ชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
THREE PHASE ELETRICAL MACHINES TEST DISPLAYS

โดย

นรจ.ธนากร	ศรีมุกดา
นรจ.วิรภัทร	วัฒนธร
นรจ.นัธวุฒิ	เนินผา
นรจ.ศรนรินทร์	เนียมหอม
นรจ.กิตติพงษ์	จินดามณี
นรจ.ศุภณัฐ	ภารจรัส

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรนักเรียนจ่าทหารเรือ
พรรค พิเศษ เหล่า ทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า
โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ
ปีการศึกษา 2560

หัวข้อโครงงาน	ชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
ผู้จัดทำ	นรจ.ธนากร ศรีมุกดา
	นรจ.วิรภัทร วัฒนธร
	นรจ.นัธวุฒิ เนินผา
	นรจ.ศรนรินทร์ เนียมหอม
	นรจ.กิตติพงษ์ จินดามณี
	นรจ.ศุภณัฐ ภารจรัส
ครูที่ปรึกษา	ร.อ.เสน่ห์ มหาสุข
	ร.ต.อนุชัย โพธิสาร
พรรค	พิเศษ
เหล่า	ทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอ ชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส มีค่าพารามิเตอร์ที่สามารถวัดได้ คือ Voltage , Current , Active Power, Reactive Power , Frequency , Power Factor, THD เครื่องมือวัดมีความทันสมัย ใช้วัดค่าต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสำหรับวัดค่าต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อใช้เก็บข้อมูลจากการเปรียบเทียบค่าโดยใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่ผ่านการ Calibrate แล้วพบว่า Power meter มีความถูกต้องสามารถวัดค่าต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้าได้อย่างมาตรฐาน

คำสำคัญ ชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส

สารบัญ

บทที่ 1 **1**

บทนำ **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 1

บทที่ 2 **2**

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **2**

2.1 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) 2

2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) [2] 4

2.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) และรีเลย์(Relay) 17

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (AC Motor 3 Phase) 22

2.5 พาเวอร์มิเตอร์ (Power Meter) 25

บทที่ 3 **26**

วิธีการดำเนินงาน **26**

3.1 แผนการดำเนินงาน 26

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ 27

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 28

3.4 รูปภาพแสดงวิธีการดำเนินงาน 29

บทที่ 4 **32**

ผลการดำเนินงาน **32**

4.1 ผลการทดลอง 32

บทที่ 5 **36**

สรุปผลและข้อเสนอแนะ **36**

5.1 สรุปผล 36

5.2 ข้อเสนอแนะ 36

ภาคผนวก ก **37**

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กองทัพเรือไทยมีการใช้เครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ทั้งบนบกและภายในเรือเป็นจำนวนมาก แต่ยังขาดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องมือทดสอบ ซึ่งมีราคาแพง ฉะนั้นการซ่อมทำเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ก่อนจะนำไปติดตั้ง ต้องมีการทดสอบ ทดลอง ประสิทธิภาพของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ให้พร้อมใช้ราชการได้

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงานชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ขึ้นมาเพื่อทดสอบค่าพารามิเตอร์เครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส และใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนให้กับนักเรียนจ่าทหารเรือพรรคพิเศษ เหล่าทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า ได้ทำการทดลองให้เข้าใจในค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1.2.1 เพื่อทดสอบและจัดเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
1.2.2 เพื่อเข้าใจการทำงานของชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
1.2.3 เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
1.2.4 เพื่อให้สมาชิกภายในกลุ่มได้ร่วมมือกันทำงานเกิดความสามัคคี มีความรับผิดชอบในการทำงาน
1.2.5 เพื่อให้มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือในการทำงาน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษา Power Analyzer CVM-NRG96 ให้มีความชำนาญในการใช้งาน
1.3.2 ศึกษาการทำงาน โครงสร้าง และองค์ประกอบของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้เข้าใจเนื้อหาทฤษฎีเบื้องต้นของพาเวอร์มิเตอร์
1.4.2 เพื่อเข้าใจการทำงานและโครงสร้างของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
1.4.3 ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง
1.4.4 สามารถติดตั้งชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ได้
1.4.5 สามารถเสนอและจัดทำโครงงานรูปเล่มได้อย่างถูกต้อง

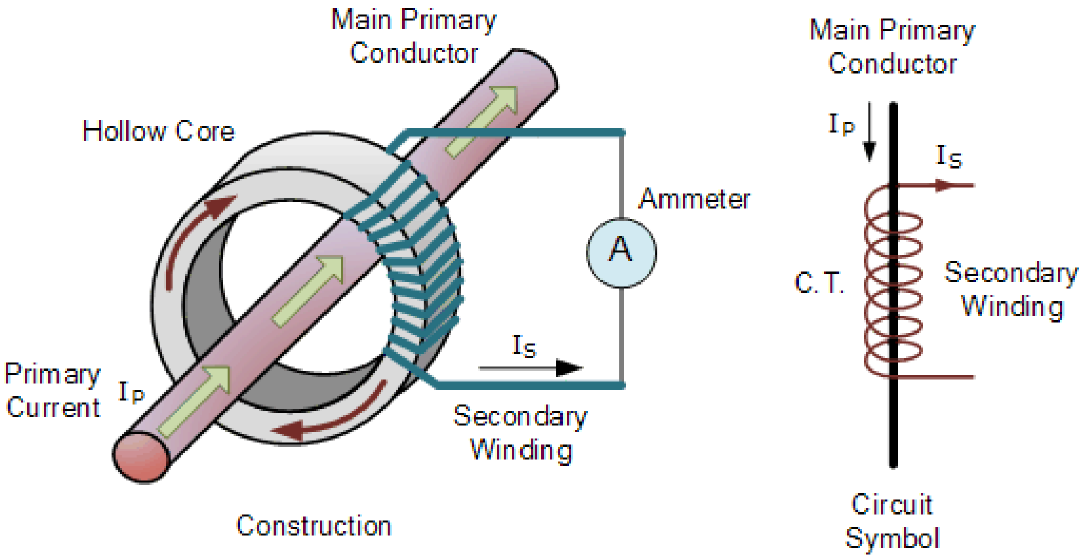
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

Power meter คือ อุปกรณ์แสดง ค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการเบื้องต้นของการทำชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้อุปกรณ์วัดค่าพาเวอร์มอเตอร์ จำเป็นต้องศึกษาหลักการทำงานของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส หลักการทำงานของพาเวอร์มอเตอร์ หม้อแปลงกระแส แมกเนติกคอนแทกเตอร์ เบรกเกอร์ ทราบค่าพาเวอร์เฟคเตอร์ กระแส แรงดัน ฮาร์โมนิค และกำลังไฟฟ้าจริง กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการวิเคราะห์และการดำเนินงานทำการทดลอง

2.1 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer) [1]



รูปที่ 2.1.1 Current Transformer

CT เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ประกอบการวัดกระแสไฟฟ้าโดยต่อร่วมกับเครื่องวัดกระแส หรือ Power Meterโดยทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้า หรือ ลดทอนกระแสไฟฟ้า (Step down) ที่จะวัดนั้นให้เหมาะสมกับพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดกระแสของเครื่องมือวัดรับได้ เช่น อัตราส่วน15/5A, 50/5A, 150/5A, 500/5A หรือรวมไปจนถึงกระแสที่สูง ๆ เช่น 10,000/5A, 15,000/5A เป็นต้น

อัตราส่วน (Ratio) ของ CT คืออะไร

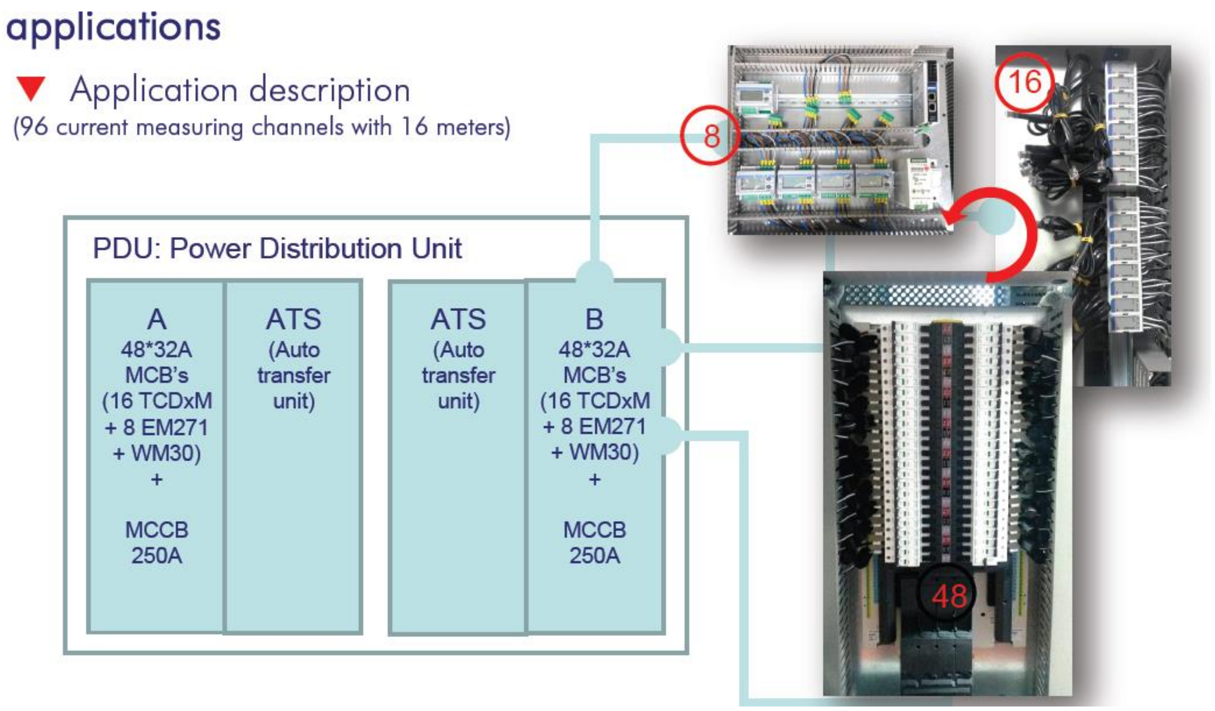
อัตราส่วน CT หมายถึง อัตราส่วนของการแปลงกระแส ทางด้านอินพุต primary ต่อเอาต์พุต Secondary เช่น Ratio ของ CT 400/5A คือ 80ไม่มีหน่วย อธิบายได้ คือ “ CT มี Primary Current เท่ากับ 400A และ Secondary Current 5A มีอัตราส่วนตัวคูณคือ 80 ” ซึ่งเมื่อนำ Ct ตัวนี้ไปต่อใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า รุ่น WM14-96 ยี่ห้อ CARLO GAVAZZI นั้นจะต้องใส่ค่าตัวคูณเข้าไปด้วย จึงจะแสดงค่ากระแสออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ

ค่า Burden หมายความว่าอย่างไร

ค่า Burden หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย(VA)ของขดลวดแปลงกระแสไฟฟ้า หลักการ คือ เมื่อมีอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวที่ต่ออนุกรมกับขดลวดด้าน secondary มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในเครื่องวัดรวมกันกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายวัดมีค่าภายใต้เบอร์เดนของขดลวดแปลงกระแสแล้ว ความผิดพลาดจากการวัดจะเป็นไปตามคลาส(Class)ของขดลวดแปลงกระแสไฟฟ้านั้นเช่น CT 100/5 Class 0.5 จะมีค่าของ Burden 1.5VA , Class3 จะมีค่าของ Burden 2.25VA ตามตารางด้านล่าง ถามว่าแล้วจะเลือกใช้งานแบบไหนดี ระหว่าง Class 0.5 กับ Class3 ให้เลือก Class ที่มีตัวเลขต่ำไว้ก่อนครับ คือ 0.5 เพราะจะบ่งบอกถึงความแม่นยำในส่วนอื่นตามมา

ข้อควรระวังเกี่ยวกับ CT

เมื่อมีการใช้งานกระแสด้าน อินพุต primaryอยู่จะมีกระแสทางด้านเอาต์พุต Secondary ออกมาด้วย ไม่ควรเปิดลูปวงจรด้านนี้ควร Short ลูป Secondary เอาไว้เพื่อหลีกเหลี่ยงการพังเสียหายของ CT ได้ ถ้าระดับกระแสอินพุตมีสูงมากจะทำให้ร้อนและเกิดเพลิงไหม้ได้ แนะนำให้งดจ่ายกระแส อินพุต primary ทุกครั้งที่มีการแก้ไขปรับปรุง



รูปที่ 2.1.2 ตัวอย่างประยุกต์ใช้งาน CT Split Core ขนาดเล็ก ต่อร่วมกับ Power meter EM271

2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) [2]

2.2.1 หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมื่อมีกระแสในวงจรเกินพิกัดที่เบรกเกอร์สามารถรับได้ หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยมีหลักการทำงานดังนี้

(1) Thermal Trip

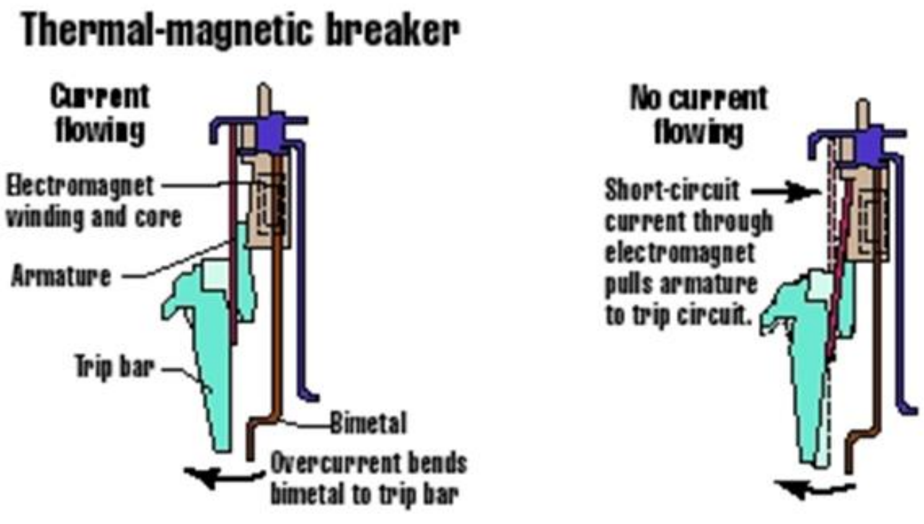
หลักการทำงานประเภทนี้จะมีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (bimetal) 2 แผ่น ซึ่งทำจากโลหะที่ต่างชนิดกันมีสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน เมื่อมีกระแสไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัลเกิดการโก่งตัวแล้วไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้เบรกเกอร์ตัดวงจร เรียกว่าเกิดการทริป (trip)

(2) Magnetic Trip

การทำงานประเภทนี้จะอาศัยหลักการทำงานของอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อวงจรเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสเกินจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงแล้วทำการปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรหรือเปิดวงจรขึ้น ซึ่งการทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip

(3) Thermal-Magnetic Trip

เมื่อมีกระแสในวงจรเกินค่าพิกัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยอาศัยทั้งความร้อนและการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กช่วยในการปลดกลไกหน้าสัมผัสให้เปิดวงจร



รูปที่ 2.2.1 ภาพหลักการทำงานแบบ Thermal - Magnetic Trip

(4) Solid State Trip หรือ Electronic Trip

หลักการทำงานประเภทนี้ได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถปรับค่ากระแสทริปให้ทำงานในย่านต่างๆ ได้ โครงสร้างภายในจะมีหม้อแปลงกระแส (CT: Current Transformer) อยู่ภายในตัวเบรกเกอร์ ทำหน้าที่แปลงกระแสให้ต่ำลงและมีไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่วิเคราะห์กระแส หากกระแสมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้จะสั่งการให้มีการปลดวงจรออก

2.2.2 ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีอยู่ทุกบ้านเรือนและในงานอุตสาหกรรม เพราะทุกที่ที่มีไฟฟ้าใช้เราไม่อาจทราบได้ว่าวงจรไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่นั้นจะเกิดความผิดพลาดตอนไหน ดังนั้นทางที่ดีคือควรมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อมีกระแสไหลเกินกว่าค่าที่กำหนดหรือเมื่อวงจรไฟฟ้าเกิดปัญหา ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานกันอยู่นั้น มีดังต่อไปนี้

(1) Air Circuit Breakers (ACB)

เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ป้องกันสายเมน นิยมใช้กับงานแรงดันสูงๆ (HVAC) โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ก (Arcing chamber) ที่ใหญ่และแข็งแรงเพื่อให้สามารถรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ ส่วนใหญ่จะมีหลักการทำงานโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจจับและวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร

รูปที่ 2.2.2.1 Air Circuit Breakers (ACB)

(2) Moulded Case Circuit Breakers (MCCB)

เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายไฟฟ้าที่ได้รับมาจากส่วนของ ACB มีพิกัดกระแสลัดวงจรสูงแต่ไม่เท่า Air Circuit Breakers ซึ่งขนาดกระแสจะมีตั้งแต่หลักสิบจนถึงหลักร้อยแอมป์

รูปที่ 2.2.2.2 Moulded Case Circuit Breakers (MCCB)

(3) Miniature Circuit Breakers (MCBs)

เป็นเบรกเกอร์ขนากเล็กมักใช้ในอาคาร ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อย (Load center) หรือแผงจ่ายไฟฟ้าในห้องพักอาศัย (Consumer unit) มีพิกัดกระแสลัดวงจรต่ำ เป็นเบรกเกอร์ชนิดที่ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสตัดวงจรได้ และส่วนใหญ่จะอาศัยกลไกการปลดวงจรในรูปแบบ thermal และ magnetic

รูปที่ 2.2.2.3 Miniature Circuit Breakers (MCBs)

(4) Residual Current Devices (RCDs)

เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ทำหน้าที่ในการตัดวงจรไฟฟ้าอัตโนมัติเมื่อเกิดไฟรั่วและไฟดูด (ไฟช็อต) ตามพิกัดที่กำหนดไว้ จะติดตั้งใน Consumer unit และตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

รูปที่ 2.2.2.4 Residual Current Devices (RCDs)

(5) Residual Current Circuit Breakers (RCCBs)

เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดหนึ่งที่ช่วยตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดการรั่วไหลในระบบไฟฟ้าแต่ไม่สามารถตัดกระแสลัดวงจรได้ ในการทำงานนั้นจะใช้ควบคู่กับ MCB, MCCB

รูปที่ 2.2.2.5 Residual Current Circuit Breakers (RCCBs)

(3) Residual Current Circuit Breakers with Overload protection (RCBOs)

เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟดูด (ไฟช็อต) พร้อมมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ในตัว สามารถตัดวงจรได้ทั้งกรณีที่มีไฟรั่วและมีกระแสลัดวงจร

รูปที่ 2.2.2.6 Residual Current Circuit Breakers with Overload protection (RCBOs)

2.2.3 วิธีการเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker): ควรทราบว่างานที่จะนำเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปใช้นั้นเป็นงานประเภทไหน เพราะเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแต่ละประเภทนั้นจะเหมาะกับงานที่แตกต่างกันออกไป เช่น หากจะนำไปใช้ในการติดตั้งร่วมกับแผงจ่ายไฟฟ้าย่อยหรือแผงจ่ายไฟฟ้าภายในบ้านเรือนหรืออาคารก็ควรเลือกใช้เบรกเกอร์ประเภท Miniature Circuit Breakers เป็นต้น

หลักการทำงานเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker): เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขายในท้องตลาดนั้นมีหลักการทำงานด้วยกันหลายแบบให้เราได้เลือกซื้อ ให้เราพิจารณาจากงานที่เราต้องการนำไปใช้ ปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมใช้แบบ Thermal-Magnetic Trip และแบบ Electronic Trip

Pole: เป็นตัวบอกว่าเบรกเกอร์ที่เราใช้นั้นเป็นชนิด 1 เฟส หรือ 3 เฟส

- 1 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟส โดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว
- 2 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 1 เฟส โดยป้องกันสาย line และสาย neutral
- 3 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟส โดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว
- 4 Pole หมายถึง เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟส โดยป้องกันสาย line และสาย neutral

ค่าพิกัดกระแสต่างๆ: ซึ่งค่าพิกัดเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถ ขีดจำกัด ในการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยค่าพิกัดที่ควรทราบมีดังนี้

- Amp Trip (AT): ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด หากในกรณีที่ขนาดอุปกรณ์ของผู้ผลิตมีค่าไม่ตรงกับค่าที่กำหนดก็สามารถเลือกใช้ค่าที่สูงขึ้นแทนได้ ซึ่งพิกัดการทนกระแสของเบรกเกอร์ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

- Standard circuit breaker ในที่นี่หมายถึงชนิด thermal magnetic ซึ่งถ้านำเอาเบรกเกอร์ชนิดนี้ไปใช้กับโหลดต่อเนื่องจะปลดวงจรที่ 80% ของพิกัดกระแสเบรกเกอร์

- 100% rated circuit breaker หากนำไปใช้กับโหลดต่อเนื่องจะตัดวงจรที่พิกัดกระแสของเบรกเกอร์แต่จะมีเฉพาะสินค้าของอเมริกาเท่านั้น

- Amp Frame (AF): พิกัดกระแสโครง หมายถึงขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์นั้นๆ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม

- Interrupting Capacitive (IC): พิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุดโดยปลอดภัยของเบรกเกอร์นั้นๆ ปกติกำหนดค่าการทนกระแสเป็น 1kA ค่า IC บอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ที่ใช้มีความปลอดภัยมากน้อยแค่ไหน ซึ่งการเลือกค่ากระแส IC เราต้องรู้จักค่ากระแสลัดวงจร ณ จุดนั้นๆ เสียก่อน ซึ่งมีด้วยกัน 4 ประเภท ตามมาตรฐาน IEC

- I_n คือ พิกัดกระแสใช้งาน
- I_{cn} คือ พิกัดกระแสลัดวงจร
- I_{cu} คือ พิกัดการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุด
- I_{cs} คือ พิกัดการตัดกระแสลัดวงจรใช้งาน

ฟังก์ชันการใช้งาน: ในปัจจุบันถือว่าตลาดด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นมีการแข่งขันกันสูงมาก เพราะฉะนั้นทางด้านผู้ผลิตเองต้องมีการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความโดดเด่นและมีความสามารถมากกว่าผู้ผลิตรายอื่น ตัวอย่างเช่น SCHNEIDER ผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ทางด้านการบริหารจัดการพลังงานและระบบอัตโนมัติ ทาง SCHNEIDER ได้ออกแบบ MCCB รุ่น Compact NSX เป็นรุ่นที่เป็นมากกว่าอุปกรณ์ตัดไฟเนื่องจากได้มีการออกแบบให้มีฟังก์ชันต่างๆ ภายในตัว เช่น ฟังก์ชันการป้องกัน (Protection), ฟังก์ชันการวัด (Metering), ฟังก์ชันการสื่อสาร (Communication) ด้วยฟังก์ชันเหล่านี้ทำให้ผลการวัดการใช้พลังงานมีความแม่นยำสูง ลดความผิดพลาดในการวัด ช่วยให้การบริหารจัดการพลังงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.2.3.1 MCCB รุ่น Compact NSX ยี่ห้อ SCHNEIDER

นอกจากนี้ยังออกแบบหน้าคอนแทกแบบ Roto-active ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของ Compact NSX ช่วยให้การตัดกระแสลัดวงจรทำได้ไวภายใน 0.002 วินาที สามารถเลือกรูปแบบการป้องกันได้ Trip Unit ทำให้สามารถเลือกใช้เพื่อป้องกันโหลดได้หลากหลายประเภท เช่น โหลดประเภททั่วไป, มอเตอร์, เจนเนอเรเตอร์ และมีให้เลือกทั้งแบบ Thermal-magnetic และ Electronic สามารถถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ สะดวกในการเปลี่ยนและการอัพเกรด Trip Unit

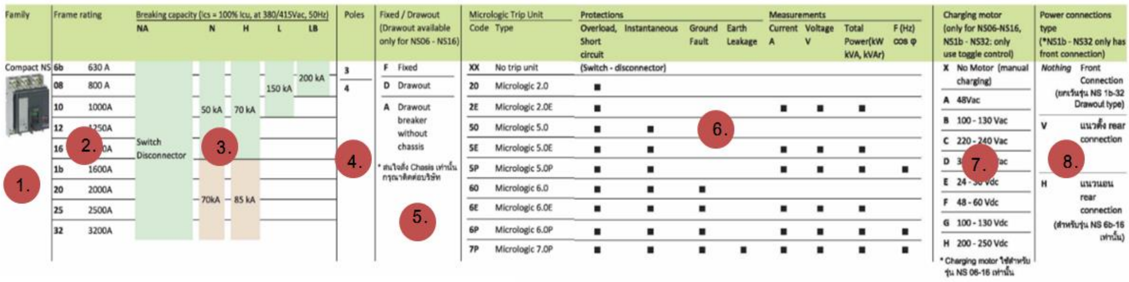
รูปที่ 2.2.3.2 ภาพแสดงฟังก์ชันของ MCCB รุ่น Compact NSX ยี่ห้อ SCHNEIDER

มาตรฐานต่างๆ: การเลือกใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า สิ่งที่ควรคำนึงและไม่ควรมองข้ามนั้นคือมาตรฐานที่อุปกรณ์นั้นๆ ได้รับ เพราะนั้นคือสิ่งที่การันตรีได้ถึงคุณภาพของสินค้า มาตรฐานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เห็นกันทั่วไป ได้แก่ IEC60898 กับ IEC60947-2 ซึ่งทั้งสองมาตรฐานนี้แตกต่างกันที่ ถ้าเป็น IEC60898 เป็นมาตรฐานเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป มีพิกัดกระแสขนาดไม่เกิน 125A และมีพิกัดกระแสลัดวงจรไม่เกิน 25kA ส่วนมาตรฐาน IEC60947-2 เป็นมาตรฐานที่ใช้กับเบรกเกอร์ที่ใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถปรับแต่งเลือกขนาดให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการนำไปใช้ได้

การอ่านชื่อ Model: การเลือกซื้ออุปกรณ์อุตสาหกรรม Model สินค้า ถือเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะหากเขียนชื่อ Model ผิดไปเพียงแค่ตัวอักษรเดียว คุณอาจจะได้อุปกรณ์ที่มีสเปคไม่ตรงตามความต้องการ ดังนั้นในการเลือกซื้อเราควรศึกษาดูวิธีการอ่านชื่อ Model ในรุ่นนั้นๆ ให้ดี ซึ่งวิธีการอ่านชื่อ Model ของแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น ก็จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้ทางผู้ผลิตเองจะมีไว้ให้ลูกค้าได้ดูอยู่แล้วหรือสามารถสอบถามโดยตรงกับทางตัวแทนจำหน่ายสินค้า

ตัวอย่างเช่น วิธีการอ่าน Model สินค้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท MCCB ชื่อ Model: NS16H3D5ECH ของ SCHNEIDER

(1) ให้ดูวิธีการแบ่งรหัส Model ว่าแบ่งเป็นกี่ส่วน โดยแต่ละส่วนจะบอกรายละเอียดของสินค้าแตกต่างกัน

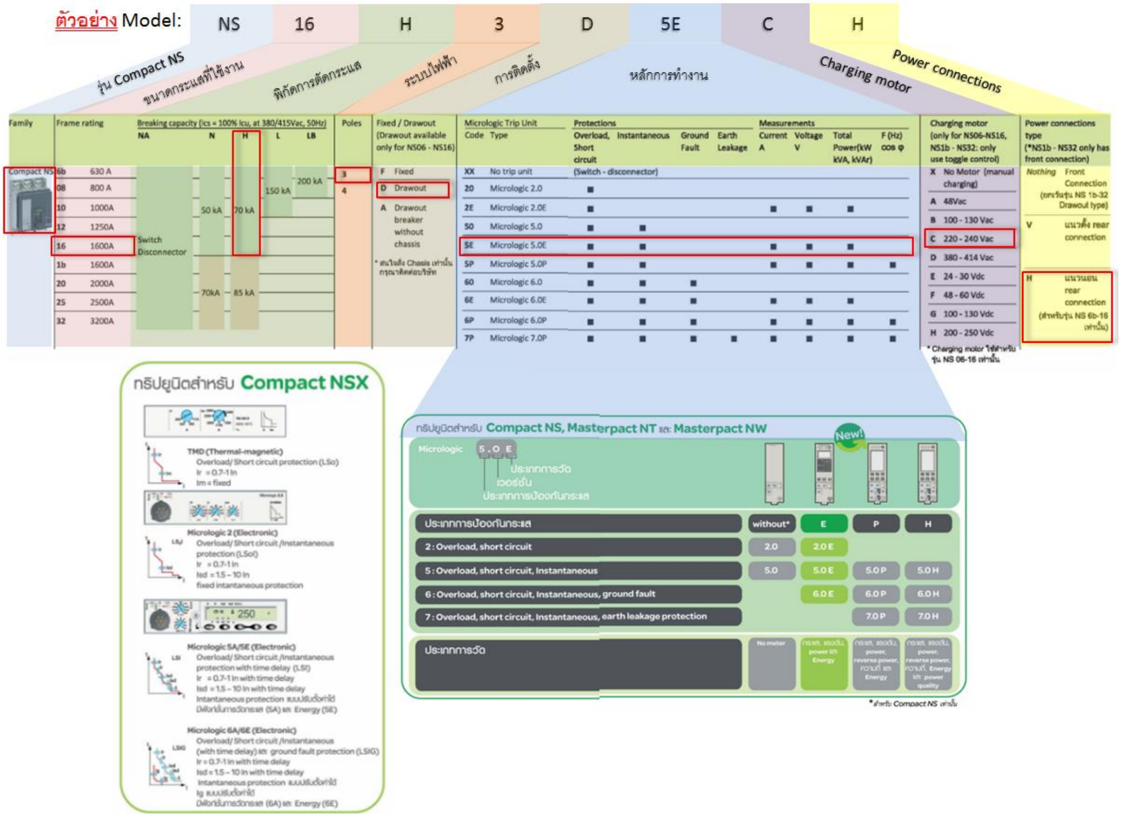


รูปที่ 2.2.3.3 วิธีการแบ่งรหัส Model

จากตารางจะเห็นว่ามีการแบ่งรหัส Model ออกเป็น 8 ส่วน

- ส่วนที่ 1 บอกชื่อรุ่น
- ส่วนที่ 2 บอกขนาดกระแสที่ใช้งาน
- ส่วนที่ 3 บอกพิกัดการตัดกระแส
- ส่วนที่ 4 บอกระบบไฟฟ้าที่ใช้งาน
- ส่วนที่ 5 บอกลักษณะประเภทการติดตั้ง
- ส่วนที่ 6 บอกลักษณะการทำงาน
- ส่วนที่ 7 บอก Charging motor ว่าใช้งานที่แรงดันเท่าไร
- ส่วนที่ 8 บอก Power connections type ว่าเชื่อมต่อแบบใด

(2) ให้ดูความหมายของรหัสในแต่ละส่วน



รูปที่ 2.2.3.4 ความหมายของรหัสในแต่ละส่วน

จากข้อมูลด้านบน จะได้ว่า NS16H3D5ECH คือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ Compact NS มีขนาดกระแสที่ใช้งานอยู่ที่1600A, มีพิกัดการตัดกระแส Icu = Ics = 70kA, 3 Pole เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับระบบ 3 เฟสโดยป้องกันแค่สาย line อย่างเดียว, Drawout เป็นเบรกเกอร์ชนิดชักออกติดตั้งบนฐานรางเลื่อน สามารถถอดเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้อย่างง่ายดาย, สามารถป้องกัน Overload, short circuit, Instantaneous และมีฟังก์ชันที่สามารถวัดค่ากระแส แรงดัน Power และ Energy ได้, Charging motor 220-240 Vac, ประเภท Power connections เป็นแบบแนวนอน

ตัวอย่างเช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวเดิมที่เสียไปนั้นเป็นประเภท MCCB มีขนาดกระแสที่ใช้งานอยู่ที่ 100 A มีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดอยู่ที่ 70 kA และเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้กับระบบ 1 เฟส วิธีการเทียบสเปค

(1) ให้ดูข้อมูลสิ่งที่เราต้องการใช้งานว่ามีอะไรบ้าง โดยสิ่งที่ในตัวอย่างนี้ต้องการ คือ
- เซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท MCCB
- มีขนาดกระแส (ในบางยี่ห้อจะใช้คำว่า Amp Trip (AT), Frame Rating) 100A
- มีพิกัดการตัดกระแสลัดวงจรสูงสุด (Icu) อยู่ที่ 70 kA
- เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้กับระบบ 1 เฟส (1P, 2P หรือ 1 Pole, 2 Pole)

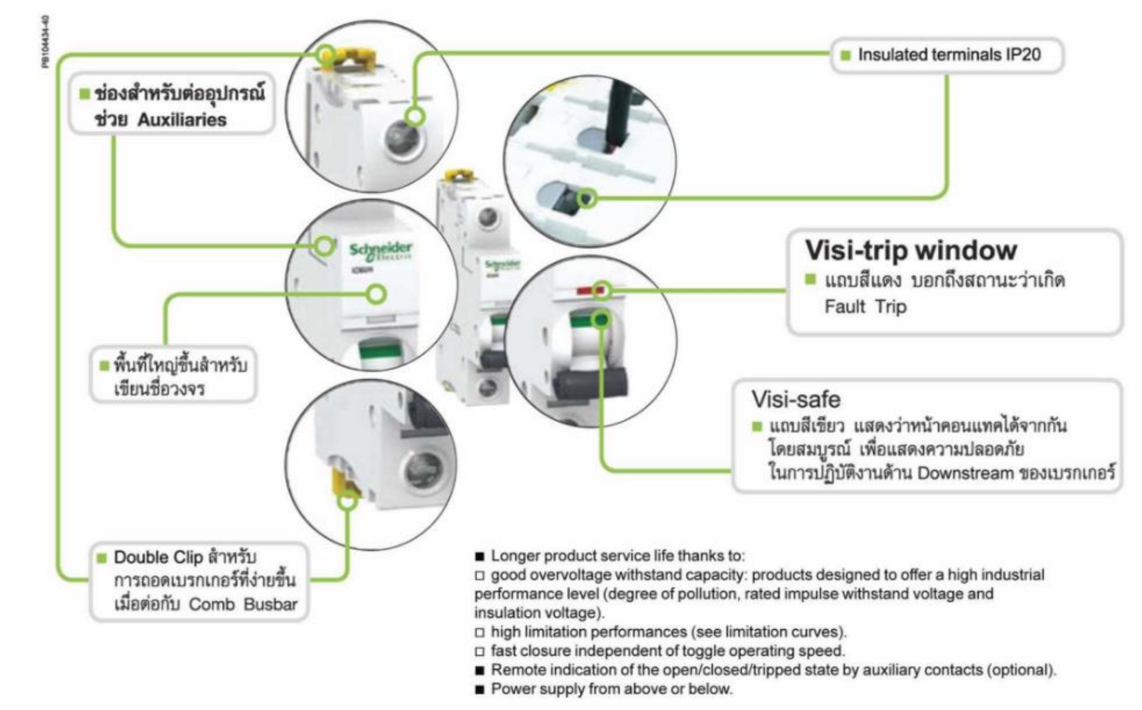
(2) ให้หายี่ห้อที่เราสนใจแล้วนำข้อมูลที่ต้องการไปเทียบกับสเปคสินค้าของยี่ห้อนั้นๆ ในที่นี้ ขอยกตัวอย่างยี่ห้อ SCHNEIDER จากการเทียบข้อมูลข้างต้นจะตรงกับรุ่น Compact NSX

รูปที่ 2.2.3.5 วิธีการเทียบสเปคเซอร์กิตเบรกเกอร์

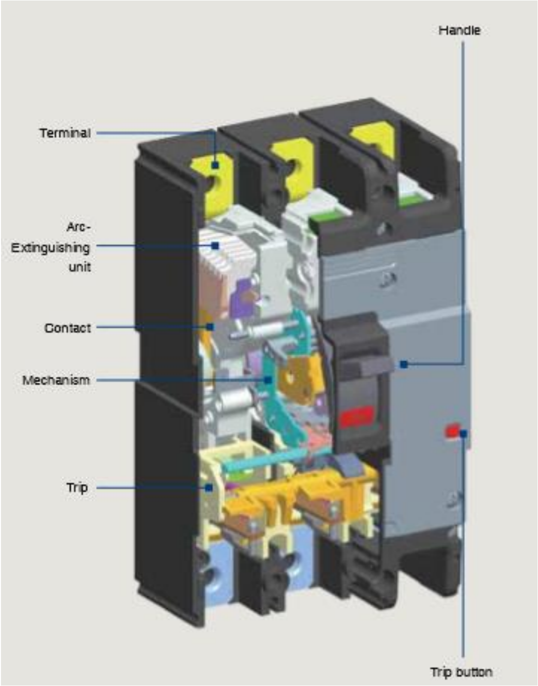
วิธีการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

การติดตั้งอุปกรณ์ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการใช้งาน เพราะหากทำการติดตั้งผิดวิธี อุปกรณ์อาจเกิดความเสียหายได้และอาจทำให้กระบวนการผลิตเกิดความล้าช้าในการซ่อมบำรุงอีกด้วย ดังนั้นก่อนทำการใช้งานหรือจะติดตั้งอุปกรณ์ใดๆ ก็ตามเราควรศึกษาถึงวิธีการติดตั้ง การเดินสายไฟ รวมถึงข้อควรระวังในการใช้งาน

การรู้จักส่วนประกอบของอุปกรณ์เป็นอย่างดีนั้น ถือเป็นสิ่งแรกที่ควรดูเพราะจะช่วยให้เข้าใจถึงการติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์ได้ง่ายขึ้น ซึ่งส่วนประกอบของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ก็อาจจะแตกต่างกันตามแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น เช่น มีช่องสำหรับต่ออุปกรณ์ช่วย Auxiliaries, แถบบอกสถานะการเกิด Fault Trip, Push to Trip เป็นปุ่มสำหรับทดสอบอุปกรณ์ทางกลที่ใช้สำหรับปลดวงจรโดยทั่วไปจะทำการทดสอบปีละครั้ง

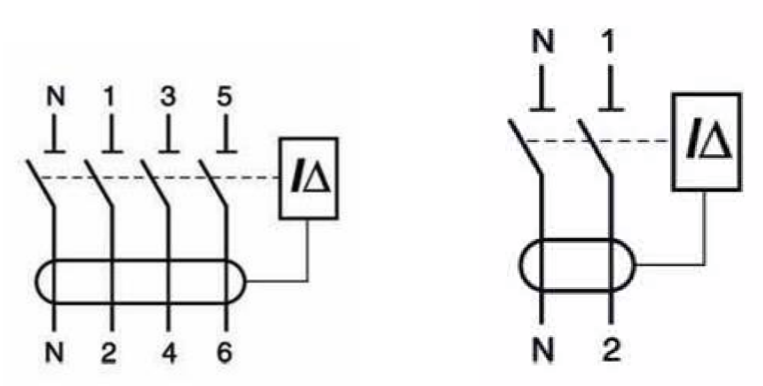


รูปที่ 2.2.3.6 ภาพแสดงบอกส่วนประกอบภายนอกต่างๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์



รูปที่ 2.2.3.7 ภาพแสดงบอกส่วนประกอบภายในต่างๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

วิธีการเข้าสายของเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้สังเกตจุดเข้าโดยทั่วไปแล้วจะมีอักษร L ซึ่งเป็นจุดเข้าสายเส้นไฟ (ให้ใช้สีดำ) และ N เป็นจุดเข้าสายศูนย์ (ให้ใช้เส้นสีเทา) ส่วนด้านไฟออกก็ให้ใช้สีตรงกันได้เลย



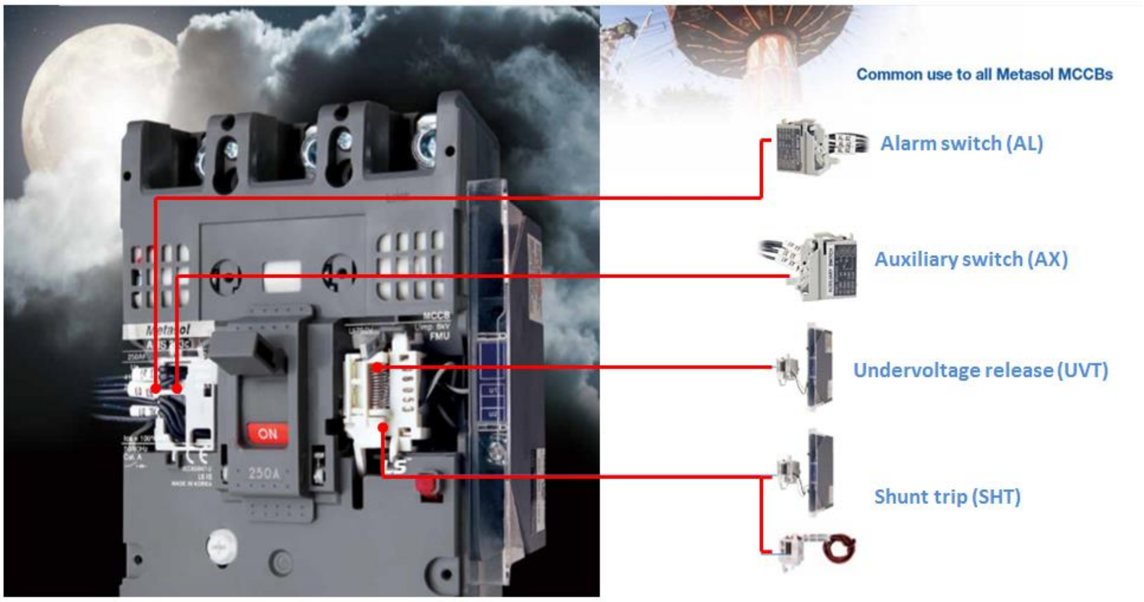
รูปที่ 2.2.3.8 ภาพแสดงวิธีการเดินสายเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท RCCB

วิธีการติดตั้งอุปกรณ์ก็ควรติดตั้งให้เหมาะสมกับตัวอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบมาก เช่น หากจะทำการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภท Air Circuit Breakers (ACB) ที่เป็นแบบ Draw out ซึ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบนี้จะเป็นชนิดชักออก เหมาะกับการติดตั้งบนฐานรางเลื่อน มากกว่าแบบ Fixed

นอกจากรายละเอียดที่กล่าวไว้แล้วนั้น อุปกรณ์เสริมก็ถือเป็นสิ่งที่จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์มากยิ่งขึ้นและยังช่วยเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงานอีกด้วย ซึ่งอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้นจะมีทั้งแบบติดตั้งภายในและติดตั้งภายนอก

ตัวอย่างเช่น Shunt Trip เป็นชุดควบคุมการทริประยะไกล ติดตั้งร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นการควบคุมแบบรีโมทโดยไม่ต้องเดินมาปลดวงจรที่ตัวเบรกเกอร์Under voltage Trip ใช้ติดตั้งเพื่อตรวจจับแรงดันที่จ่ายเข้ามายังเบรกเกอร์ ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่เข้ามาต่ำกว่าที่กำหนดก็จะสั่งปลดเบรกเกอร์ทันที

- Auxiliary Switch ใช้แสดงสถานะของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขณะนั้นว่า ON หรือ OFF/TRIP
- Alarm Switch เป็นอุปกรณ์หน้าสัมผัสช่วย ซึ่งจะเปลี่ยนสถานะเมื่อเบรกเกอร์ปลดวงจร



รูปที่ 2.2.3.9 ภาพแสดงอุปกรณ์เสริมต่างๆ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ของแบรนด์ LS

Ground Fault Shunt Trip เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สั่งปลดวงจรเมื่อมีกระแสรั่วไหลออกจากระบบเกินค่าที่ตั้งไว้

Handle Padlock ใช้ล็อคเบรกเกอร์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON หรือ OFF

Cylinder Lock เป็นกุญแจสำหรับล็อกเบรกเกอร์ไว้ในตำแหน่ง OFF เท่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้มีกุญแจมา ON เบรกเกอร์

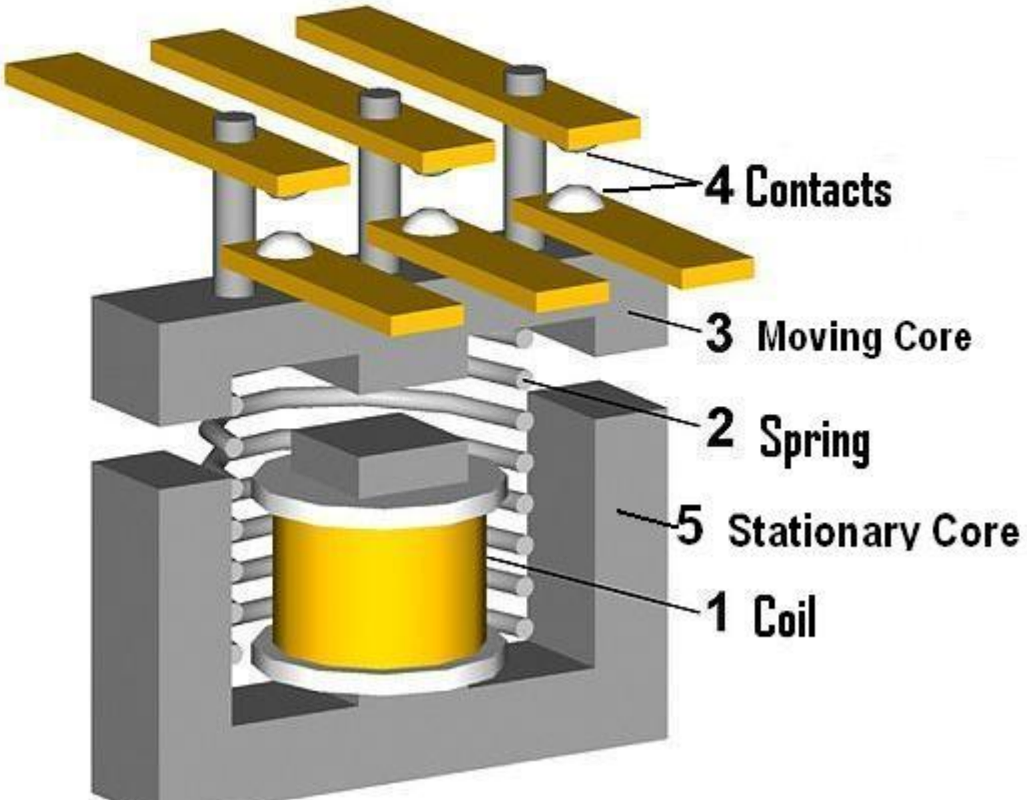
2.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) และรีเลย์(Relay) [3]

รูปที่ 2.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ และรีเลย์

2.3.1 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) หรือแมกเนติกสวิทซ์ (Magnetic Switch) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า ในการปิดเปิดของหน้าสัมผัสนั้นอาศัยจะอำนาจแรงแม่เหล็ก สามารถประยุกต์ใช้กับวงจรควบคุมต่างๆ เช่น วงจรควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น

ส่วนประกอบสำคัญของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

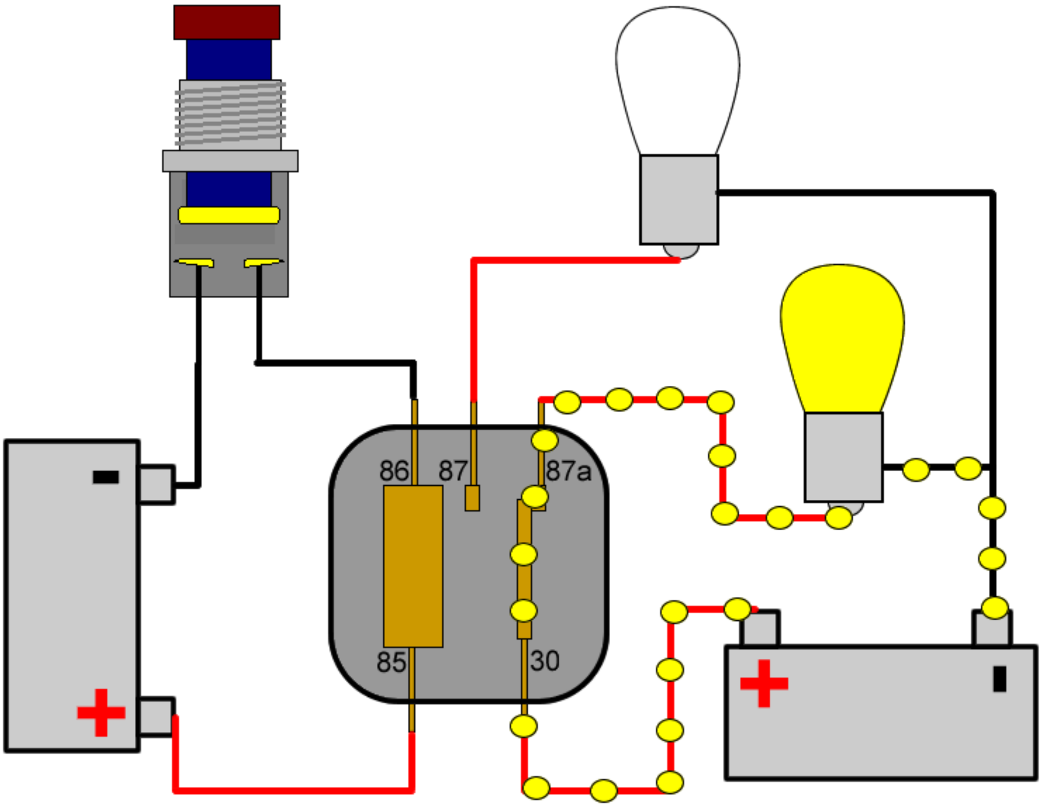


รูปที่ 2.3.1 ส่วนประกอบสำคัญของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

1. Coil หรือ ขดลวดสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก
2. Spring เป็นสปริงสำหรับผลัก Moving Contact ออกเมื่อไม่มีกระแสไปเลี้ยง Coil
3. Moving Core เป็นแกนเหล็กที่สามารถเคลื่อนที่ได้
4. Contact หรือ หน้าสัมผัส เป็นส่วนประกอบที่ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้า
5. Stationary Core เป็นแกนเหล็กที่อยู่กับที่

2.3.2 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็ก(Solidnoid) ที่ขากลางของแกนเหล็กจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กจะสามารถชนะแรงสปริงได้ ดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ (Moving Contact) เคลื่อนที่ลงมาพร้อมกับหน้าสัมผัส คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือ คอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด สนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดก็จะกลับไปสู่สภาวะเดิม ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.3.2.1 หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

3.2.3 การทำงานของรีเลย์

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า หรือโซลินอยด์ (solenoid) หรือสามารถเรียกว่าเป็นแมกเนติกคอนแทกชนิดหนึ่งเลยก็ว่าได้ รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

(1) รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magneticcontactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่ายๆ ว่า "รีเลย์" การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือแบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แก่รีเลย์ดังต่อไปนี้

(1.1) รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under- current) และกระแสเกิน (Over current)

(1.2) รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)

(1.3) รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้

(1.4) รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแสและรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน

(1.5) รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ

(1.5.1) รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

(1.5.2) รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือรีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้

(1.5.3) รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น

(1.5.4) รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมั่มไทม์เล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และแบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน

(1.6) รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส

(1.7) รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบรีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)

(1.8) รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้

(1.8.1) รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)

(1.8.2) อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)

(1.8.3) โมห์รีเลย์ (Mho relay)

(1.8.4) โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)

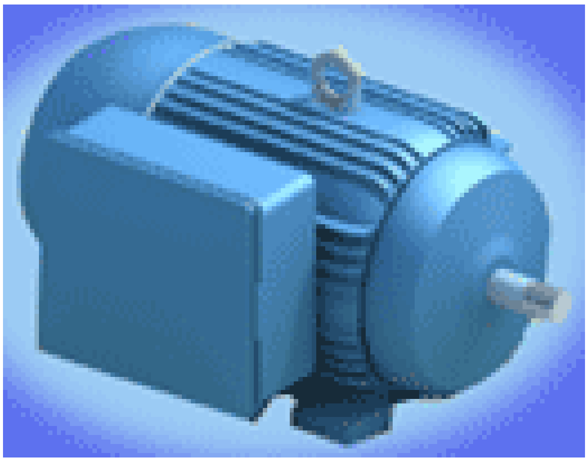
(1.8.5) โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)

(1.8.6) ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

(1.8.7) รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

(1.8.8) รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (AC Motor 3 Phase) [4]



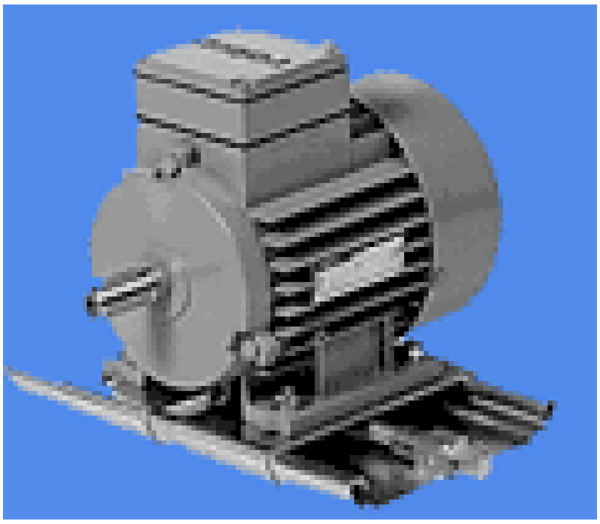
รูปที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
แบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ

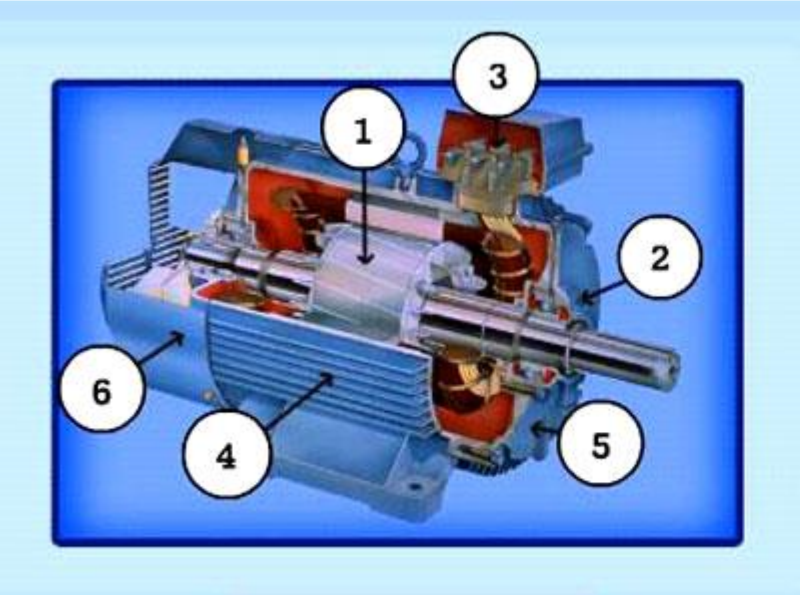
(1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 Phase Induction Motor)

(2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor)

2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น



รูปที่ 2.4.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น



รูปที่ 2.4.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ 2.4.2

(1) โรเตอร์
(2) ขดลวดสนามแม่เหล็ก
(3) ขั้วต่อสาย
(4) โครงมอเตอร์
(5) ฝาครอบหัว
(6) ฝาครอบท้าย

มอเตอร์ไฟสลับ 3 ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้าง ไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Invertor) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ นิยมใช้กันมาก เป็นต้น กำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไสเครื่องกลึง มอเตอร์อินดักชั่นมี 2 แบบ แบ่งตามลักษณะตัวหมุนคือ โรเตอร์ ขดลวดสนามแม่เหล็ก ขั้วต่อสาย โครงมอเตอร์ ฝาครอบหัว ฝาครอบท้าย

(1) อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Induction Motor) อินดักชั่นมอเตอร์แบบนี้ ตัวโรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิทเฟส มอเตอร์

(2) อินดักชั่นมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound Rotor Induction Motors)

อินดักชั่นมอเตอร์ชนิดนี้ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวทุ่น คล้าย ๆอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีร่องสำหรับวางขดลวดของตัวโรเตอร์เป็นขดลวด 3 ชุด สำหรับสร้างขั้วแม่เหล็ก 3 เฟส เช่นกันปลายของขดลวดทั้ง 3 ชุดต่อกับสปริง (Slip Ring) จำนวน 3 อัน สำหรับเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรทั้ง 3 เฟสการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์ เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ 3 เฟสให้ที่ขดลวดทั้ง 3 ของตัวสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบๆ ตัวสเตเตอร์ ทำให้ตัวหมุน(โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ และขั้วแม่เหล็กจะพยายาม ดึงดูดกับสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบ ๆ ทำให้มอเตอร์ของอินดักชั่นมอเตอร์หมุนไปได้ ความเร็วของ สนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้น โรเตอร์ของอินดักชั่น ของมอเตอร์ จึงหมุนตามสนามหมุนดังกล่าวไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

2.4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส

ซิงโครนัสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด ที่ขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 150 kW (200 hp) จนถึง 15 MW (20,000 hp) มีความเร็วตั้งแต่ 150 ถึง 1,800 RPM มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor)

โครงสร้างของซิงโครนัสมอเตอร์ ที่สำคัญมี 2 ส่วนคือ

(1) สเตเตอร์ (Stator)

(2) โรเตอร์ (Rotor)

(1) สเตเตอร์ (Stator) ของซิงโครนัสมอเตอร์เหมือนกับสเตเตอร์ของ 3 เฟส อินดักชั่นมอเตอร์ มีร่องสำหรับพันขดลวดจำนวน 3 ชุด เฟสละ 1 ชุด เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้น เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนอินดักชั่นมอเตอร์

(2) โรเตอร์ (Rotor) ของซิงโครนัสมอเตอร์ เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Poles) และมี ขดลวดพันข้าง ๆ ขั้วแม่เหล็กยื่นเหล่านั้นขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันรอบขั้วแม่เหล็กยื่นต่อกับแหล่งจ่าย ไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก เพื่อสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นที่ตัวโรเตอร์ การทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์เมื่อจ่าย ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับสเตเตอร์ของซิงโครนัสมอเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจาก ตัวหมุน (โรเตอร์) ของซิงโครนัสมอเตอร์เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น และมีขดลวดสนามแม่เหล็กพันอยู่รอบ ๆ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสภายนอก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโรเตอรจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ โรเตอร์ขึ้น ขั้วแม่เหล็กนี้จะเกาะตามการหมุนของสนามหมุนของสเตเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนไปด้วย ความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์

2.5 พาเวอร์มิเตอร์ (Power Meter) [5]

Power meter คือ อุปกรณ์แสดง " ค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า " เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยส่วนใหญ่แล้วในภาคอุตสาหกรรม จะนำ Power Meter ไปใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังเป็นการช่วยจัดการพลังงาน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ISO 50001 โดย Power Meter นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ Analog Power Meter (แบบเข็ม) และ Digital Power Meter (แบบหน้าจอดิจิตอล)

รูปที่ 2.5.1 Analog Power Meter (แบบเข็ม)

รูปที่ 2.5.2 Digital Power Meter (แบบหน้าจอดิจิตอล)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

แผนดำเนินงานจัดทำโครงงานฯ										
รายการปฏิบัติ	ม.ค.-61				ก.พ.-61				มี.ค.-61	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
ขอครู เป็นที่ปรึกษาประจำกลุ่ม										
ค้นคว้าหาข้อมูล										
เสนอชื่อโครงงานกับครูที่ปรึกษา										
กลั่นกรองโครงงาน										
เสนอรายการอุปกรณ์										
ขออนุมัติจัดทำโครงงาน										
จัดทำโครงงาน										
จัดทำเอกสารโครงงาน										
นำเสนอโครงงาน ครั้งที่ 1										
นำเสนอโครงงาน ครั้งที่ 2										
ส่งโครงงาน - เอกสารโครงงาน										
จัดนิทัศการโครงงาน										

แสดงแผนการดำเนินงาน

แสดงการดำเนินงานจริง

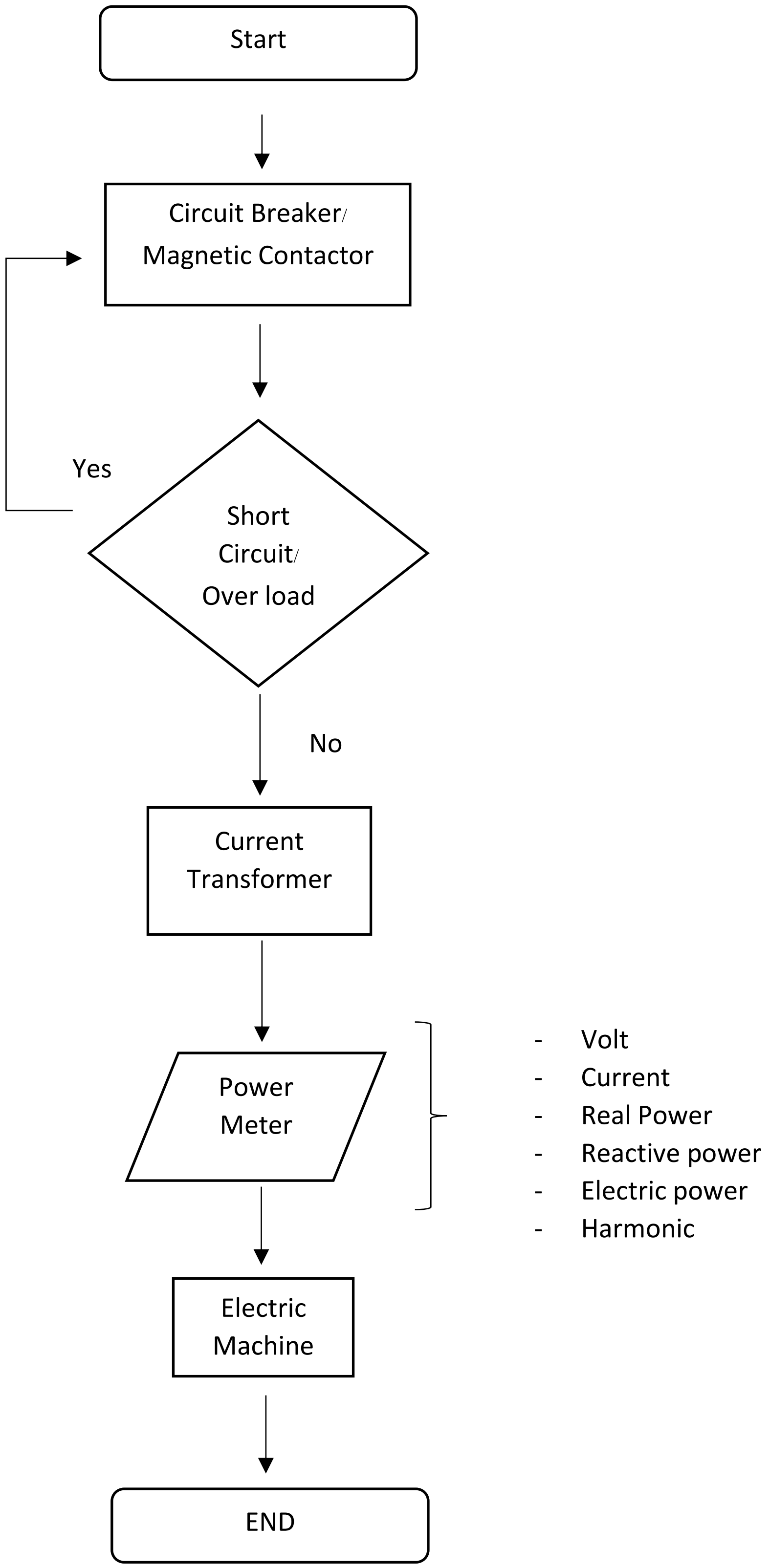
ตารางที่ 3.1.1 ตารางแผนดำเนินงานจัดทำโครงงานฯ

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

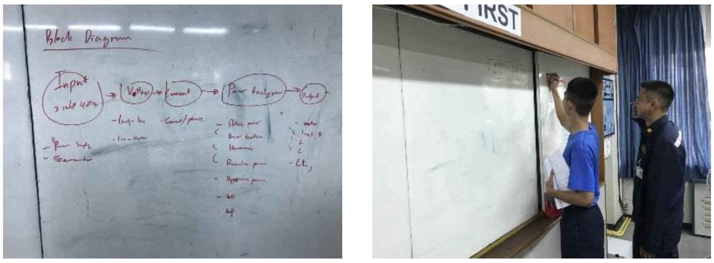
ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	รวม(บาท)	หมายเหตุ
1	Circutor CVM NRG96 Power Analyzer Meters	1	ตัว	-		สนับสนุนจาก ผ.ไฟฟ้า
2	Current transformer 30/5 A	3	ตัว	210	630.00	
3	Push button switch	2	ตัว	32	64.00	
4	Magnetic S-N25	1	ตัว	860	860.00	
5	Fuse base RT 18-32 3P	3	ตัว	270	270.00	
6	Signal lamp (R-1/Y-1/W-3/G-1)	6	ดวง	126	756.00	
7	Terminal 40 A 10 ช่อง	1	ตัว	80	80.00	
8	Fuse base RT 18-32 1P	1	ตัว	90	90.00	
9	Fuse RT 14-20 (10*38)	4	ตัว	15	60.00	
10	Over load TH-N20 29A	1	ตัว	460	460.00	
11	CB Switch Board (400*570*200) W*H*D	1	ตู้	940	940.00	
12	สาย THW THAI YAZAKI (6 sq.mm. 4 core)	5	เมตร	28.3	141.50	
13	หางปลาแฉกหุ้ม (YF 1.5 แดง)	50	ตัว	1.2	60.00	
14	สาย VSF FUHRER (1 sq.mm.)	1	ขด	750	750.00	
15	Breaker NF30 CS 3P 30A Mitsu	1	ตัว	624	624.00	
	รวม				5,785.50	
	VAT 7%				405.00	
	รวมเป็นเงิน				6,190.50	

ตารางที่ 3.1.2 ตารางรายการวัสดุและอุปกรณ์

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

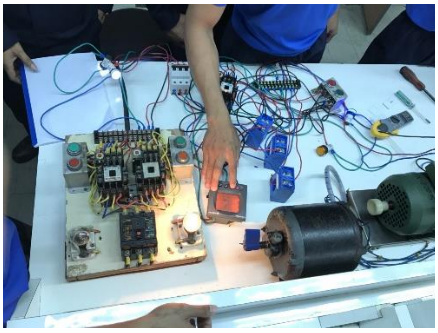


3.4 รูปภาพแสดงวิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 3.6.1 เขียน Block Diagram

รูปที่ 3.6.2 ต่อวงจร Direct Start

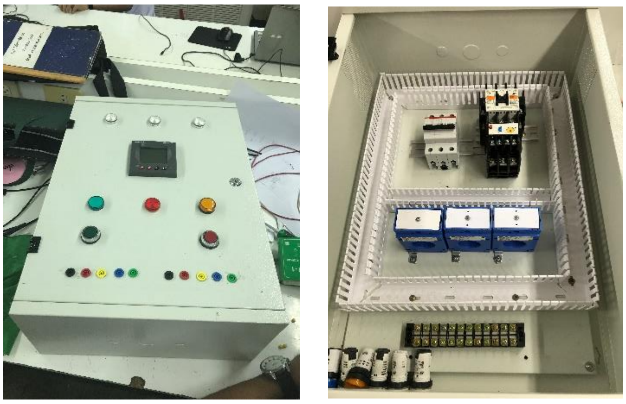


รูปที่ 3.6.3 ทดสอบการทำงานครั้งที่ 1

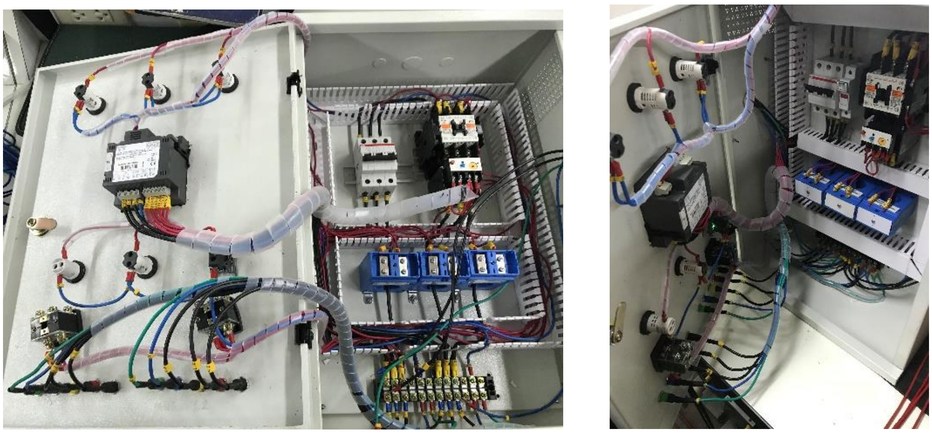
รูปที่ 3.6.4 ใช้เครื่องมือวัดในการตรวจสอบขณะทดสอบการทำงาน

รูปที่ 3.6.5 ทดสอบการทำงานครั้งที่ 2

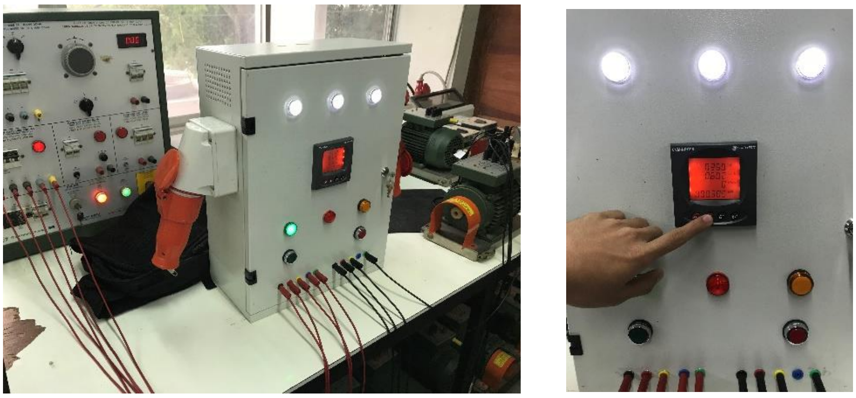
รูปที่ 3.6.6 ทำงานเจาะหน้าตู้คอนโทล



รูปที่ 3.6.7 ออกแบบภายนอกและภายในตู้คอลโทล



รูปที่ 3.6.8 ทำการต่ออุปกรณ์เข้าตู้คอนโทล



รูปที่ 3.6.9 ทดสอบการทำงานของวงจรครั้งสุดท้าย

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่วัดได้จากพาวเวอร์มิเตอร์ Analyzer

รายละเอียด	L1	L2	L3
Voltage	386 V	386 V	384 V
Current	1.12 A	1.11 A	1.02 A
Active Power	0.107 KW	0.119 KW	0.1 KW
Reactive Power	0.2 Kvar	0.2 Kvar	0.2 Kvar
Power Factor	0.4 PF	0.4 PF	0.5 PF
Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Voltage THD	2.0 %THD-V	2.0 %THD-V	1.9 %THD-V
Current THD	7.0 %THD-A	14.3 %THD-A	9.5 %THD-A
L-N	222 V	222 V	222 V
3Phase KW	0.357 KW		
3Phase Kvar L	0.637 Kvar L		
3Phase Kvar C	0		
3Phase KVA	0.742 KVA		
KW-h	0.226 KW-h		

ตารางที่ 4.1.1 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่วัดได้จากพาวเวอร์มิเตอร์ Analyzer

4.1.2 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ

รายละเอียด	L1	L2	L3
Voltage	385 V	385 V	384 V
Current	1.11 A	1.12 A	1.10 A
Active Power	0.109 KW	0.119 KW	0.122 KW
Reactive Power	0.217 Kvar	0.217 Kvar	0.211 Kvar
Power Factor	0.45 PF	0.48 PF	0.5 PF
L-N	220 V	222 V	222 V
Frequency	50 Hz		
3Phase KW	0.350 KW		
3Phase Kvar L	0.645 Kvar L		
3Phase Kvar C	0		
3Phase KVA	0.735 KVA		
KW-h	0.225 KW-h		

ตารางที่ 4.1.2 ตารางค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 1 ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ

4.1.3 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่วัดได้จากพาวเวอร์มิเตอร์ Analyzer

รายละเอียด	L1	L2	L3
Voltage	384 V	384 V	382 V
Current	0.43 A	0.43 A	0.41 A
Active Power	0.042 KW	0.049 KW	0.049 KW
Reactive Power	0.084 Kvar	0.077 Kvar	0.070 Kvar
Power Factor	0.43 PF	0.54 PF	0.53 PF
Frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Voltage THD	2.1 %THD-V	2 %THD-V	2 %THD-V
Current THD	25 %THD-A	26 %THD-A	24 %THD-A
L-N	222 V	222 V	221 V
3Phase KW	140 KW		
3Phase Kvar L	231 Kvar L		
3Phase Kvar C	0		
3Phase KVA	287 KVA		
KW-h	0.598 KW-h		

ตารางที่ 4.1.3 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่วัดได้จากพาวเวอร์มิเตอร์ Analyzer

4.1.4 ค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ

รายละเอียด	L1	L2	L3
Voltage	385 V	384 V	383 V
Current	0.43 A	0.43 A	0.44 A
Active Power	0.047 KW	0.045 KW	0.050 KW
Reactive Power	0.081 Kvar	0.083 Kvar	0.082 Kvar
Power Factor	0.5 PF	0.48 PF	0.52 PF
L-N	220 V	222 V	221 V
Frequency	50 Hz		
3Phase KW	0.142 KW		
3Phase Kvar L	0.238 Kvar L		
3Phase Kvar C	0		
3Phase KVA	0.285 KVA		
KW-h	0.605 KW-h		

ตารางที่ 4.1.4 ตารางค่าตัวแปรต่าง ๆ ของมอเตอร์ตัวที่ 2 ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ

สูตรการหาค่าตัวแปร

P = IVCos□

Q = IVSin□

KW = 3IVCos□

Kvar = 3IVSin□

KVA = P+jQ

Kw-h = กำลังไฟฟ้า x เวลา(ชั่วโมง)/1000

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

สรุปผลการทดลองจากค่าตัวแปรที่ได้จากพาเวอร์มิเตอร์ มีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ และค่าที่ได้จากการคำนวณ ดังนั้นควรที่จะใช้พาเวอร์มิเตอร์ในการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ แทนการใช้เครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีหลายชนิดและต้องใช้ถึงหลายชนิดในการทราบค่าตัวแปร

เครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส มีค่าพารามิเตอร์ที่สามารถวัดได้ คือ Voltage , Current , Active Power , Reactive Power , Frequency , Power Factor , THD

- เครื่องมือวัดมีความทันสมัย ใช้วัดค่าต่าง ๆ ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เหมาะสำหรับวัดค่าต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อใช้เก็บข้อมูล

- จากการเปรียบเทียบค่าโดยใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่ผ่านการ Calibrate แล้วพบว่า Power meter มีความถูกต้องสามารถวัดค่าต่าง ๆ ของเครื่องกลไฟฟ้าได้อย่างมาตรฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการทดลอง

1. ควรนำผลการศึกษาไปเผยแพร่ให้กับนักเรียนจ่าทหารเรือ เหล่าทหารช่างยุทธโยธาไฟฟ้า ที่จะต้องเรียนรู้ในการใช้พาเวอร์มิเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งจะเป็นการพัฒนาชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องไฟฟ้า 3 เฟส ให้มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้นต่อไป
2. ควรจะมีการพัฒนาโดยการเรียนโปรแกรมเข้ากับชุดแสดงผลการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส เพื่อให้มีการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และจัดเก็บเป็นข้อมูลสถิติการทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส
3. เนื่องจากไม่มีงบประมาณในการจัดซื้อสาย Data ling ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลมาจัดเก็บใน Data loger ซึ่งจะแสดงผลในคอมพิวเตอร์อย่างละเอียด

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

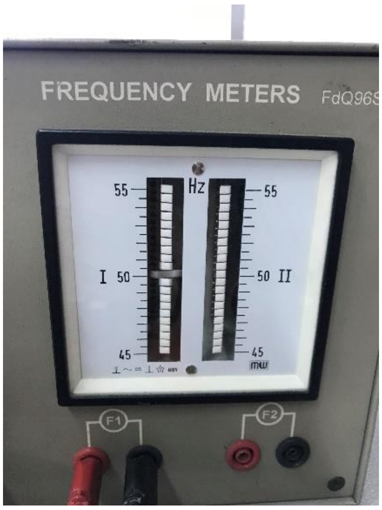
1. ควรเป็นอุปกรณ์วัดค่าแบบเคลื่อนที่ได้ เช่น เพิ่มที่จับ , ล้อเลื่อน เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ
2. ควรพัฒนาต่อยอดโดยสามารถนำมาเชื่อมต่อประมวลผลแสดงค่าในคอมพิวเตอร์ได้ เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลลงในระบบอินเตอร์เน็ตได้
3. ควรนำผลการศึกษาไปเผยแพร่ให้นักเรียนที่จะต้องเรียนรู้ในการใช้พาเวอร์มิเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใช้เครื่องกลไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งจะเป็นการพัฒนาให้ดีขึ้นต่อไป

ภาคผนวก ก

ตู้คอนโทล

Power Analyzer

Clamp Meter



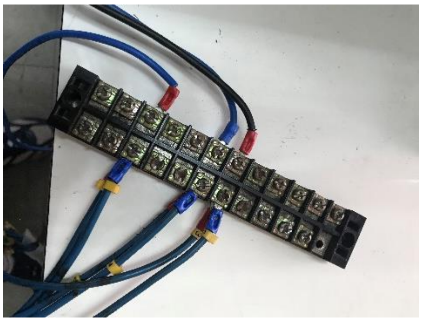
Frequency Meter

Duplex Voltmeter

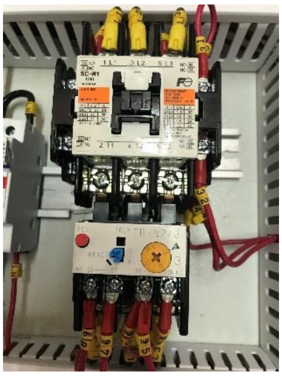
Meter Simpson

Power Supply Alimentation

3 Phase Rotation Tester

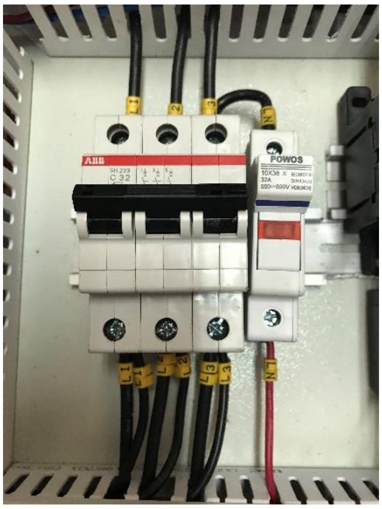


Terminal



Current Transformer

Magnetic Contactor



Circuit Breaker

Bandex Cable Marker

สาย THW

Push Button Switch

หางปลา

Signal Lamp