = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Output waveform duty cycle} = \frac{t_H}{t_H + t_L} = 1 - \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

$$\text{Low-to-high ratio} = \frac{t_L}{t_H} = \frac{R_B}{R_A + R_B}$$

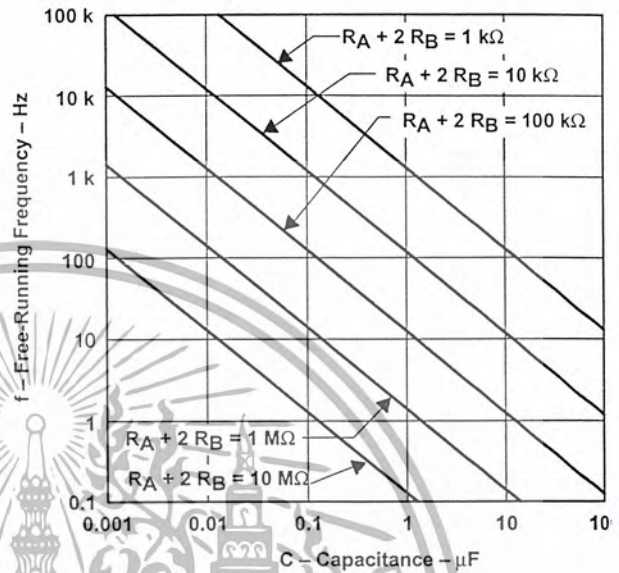
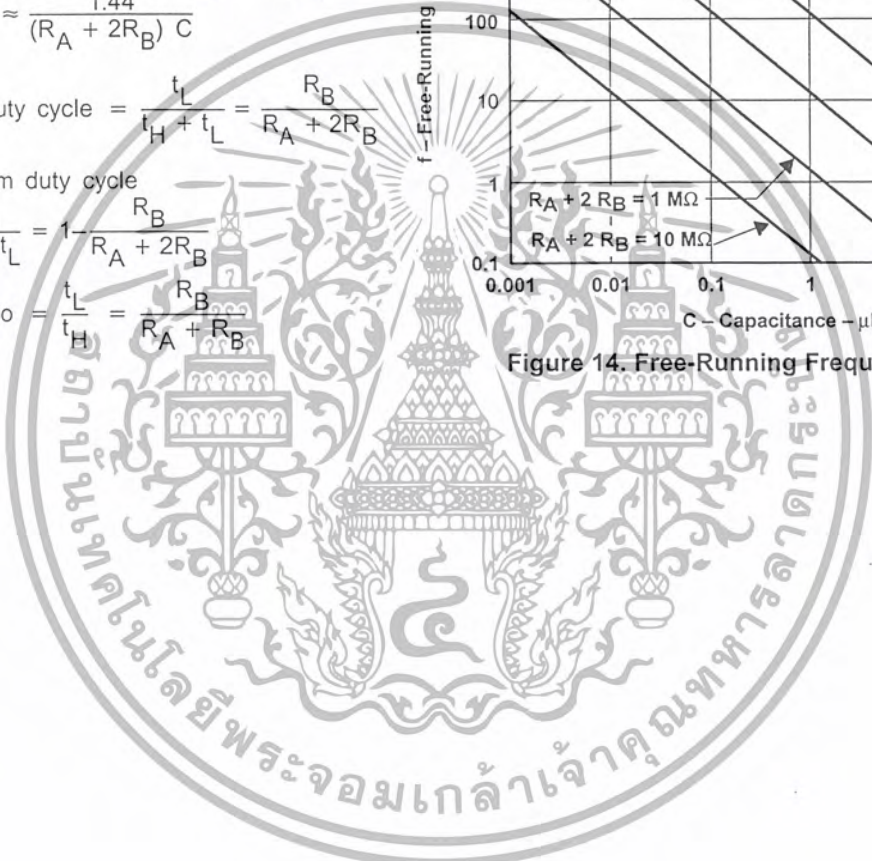


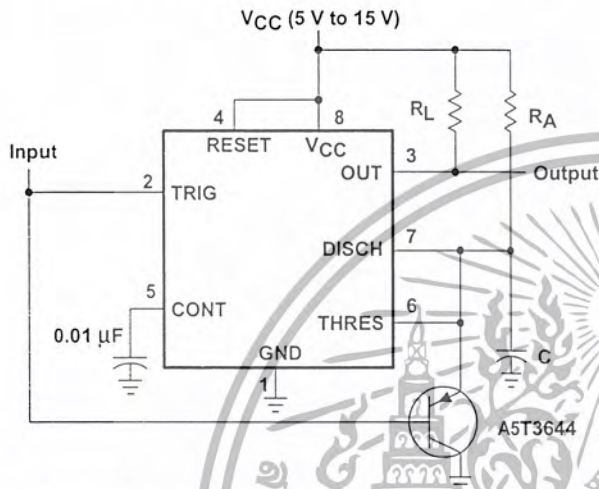
Figure 14. Free-Running Frequency



APPLICATION INFORMATION

missing-pulse detector

The circuit shown in Figure 15 can be used to detect a missing pulse or abnormally long spacing between consecutive pulses in a train of pulses. The timing interval of the monostable circuit is retriggered continuously by the input pulse train as long as the pulse spacing is less than the timing interval. A longer pulse spacing, missing pulse, or terminated pulse train permits the timing interval to be completed, thereby generating an output pulse as shown in Figure 16.



Pin numbers shown are shown for the D, JG, P, PS, and PW packages.

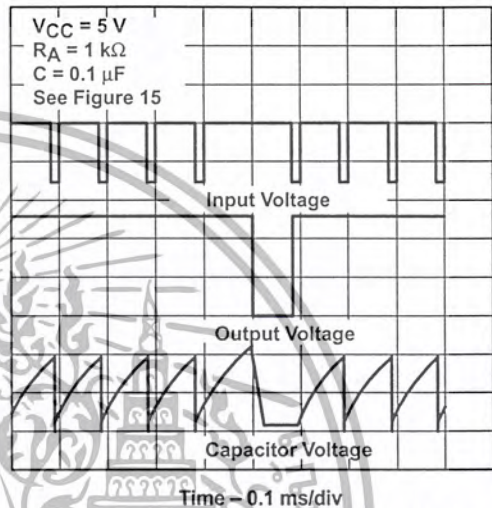


Figure 16. Completed-Timing Waveforms for Missing-Pulse Detector

Figure 15. Circuit for Missing-Pulse Detector

APPLICATION INFORMATION

frequency divider

By adjusting the length of the timing cycle, the basic circuit of Figure 9 can be made to operate as a frequency divider. Figure 17 shows a divide-by-three circuit that makes use of the fact that retriggering cannot occur during the timing cycle.

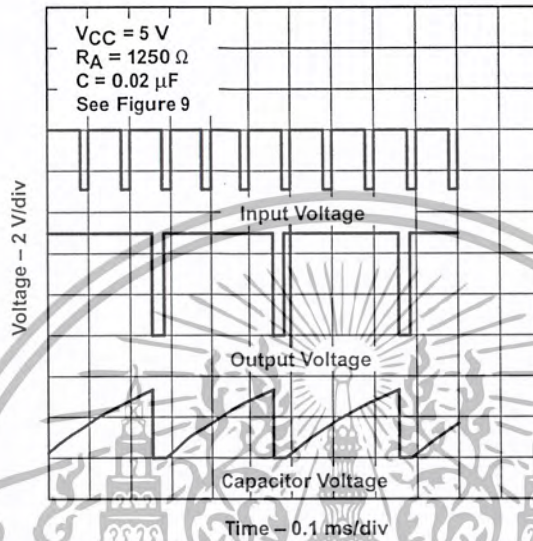
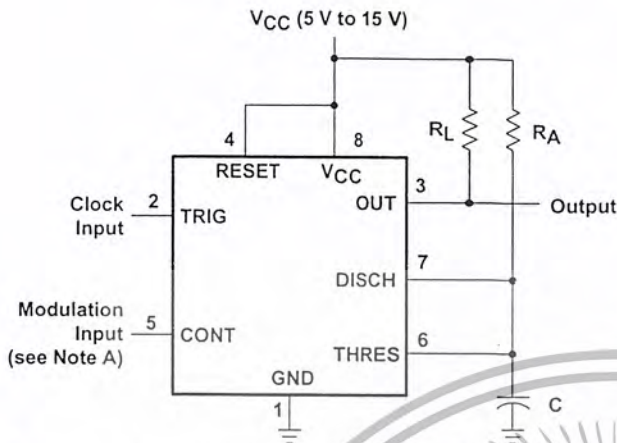


Figure 17. Divide-by-Three Circuit Waveforms

pulse-width modulation

The operation of the timer can be modified by modulating the internal threshold and trigger voltages, which is accomplished by applying an external voltage (or current) to CONT. Figure 18 shows a circuit for pulse-width modulation. A continuous input pulse train triggers the monostable circuit, and a control signal modulates the threshold voltage. Figure 19 shows the resulting output pulse-width modulation. While a sine-wave modulation signal is illustrated, any wave shape could be used.

APPLICATION INFORMATION



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.
NOTE A: The modulating signal can be direct or capacitively coupled to CONT. For direct coupling, the effects of modulation source voltage and impedance on the bias of the timer should be considered.

Figure 18. Circuit for Pulse-Width Modulation

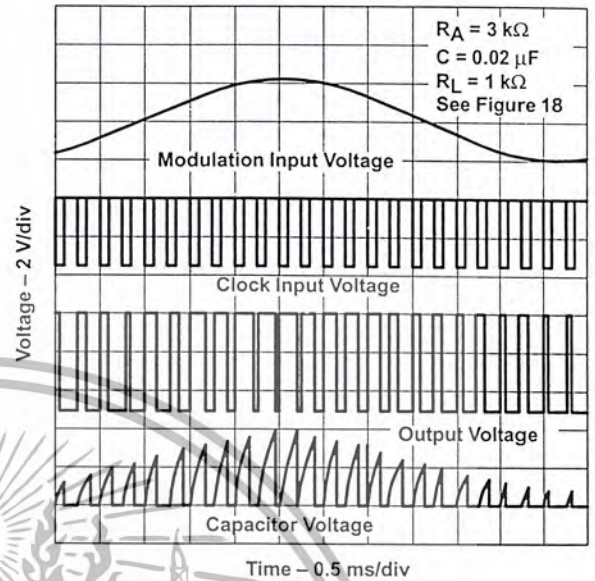
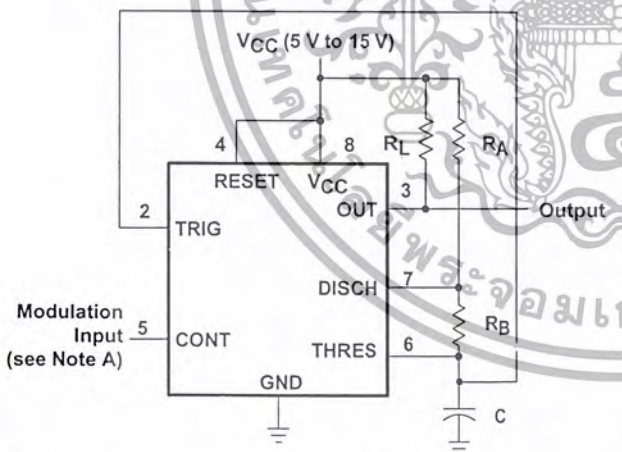


Figure 19. Pulse-Width-Modulation Waveforms

pulse-position modulation

As shown in Figure 20, any of these timers can be used as a pulse-position modulator. This application modulates the threshold voltage and, thereby, the time delay, of a free-running oscillator. Figure 21 shows a triangular-wave modulation signal for such a circuit; however, any wave shape could be used.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.
NOTE A: The modulating signal can be direct or capacitively coupled to CONT. For direct coupling, the effects of modulation source voltage and impedance on the bias of the timer should be considered.

Figure 20. Circuit for Pulse-Position Modulation

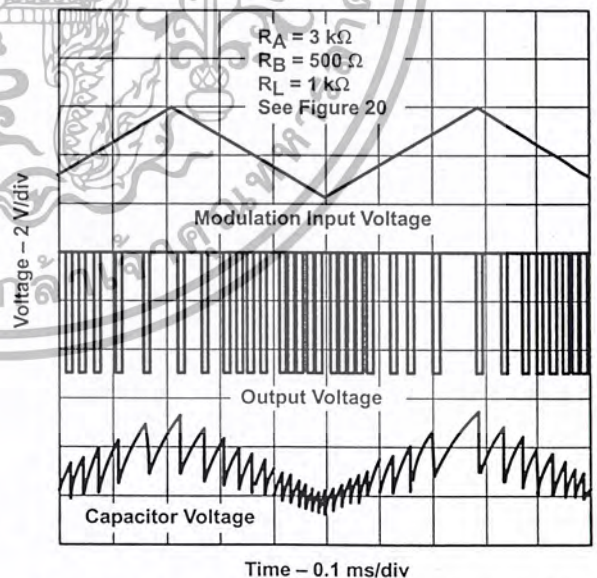


Figure 21. Pulse-Position-Modulation Waveforms

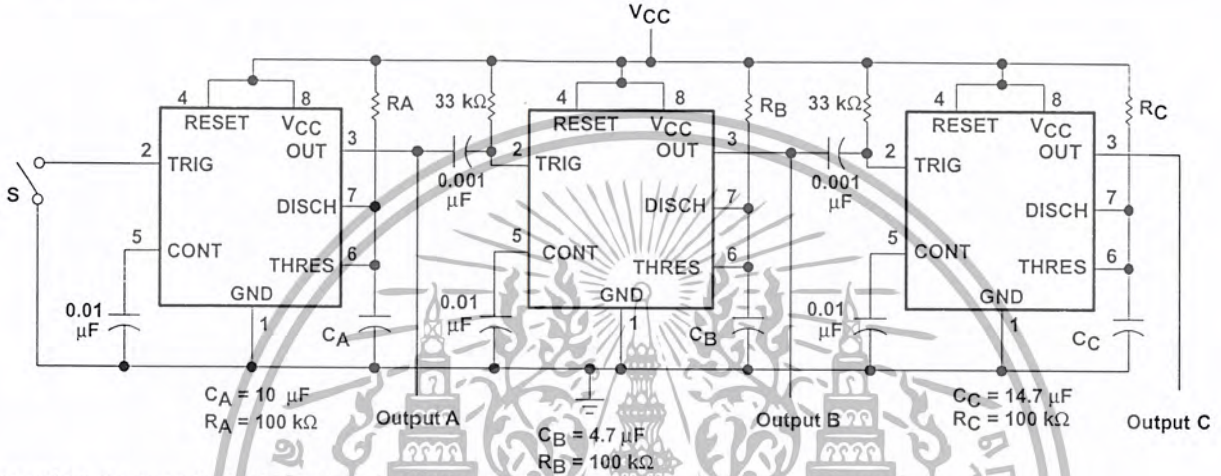


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

sequential timer

Many applications, such as computers, require signals for initializing conditions during start-up. Other applications, such as test equipment, require activation of test signals in sequence. These timing circuits can be connected to provide such sequential control. The timers can be used in various combinations of astable or monostable circuit connections, with or without modulation, for extremely flexible waveform control. Figure 22 shows a sequencer circuit with possible applications in many systems, and Figure 23 shows the output waveforms.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.
NOTE A: S closes momentarily at $t = 0$.

Figure 22. Sequential Timer Circuit

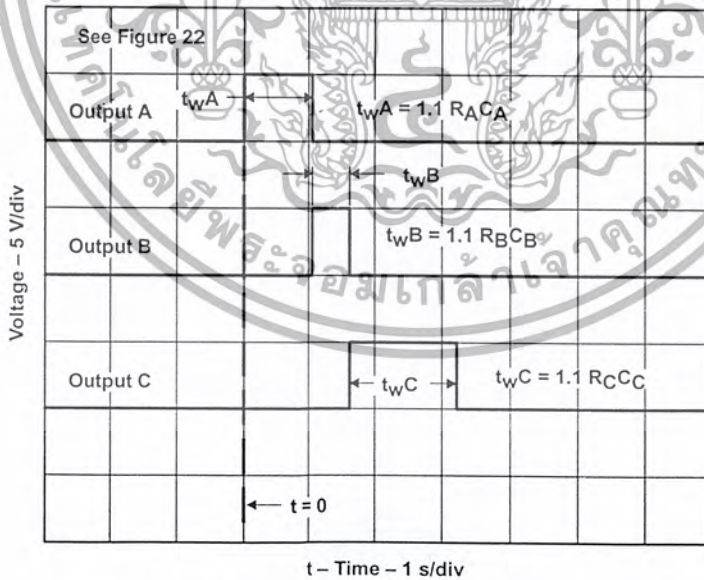


Figure 23. Sequential Timer Waveforms

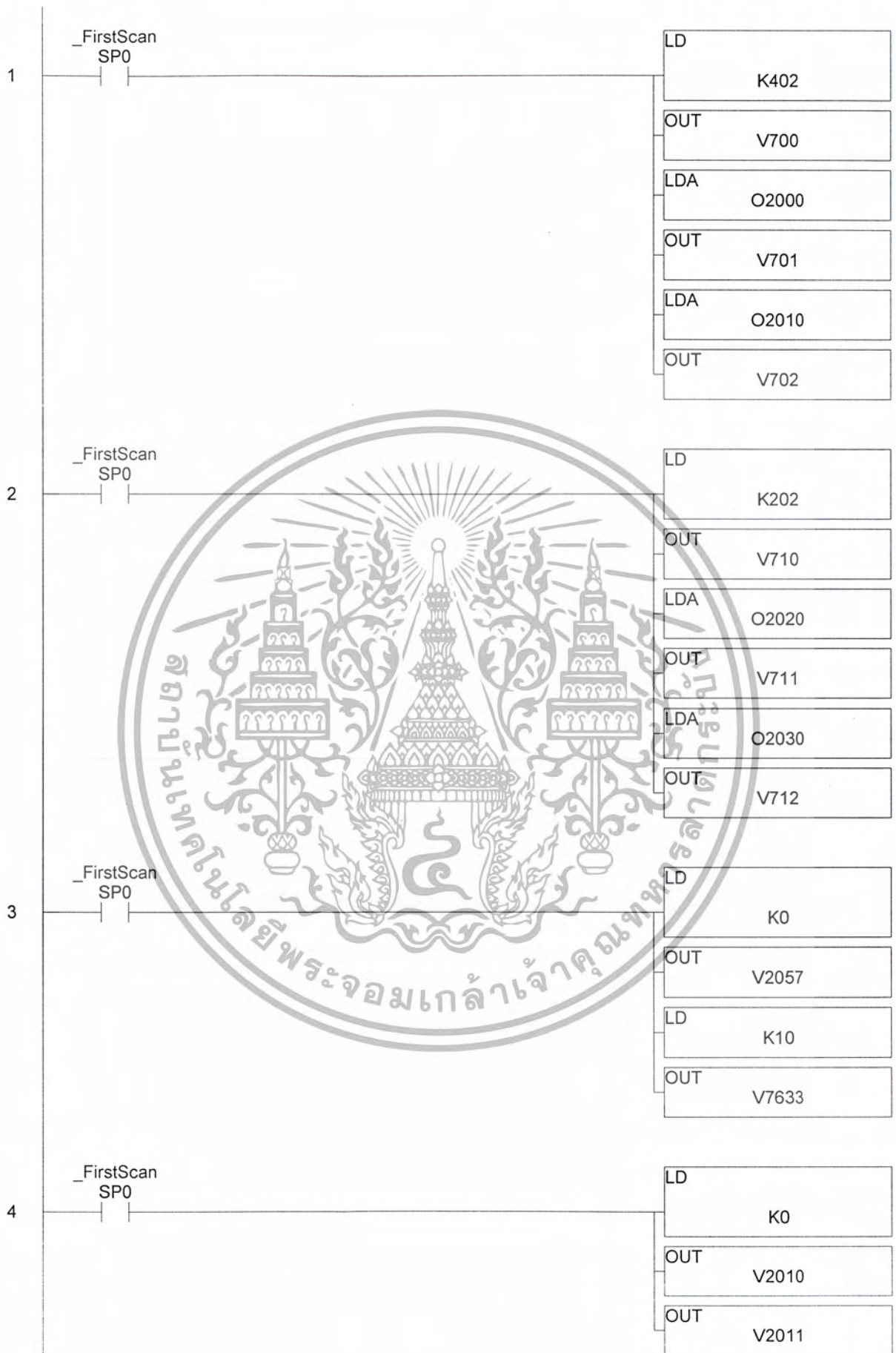


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

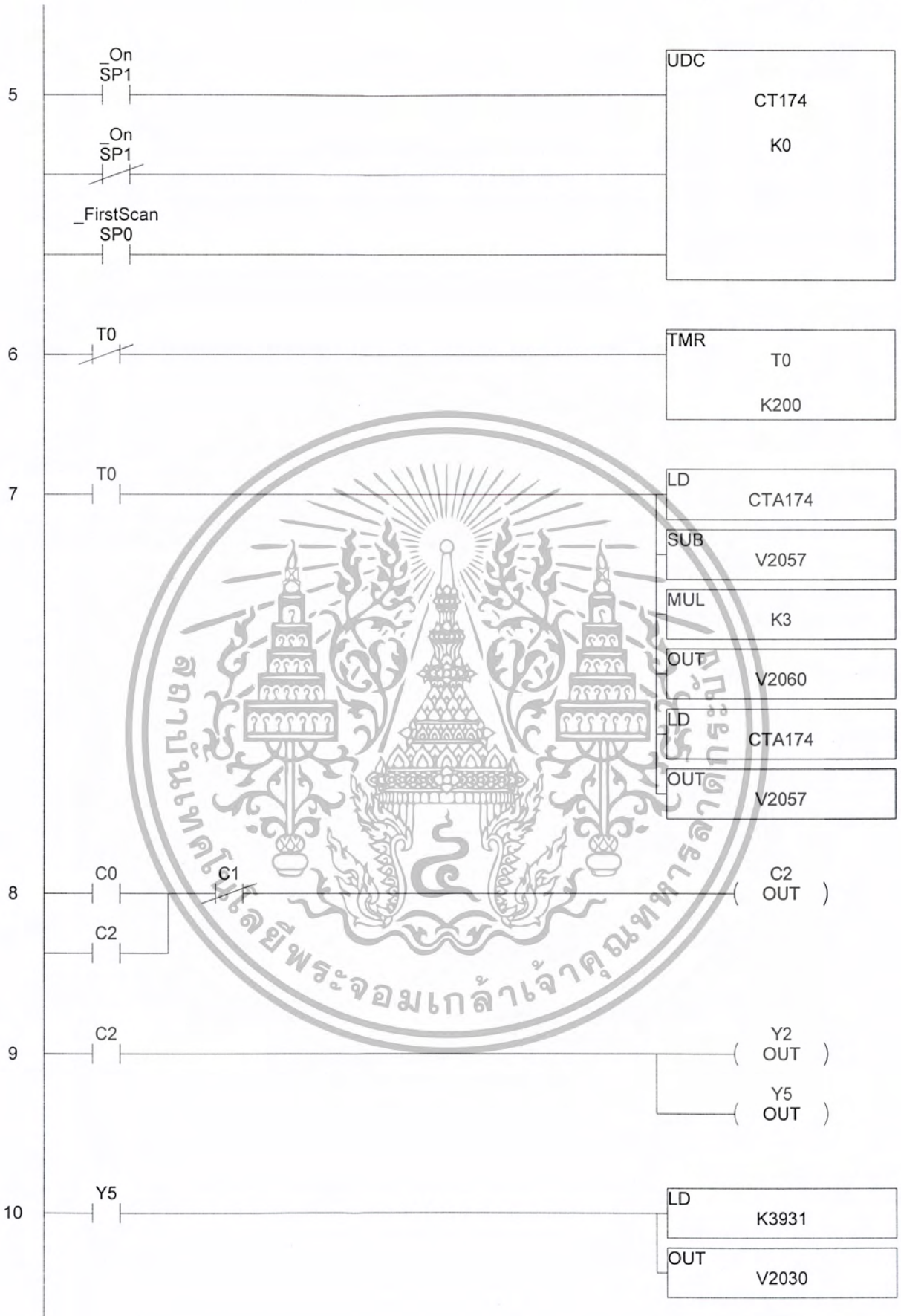
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

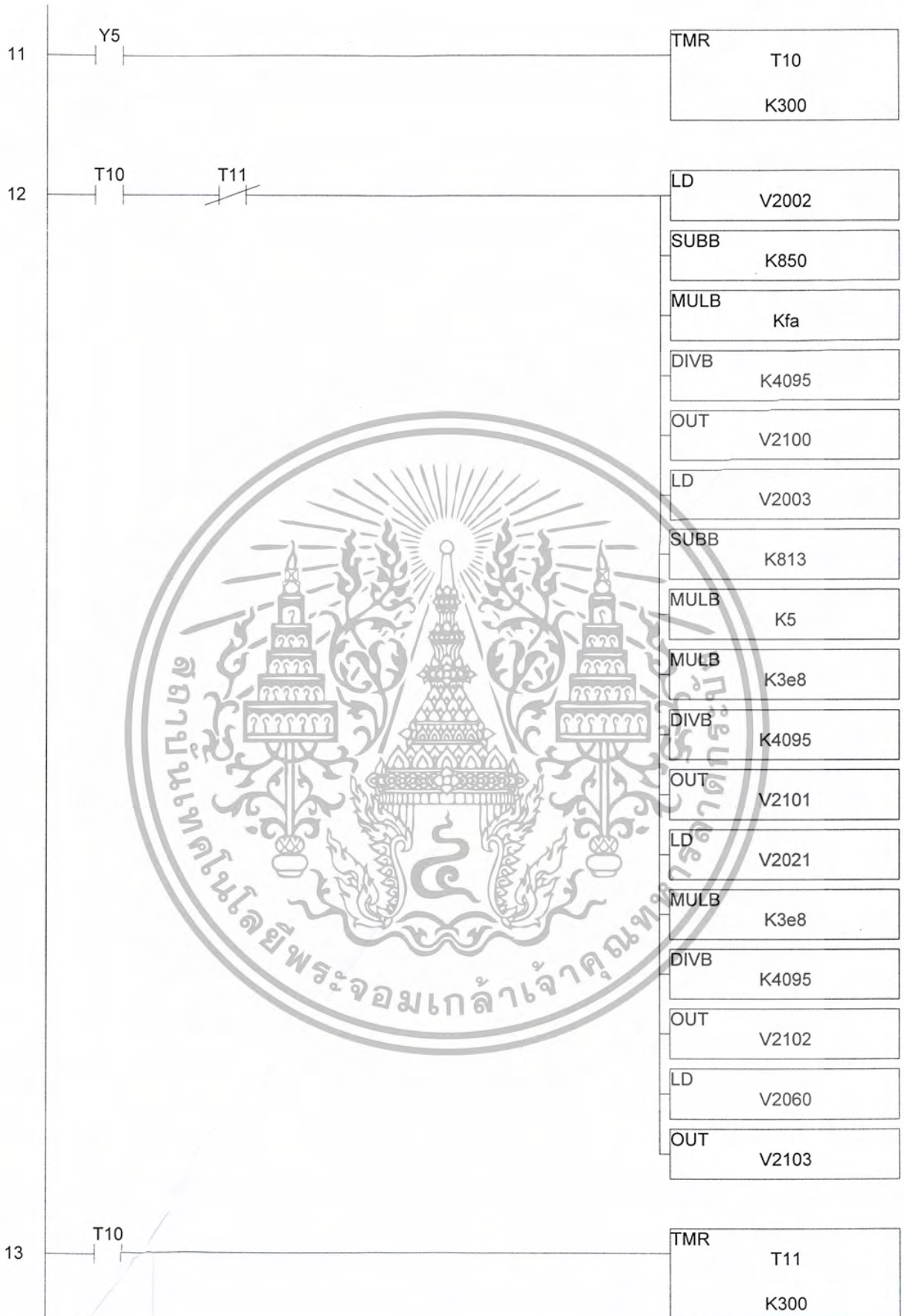


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

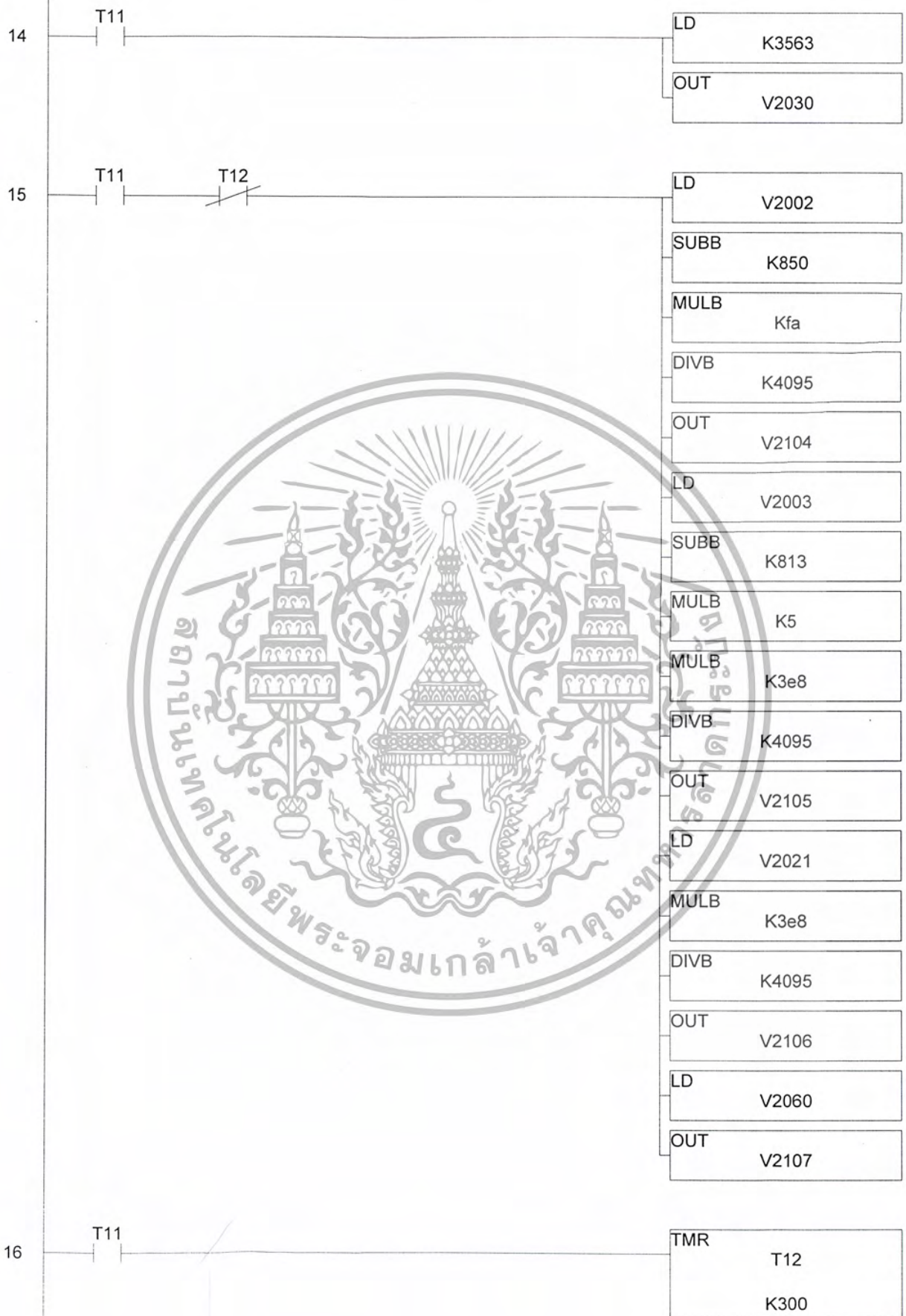


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

