



แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗

สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์

กลุ่มอาชีพเมคคาทรอนิกส์ หุ่นยนต์ และระบบอัตโนมัติ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ วิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Control Techniques) รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ท-ป-น ๒-๓-๓ นี้มุ่งเน้นสมรรถนะและบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการเรียนการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗ สำนักงานคณะกรรมการ การอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ๖ หน่วย การเรียนรู้ ประกอบด้วย

- ๑) งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ๒) งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๓) งานมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๔) งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า
- ๕) งานรอกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๖) งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

พร้อมทั้ง แบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบพร้อมเฉลย และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และผู้สนใจทั่วไป หากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

ลงชื่อ

()
ครูผู้สอน

สารบัญ

หน้า

คำนำ	ก
สารบัญ	๗
สารบัญ (ต่อ)	ค
หลักสูตรรายวิชา	๑
มาตรฐานอาชีพ (ถ้ามี)	๒
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	๔
หน่วยการเรียนรู้	๘
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	๘
หน่วยที่ ๑ เรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	๑๐
แผนการจัดการเรียนรู้	๑๐
ใบความรู้	๑๔
ใบงาน	๓๒
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	
หน่วยที่ ๒ เรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า	๓๘
แผนการจัดการเรียนรู้	๓๘
ใบความรู้	๔๒
ใบงาน	๕๖
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	
หน่วยที่ ๓ เรื่อง/งาน งานมอเตอร์ไฟฟ้า	๕๘
แผนการจัดการเรียนรู้	๕๘
ใบความรู้	๖๒
ใบงาน	๗๔
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	
หน่วยที่ ๔ เรื่อง/งาน งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	๗๘
แผนการจัดการเรียนรู้	๗๘
ใบความรู้	๘๒
ใบงาน	๑๒๔
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

หน่วยที่ ๕ เรื่อง/งาน งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	๑๓๐
แผนการจัดการเรียนรู้	๑๓๐
ใบความรู้	๑๓๔
ใบงาน	๑๔๘
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	
หน่วยที่ ๖ เรื่อง/งาน งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	๑๕๕
แผนการจัดการเรียนรู้	๑๕๕
ใบความรู้	๑๕๙
ใบงาน	๑๙๗
แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ	

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

รหัส ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

ทฤษฎี ๒ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

๑. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ระดับ ๔

๒. คำแนะนำของ อ.ก.ร.อ.ศ. กลุ่มอาชีพเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า หนุ่ยยนต์ และระบบอัตโนมัติ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

มีทักษะในการใช้เครื่องมือ ประกอบ ติดตั้ง ปรับตั้ง วัด ทดสอบ บันทึกปริมาณทางไฟฟ้า เลือกเครื่องมือเครื่องมือวัด อุปกรณ์ป้องกัน และบำรุงรักษาอุปกรณ์การควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ด้วยความปลอดภัย

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า ระบบป้องกันและระบบควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๒. สามารถเลือกเครื่องมือ เครื่องมือวัด อุปกรณ์ป้องกัน ประกอบติดตั้ง ปรับตั้ง วัด ทดสอบและบันทึกปริมาณทางไฟฟ้าในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๓. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียด รอบคอบ

๔. ประยุกต์ด้านพัฒนาบุคลิกภาพ สุขอนามัย และคุณลักษณะเหมาะสมการปฏิบัติงานด้วยความเป็นระเบียบสะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบและรักษาสภาพแวดล้อมปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า ระบบป้องกันในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๒. เลือกเครื่องมือ เครื่องมือวัด อุปกรณ์ป้องกันในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๓. ประกอบ ติดตั้ง ปรับตั้ง วัด ทดสอบและบันทึกปริมาณทางไฟฟ้าของงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๔. ทดสอบ บำรุงรักษาอุปกรณ์ควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างส่วนประกอบ หลักการทำงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับแบบ ๑ เฟส และ ๓ เฟส การอ่านข้อมูลจากแผ่นป้าย (Name Plate) การออกแบบวงจรกำลัง วงจรควบคุมและเลือกเครื่องมือวัด และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดความต่างศักย์ กระแสและค่าความต้านทานในวงจรกำลัง วงจรควบคุม ดูแลเครื่องมือวัด และอุปกรณ์เสริมในการวัดปริมาณไฟฟ้าให้พร้อมใช้งาน วัด ค่าความต้านทานของสายไฟ ความต่างศักย์วงจรควบคุมในฟังก์ชันของเวลาด้วย

เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าวงจรควบคุมในฟังก์ชันของเวลาด้วยเครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสายไฟ และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบการลงกราวด์ของ อุปกรณ์ต่าง ๆ วัดทดสอบ และบันทึกความต่างศักย์และกระแสในวงจรกำลัง วงจรควบคุมกระแสตรงและ กระแสสลับ วัด ทดสอบและความต้านทานด้วยความปลอดภัย ประยุกต์ใช้การเลือกขนาดสายไฟที่เหมาะสม ประยุกต์ใช้ คุณสมบัติมาตรฐาน ของอุปกรณ์ติดตั้งไฟฟ้า และแหล่งจ่ายไฟฟ้า ประยุกต์ใช้ คุณสมบัติ วงจร ควบคุม ประยุกต์เลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการประกอบชิ้นส่วนและเครื่องมือตรวจสอบอุปกรณ์หลังการ ประกอบชิ้นส่วน ประยุกต์การอ่านและแปลความหมายแบบสัญญาณทางไฟฟ้า แบบการวางสาย ประยุกต์ใช้ อุปกรณ์ในงานวางสาย การปรับตั้งในการประกอบ ประยุกต์ใช้หลักการความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในการ ประกอบ ออกแบบและประยุกต์ใช้การควบคุมความเร็ว แรงบิด ตำแหน่ง น้ำหนักของโหลด

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา(Job) มีทักษะในการใช้เครื่องมือ ประกอบ ติดตั้ง ปรับตั้ง วัด ทดสอบ บันทึกปริมาณทางไฟฟ้า เลือกเครื่องมือเครื่องมือวัด อุปกรณ์ป้องกัน และบำรุงรักษาอุปกรณ์กรณี ควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยความปลอดภัย				
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๑ งานโครงสร้าง ส่วนประกอบหลักการ ทำงานเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า	๑.๑ งานเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า		- บอกโครงสร้าง ส่วนประกอบของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า - บอกประเภทของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า - อธิบายหลักการ ทำงานของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า	- เขียนโครงสร้าง และส่วนประกอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า - เขียนวงจรของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า - ต่อดทดสอบวงจร ของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้า
งานหลัก ๒ งานโครงสร้าง ส่วนประกอบ หลักการทำงานหม้อ แปลงไฟฟ้า	๒.๑ งานหม้อ แปลง ไฟฟ้า		- บอกโครงสร้าง ส่วนประกอบของ หม้อ แปลงไฟฟ้า - บอกประเภทของ หม้อแปลงไฟฟ้า - อธิบายหลักการ ทำงานของหม้อแปลง ไฟฟ้า	- เขียนโครงสร้าง และส่วนประกอบ ของหม้อแปลง ไฟฟ้า - เขียนวงจรของ หม้อแปลงไฟฟ้า - ต่อดทดสอบวงจร หม้อแปลงไฟฟ้า

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๓ งานมอเตอร์ไฟฟ้า	๓.๑ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		- บอกโครงสร้างส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง - บอกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	- เขียนโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง - เขียนวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
	๓.๒ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส		- บอกโครงสร้างส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส - บอกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส - อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส	- เขียนโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส - เขียนวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส
	๓.๓ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส		- บอกโครงสร้างส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส - บอกประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส	- เขียนโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส - เขียนวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส
	๓.๔ งานอ่านข้อมูลแผ่นป้าย (Name Plate)		- บอกความหมายของป้าย (Name Plate)	- เขียนระบุของป้าย (Name Plate)

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๔ งานอุปกรณ์ป้องกัน และ อุปกรณ์ ควบคุมในงาน ควบคุม เครื่องกล ไฟฟ้า	๔.๑ งานอุปกรณ์ ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมใน งานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า		- บอกถึงอุปกรณ์ ป้องกันและควบคุม งานควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า - อธิบายหน้าที่ของ อุปกรณ์ป้องกันและ ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า - อธิบายหลักการ ทำงานของอุปกรณ์ ป้องกันและควบคุมใน งานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	- ใช้อุปกรณ์ป้องกัน และควบคุม งาน ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้าให้ เหมาะกับ การใช้งาน - ตรวจเช็คอุปกรณ์ ป้องกันและควบคุม ในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้าได้ อย่างถูกต้อง
	งานหลัก ๕ งานออกแบบวงจร กำลัง และวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า	๕.๑ งาน สัญลักษณ์ทาง ไฟฟ้าสำหรับวงจร กำลังและวงจร ควบคุม ๕.๒ งานออกแบบ วงจรกำลังและ วงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า ด้วย โปรแกรม CAdE SIMU	- อธิบายสัญลักษณ์ ทางไฟฟ้าสำหรับ วงจรกำลังและวงจร ควบคุม - อธิบายหลักการ ออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า - แสดงความรู้ เกี่ยวกับโปรแกรม คอมพิวเตอร์สำหรับ การออกแบบวงจร สำ กำลังและวงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	- สร้างสัญลักษณ์ ทางไฟฟ้าสำหรับ วงจรกำลังและ วงจรควบคุม - ออกแบบวงจร กำลังและวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า - เลือกใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์สำหรับ การออกแบบวงจร กำลังและวงจร ควบคุม - จำลองการทำงาน วงจรกำลัง

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๕ (ต่อ) งานออกแบบวงจร กำลัง และวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า	๕.๓ งานต่อวงจร วงจรกำลังและ วงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า		- อธิบายหลักการทำงานของ ต่อวงจรวงจรกำลัง และวงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	- ต่อวงจรวงจร กำลังและวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า
	๕.๔ งาน ตรวจสอบและ บำรุงรักษาวงจร กำลังและวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า		- อธิบายขั้นตอนการ ตรวจสอบและ บำรุงรักษาวงจรกำลัง และวงจรควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	- ตรวจสอบและ บำรุงรักษาวงจร กำลังและวงจร ควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า
งานหลัก ๖ งานควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้า	๖.๑ งานควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง		- อธิบายวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน การ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง - อธิบายหลักการ ทำงานของ วงจรที่ใช้ในการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง	- แสดงวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน การ ควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้า กระแสตรง - แสดงลำดับขั้นตอน การควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง
	๖.๒ งานควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๑ เฟส		- อธิบายวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน การ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๑ เฟส - อธิบายหลักการ ทำงานของ วงจรที่ใช้ในมอเตอร์ ไฟฟ้า กระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำ ๑ เฟส	- แสดงวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำ ๑ เฟส - แสดงลำดับขั้นตอน มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๑ เฟส

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๖ (ต่อ) งานควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้า	๖.๓ งานควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๓ เฟส		- อธิบายวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน การ ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๓ เฟส - อธิบายหลักการทำงาน ของ วงจรที่ใช้ในมอเตอร์ ไฟฟ้า กระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำ ๓ เฟส	- แสดงวิธีการต่อ วงจรที่ใช้ใน มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดเหนี่ยวนำ ๓ เฟส - แสดงลำดับขั้นตอน มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิด เหนี่ยวนำ ๓ เฟส - เลือกเครื่องมือวัด และอุปกรณ์เสริม ต่างๆ ในการวัด ปริมาณไฟฟ้าในงาน ควบคุม

คำอธิบาย การเขียนตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ขั้นที่ ๑ นำผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา วิเคราะห์งาน (Job analysis) เพื่อกำหนดงานหลัก (Duty) และงานย่อย (Task) ที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีสมรรถนะตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชาที่กำหนด

ขั้นที่ ๒ กำหนดงานหลัก (Duty) และงานย่อย (Task) เพิ่มเติมตามที่ปรากฏในมาตรฐานอาชีพ (ถ้ามี)

ขั้นที่ ๓ ช่องสมรรถนะย่อย เป็นการเชื่อมโยงงานย่อย ว่าสอดคล้องกับมาตรฐานอาชีพ ตามสมรรถนะย่อยใด ให้นำสมรรถนะย่อยนั้นมาเขียน (วิชาที่ไม่ได้อ้างอิงมาตรฐานอาชีพ ไม่ต้องเขียนช่องนี้)

ขั้นที่ ๔ การเขียน **ความรู้และทักษะในการปฏิบัติงาน** ให้ตรวจสอบเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชา เพื่อกำหนดเนื้อหาความรู้ และทักษะในการปฏิบัติงาน ของแต่ละงานย่อยให้ครบถ้วน

ขั้นที่ ๕ ครูผู้สอนสามารถปรับปรุง พัฒนารายวิชาเพิ่มเติม ได้จากการเพิ่มเติม งานหลัก งานย่อย ความรู้ หรือทักษะ เพิ่มเติมได้จากตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนนี้

หมายเหตุ งานหลัก(Duty) และงานย่อย(Task) จะใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณากำหนดหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้วิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ต่อไป

หน่วยการเรียนรู้

รหัสวิชา ๓๐๑๒๗ - ๒๐๐๖ ชื่อวิชา เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

ทฤษฎี ๒ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วย ที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
๑	งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ๑.๑ งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	๔	๖	๑๐
๒	งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลง ๒.๑ งานหม้อแปลงไฟฟ้า	๔	๖	๑๐
๓	งานมอเตอร์ไฟฟ้า ๓.๑ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ๓.๒ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๑ เฟส ๓.๓ งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ ๓ เฟส ๓.๔ งานอ่านข้อมูลแผ่นป้าย (Name Plate)	๔	๖	๑๐
๔	งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกล ๔.๑ งานอุปกรณ์ป้องกันและอุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	๔	๖	๑๐
๕	งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ๕.๑ งานการออกแบบวงจรกำลังและวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโปรแกรมCADe SIMU ๕.๒ งานสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าสำหรับวงจรกำลังและวงจรควบคุม ๕.๓ งานการต่อวงจรวงจรกำลังและวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ๕.๔ งานการตรวจสอบและบำรุงรักษาวงจรกำลังและวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	๖	๙	๑๕
๖	งานควบคุมมอเตอร์ ๖.๑ งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ๖.๒ งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ ๑ เฟส ๖.๓ งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำ ๓ เฟส	๘	๑๒	๒๐
	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			
รวม		๓๐	๔๕	๗๕

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

รหัสวิชา ๓๐๑๒๗ - ๒๐๐๖ ชื่อวิชา เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

ทฤษฎี ๒ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวน ชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย	ประยูก ต์ ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์					
๑. งานโครงสร้าง ส่วนประกอบหลักการ ทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	๒	๒	๒	-	๒	-	๒	๒	๑	๑๓	๑๐
๒. งานโครงสร้าง ส่วนประกอบหลักการ ทำงานหม้อแปลง ไฟฟ้า	๒	๒	๒	-	๒	-	๒	๒	๑	๑๓	๑๐
๓. งานมอเตอร์ไฟฟ้า	๒	๒	๒	-	๒	-	๓	๓	๒	๑๖	๑๐
๔. งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงาน ควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	๒	๒	๒	-	-	-	๓	๓	๒	๑๔	๑๐
๕. งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกล ไฟฟ้า	๒	๒	๒	๒	-	-	๕	๕	๓	๒๑	๑๕
๖. งานควบคุมมอเตอร์ ไฟฟ้า	๒	๒	๒	๒	-	๒	๕	๕	๓	๒๓	๒๐
รวม	๑๒	๑๒	๑๒	๔	๖	๒	๒๐	๒๐	๑๒	๑๐๐	๗๕
ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา											
รวมทั้งรายวิชา											

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑-๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๒ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายหน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๓ อธิบายการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๔ อธิบายผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายจำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๖ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลได้
- ๔.๗ การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๒ หน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๓ การพันขดลวดอาร์เมเจอร์
- ๕.๔ ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๑ (๒๐ นาที)

๖.๑ ขั้นนำ (๒๐ นาที)

- ๑) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ ๑
- ๒) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม

๖.๒ ขั้นกิจกรรม (๓๘๐ นาที)

๓) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยนักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๔) สุ่มตัวอย่างนักศึกษา ๓-๕ คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๕) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง นักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๖) ครูแบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น ๒ กลุ่ม คือ
กลุ่มที่ ๑ โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง กลุ่มที่ ๒ ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๗) ตัวแทนนักศึกษาแต่ละกลุ่ม นำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย กลุ่มละ ๑๐ นาที

๘) ครูอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๙) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๑๐) แบ่งกลุ่มนักศึกษากลุ่มละ ๓-๕ คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ ๑ และการทดลองที่ ๑

๑๑) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ ๑

๖.๓ ขั้นวิเคราะห์ (๑๒๐ นาที)

๑๒) ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๑

๑๓) ครูให้นักศึกษาสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๑

๑๔) ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบทดสอบที่ละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

๖.๔ ขั้นสรุปและประเมินผล (๖๐ นาที)

๑๕) ครูและนักศึกษาช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

๗.๑.๑ หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๗.๑.๒ Power point หน่วยที่ ๑ เรื่อง โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๗.๒ ของจริง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑. หลักฐานความรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ว ตรวจสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ตามแบบที่กำหนด

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายหน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
๒. เขียนโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
๓. อธิบายการพันขดลวดอาร์เมเจอร์
๔. อธิบายจำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์
๕. ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล
๖. การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวด
๗. มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่น

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑. สัมภาษณ์
๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่
 - ๒.๑ ด้านความรู้
 - ๒.๒ การปฏิบัติงาน
 - ๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา

๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

	ใบความรู้ ที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑ - ๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๒ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายหน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๓ อธิบายการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๔ อธิบายผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายจำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๖ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลได้
- ๔.๗ การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

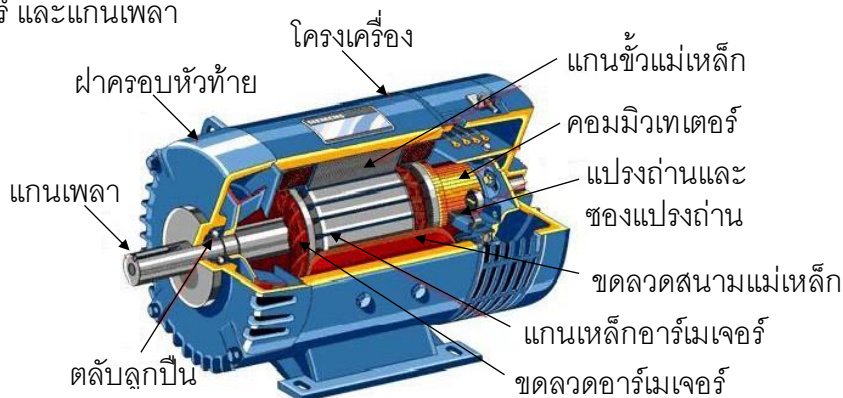
๕. เนื้อหาสาระ

๑.๑ โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งเป็น ๒ ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

๑.๑.๑ ส่วนที่อยู่กับที่ เมื่อพิจารณาดังรูป ซึ่งได้แก่ โครงเครื่องหรือกรอบโครง แกนขั้วแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็ก แปรงถ่านพร้อมชุดยึดแปรงถ่าน และฝาครอบหัวท้าย

๑.๑.๒ ส่วนที่เคลื่อนที่ เมื่อพิจารณาดังรูปที่ ซึ่งได้แก่ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ขดลวดอาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ และแกนเพลลา



รูปที่ ๑.๑ โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๑.๒ หน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ดังรูป เมื่อเปิดฝาครอบหัวท้ายออกจะเห็นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้



รูปที่ ๑.๒ ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๑.๒.๑ โครงเครื่องหรือกรอบโครง (Frame or Yoke) ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นที่โค้งงอเป็นรูปทรงกระบอกแล้วเชื่อมยึดรอยต่อเข้าด้วยกัน หน้าที่ของโครงเครื่องคือห่อหุ้มส่วนต่าง ๆ และรับแรงทั้งหมดของเครื่องกำเนิด นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นส่วนทางเดินของวงจรแม่เหล็ก

๑.๒.๒ แกนขั้วแม่เหล็ก (Pole core) ทำจากเหล็กแผ่นลามิเนต (Laminated sheet steel) บี้เป็นแกนรูปขั้วแม่เหล็กแล้วนำมาอัดติดกันเป็นแกนขั้วแม่เหล็ก ดังรูป โดยส่วนที่ยื่นออกจากขอบทั้งสองบริเวณด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กเรียกว่าโพลชู (Pole shoe) (วิชชัย อัตถวิบูลย์กุล, ๒๕๔๖: ๗๔) และมีลักษณะโค้งงอตามความโค้งของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ โดยแกนของขั้วแม่เหล็กทุกขั้วนั้นยึดติดกับโครงเครื่องด้วยสกรู และหน้าที่ของแกนขั้วแม่เหล็กก็คือสร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก

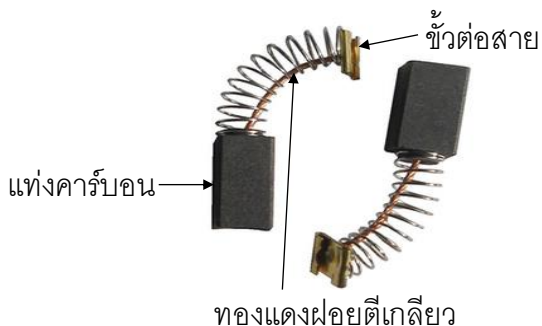


(ก) ภาพลายเส้นของแกนขั้วและขดลวดสนามแม่เหล็ก (ข) ภาพจริงของแกนขั้วและขดลวดสนามแม่เหล็ก

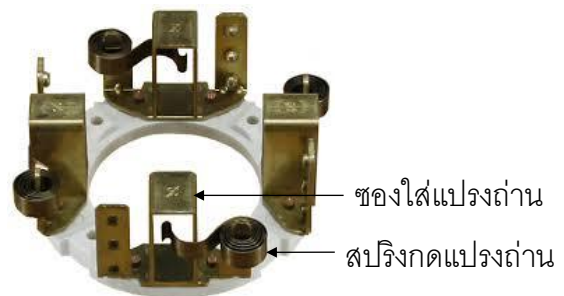
รูปที่ ๑.๓ ภาพลายเส้นและภาพจริงของแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวดสนามแม่เหล็ก

๑.๒.๓ ขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดลวดฟิลด์ (Field winding) ทำจากขดลวดทองแดงหุ้มฉนวนพันรอบแกนของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว ส่วนมากขดลวดสนามแม่เหล็กจะถูกพันไว้ล่วงหน้า แล้วหุ้มด้วยฉนวนหรือพันด้วยแถบผ้าฝ้ายอาบวานิชและอบแห้งเสร็จแล้วจึงนำไปสวมเข้ากับแกนขั้วแม่เหล็ก โดยขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนแกนขั้วมี ๒ ชนิด คือ ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันท (Shunt field winding) และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรี่ส์ (Series field winding) หน้าที่ของขดลวดสนามแม่เหล็กคือสร้างเส้นแรง-แม่เหล็กร่วมกับแกนขั้วแม่เหล็กเมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวด โดยเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งออกจากขั้วแม่เหล็กเหนือผ่านช่องอากาศไปยังขั้วแม่เหล็กใต้

๑.๒.๔ แปร่งถ่าน ส่วนมากจะทำจากคาร์บอนและแกรไฟต์ แปร่งถ่านคาร์บอนทำจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์ใช้ในเครื่องกลไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีพิกัดกระแสต่ำ แปร่งถ่านแกรไฟต์ทำจากผงถ่านคาร์บอนบริสุทธิ์โดยการเพิ่มปริมาณความร้อนจึงเปลี่ยนสภาพเป็นแกรไฟต์ แปร่งถ่านชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ดีและนิยมใช้กันแพร่หลาย นอกจากนั้นยังมีแปร่งถ่านโลหะทำจากส่วนผสมของผงทองแดงกับผงแกรไฟต์และใช้งานที่มีพิกัดกระแสสูง โดยแปร่งถ่านต่อกับสายทองแดงฝอยดีเกลียวพร้อมขั้วต่อสาย ดังรูปที่ ๑.๔ (ก) โดยหน้าที่ของแปร่งถ่านก็คือเป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ออกจากซีคอมมิวเตเตอร์ที่แปร่งถ่านสัมผัสอยู่ไปยังโพล โดยตำแหน่งแปร่งถ่านจะบรรจุอยู่ที่ช่องแปร่งถ่าน ดังรูปที่ ๑.๔ (ข)



(ก) แปร่งถ่านคาร์บอนและขั้วต่อสายทองแดง

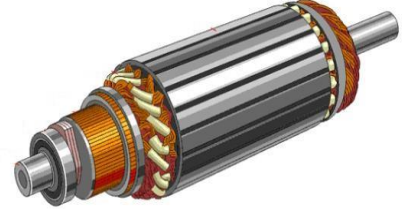
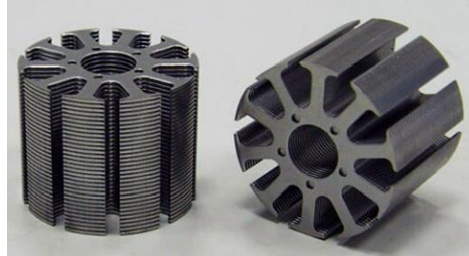
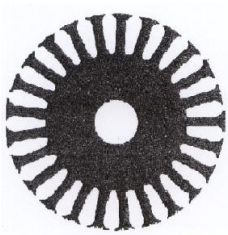


(ข) ชุดช่องแปร่งถ่าน

รูปที่ ๑.๔ ลักษณะของแปร่งถ่านและตำแหน่งของแปร่งถ่าน

๑.๒.๕ ฝาครอบหัวท้าย ทำจากเหล็กหล่อเช่นเดียวกับโครงเครื่อง โดยที่ฝาปิดหัวท้ายมีตลับลูกปืนยึดฝังอยู่ หน้าที่ของฝาปิดหัวท้ายก็คือทำหน้าที่รับแรงร่วมกับโครงเครื่อง

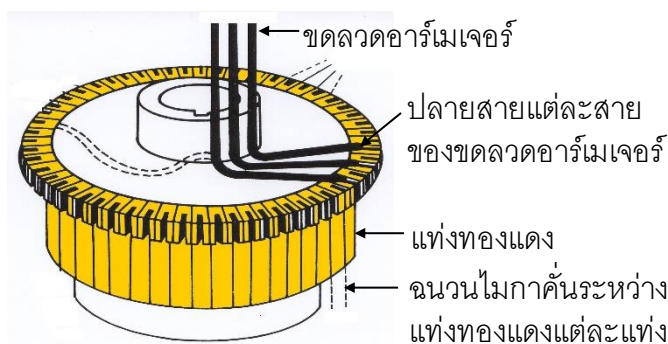
๑.๒.๖ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำจากแผ่นเหล็กซิลิกอนแผ่นบางซึ่งแต่ละแผ่นทำเป็นร่อง และเจาะรูตรงกลางสำหรับสอดเพลาดังรูป ผิวทั้งสองข้างฉาบด้วยฉนวนวานิชแล้วนำมาอัดซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูป เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากฮิสเตอรีซิสและกระแสไหลวนในแกนเหล็ก หน้าที่ของแกนอาร์เมเจอร์คือเป็นที่ใส่ชุดขดลวดอาร์เมเจอร์ และนำพาชุดขดลวดอาร์เมเจอร์หมุนติดกับเส้น



(ก) เหล็กซิลิกอนแผ่นบาง (ข) แผ่นเหล็กซิลิกอนนำมาอัดซ้อนกัน (ค) ขดลวดบรรจุอยู่ในร่องอาร์เมเจอร์
รูปที่ ๑.๕ แผ่นเหล็กของแกนอาร์เมเจอร์และอาร์เมเจอร์เมื่อลงขดลวดแล้ว

๑.๒.๗ ขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำจากเส้นลวดทองแดงอบน้ำยา ซึ่งในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสไม่สูงมากนัก ก็จะใช้ลวดทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดกลม ส่วนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพิกัดกระแสสูง ก็จะใช้ตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมแบน โดยขดลวดอาร์เมเจอร์แต่ละชุดที่พันไว้ล่วงหน้าแล้วนำมาต่อเชื่อมกันที่บนซีคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งในการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ยังแบ่งได้อีก ๒ แบบก็คือ ขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป และขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ หน้าที่ของขดลวดอาร์เมเจอร์ คือผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อหมุนไปติดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

๑.๒.๘ คอมมิวเตเตอร์ ทำจากแท่งทองแดงหลาย ๆ แท่ง มีลักษณะคล้ายรูปปลี เพื่อให้สามารถนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกโดยมีแผ่นฉนวนไมกาคั่นกลางระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ทุก ๆ ซี่ ความหนาของแต่ละซี่ของคอมมิวเตเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดพิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าระหว่างซี่คอมมิวเตเตอร์ที่อยู่ประชิดกัน หน้าที่ของคอมมิวเตเตอร์ คือใช้สำหรับรองรับปลายสายทั้งหมดของขดลวดอาร์เมเจอร์ และยังทำหน้าที่เรียงกระแสหรือเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

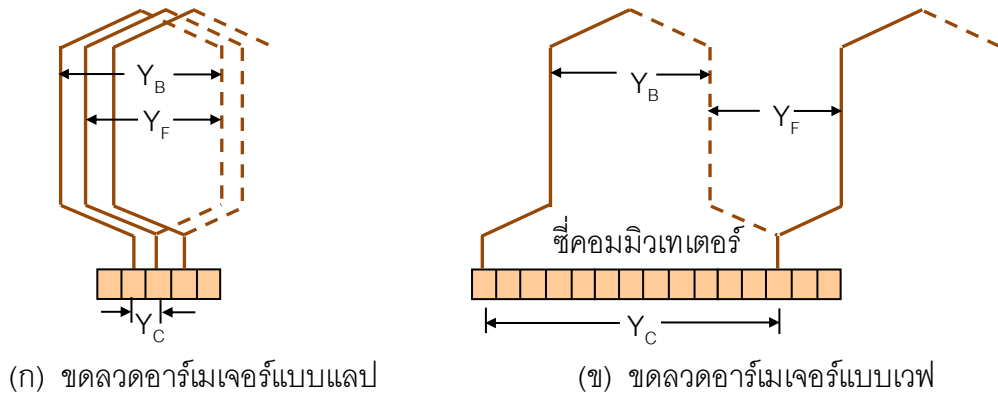


(ก) โครงสร้างของคอมมิวเตเตอร์ (ข) ภาพจริงของคอมมิวเตเตอร์

รูปที่ ๑.๖ โครงสร้างและภาพจริงของคอมมิวเตเตอร์

๑.๓ การพันขดลวดอาร์เมเจอร์

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะแบ่งการพันขดลวดอาร์เมเจอร์เป็น ๒ แบบ คือ การพันแบบแลป ดังรูป และการพันแบบเวฟ ดังรูป ซึ่งลักษณะการพันของขดลวดทั้ง ๒ แบบ ต่างกันตรงที่การนำปลายสายของขดลวดอาร์เมเจอร์ไปต่อเข้ากับซีคอมมิวเตเตอร์

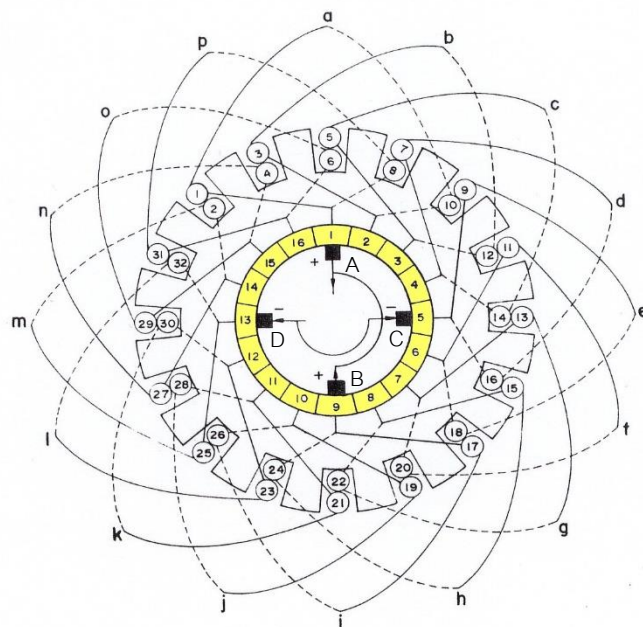


รูปที่ ๑.๓ การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบต่าง ๆ

๑.๔ ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์

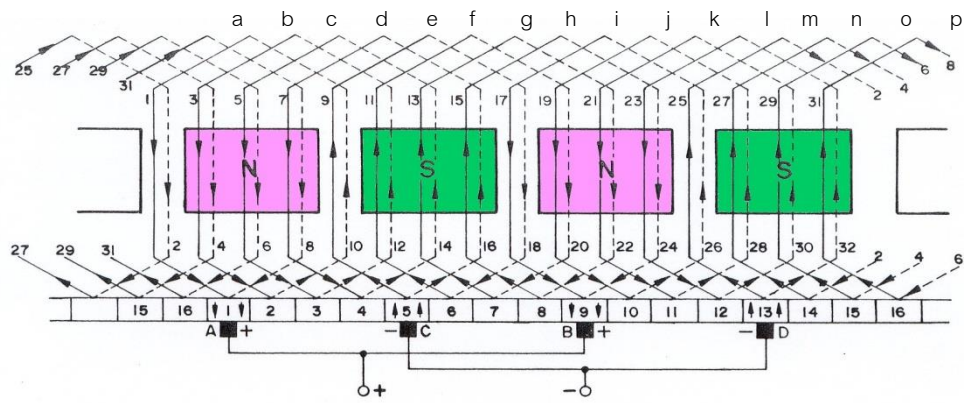
จากการพันขดลวดเป็น ๒ แบบ คือการพันแบบแลปและการพันแบบเวฟ เพื่อให้เห็นลักษณะการลงขดลวดทั้ง ๒ แบบ ความแตกต่างของการพันขดลวดทั้งสองสามารถพิจารณาได้จากการลงขดลวดในลักษณะแผนภาพแบบวงกลม (Circular diagram) และแผนภาพแบบคลี่ (Unfolded diagram)

๑.๔.๑ แบบแลป ดังรูป เป็นการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบซิมเพล็กซ์แลป



(ก) การลงขดลวดแผนภาพแบบวงกลม

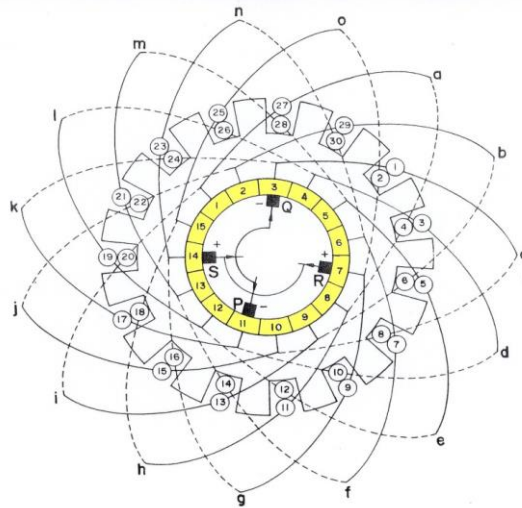
รูปที่ ๑.๔ ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป



(ข) ผังการลงขดลวดแผนภาพแบบคลี่

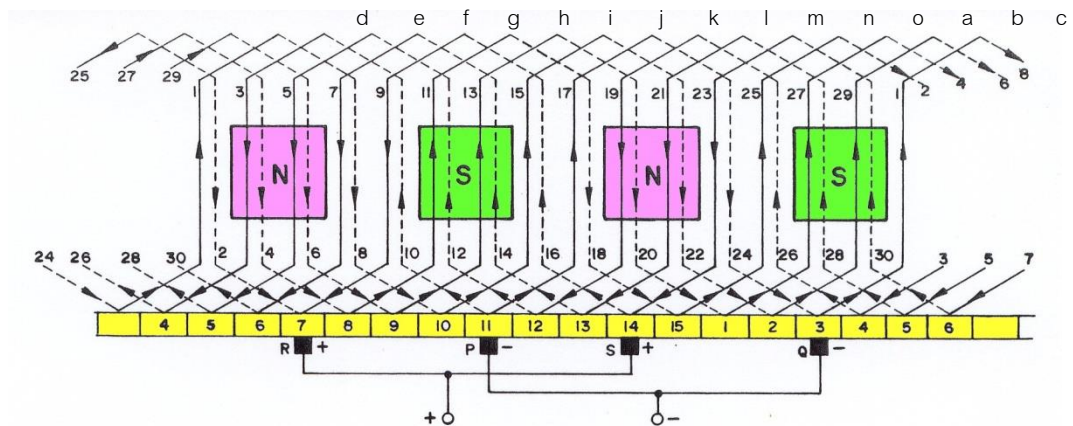
รูปที่ ๑.๘ (ต่อ) ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป

๑.๔.๒ แบบเวฟ ดังรูป เป็นการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบซิมเพิล็กซ์เวฟ



(ก) การลงขดลวดแผนภาพแบบวงกลม

รูปที่ ๑.๙ ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ



(ข) ผังการลงขดลวดแผนภาพแบบคลี่

รูปที่ ๑.๑๐ ผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ

๑.๕ จำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์

จำนวนทางขนาน หมายถึง จำนวนทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรของขดลวดอาร์เมเจอร์ โดยการพันขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ดังนั้นจำนวนทางขนานจึงขึ้นอยู่กับ การพันขดลวดอาร์-เมเจอร์ กำหนดให้ a เท่ากับจำนวนทางขนาน และ m เท่ากับจำนวนเพล็กซ์ของการพันขดลวด ดังนั้นจำนวนทางขนานจึงขึ้นอยู่กับจำนวนเพล็กซ์ของการพันขดลวดด้วย ดังนี้

พันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟ จะได้

$$a = 2m$$

พันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลป จะได้

$$a = mP$$

โดย

$$m = ๑ \text{ เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟหรือซิมเพล็กซ์แลป}$$

$$m = ๒ \text{ เมื่อพันขดลวดแบบดูเพล็กซ์เวฟหรือดูเพล็กซ์แลป}$$

$$m = ๓ \text{ เมื่อพันขดลวดแบบทริเพล็กซ์เวฟหรือทริเพล็กซ์แลป}$$

ตัวอย่างที่ ๑.๑ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ๖ ขั้วแม่เหล็ก มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ ๑๒๐ A จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพันแบบต่าง ๆ ดังนี้

ก. แบบดูเพล็กซ์แลป

ข. แบบทริเพล็กซ์เวฟ

วิธีทำ จากโจทย์ที่กำหนดให้ $P = ๖$ และ $I_a = 120 \text{ A}$

ก. แบบดูเพล็กซ์แลป นั่นคือ $m = ๒$

$$\text{จากสูตร} \quad a = mP$$

$$\text{แทนค่า} \quad a = 2 \times 6 = ๑๒$$

$$\text{และ} \quad I_p = \frac{I_a}{a} = \frac{120}{12} = ๑๐ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อพันแบบดูเพล็กซ์แลป ๑๐ A **ตอบ**

ข. แบบทริเพล็กซ์เวฟ นั่นคือ $m = ๓$

$$\text{จากสูตร} \quad a = ๒m$$

$$\text{แทนค่า} \quad a = 2 \times 3 = ๖$$

$$\text{และ} \quad I_p = \frac{I_a}{a} = \frac{120}{6} = ๒๐ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อพันแบบทริเพล็กซ์เวฟ ๒๐ A **ตอบ**

๑.๖ ความหมายของการกระตุ้น

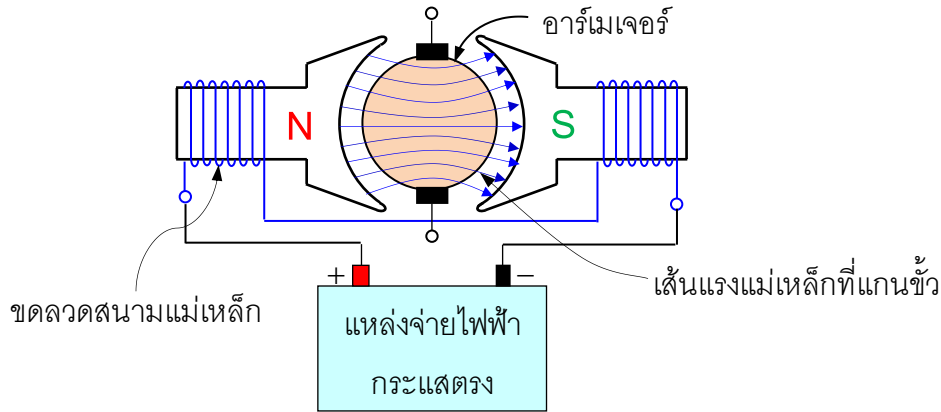
การกระตุ้น หมายถึง การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดที่พันอยู่บนแกนขั้วแม่เหล็กเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งขดลวดที่พันอยู่บนแกนขั้วแม่เหล็กจะมี ๒ แบบ คือ ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซันด์กับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์

๑.๗ ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะแบ่งตามลักษณะของการกระตุ้น ซึ่งแบ่งได้ ๒ แบบ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง

๑.๘ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก เช่น แหล่งจ่ายไฟตรงจากวงจรเรียงกระแส (Rectifier) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กหรือจากแบตเตอรี่มากระตุ้นให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูป



รูปที่ ๑.๑๑ การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมากระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก

๑.๙ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเอง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่นำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวเองในขดลวดอาร์มเจอร์ที่ได้สร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา แล้วนำมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กเพื่อให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กบนแกนขั้วแม่เหล็ก ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองยังแบ่งออกได้เป็น ๓ แบบ

๑.๙.๑ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชั๊นท์ (Shunt generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อขนานกับอาร์มเจอร์ ซึ่งขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์พันด้วยลวดทองแดงเส้นเล็กจำนวนรอบที่พันมาก จึงทำให้ค่าความต้านทานมากกว่าด้วยเมื่อเทียบกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์

๑.๙.๒ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ (Series generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์มเจอร์ ซึ่งขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์นี้จะพันด้วยลวดทองแดงเส้นโต จำนวนรอบที่พันน้อย จึงทำให้ค่าความต้านทานน้อยกว่าเมื่อเทียบกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์

๑.๙.๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ (Compound generator) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อร่วมกันกับขดลวดอาร์มเจอร์ ซึ่งแบ่งได้อีก ๒ แบบ คือ

๑. แบ่งตามลักษณะการต่อ ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น ๒ แบบ คือ

(๑) แบบลองชั๊นท์คอมปาวด์ (Long shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์มเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์

(๒) แบบชั๊นท์คอมปาวด์ (Short shunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อขนานกับอาร์มเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์

๒. แบ่งตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น ๒ แบบ คือ

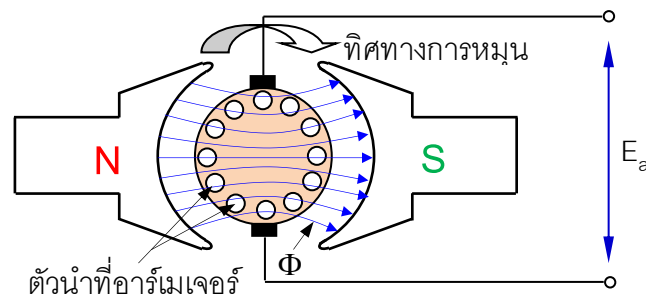
(๑) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (Cumulative compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (Φ_s) จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์ (Φ_f) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของกระแสไฟฟ้าและทิศทางของขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ ๒.๖ สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน โดย I_f ไหลเข้าต้นขดลวดออกปลายขดลวดสนามแม่เหล็กแบบ

ซันต์ และ I_s ไหลเข้าต้นขดลวดออกปลายขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน

(๒) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน (Differential compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์ จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซันต์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน โดย I_f ไหลเข้าต้นของขดลวดและออกที่ปลายขดลวด ส่วน I_s ไหลเข้าที่ปลายขดลวดและออกที่ต้นขดลวด ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองก็มีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน

๑.๑๐ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ตัวนำทั้งหมดที่พันอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์ เมื่อทำให้เกิดเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่อาร์เมเจอร์ ดังรูป ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์



รูปที่ ๑.๑๒ การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก

จากรูปเมื่อพิจารณาตัวนำเพียงตัวนำเดียว และใน ๑ ทางขนาน ดังนั้นเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะได้

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำตัดผ่านใน ๑ รอบ จะมีค่าเท่ากับ ΦP นั่นคือ $\Delta\Phi$ เท่ากับ ΦP

ตัวนำหมุน n รอบต่อวินาที ใช้เวลา ๖๐ วินาที

ตัวนำหมุน ๑ รอบต่อวินาที ใช้เวลา $\frac{60}{n}$ วินาที

นั่นคือ $\Delta t = \frac{60}{n}$

จะได้ $e = \frac{\Phi P}{60/n} = \frac{\Phi P n}{60}$

เนื่องจากการพันขดลวดที่อาร์เมเจอร์ มี ๒ แบบ คือแบบเวฟกับแบบแลปซึ่งจะหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในการพันแต่ละแบบนี้

สำหรับการพันแบบเวฟ

จำนวนทางขนาน $a = 2$

ดังนั้นจำนวนตัวนำทั้งหมด (Z) ที่ต่ออนุกรมกันใน ๑ ทางขนาน จะเท่ากับ $\frac{Z}{a}$ ซึ่งตัวนำที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดนี้ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) ที่เกิดขึ้นบนตัวนำ

$$E_{av/\text{ทางขนาน}} = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a}$$

สำหรับการพันแบบแลป

จำนวนทางขนาน $a = P$

ดังนั้นจำนวนตัวนำทั้งหมด (Z) ที่ต่ออนุกรมกันใน ๑ ทางขนาน จะเท่ากับ $\frac{Z}{a}$ ซึ่งตัวนำที่ต่ออนุกรมกันทั้งหมดนี้ จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฉลี่ย (E_{av}) ที่เกิดขึ้นบนตัวนำ

$$E_{av / \text{ทางขนาน}} = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a}$$

ดังนั้นในการพันทั้งแบบเวฟและแบบแลปเขียนเป็นสมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้

$$E_a = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a} \quad \dots (๒.๑)$$

การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบเวฟจะได้

$$a = 2m \quad \dots (๒.๒)$$

การพันขดลวดอาร์เมเจอร์แบบแลปจะได้

$$a = mP \quad \dots (๒.๓)$$

โดย $m = ๑$ เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟหรือซิมเพล็กซ์แลป

$m = ๒$ เมื่อพันขดลวดแบบดูเพล็กซ์เวฟหรือดูเพล็กซ์แลป

$m = ๓$ เมื่อพันขดลวดแบบทริเพล็กซ์เวฟหรือทริเพล็กซ์แลป

๑.๑๑ การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ตัวอย่างที่ ๑.๒ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี ๖ ขั้วแม่เหล็ก จำนวนตัวนำทั้งหมด ๑๙๒ ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๖๒.๕ mWb ถูกขับเคลื่อนด้วยความเร็ว ๑๒๐๐ r/min จงคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่ออาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ก. พันแบบซิมเพล็กซ์แลป

ข. พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} P &= ๖ \text{ ขั้ว} & Z &= ๑๙๒ \text{ ตัวนำ} \\ n &= ๑๒๐๐ \text{ r/min} & \Phi &= ๖๒.๕ \times ๑๐^{-๓} \text{ Wb} \\ a &= mP = ๑ \times ๖ = ๖ & \text{เมื่อพันแบบซิมเพล็กซ์แลป } m &= ๑ \\ a &= ๒m = ๒ \times ๑ = ๒ & \text{เมื่อพันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ } m &= ๑ \end{aligned}$$

ก. พันแบบซิมเพล็กซ์แลป

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{\Phi P n Z}{60 a} \\ &= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 6} = 240 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ **๒๔๐ V** **ตอบ**

ข. พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{\Phi P n Z}{60 a} \\ &= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 2} \end{aligned}$$

$$E_a = 720 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ **๗๒๐ V** **ตอบ**

ตัวอย่างที่ ๑.๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี ๔ ขั้วแม่เหล็ก ที่แกนอาร์เมเจอร์มี ๓๖ ร่อง แต่ละร่องมี ๔ ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๐.๑ Wb ถูกขับเคลื่อนด้วยความเร็ว ๗๕๐ r/min ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้พันแบบซิมเพิล็กซ์แลป จงคำนวณหา

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

ข. กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่โหลด ๑๒๐ A

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$P = ๔ \text{ ขั้ว} \quad \text{จำนวนร่อง} = ๓๖ \text{ ร่อง}$$

$$n = ๗๕๐ \text{ r/min} \quad \Phi = ๐.๑ \text{ Wb}$$

$$a = mP = ๑ \times ๔ = ๔$$

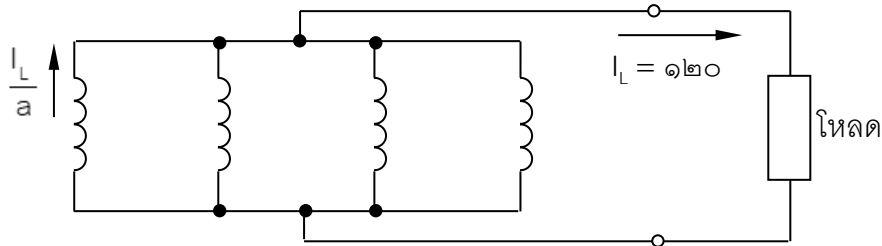
$$Z_{\text{ร่อง}} = ๔ \text{ ตัวนำ} \quad \text{ดังนั้น } Z_{\text{ทั้งหมด}} = ๓๖ \times ๔ = ๑๔๔ \text{ ตัวนำ}$$

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{\Phi P n Z}{60 a} \\ &= \frac{0.1 \times 4 \times 750 \times 144}{60 \times 4} \\ E_a &= 180 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ **๑๘๐ V** **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่โหลด ๑๒๐ A



ดังนั้นกระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนาน

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{I_L}{a} = \frac{120}{4} \\ I_p &= 30 \text{ A} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานมีค่าเท่ากับ **๓๐ A** **ตอบ**

ตัวอย่างที่ ๑.๔ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มี ๘ ขั้วแม่เหล็ก ที่แกนอาร์เมเจอร์มี ๒๔ ร่องแต่ละร่องมี ๔ ตัวนำ มีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๕๐ mWb และพันแบบซิมเพิล็กซ์เวฟ อยากทราบว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องถูกขับเคลื่อนด้วยความเร็วรอบเท่าใด จึงจะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ ๔๐๐ V

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$P = ๘ \text{ ขั้ว} \quad \text{จำนวนร่อง} = ๒๔ \text{ ร่อง}$$

$$n = ๗๕๐ \text{ r/min} \quad \Phi = ๕๐ \text{ mWb} = ๕๐ \times ๑๐^{-๓} \text{ Wb}$$

$$a = ๒ \quad Z_{\text{ร่อง}} = ๔ \text{ ตัวนำ} \quad \text{และ } E_a = ๔๐๐ \text{ V}$$

ดังนั้น $Z_{\text{ทั้งหมด}} = 24 \times 4 = 96$ ตัวนำ

จากสมการ $E_a = \frac{\Phi P n Z}{60 a}$

ดังนั้น $n = \frac{60 a E_a}{\Phi P Z}$

$$= \frac{60 \times 2 \times 400}{50 \times 10^{-3} \times 8 \times 96}$$

$n = 1250 \text{ r/min}$

ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ ๑๒๕๐ r/min ตอบ

๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๑

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง ๑. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค ง หรือ จ ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๒. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ๑๕ นาที

๑. โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนที่เคลื่อนที่ทั้งหมด คือข้อใด

- | | |
|-----------------------------------|---|
| ก. แกนเพลากับแปรงถ่าน | ข. ขดลวดสนามแม่เหล็กกับขดลวดอาร์เมเจอร์ |
| ค. คอมมิวเตเตอร์กับแกนอาร์เมเจอร์ | ง. กรอบโครงเครื่องกับคอมมิวเตเตอร์ |
| จ. คอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่าน | |

๒. โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนที่อยู่กับที่ทั้งหมด คือข้อใด

- | | |
|------------------------------------|---|
| ก. แกนขั้วแม่เหล็กกับแปรงถ่าน | ข. ขดลวดสนามแม่เหล็กกับขดลวดอาร์เมเจอร์ |
| ค. ฝาครอบหัวท้ายกับแกนอาร์เมเจอร์ | ง. กรอบโครงเครื่องกับคอมมิวเตเตอร์ |
| จ. คอมมิวเตเตอร์กับแกนขั้วแม่เหล็ก | |

๓. ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก คือข้อใด

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| ก. ขดลวดอาร์เมเจอร์กับแปรงถ่าน | ข. กรอบโครงเครื่องกับคอมมิวเตเตอร์ |
| ค. คอมมิวเตเตอร์กับแกนขั้ว | ง. กรอบโครงเครื่องกับแกนขั้ว |
| จ. แกนขั้วแม่เหล็กกับฝาครอบหัวท้าย | |

๔. หน้าที่ของแกนขั้วแม่เหล็ก คือข้อใด

- | | |
|---|-----------------------------------|
| ก. รับแรงขณะที่อาร์เมเจอร์หมุน | ข. รองรับขดลวดอาร์เมเจอร์ |
| ค. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ | ง. ลดกระแสไหลวนที่แกนขั้วแม่เหล็ก |
| จ. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก | |

๕. ขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนแกนขั้ว จะเป็นแบบใด

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| ก. แบบชั้นดัดกับแบบอาร์เมเจอร์ | ข. แบบชีรีส์กับแบบอาร์เมเจอร์ |
| ค. แบบชีรีส์กับแบบคอมปาวด์ | ง. แบบชั้นดัดกับแบบคอมปาวด์ |
| จ. แบบชั้นดัดกับแบบชีรีส์ | |

๖. คอมมิวเตเตอร์ที่ประกอบกันเป็นรูปทรงกระบอกทำมาจากวัสดุอะไร

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| ก. แท่งเงินบริสุทธิ์ | ข. แท่งทองแดง |
| ค. แท่งอะลูมิเนียม | ง. แท่งทองแดงผสมเงินบริสุทธิ์ |
| จ. แท่งเหล็กหล่อเหนียว | |

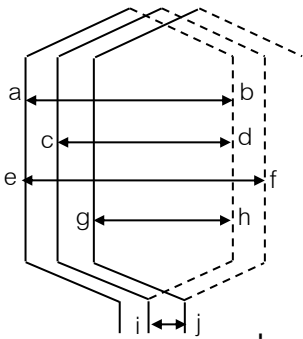
๗. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับขดลวดอาร์เมเจอร์

- ก. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซินต์
- ข. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง
- ค. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กร่วมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์
- ง. ผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- จ. ลดกระแสไหลวนที่แกนอาร์เมเจอร์

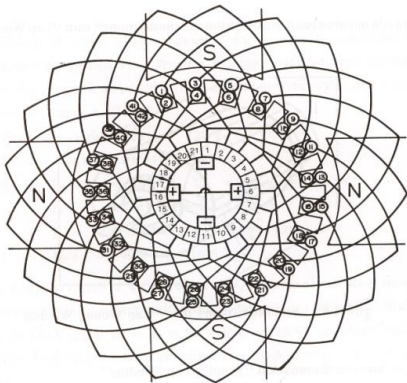
๘. หน้าที่ของคอมมิวเตเตอร์ คือข้อใด

- ก. แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
- ข. ควบคุมกระแสไฟฟ้าจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปยังโพลต์ให้คงที่
- ค. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง
- ง. เพิ่มกระแสไฟฟ้าจากขดลวดอาร์เมเจอร์ให้สูงขึ้น
- จ. แปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ราบเรียบมากขึ้น

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๙-๑๐



โจทย์สำหรับคำถามจากข้อที่ ๑๑-๑๒



๙. ระยะของขดลวดด้านหลังคือระยะใด

- ก. g - h
- ข. e - f
- ค. c - d
- ง. i - j
- จ. a - b

๑๐. ระยะของขดลวดด้านหน้าคือระยะใด

- ก. g - h
- ข. e - f
- ค. c - d
- ง. a - b
- จ. i - j

๑๑. จำนวนร่องกับจำนวนซี่คอมมิวเตเตอร์ มีค่าเท่าไร

- ก. ๔๒ กับ ๔๒
- ข. ๒๑ กับ ๒๑
- ค. ๔๑ กับ ๒๑
- ง. ๒๑ กับ ๔๒
- จ. ๑๘ กับ ๒๑

๑๒. จำนวนขดลวดกับจำนวนชั้นของขดลวด มีค่าเท่าไร

- ก. ๔๒ กับ ๔
- ข. ๔๒ กับ ๒
- ค. ๒๑ กับ ๔
- ง. ๒๑ กับ ๑

๑๓. ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจำนวนทางขนาน จ. ๒๑ กับ ๒

- ก. จำนวนทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของวงจรรอาร์เมเจอร์
- ข. จำนวนทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปและกลับในวงจรรอาร์เมเจอร์
- ค. การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่าวงจร
- ง. ในแต่ละทางขนานจะขึ้นอยู่กับจำนวนการพันขดลวด
- จ. พันแบบดูเพล็กซ์เวฟจำนวนทางขนานเท่ากับ ๔

๑๔. ขดลวดอาร์เมเจอร์พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ ๘ ขั้วแม่เหล็ก จำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- ก. ๘ ข. ๖ ค. ๔ ง. ๒ จ. ๑

๑๕. ขดลวดอาร์เมเจอร์พันแบบซิมเพล็กซ์แลป ๘ ขั้วแม่เหล็ก จำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- ก. ๔ ข. ๖ ค. ๘ ง. ๑๒ จ. ๑๖

๑๖. จากข้อ ๑๕ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด ๘๐ A กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานมีค่าเท่าไร

- ก. ๘๐ A ข. ๖๐ A ค. ๔๐ A ง. ๒๐ A จ. ๑๐ A

๑๗. ข้อใดคือความหมายของการกระตุ้น

- ก. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก
ข. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก
ค. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์
ง. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์
จ. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับแปรงถ่าน

๑๘. การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้นได้กี่แบบ

- ก. ๕ แบบ ข. ๔ แบบ ค. ๓ แบบ ง. ๒ แบบ จ. ๑ แบบ

๑๙. ข้อใดไม่เป็นแหล่งจ่ายที่นำมากระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

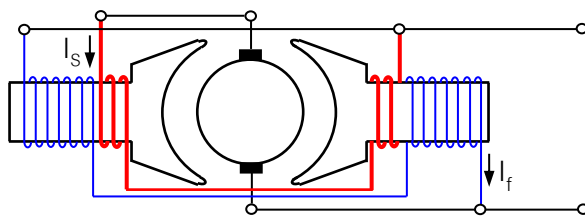
- ก. แบตเตอรี่ชนิดเปียก ข. แบตเตอรี่ชนิดแห้ง
ค. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็ก ง. วงจรเรียงกระแส
จ. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก

๒๐. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองได้แหล่งจ่ายมาจากที่ใด

- ก. ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขั้วตัน ข. ขดลวดชุดเซย์
ค. ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ง. ขดลวดขั้วแทรก จ. ขดลวดอาร์

เมเจอร์

๒๑. จากรูปเป็นไดอะแกรมการต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบใด



- ก. แบบลองจิจนัลคอมปาวด์
ข. แบบซิดธจันัลคอมปาวด์
ค. แบบจันัล
ง. แบบซีรีส์
จ. แบบกระตุ้นแยก

๒๒. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกันเกิดจากการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขดลวดใดกับขดลวดใด

- ก. ขดลวดแบบจันัลกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ข. ขดลวดแบบซีรีส์กับขดลวดอาร์เมเจอร์
ค. ขดลวดแบบจันัลกับขดลวดแบบซีรีส์ ง. ขดลวดอาร์เมเจอร์กับขดลวดกระตุ้นแยก
จ. ขดลวดจันัลกับขดลวดกระตุ้นแยก

๒๓. ข้อใดเป็นสมการของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

- ก. $E_a = \frac{PnZ}{60a\Phi}$ ข. $E_a = \frac{Pn\Phi Z}{60a}$
ค. $E_a = \frac{\Phi nZ}{60aP}$ ง. $E_a = \frac{60nZ}{aP\Phi}$ จ. $E_a = \frac{60aP}{Zn\Phi}$

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๒๔-๓๐

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีขั้วแม่เหล็ก ๖ ขั้ว ๒๔ ร่องแต่ละร่องมี ๘ ตัวนำ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๐.๑ Wb ถูกขับเคลื่อนด้วยความเร็ว ๕๐๐ r/min

๒๔. จำนวนตัวนำทั้งหมดมีค่าเท่าไร

- ก. ๑๔๔ ข. ๑๕๖ ค. ๑๗๔ ง. ๑๙๒ จ. ๒๑๖

๒๕. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์แลปจำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- ก. ๔ ข. ๖ ค. ๘ ง. ๑๐ จ. ๑๒

๒๖. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟจำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- ก. ๑๐ ข. ๘ ค. ๖ ง. ๔ จ. ๒

๒๗. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์แลป แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

- ก. ๑๔๐ V ข. ๑๕๐ V ค. ๑๖๐ V ง. ๑๗๐ V จ. ๑๘๐ V

๒๘. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

- ก. ๔๕๐ V ข. ๔๘๐ V ค. ๕๐๐ V ง. ๕๓๐ V จ. ๕๖๐ V

๒๙. จากข้อ ๒๗ ถ้าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น ๗๕๐ r/min แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

- ก. ๒๔๐ V ข. ๒๖๐ V
ค. ๒๘๐ V ง. ๓๐๐ V
จ. ๓๒๐ V

๓๐. จากข้อ ๒๗ ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กลดลงเหลือ ๐.๐๖ Wb แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

- ก. ๖๐ V ข. ๗๒ V
ค. ๘๔ V ง. ๙๖ V
จ. ๑๑๐ V

๗. เอกสารอ้างอิง (ชั้นหน้าใหม่)

หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

๘. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๑

โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง ๑. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค ง หรือ จ ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๒. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ๑๕ นาที

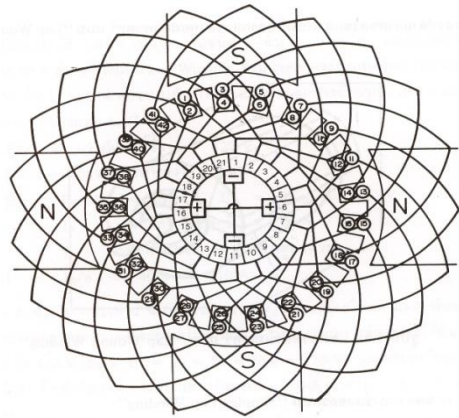
๑. โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนที่เคลื่อนที่ทั้งหมด คือข้อใด

- ก. แกนเพลากับแปรงถ่าน ข. ขดลวดสนามแม่เหล็กกับขดลวดอาร์เมเจอร์
ค. คอมมิวเตเตอร์กับแกนอาร์เมเจอร์ ง. กรอบโครงเครื่องกับคอมมิวเตเตอร์
จ. คอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่าน

๒. โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในส่วนที่อยู่กับที่ทั้งหมด คือข้อใด

- ก. แกนขั้วแม่เหล็กกับแปรงถ่าน ข. ขดลวดสนามแม่เหล็กกับขดลวดอาร์เมเจอร์
ค. ฝาครอบหัวท้ายกับแกนอาร์เมเจอร์ ง. กรอบโครงเครื่องกับคอมมิวเตเตอร์
จ. คอมมิวเตเตอร์กับแกนขั้วแม่เหล็ก

โจทย์สำหรับคำถามจากข้อที่ ๑๑-๑๒



๑๑. จำนวนร่องกับจำนวนซีคอมมิวเตเตอร์ มีค่าเท่าไร

- | | |
|--------------|--------------|
| ก. ๔๒ กับ ๔๒ | ข. ๒๑ กับ ๒๑ |
| ค. ๔๑ กับ ๒๑ | ง. ๒๑ กับ ๔๒ |
| จ. ๑๘ กับ ๒๑ | |

๑๒. จำนวนขดลวดกับจำนวนชั้นของขดลวด มีค่าเท่าไร

- | | |
|-------------|-------------|
| ก. ๔๒ กับ ๔ | ข. ๔๒ กับ ๒ |
| ค. ๒๑ กับ ๔ | ง. ๒๑ กับ ๑ |
| จ. ๒๑ กับ ๒ | |

๑๓. ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับจำนวนทางขนาน

- ก. จำนวนทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านของวงจรอาร์เมเจอร์
- ข. จำนวนทางเดินของกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปและกลับในวงจรอาร์เมเจอร์
- ค. การพันขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ เรียกว่าวงจร
- ง. ในแต่ละทางขนานจะขึ้นอยู่กับจำนวนการพันขดลวด
- จ. พันแบบคูเพล็กซ์เวฟจำนวนทางขนานเท่ากับ ๔

๑๔. ขดลวดอาร์เมเจอร์พันแบบซิมเพล็กซ์เวฟ ๘ ขั้วแม่เหล็ก จำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ก. ๘ | ข. ๖ | ค. ๔ | ง. ๒ | จ. ๑ |
|------|------|------|------|------|

๑๕. ขดลวดอาร์เมเจอร์พันแบบซิมเพล็กซ์แลป ๘ ขั้วแม่เหล็ก จำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

- | | | | | |
|------|------|------|-------|-------|
| ก. ๔ | ข. ๖ | ค. ๘ | ง. ๑๒ | จ. ๑๖ |
|------|------|------|-------|-------|

๑๖. จากข้อ ๑๕ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด ๘๐ A กระแสไฟฟ้าในแต่ละทางขนานมีค่าเท่าไร

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| ก. ๘๐ A | ข. ๖๐ A | ค. ๔๐ A | ง. ๒๐ A | จ. ๑๐ A |
|---------|---------|---------|---------|---------|

๑๗. ข้อใดคือความหมายของการกระตุ้น

- ก. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก
- ข. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก
- ค. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์
- ง. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์เมเจอร์
- จ. การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมาจ่ายให้กับแปรงถ่าน

๑๘. การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตามลักษณะการกระตุ้นได้กี่แบบ

- | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ก. ๕ แบบ | ข. ๔ แบบ | ค. ๓ แบบ | ง. ๒ แบบ | จ. ๑ แบบ |
|----------|----------|----------|----------|----------|

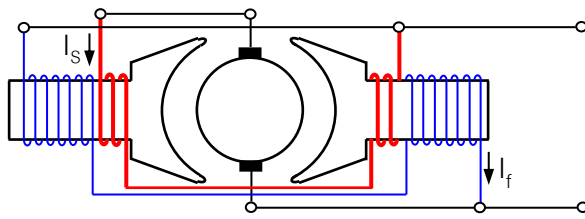
๑๙. ข้อใดไม่เป็นแหล่งจ่ายที่นำมากระตุ้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

- ก. แบตเตอรี่ชนิดเปียก
- ข. แบตเตอรี่ชนิดแห้ง
- ค. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็ก
- ง. วงจรเรียงกระแส
- จ. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก

๒๐. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นตัวเองได้แหล่งจ่ายมาจากที่ใด

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| ก. ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขั้ว | ข. ขดลวดขดเซย์ |
| ค. ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ | ง. ขดลวดขั้วแทรก |
| | จ. ขดลวดอาร์เมเจอร์ |

๒๑. จากรูปเป็นไดอะแกรมการต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบใด



ก. แบบลองซันต์คอมปาวด์

ข. แบบซ็อดซันต์คอมปาวด์

ค. แบบซันต์

ง. แบบซีวีส์

จ. แบบกระตุ้นแยก

๒๒. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกันเกิดจากการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขดลวดใดกับขดลวดใด

ก. ขดลวดแบบซันต์กับขดลวดอาร์เมเจอร์

ข. ขดลวดแบบซีวีส์กับขดลวดอาร์เมเจอร์

ค. ขดลวดแบบซันต์กับขดลวดแบบซีวีส์

ง. ขดลวดอาร์เมเจอร์กับขดลวดกระตุ้นแยก

จ. ขดลวดซันต์กับขดลวดกระตุ้นแยก

๒๓. ข้อใดเป็นสมการของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ก. $E_a = \frac{PnZ}{60a\Phi}$

ข. $E_a = \frac{Pn\Phi Z}{60a}$

ค. $E_a = \frac{\Phi nZ}{60aP}$

ง. $E_a = \frac{60nZ}{aP\Phi}$

จ. $E_a = \frac{60aP}{Zn\Phi}$

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๒๔-๓๐

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีขั้วแม่เหล็ก ๖ ขั้ว ๒๔ ร่องแต่ละร่องมี ๘ ตัวนำ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๐.๑ Wb ถูกขับเคลื่อนด้วยความเร็ว ๕๐๐ r/min

๒๔. จำนวนตัวนำทั้งหมดมีค่าเท่าไร

ก. ๑๔๔

ข. ๑๕๖

ค. ๑๗๔

ง. ๑๙๒

จ. ๒๑๖

๒๕. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์แลปจำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

ก. ๔

ข. ๖

ค. ๘

ง. ๑๐

จ. ๑๒

๒๖. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟจำนวนทางขนานมีค่าเท่าไร

ก. ๑๐

ข. ๘

ค. ๖

ง. ๔

จ. ๒

๒๗. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์แลป แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

ก. ๑๔๐ V

ข. ๑๕๐ V

ค. ๑๖๐ V

ง. ๑๗๐ V

จ. ๑๘๐ V

๒๘. เมื่อพันขดลวดแบบซิมเพล็กซ์เวฟ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

ก. ๔๕๐ V

ข. ๔๘๐ V

ค. ๕๐๐ V

ง. ๕๓๐ V

จ. ๕๖๐ V

๒๙. จากข้อ ๒๗ ถ้าความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น ๗๕๐ r/min แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

ก. ๒๔๐ V

ข. ๒๖๐ V

ค. ๒๘๐ V

ง. ๓๐๐ V

จ. ๓๒๐ V

๓๐. จากข้อ ๒๗ ถ้าเส้นแรงแม่เหล็กลดลงเหลือ ๐.๐๖ Wb แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่าไร

ก. ๖๐ V

ข. ๗๒ V

ค. ๘๔ V

ง. ๙๖ V

จ. ๑๑๐ V

	ใบงาน ที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑ - ๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงาน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๒ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูล การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายหน้าที่และส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๓ อธิบายการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๔ อธิบายผังการลงขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายจำนวนทางขนานของการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๖ ทดลองและสรุปผลเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลได้
- ๔.๗ การถอดประกอบ และพิจารณาการพันขดลวดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

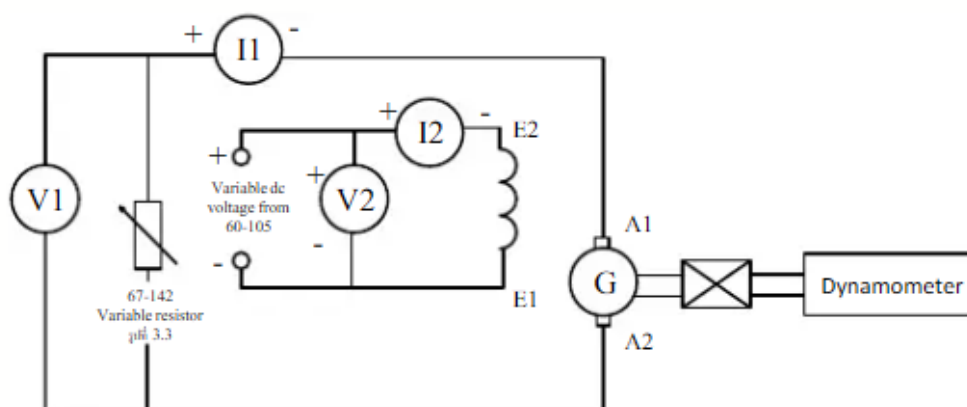
- ๕.๑ Universal Power Supply
- ๕.๒ DC Compound Wound Machine ๖๓-๑๒๐
- ๕.๓ Torque & Speed Control Panel ๖๐-๑๐๕๖๘-๔๔๑
- ๕.๔ Dynamometer Machine ๖๗-๕๓๐

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติ

การทดลองที่ 1.1 ผลของกระแสฟิวด์ต่อแรงดันเอาต์พุต

1. ต่อดวงจรการทดลองตามรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แผนภาพวงจรสำหรับการทดลองที่ 1.1

2. บนยูนิต 60-105 ให้ตั้งค่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ 3 เฟส ไปที่ตำแหน่งเปิด

3. ทำการตั้งค่าแผงควบคุม 68-441 ดังนี้

- ปิดสวิตช์ไฟ ac โดยใช้ปุ่มเปิด/ปิด สีเขียว
- ตั้งค่าควบคุมแบบหมุนสองตัวไปที่ตำแหน่งทวนเข็มนาฬิกามากที่สุด
- เชื่อมต่อไดนาโมมิเตอร์เข้ากับช่องเสียบโหมดความเร็ว
- ตั้งสวิตช์แรงดันไฟฟ้าความต้องการเป็น + ve
- กดปุ่ม เปิด/ปิด ซึ่งจะสว่างเป็นสีเขียว
- กดปุ่ม กำลังของไดนาโมมิเตอร์ เพื่อให้ไฟ LED สีแดงสว่าง

4. ใช้แผงควบคุม 68-441 เพื่อตั้งค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 2,000 รอบต่อนาที (ตรวจสอบให้แน่ใจว่าความเร็วครั้งที่ 2,000 รอบต่อนาทีตลอดการทดลอง)

5. ตั้งค่ากระแสของสนามเป็น และบันทึกแรงดันเอาต์พุตสำหรับค่านี้ของกระแสฟิวด์ในตารางผลลัพธ์ 1.1

6. เพิ่มกระแสของสนามเป็นขั้น บันทึกสำหรับแต่ละขั้นตอนค่าแรงดันเอาต์พุตในตารางที่ 1.1

7. เมื่อทำการทดลองเสร็จ ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ตารางการทดลองที่ 1.1 ตารางผลลัพธ์

Speed = 2,000 rpm	
Field Current (A)	Output Voltage (V)
0.02	
0.04	
0.06	
0.08	
0.10	
0.12	
0.14	
0.16	
0.18	
0.20	

8. วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Output Voltage (open circuit) และ Field Current

.....

.....

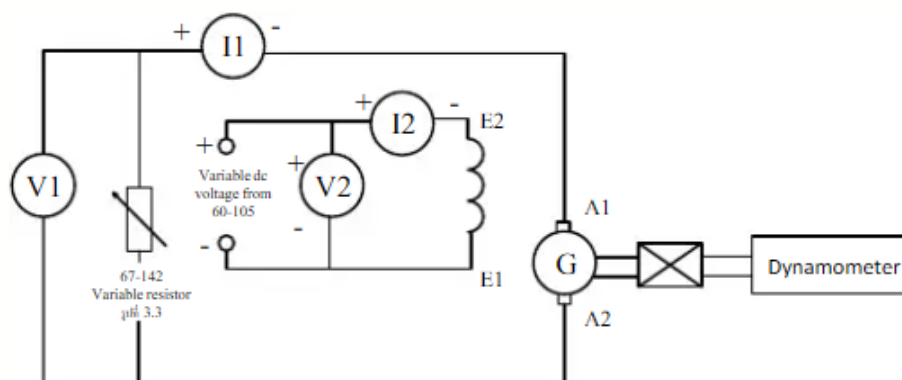
.....

.....

.....

การทดลองที่ 1.2 ผลของกระแสไหลต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตและแรงดันเอาต์พุต

1. ต่อดวงจรการทดลองตามรูปที่ 1-2



รูปที่ 1-2 แผนภาพวงจรสำหรับการทดลองที่ 1.2

2. บัญญัติ 60-105 ให้ตั้งค่าเซอร์กิตเบรกเกอร์ 3 เฟส ไปที่ตำแหน่งเปิด
3. ทำการตั้งค่าแผงควบคุม 68-441 ดังนี้
 - a. ปิดสวิตช์ไฟ ac โดยใช้ปุ่มเปิด/ปิด สีเขียว
 - b. ตั้งค่าควบคุมแบบหมุนสองตัวไปที่ตำแหน่งทวนเข็มนาฬิกามากที่สุด
 - c. เชื่อมต่อไดนาโมมิเตอร์เข้ากับช่องเสียบโหมดความเร็ว
 - d. ตั้งสวิตช์แรงดันไฟฟ้าความต้องการเป็น + ve
 - e. กดปุ่ม เปิด/ปิด ซึ่งจะสว่างเป็นสีเขียว
 - f. กดปุ่ม กำลังของไดนาโมมิเตอร์ เพื่อให้ไฟ LED สีแดงสว่าง
4. ใช้แผงควบคุม 68-441 เพื่อตั้งค่าความเร็วมอเตอร์เป็น 3,000 รอบต่อนาที รักษาความเร็วนี้ไว้ตลอดการทดสอบ
5. การใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบแปรผันบนแหล่งจ่ายไฟ 60-105 ตั้งค่ากระแสไฟของฟิลด์ เป็น
6. ทำการวัดกระแสโหลดและแรงดันเอาต์พุตสำหรับค่าความต้านทานโหลดที่แสดงในตารางการทดลองที่ 1.2
7. เมื่อทำการทดลองเสร็จ ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ตารางการทดลองที่ 1.2 ตารางผลลัพธ์

Speed = 3,000 rpm			
Load Resistance (Ω)	Load Current (A)	Output Voltage (V)	Output Power (W)
950			
634			
317			
253			
213			
182			

8. วาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Output Power กับ Load Current และ Output Voltage กับ Load Current

.....

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๑

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

- ๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ
- ๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย
- ๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สัปดาห์ที่ ๓ - ๔
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๓.๒ ต่อดัดวงจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดและมีโหลด
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
- ๔.๒ อธิบายการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
- ๔.๓ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๔ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๕ อธิบายแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๖ ต่อดัดวงจรทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๗ ต่อดัดวงจรทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๕.๒ ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๕.๓ การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- ๕.๔ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลด
- ๕.๕ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด
- ๕.๖ แผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์หม้อแปลงไฟฟ้า
๒. เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของหม้อแปลงไฟฟ้า
๓. แกะไขตรวจสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
๔. จำแนกอาการเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ตามแบบที่กำหนด
๕. แก้ปัญหาการเสียของหม้อแปลงไฟฟ้าได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑. สัมภาษณ์
๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่
 - ๒.๑ ด้านความรู้
 - ๒.๒ การปฏิบัติงาน
 - ๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน**

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา**๑) ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลดีต่อผู้เรียน**

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

	ใบความรู้	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๓-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สัปดาห์ที่ ๓ - ๔
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

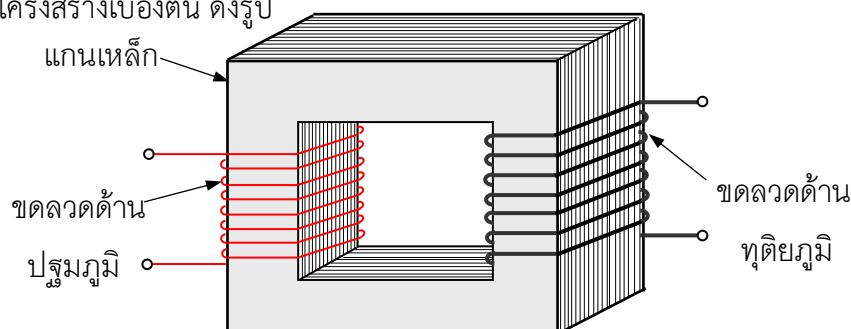
- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๓.๒ ต่อกาวจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดและมีโหลด
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
- ๔.๒ อธิบายการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
- ๔.๓ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๔ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๕ อธิบายแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๖ ต่อกาวจรทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๗ ต่อกาวจรทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เนื้อหาสาระ

๒.๑ โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบไปด้วยโครงสร้างที่สำคัญ ๒ ส่วน ก็คือ แกนเหล็กกับขดลวดซึ่งแสดงโครงสร้างเบื้องต้น ดังรูป



รูปที่ ๒.๑ โครงสร้างเบื้องต้นของหม้อแปลงไฟฟ้า

๑. แกนเหล็ก เหล็กที่ใช้ในการทำแกนหม้อแปลงต้องมีความซาบซึมได้ (Permeability) สูง โดยแกนเหล็กจะต้องมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กสูงถึง ๑.๓๕ ถึง ๑.๕๕ เวเบอร์/ตารางเมตร และต้องผ่านกรรมวิธีทั้งทางเคมีและความร้อนมาแล้ว ก่อนที่จะนำมารีดเป็นแผ่นบาง ๆ แล้วฉาบด้วยฉนวนทั้งสองด้าน ซึ่งคุณสมบัติต้องมีความเป็นฉนวนตามผิว (Surface insulation) สูง ทั้งนี้เพื่อลดกระแสไหลวน (Eddy current) ในแกนเหล็กจากนั้นจึงนำเหล็กที่เป็นแผ่นบางในแต่ละแผ่นมาอัดซ้อนกัน หน้าที่ของแกนเหล็กก็คือเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด

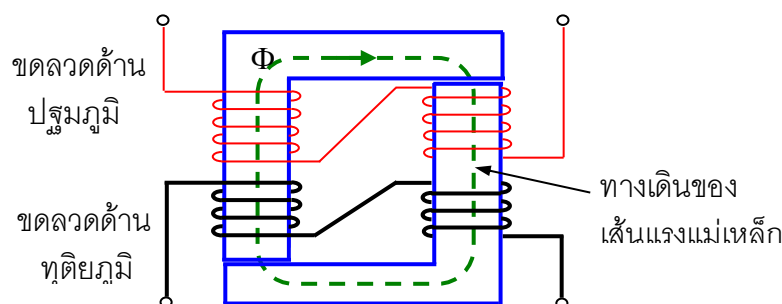
๒. ขดลวด ขดลวดของหม้อแปลงไฟฟ้าทำมาจากทองแดงอาบน้ำยา ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดไม่สูงมากนักก็ทำมาจากลวดทองแดงเส้นกลม ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดพิกัดสูง ๆ ก็เป็นทองแดงเส้นแบน ซึ่งขดลวดนี้พันอยู่ที่แกนเหล็กของหม้อแปลง ซึ่งจะมีด้วยกัน ๒ ขด คือ

๒.๑ ขดลวดทางด้านไฟเข้าหรือขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding)

๒.๒ ขดลวดทางด้านไฟออกหรือขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding)

๒.๒ ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า แบ่งตามลักษณะแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแบ่งออกได้ดังนี้

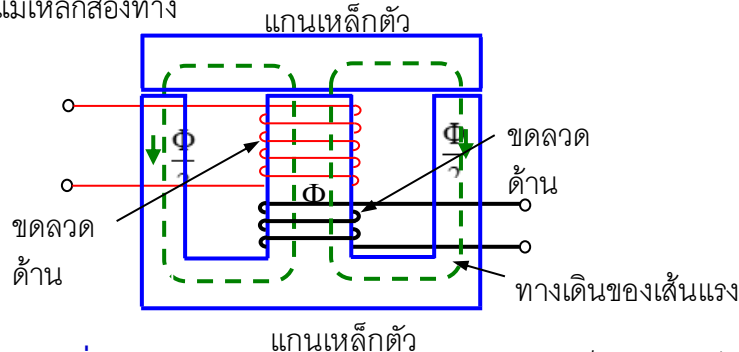
๑. หม้อแปลงแบบคอร์ (Core type transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้ขดลวดจะพันล้อมรอบแกนเหล็กโดยมีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิจะพันไว้ด้านละครึ่งขด ทั้งนี้เพื่อลดเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล (Leakage flux) ซึ่งการพันขดลวดจะนำขดลวดทุติยภูมิ (แรงดันต่ำ) ไว้ด้านล่างและขดลวดปฐมภูมิ (แรงดันสูง) ไว้ด้านบน โดยลักษณะของแกนเหล็กแผ่นบางเป็นรูป LL และ UI โดยแกนเหล็ก ที่ใช้มีด้วยกันอีก ๒ แบบ คือ แกนเหล็กแผ่นบาง (Laminated sheet core) กับแกนเหล็กกลม (Wound core) ซึ่งแกนเหล็กแบบคอร์นี้มีทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กทางเดียว



รูปที่ ๒.๒ การพันขดลวดและลักษณะของแกนเหล็กแบบคอร์

๒. หม้อแปลงแบบเชลล์ (Shell type transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้แกนเหล็กจะล้อมรอบขดลวดโดยมีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิพันอยู่ที่แกนกลางของแกนเหล็ก ดังรูปซึ่งการ พันขดลวดจะนำขดลวดทุติยภูมิ

(แรงดันต่ำ) พันไว้ด้านล่างและขดลวดปฐมภูมิ (แรงดันสูง) พันไว้ด้านบน โดยลักษณะของแกนเหล็กแผ่นบางเป็นรูป EI นอกจากนี้แกนเหล็กที่ใช้มีด้วยกันอีก ๒ แบบ คือแกนเหล็กแผ่นบางกับแกนเหล็กกลม แกนเหล็กแบบเซลล์มีทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กสองทาง



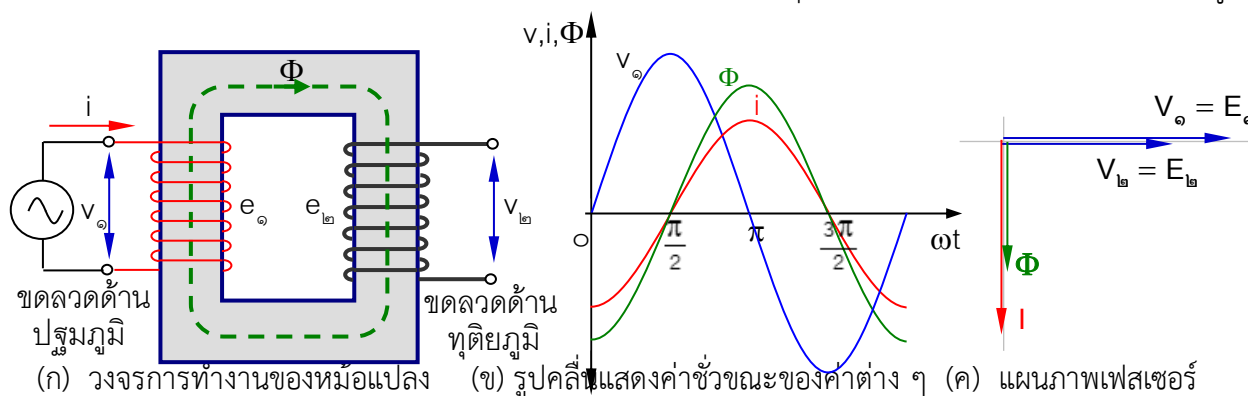
รูปที่ ๒.๓ การพันขดลวดและลักษณะของแกนเหล็กแบบเซลล์

๓. หม้อแปลงแบบเฮช (H-type transformer) หม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้จะใช้แกนเหล็กแบบเซลล์สองชุดวางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท โดยมีขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิพันไว้ที่ขากลางของแกนเหล็ก ซึ่งขดลวดทุติยภูมิจะพันอยู่ด้านในครึ่งหนึ่งก่อน จากนั้นคั่นด้วยฉนวนและพันขดลวดปฐมภูมิเต็มจำนวนรอบพันทับลงไปแล้วคั่นด้วยฉนวน จากนั้นจึงพันขดลวดทุติยภูมิที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งไว้ที่ด้านนอก ดังรูปที่ ๒.๓ หม้อแปลงไฟฟ้าแบบนี้มีขนาดใหญ่จึงเหมาะสำหรับการส่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้าสูง ๆ ขนาดหลายร้อย กิโลโวลต์แอมแปร์

๒.๓ การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ หมายถึง หม้อแปลงไฟฟ้าที่ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็กผ่านไปได้โดยไม่มีขีดจำกัด ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล ไม่มีการสูญเสียที่แกนเหล็กและไม่มีการสูญเสียในขดลวดทั้งสองของหม้อแปลงไฟฟ้า

๒.๓.๑ หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อไม่มีโหลด ในการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้น เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานโดยจะพิจารณาให้หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแบบอุดมคติ ซึ่งการทำงานพิจารณาได้จากรูป



รูปที่ ๒.๔ การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าอุดมคติเมื่อไม่มีโหลด

จากรูปที่ ๒.๔ (ก) และ ๒.๔ (ข) เมื่อจ่ายแรงดัน v_1 ซึ่งเป็นค่าชั่วขณะรูปคลื่นไซน์ให้กับขดลวดปฐมภูมิ ทำให้มีกระแส i_1 ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิและกระแส i_1 นี้ จะสร้าง Φ และเปลี่ยนแปลงไปตามกับกระแส i_1 ซึ่ง Φ ร่วมเฟสกับกระแส i_1 จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กก็จะไปคล้องกับขดลวดทั้งสองขดทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมิ (e_1) เรียกว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้าน** (Back emf.) และ ขดลวดทุติยภูมิ (e_2) เรียกว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำร่วม** (Mutual induced emf.) โดยแรงเคลื่อน-ไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งสองจะมีเฟสหน้า Φ

๒.๓.๒ สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและอัตราส่วนของหม้อแปลงจากกฎของฟาราเดย์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กต่อเวลามากล้นตัดกับขดลวด ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตามสมการ

$$e = N \frac{d\Phi}{dt}$$

เมื่อพิจารณาขดลวดทางด้านปฐมภูมิเมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแบบอุดมคติ จะได้

$$V_1 = E_1 = 4.44fN_1\Phi_{\max} \quad \dots (๒.๒)$$

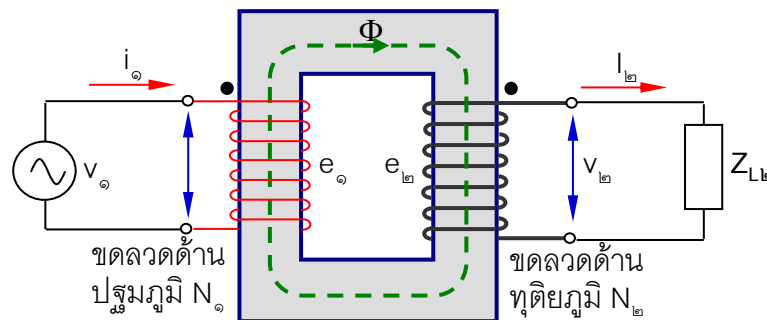
ในทำนองเดียวกันทางด้านทุติยภูมิ จะได้

$$V_2 = E_2 = 4.44fN_2\Phi_{\max} \quad \dots (๒.๓)$$

อัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า กำหนดให้เป็น a ซึ่งเป็นค่าที่แสดงอัตราส่วนของค่าต่าง ๆ ของหม้อ-แปลงไฟฟ้า หาค่าได้ดังนี้โดยนำสมการที่ ๒.๒ หารด้วยสมการที่ ๒.๓ จะได้

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= \frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44fN_1\Phi_{\max}}{4.44fN_2\Phi_{\max}} \\ \frac{V_1}{V_2} &= \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad \dots (๒.๔) \end{aligned}$$

๒.๓.๓ หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อมีโหลด เมื่อนำโหลดอิมพีแดนซ์ Z_{L2} มาต่อเข้ากับทางด้านทุติยภูมิ โดยมีแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเป็น V_2 และมีกระแส I_2 ไหลไปยังโหลดอิมพีแดนซ์ ดังรูปที่ ๒.๕

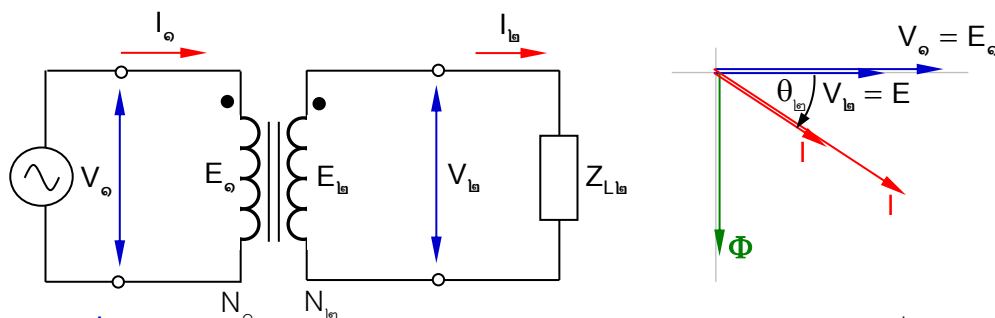


รูปที่ ๒.๕ การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อมีโหลด

จากรูปที่ ๒.๕ เมื่อหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติแรงดันไฟฟ้า E_1 จะเท่ากับ V_1 เสมอ และเส้นแรงแม่เหล็กจะต้องคงที่และเท่ากับเมื่อไม่มีโหลด เมื่อมีกระแส I_2 ไหลผ่านโหลดอิมพีแดนซ์ทางด้านทุติยภูมิจึงทำให้เกิดกระแส I_1 ทางด้านปฐมภูมิด้วย และส่งผลให้เกิดแรงดันแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสองด้านขึ้น จะได้ว่า

$$\begin{aligned} I_1N_1 &= I_2N_2 \\ \frac{N_1}{N_2} &= \frac{I_2}{I_1} = a \\ \text{ดังนั้น} \quad I_1 &= \frac{I_2}{a} \quad \dots (๒.๕) \end{aligned}$$

ซึ่งวงจรสมมูลและแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อมีโหลด และให้โหลด Z_{L2} ที่ต่ออยู่มีค่าตัวประกอบกำลังล่าช้า (เฟสเซอร์ I_2 ล่าช้าเฟสเซอร์ V_2 เป็นมุม θ_2) ดังรูปที่ ๒.๖



รูปที่ ๒.๖ วงจรสมมูลและแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อมีโหลด

หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติจะได้ว่าขนาดและทิศทางของกำลังไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิเท่ากับขนาดและทิศทางของกำลังไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ นั่นคือ

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad \dots (๒.๖)$$

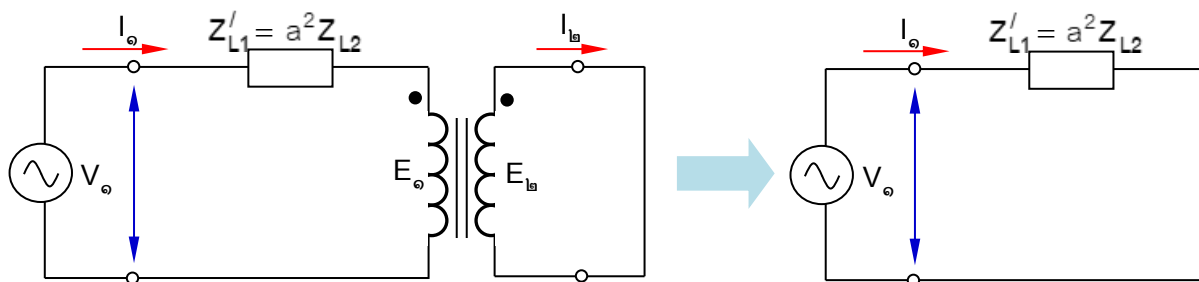
โดย

$$Z_{L2} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_1}{a I_1} = \frac{V_1}{a^2 I_1}$$

ดังนั้น

$$\frac{V_1}{I_1} = a^2 Z_{L2}$$

จากความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และอิมพีแดนซ์ของทั้งสองด้าน ถ้าพิจารณาทางด้าน ปฐมภูมิเมื่อทำการย้ายค่าของ Z_{L2} จากทางด้านทุติยภูมิมาไว้ทางด้านปฐมภูมิเป็น Z'_{L1} ดังนั้นถือว่าทางด้านทุติยภูมิกำหนดให้ลัดวงจรและเขียนวงจรสมมูลได้ใหม่ ดังรูปที่ ๒.๗



รูปที่ ๒.๗ วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อย้ายมาทางด้านปฐมภูมิ

๒.๓.๔ พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นความสามารถในการจ่ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำหนดให้เป็น โวลต์แอมแปร์ (VA) ถ้าเป็นหน่วยใหญ่ก็เป็นกิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) และเมกะโวลต์แอมแปร์ (MVA) ซึ่งได้จากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ หรือผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ ซึ่งพิกัดทั้งสองด้านกำหนดให้มีค่าเท่ากัน นั่นคือ

$$VA_{\text{ปฐมภูมิ}} = VA_{\text{ทุติยภูมิ}}$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

ตัวอย่างที่ ๒.๑ หม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ๕๐ Hz ขนาดพิกัด ๗๕ kVA ๒๒๐๐๐/๒๕๐ V มีจำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ๖๐ รอบ จงคำนวณหา

- จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
- จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด
- กระแสไฟฟ้าที่พิกัดทั้งสองด้าน

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$f = 50 \text{ Hz} \quad N_2 = 60 \text{ รอบ}$$

$$V_1 = 22000 \text{ V} \quad V_2 = 250 \text{ V}$$

$$\text{พิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า} = 75 \text{ kVA} = 75 \times 10^3 \text{ VA}$$

ก. จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{22000}{250} = 88$$

$$\text{จาก} \quad \frac{N_1}{N_2} = a$$

$$\text{ดังนั้น} \quad N_1 = aN_2 = 88 \times 60 = 5280 \text{ รอบ}$$

จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ **๕๒๘๐ รอบ** **ตอบ**

ข. จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด

$$V_2 = 4.44fN_2\Phi_{\max}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \Phi_{\max} = \frac{V_2}{4.44fN_2} = \frac{250}{4.44 \times 50 \times 60} = 18.76 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุดมีค่าเท่ากับ **๑๘.๗๖ mWb** **ตอบ**

ค. กระแสไฟฟ้าที่พิกัดทั้งสองด้าน

$$I_1 = \frac{\text{kVA}}{V_1} = \frac{75 \times 10^3}{22000}$$

$$I_1 = 3.409 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่พิกัดทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ **๓.๔๐๙ A** **ตอบ**

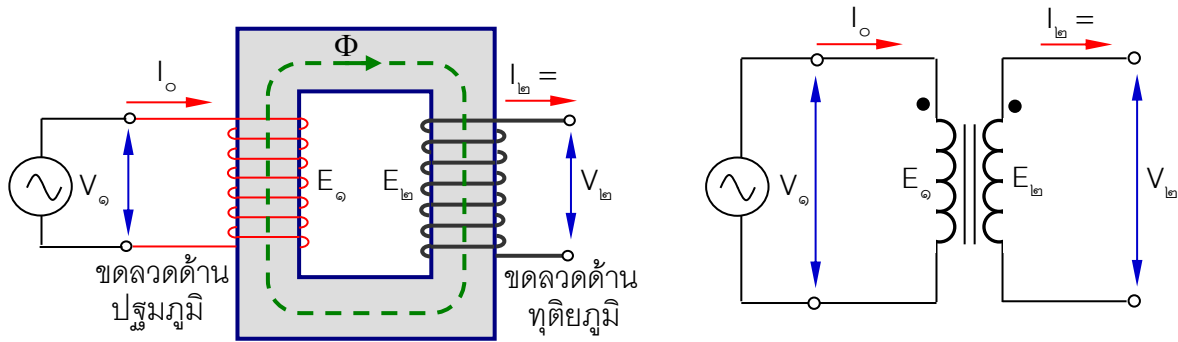
$$I_2 = \frac{\text{kVA}}{V_2} = \frac{75 \times 10^3}{250}$$

$$I_2 = 300 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่พิกัดทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ **๓๐๐ A** **ตอบ**

๒.๔ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลด

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริงนั้นมีค่าต่าง ๆ ตรงข้ามกับหม้อแปลงไฟฟ้าทางอุดมคติ เมื่อยังไม่ได้ต่อโหลดจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าในขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ดังรูป แสดงด้วยสัญลักษณ์ เมื่อจ่ายแรงดัน V_1 ให้กับขดลวดทางด้านปฐมภูมิจึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิ เรียกกระแสไฟฟ้างี้ว่า กระแสไฟฟ้าขณะไม่มีโหลดหรือค่าของกระแสกระตุ้น (No-load current or exciting current) ซึ่งแทนด้วยกระแส I_0



(ก) การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลด

(ข) วงจรแสดงสัญลักษณ์หม้อแปลงไฟฟ้า

รูปที่ ๒.๘ หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลด

จากรูป กระแส I_0 นี้ถูกแทนด้วยกระแสไฟฟ้าที่แยกไหลออกเป็นอีก ๒ ส่วน คือ

๑. กระแสที่สูญเสียในแกนเหล็ก (Core loss current) แทนด้วยกระแส I_c โดยกระแสส่วนนี้ทำให้เกิดการสูญเสียจากฮิสเทอรีซิสและจากกระแสไหลวน (Hysteresis and eddy current losses)

๒. กระแสทำแม่เหล็ก (Magnetizing current) แทนด้วยกระแส I_m โดยกระแสส่วนนี้จะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงภายในแกนเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E_1 และ E_2 ขึ้นที่ขดลวด

$$I_0 = \sqrt{I_c^2 + I_m^2} \quad \text{..... (๒.๘)}$$

โดย θ_0 เป็นมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_1 กับกระแส I_0 หาได้ดังนี้

$$\theta_0 = \tan^{-1}\left(\frac{I_m}{I_c}\right) \quad \text{..... (๒.๑๐)}$$

กำหนดให้ pf_0 เป็นตัวประกอบกำลังเมื่อไม่มีโหลด และหาได้ดังนี้

$$\text{pf}_0 = \cos \theta_0 \quad \text{..... (๒.๑๑)}$$

เมื่อไม่คิดผลของแรงดันตกคร่อมจากความต้านทานและแรงดันตกคร่อมจากรีแอ็กแตนซ์รั่วซึมของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ จะได้ว่า

$$V_1 = E_1 \quad \text{..... (๒.๑๒)}$$

เมื่อทราบของกระแส I_0 และมุม θ_0 ก็สามารถหาค่าของกระแส I_c และ I_m ได้ตามลำดับดังนี้

$$I_c = I_0 \cos \theta_0 \quad \text{..... (๒.๑๓)}$$

$$I_m = I_0 \sin \theta_0 \quad \text{..... (๒.๑๔)}$$

จากวงจรสมมูลรูปที่ ๒.๘ (ค) ซึ่งกระแส I_0 แยกไหลออกเป็น ๒ ส่วน โดยส่วนของกระแส I_c ที่ไหลผ่านแทนด้วยความต้านทานสูญเสียในแกนเหล็ก (Core loss resistance) กำหนดให้เป็น R_c ส่วนของกระแส I_m ที่ไหลผ่านแทนด้วยรีแอ็กแตนซ์ทำแม่เหล็ก (Magnetizing reactance) กำหนดให้เป็น X_m ซึ่งทั้งสองค่าต่อขนานกันและต่อเข้ากับแหล่งจ่าย V_1 (A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, jr. and Stephen D. Umans, ๒๐๐๓ : ๖๒) และหาค่าได้ดังนี้

$$R_c = \frac{V_1}{I_c} \quad \text{..... (๒.๑๕)}$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_m} \quad \text{..... (๒.๑๖)}$$

จากสมการที่ ๒.๑๓ นำค่าของแรงดัน V_1 มาคูณทั้ง ๒ ข้าง จะได้

$$V_1 I_c = V_1 I_0 \cos \theta_0$$

ซึ่งผลคูณของ $V_1 I_c$ ก็คือค่าของกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก กำหนดให้เป็น P_c ดังนั้น

$$P_c = V_1 I_0 \cos \theta_0 \quad \text{..... (๒.๑๗)}$$

ตัวอย่างที่ ๒.๒ หม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ขนาดแรงดัน ๑๖๐๐/๒๔๐ V เมื่อต่อเข้ากับแรงดันทางด้านปฐมภูมิ ๑๖๐๐ V มีกระแสไฟฟ้า ๓ A และมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก ๑๔๐๐ W ไม่คิดผลของแรงดันตกคร่อมจากความต้านทานและแรงดันตกคร่อมจากรีแอคแตนซ์รั่วซึม จงคำนวณหา

- ก. กระแสที่สูญเสียในแกนเหล็ก
- ข. กระแสทำแม่เหล็ก
- ค. ความต้านทานสูญเสียในแกนเหล็ก
- ง. รีแอคแตนซ์ทำแม่เหล็ก

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$V_1 = 1600 \text{ V} \quad I_0 = 3 \text{ A} \quad \text{และ} \quad P_c = 1400 \text{ W}$$

หามุมเฟสระหว่างแรงดัน V_1 กับกระแส I_0

$$\text{จากสมการ} \quad P_c = V_1 I_0 \cos \theta_0 \quad \text{ดังนั้น} \quad \cos \theta_0 = \frac{P_c}{V_1 I_0}$$

$$\text{และ} \quad \theta_0 = \cos^{-1} \left(\frac{P_c}{V_1 I_0} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{1400}{1600 \times 3} \right) = 73.08^\circ$$

ก. กระแสที่สูญเสียในแกนเหล็ก

$$I_c = I_0 \cos \theta_0 = 3 \times \cos 73.08^\circ$$

$$I_c = 3 \times 0.291 = 0.873 \text{ A}$$

กระแสที่สูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ ๐.๘๗๓ A ตอบ

ข. กระแสทำแม่เหล็ก

$$I_m = I_0 \sin \theta_0 = 3 \times \sin 73.08^\circ$$

$$I_m = 3 \times 0.956 = 2.868 \text{ A}$$

กระแสทำแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ ๒.๘๖๘ A ตอบ

ค. ความต้านทานสูญเสียในแกนเหล็ก

$$R_c = \frac{V_1}{I_c} = \frac{1600}{0.873} = 1832.76 \Omega$$

ความต้านทานสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ ๑๘๓๒.๗๖ Ω ตอบ

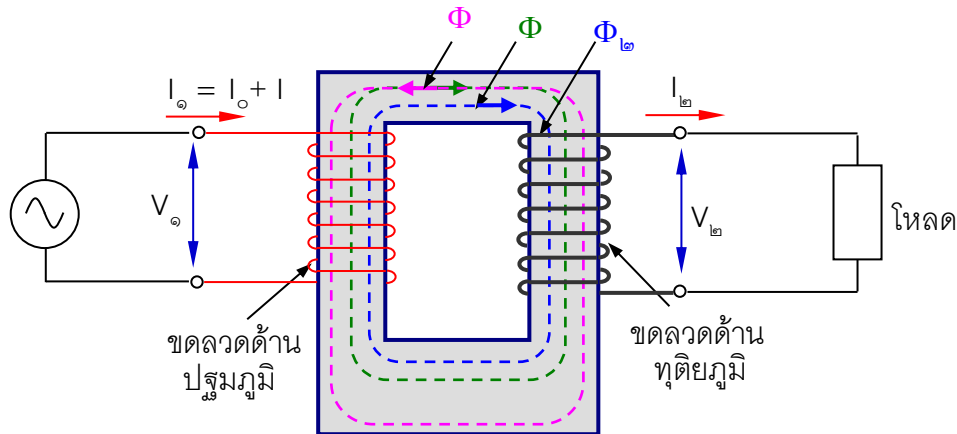
ง. รีแอคแตนซ์ทำแม่เหล็ก

$$X_m = \frac{V_1}{I_m} = \frac{1600}{2.868} = 557.88 \Omega$$

รีแอคแตนซ์ทำแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ ๕๕๗.๘๘ Ω ตอบ

๒.๕ หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด

หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเป็นภาวะที่ขดลวดทางด้านทุติยภูมิมีโหลดต่ออยู่ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลจากขดลวดทุติยภูมิไปยังโหลดและยังทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดปฐมภูมิอีกด้วย ดังรูปที่ ๒.๙



รูปที่ ๒.๙ หม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเกิดกระแส I_2 กับ Φ_2 และ I_2' กับ Φ_2'

จากรูป เมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ทำให้เกิดการไหลของกระแส I_2 และสร้างแรงดันแม่เหล็กเป็น $N_2 I_2$ ซึ่งเรียกว่า แอมแปร์-รอบลดเส้นแรงแม่เหล็ก (Demagnetizing ampere turn) ซึ่งกระแส I_2 ก็สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก Φ_2 ขึ้นมา โดยมีทิศทางตรงข้ามกับ Φ ที่สร้างจากกระแส I_0 เป็นผลให้ Φ ลดลง และทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E_1 ของทางด้านปฐมภูมิลดลงไปด้วยจึงทำให้เกิดผลต่างของแรงดันไฟฟ้า V_1 กับ E_1 จึงทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายเพิ่มขึ้น เรียกกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้ว่า กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ (Load component of primary current) มีค่าเป็น I_2' จากการ มีกระแส I_2' ทางด้านปฐมภูมิ โดย I_2' นี้จะสร้าง Φ_2' ขึ้นมาก็ทำให้เกิดแรงดันแม่เหล็กเป็น $N_2 I_2'$ และมีค่าเท่ากับแรงดันแม่เหล็กทางด้านทุติยภูมิ $N_2 I_2$ โดยมีทิศทางต่อต้านกันและมีสภาพเป็นกลาง (Neutralized) ไปในทันทีทันใด ซึ่งเหลือเพียงแต่เส้นแรงแม่เหล็กร่วมเพียงอย่างเดียวโดยผลรวมของกระแส I_0 ทางด้านปฐมภูมิได้จากกระแส I_0 เมื่อไม่มีโหลดกับกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ I_2' ทางเฟสเซอร์ จากรูปที่ ๘.๑๑ กระแส I_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ เนื่องจาก I_0 มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับกระแสที่โหลดจึงไม่นำมาคิด ดังนั้น

$$N_1 I_2' = N_2 I_2 \quad I_2' = \left(\frac{N_2}{N_1} \right) I_2$$

$$I_2' = \frac{I_2}{a} \quad \text{..... (๒.๑๘)}$$

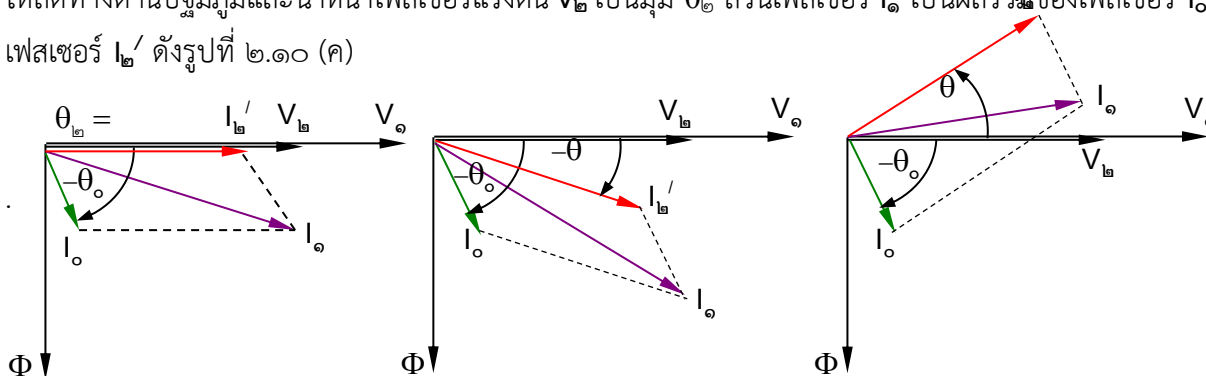
๒.๖ แผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลด

แผนภาพเฟสเซอร์จะแตกต่างกันออกไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบกำลังของโหลดที่ต่ออยู่ ดังนี้

๑. ถ้าพิจารณาโหลดเป็นแบบตัวประกอบกำลังเท่ากับ ๑ (I_2' ร่วมเฟสกับ V_2) โดยเฟสเซอร์ I_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิและร่วมเฟสกับแรงดัน V_2 ส่วนเฟสเซอร์ I_0 เป็นผลรวมของเฟสเซอร์ I_0 กับเฟสเซอร์ I_2' ดังรูปที่ ๒.๑๐ (ก)

๒. ถ้าพิจารณาโหลดเป็นแบบตัวประกอบกำลังล้าหลัง (I_2' ล้าหลัง V_2) โดยเฟสเซอร์ I_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิและล้าหลังเฟสเซอร์แรงดัน V_2 เป็นมุม θ_2 ส่วนเฟสเซอร์ I_0 เป็นผลรวมของเฟสเซอร์ I_0 กับเฟสเซอร์ I_2' ดังรูปที่ ๒.๑๐ (ข)

๓. ถ้าพิจารณาโหลดเป็นแบบตัวประกอบกำลังนำหน้า (I_2' นำหน้า V_2) โดยเฟสเซอร์ I_2' เป็นกระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิและนำหน้าเฟสเซอร์แรงดัน V_2 เป็นมุม θ_2 ส่วนเฟสเซอร์ I_0 เป็นผลรวมของเฟสเซอร์ I_0 กับเฟสเซอร์ I_2' ดังรูปที่ ๒.๑๐ (ค)



รูปที่ ๒.๑๐ แผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ค่าตัวประกอบกำลังต่าง ๆ

ตัวอย่างที่ ๒.๓ หม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ขนาดแรงดันไฟฟ้า ๑๒๐๐/๒๐๐ V เมื่อต่อเข้ากับแรงดันทางด้านปฐมภูมิ ๑๒๐๐ V มีกระแสไฟฟ้า ๓ A และมุมเฟสระหว่างแรงดันกับกระแส 70° โดยมีกระแสล้าหลังแรงดันเมื่อยังไม่มิโหลด และเมื่อต่อโหลดมีกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ ๒๔๐ A จงคำนวณหา

ก. กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ

ข. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ค่า $pf_2 = 1$

ค. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ค่า $pf_2 = 0.866$ ล้าหลัง

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$V_1 = 1200 \text{ V} \quad V_2 = 200 \text{ V} \quad I_0 = 3 \text{ A} \quad I_2 = 240 \text{ A} \quad \theta_0 = 70^\circ$$

หาอัตราส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้า

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1200}{200} = 6$$

ก. กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ

$$I_2' = \frac{I_2}{a} = \frac{240}{6} = 40 \text{ A}$$

กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิจึงเท่ากับ

$$40 \text{ A}$$

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ค่า $pf_2 = 1$

$$\theta_2 = \cos^{-1}(pf_2) = \cos^{-1}(1) = 0^\circ$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} I_1 &= I_0 + I_2' \\ &= I_0 \angle -\theta_0 + I_2' \angle \theta_2 \\ &= 3 \angle -70^\circ + 40 \angle 0^\circ \\ &= (1.026 - j2.819) + (40 + j0) \\ &= 41.026 - j2.819 \end{aligned}$$

$$I_1 = 41.122 \angle -3.93^\circ$$

กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ $pf_2 = 1$ มีค่าเท่ากับ ๔๑.๑๒๒ A **ตอบ**

ค. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ค่า $pf_2 = 0.866$ ล้าหลัง

$$\theta_2 = \cos^{-1}(pf_2) = \cos^{-1}(0.866) = 30^\circ$$

ดังนั้น

$$I_1 = I_0 + I'_2$$

$$= I_0 \angle -\theta_0 + I'_2 \angle -\theta_2$$

$$I_1 = 3 \angle -70^\circ + 40 \angle -30^\circ$$

$$= (1.026 - j2.819) + (34.641 - j20)$$

$$= 35.667 - j22.819$$

$$I_1 = 42.342 \angle -32.61^\circ$$

กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิที่ $pf_2 = 0.866$ ล้าหลังมีค่าเท่ากับ ๔๒.๓๔๒ A **ตอบ**

๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๒

โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

คำชี้แจง ๑. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค ง หรือ จ ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๒. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ๒๐ นาที

๑. โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็กมีหน้าที่อะไร

ก. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กรั่วไหล

ข. ผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ค. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหลักที่แกน

ง. เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า

จ. เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

๒. ข้อใดเป็นแกนเหล็กแบบคอร์

ก. EI กับ EE

ข. UI กับ LL

ค. UI กับ EI

ง. LL กับ EE

จ. UE กับ IL

๓. ข้อใดเป็นแกนเหล็กแบบเชลล์

ก. EI กับ EE

ข. UI กับ LL

ค. UI กับ EI

ง. LL กับ EE

จ. UE กับ IL

๔. แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเฮช ใช้แกนเหล็กแบบใด

ก. แบบคอร์สองชุดวางเรียงลำดับกัน

ข. แบบคอร์สองชุดวางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท

ค. แบบเชลล์สองชุดวางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท

ง. แบบเชลล์สองชุดวางเรียงลำดับกัน

๕. ข้อใดไม่เป็นคุณลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

ก. ไม่มีการสูญเสียที่แกนเหล็ก

ข. ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กรั่วซึม

ค. ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทั้งสองด้าน

ง. ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนเหล็ก

จ. เส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็กผ่านไม่มีขีดจำกัด

๑๔. ผลจากการต่อโหลดเข้าทางด้านทุติยภูมิทำให้กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิเรียกว่าอะไร

- ก. กระแสแอมแปร์-รอบ ทางด้านปฐมภูมิ ข. กระแสโหลดทุติยภูมิเสริมทางด้านปฐมภูมิ
ค. กระแสหักล้างทางด้านปฐมภูมิ ง. กระแสเสริมทางด้านปฐมภูมิ
จ. กระแสโหลดทางด้านปฐมภูมิ

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๑๕-๑๗

หม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ขนาดแรงดัน ๑๐๐๐/๒๕๐ V เมื่อไม่มีโหลดมีกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ ๖ A ตัวประกอบกำลัง ๐.๓ ถ้าหลัง เมื่อมีโหลดมีกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ ๒๐๐ A ตัวประกอบกำลัง ๐.๘ ถ้าหลัง

๑๕. มุมเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีค่าเท่าไร

- ก. 25.13° ข. 30° ค. 36.87° ง. 45° จ. 53.13°

๑๖. กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่าไร

- ก. ๕๖ A ข. ๕๕ A ค. ๕๔ A ง. ๕๓ A จ. ๕๒ A

๑๗. ตัวประกอบกำลังทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่าไร

- ก. ๐.๘๒ ถ้าหลัง ข. ๐.๘๖ ถ้าหลัง
ค. ๐.๘๐ ถ้าหลัง ง. ๐.๗๖ ถ้าหลัง
จ. ๐.๗๐ ถ้าหลัง

๗. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๘. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๒

โครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า

คำชี้แจง ๑. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค ง หรือ จ ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๒. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ๒๐ นาที

๑. โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าแกนเหล็กมีหน้าที่อะไร

- ก. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กไว้ไหล ข. ผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
ค. สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหลักที่แกน ง. เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า
จ. เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก

๒. ข้อใดเป็นแกนเหล็กแบบคอร์

- ก. EI กับ EE ข. UI กับ LL
ค. UI กับ EI ง. LL กับ EE
จ. UE กับ IL

๓. ข้อใดเป็นแกนเหล็กแบบเชลล์

- ก. EI กับ EE ข. UI กับ LL
ค. UI กับ EI ง. LL กับ EE
จ. UE กับ IL

๔. แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเฮช ใช้แกนเหล็กแบบใด

- ก. แบบคอร์สองชุดวางเรียงลำดับกัน ข. แบบคอร์สองชุดวางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท
ค. แบบเชลล์สองชุดวางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท ง. แบบเชลล์สองชุดวางเรียงลำดับกัน
จ. แบบเชลล์และแบบคอร์วางซ้อนกันเป็นรูปกากบาท

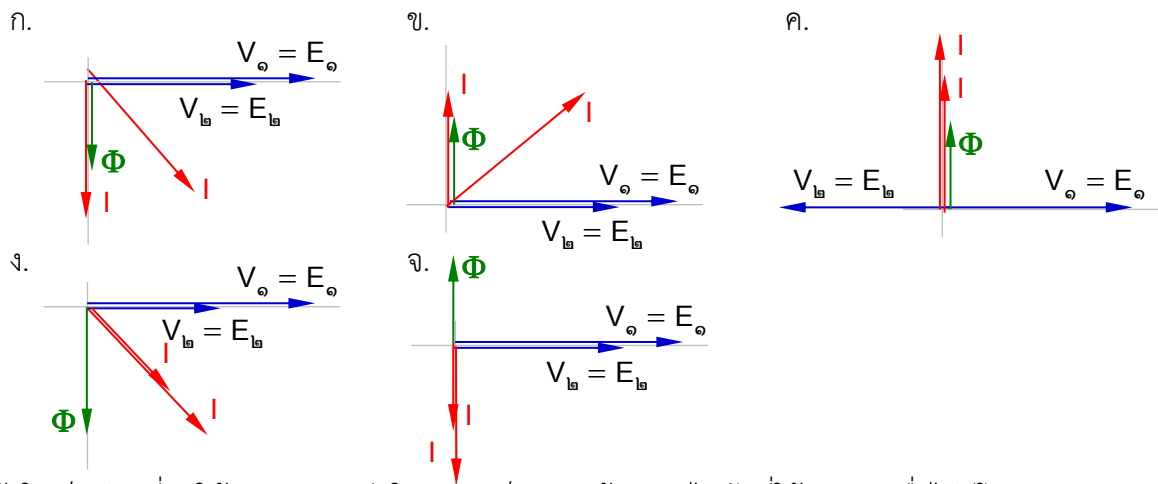
๕. ข้อใดไม่เป็นคุณลักษณะของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติ

- ก. ไม่มีการสูญเสียที่แกนเหล็ก
ข. ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กรั่วซึม
ค. ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทั้งสองด้าน
ง. ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนเหล็ก
จ. เส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็กผ่านไม่มีขีดจำกัด

๖. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่ขดลวดทางด้านทุติยภูมิเรียกว่าอะไร

- ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ
ข. แรงดันไฟฟ้าต่อต้าน
ค. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำร่วม
ง. แรงดันไฟฟารีแอกแตนซ์
จ. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว

๗. ข้อใดเป็นแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติเมื่อมีโหลดที่ตัวประกอบกำลังล่าช้า



๘. ข้อใดเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลด

- ก. กระแสรั่วไหลกับการเกิดฮิสเทอรีซิส
ข. กระแสไหลวนกับกระแสรั่วไหล
ค. กระแสไหลวนกับการเกิดจากฮิสเทอรีซิส
ง. กระแสไหลวนกับกระแสทำแม่เหล็ก
จ. กระแสทำแม่เหล็กกับการเกิดฮิสเทอรีซิส

๙. หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลดจะเกิดการสูญเสียในที่ใด

- ก. ฉนวนที่คั่นในแต่ละชั้นของขดลวด
ข. ในขดลวดทางด้านปฐมภูมิ
ค. ในขดลวดทางด้านทุติยภูมิ
ง. ในฉนวนที่เคลือบไว้ที่แกนเหล็ก
จ. ในแกนเหล็ก

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๑๐-๑๒

หม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ขนาดแรงดัน ๑๒๕๐๐/๒๔๐ V เมื่อไม่มีโหลดมีกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ ๑.๖ A ตัวประกอบกำลัง ๐.๒๕ ล้าหลัง โดยค่าความต้านทานและค่ารีแอกแตนซ์รั่วซึมไม่นำมาคิด

๑๐. กำลังไฟฟ้าที่ไม่มีโหลดมีค่าเท่าไร

- ก. ๖ kW ข. ๕ kW ค. ๔ kW ง. ๓ kW จ. ๒ kW

๑๑. ความต้านทานสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่าไร

- ก. ๑๘.๒๕ kΩ ข. ๒๖.๗๕ kΩ ค. ๓๑.๒๕ kΩ ง. ๓๘.๗๕ kΩ จ. ๔๒.๔๕ kΩ

๑๒. รีแอกแตนซ์ทำแม่เหล็กมีค่าเท่าไร

- ก. ๕.๕๖ kΩ ข. ๖.๗๕ kΩ ค. ๗.๘๑ kΩ ง. ๘.๐๖ kΩ จ. ๙.๒๔ kΩ

	ใบงานที่ ๒	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๓-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สัปดาห์ที่ ๓ - ๔
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานโครงสร้างส่วนประกอบหลักการทำงานหม้อแปลงไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า
- ๓.๒ ต่อดัดวงจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดและมีโหลด
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้าได้
- ๔.๒ อธิบายการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติและแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
- ๔.๓ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๔ อธิบายหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๕ อธิบายแผนภาพเฟสเซอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๖ ต่อดัดวงจรการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีโหลดได้
- ๔.๗ ต่อดัดวงจรการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อมีโหลดได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

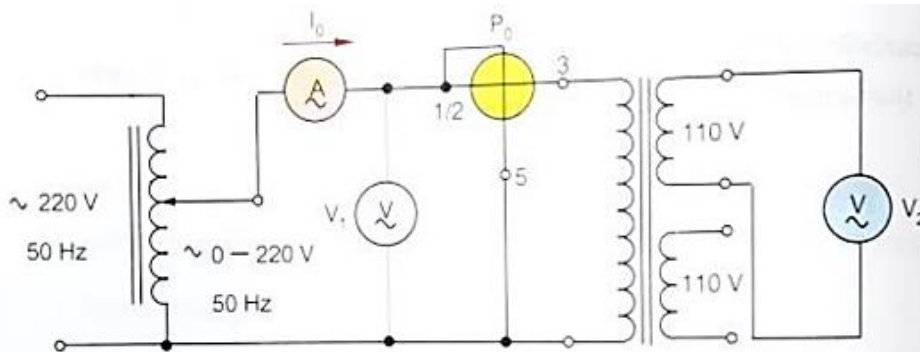
- | | |
|---|-----------|
| ๕.๑ ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า ๑ เฟส ๕๐๐ W ๒๒๐V/๑๑๐V | ๑ ตัว |
| ๕.๒ มัลติมิเตอร์ของชุดฝึก | ๒ เครื่อง |
| ๕.๓ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ | ๑ เครื่อง |
| ๕.๔ ชุดแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ | ๑ เครื่อง |
| ๕.๕ สายตัวนำ ต่อดัดวงจร | ๒๐ เส้น |

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติ

๗.๑ เตรียมเครื่องมือ/อุปกรณ์

๗.๒ ต่อดำเนินการตามใบงานการทดลอง



๗.๓ ตรวจสอบการต่อวงจร

๗.๔ ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามลำดับขั้นตอนปฏิบัติงาน

๗.๕ ปรับค่าต่าง ๆ ตามลำดับขั้นตอนปฏิบัติงาน

๗.๖ อ่านค่าต่าง ๆ ตามลำดับขั้นตอนปฏิบัติงานและบันทึกผลลงในตาราง

๗.๗ ตอบคำถามและสรุปผลการทดลอง

๗.๘ เก็บเครื่องมือ/ทำความสะอาด

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๒

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย

๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๕ - ๖
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	งานมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานมอเตอร์ไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค
ทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่าง
เทคนิค ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๒ เขียนและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย
และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทางได้
- ๔.๓ อธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๔ อธิบายแรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๖ ต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๗ ทดสอบจากการต่อของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๒ แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง
- ๕.๓ การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๔ แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

๕.๕ ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

๕.๖ การเกิดอาร์มเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๓ (๒๐ นาที)

๖.๑ ขั้นนำ (๒๐ นาที)

- ๑) แจกจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ ๓
- ๒) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้า

๖.๒ ขั้นกิจกรรม (๓๘๐ นาที)

- ๓) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point มอเตอร์ไฟฟ้า โดยนักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน
- ๔) สุ่มตัวอย่างนักศึกษา ๓-๕ คน อธิบายเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๕) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้า นักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน
- ๖) นักศึกษาช่วยครูสรุปและตอบคำถาม
- ๗) ตัวแทนนักศึกษานำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย
- ๘) ครูอธิบายเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๙) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์
- ๑๐) แบ่งกลุ่มนักศึกษากลุ่มละ ๓-๕ คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ ๓
- ๑๑) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ ๓

๖.๓ ขั้นวิเคราะห์ (๑๒๐ นาที)

- ๑๒) ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๓
- ๑๓) ครูให้นักศึกษาสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๓
- ๑๔) ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบทดสอบที่ละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

๖.๔ ขั้นสรุปและประเมินผล (๖๐ นาที)

- ๑๕) ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ ๓ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้า การตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

- ๗.๑.๑ หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad, Louis Nashelsky
- ๗.๑.๒ หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าของศูนย์หนังสือเมืองไทย
- ๗.๑.๓ Power point หน่วยที่ ๓ เรื่อง มอเตอร์ไฟฟ้า

๗.๒ ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์มอเตอร์ไฟฟ้า

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก๊ซ ตรวจสอบ มอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด
๒. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์มอเตอร์ไฟฟ้า
- ๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอเตอร์ไฟฟ้า
๓. แกะไขตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
๔. จำแนกอาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้า ได้ตามแบบที่กำหนด
๕. แก้ปัญหาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้า ได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑. สัมภาษณ์
๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่
 - ๒.๑ ด้านความรู้
 - ๒.๒ การปฏิบัติงาน
 - ๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน**

.....

.....

.....

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา**๑) ผลการแก้ไขปัญหาก็ส่งผลพวที่ดีต่อผู้เรียน**

.....

.....

.....

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้		หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๕ - ๖
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	งานมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานมอเตอร์ไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค
ทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่าง
เทคนิค ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๒ เขียนและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย
และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทางได้
- ๔.๓ อธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๔ อธิบายแรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๖ ต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๗ ทดสอบจากการต่อของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เนื้อหาสาระ

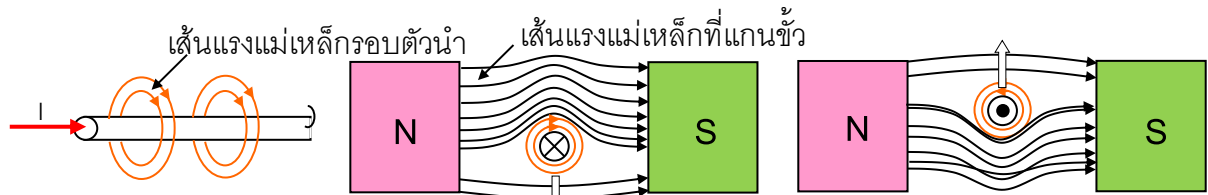
๕.๑ หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะมีส่วนประกอบ ๓ อย่าง คือ

๑. ขั้วแม่เหล็ก โดยขั้วแม่เหล็กจะต้องมีเส้นแรงแม่เหล็ก

๒. ตัวนำ โดยตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ

๓. ตัวนำต้องวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้ว ดังรูป เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านบนมีความหนาแน่น มากกว่าด้านล่าง ทั้งนี้เพราะว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านล่างมีความหนาแน่นน้อยกว่า จากคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กพยายามยืดตัวเป็นเส้นตรงให้มากที่สุดจึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ลงด้านล่าง และเมื่อตัวนำมีกระแสไหลออกทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทางด้านล่างมีความหนาแน่นมากกว่าด้านบน เพราะเส้นแรงแม่เหล็กจากตัวนำเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กจากแกนขั้วแม่เหล็ก ส่วนด้านบนนั้นมีความหนาแน่นน้อยจึงผลักตัวนำให้เคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ดังรูป

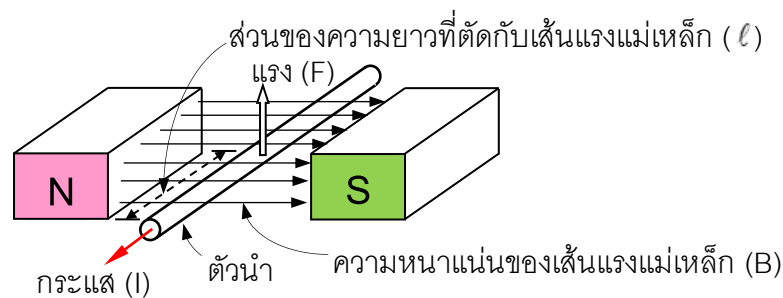


(ก) เส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำ (ข) ตัวนำเคลื่อนที่ลงเมื่อกระแสไหลเข้า (ค) ตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นเมื่อกระแสไหลออก

รูปที่ ๕.๑ หลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์

๕.๒ แรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทาง

ตัวนำเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ผลทำให้ตัวนำนั้นเกิดการเคลื่อนที่ นั้นหมายความว่าเกิดแรงผลักที่ตัวนำ (รัชชัย อัตถวิบูลย์กุล, ๒๕๔๖: ๒๑๑) ดังรูปที่ ๕.๒

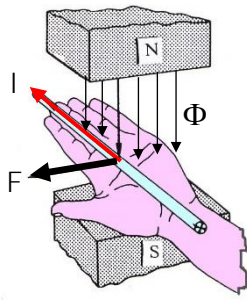


รูปที่ ๕.๒ ตัวนำเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านและเกิดแรงผลักตัวนำ

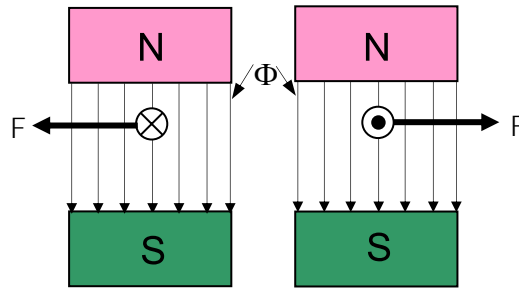
โดยขนาดของแรงแปรตามกับค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก กระแสที่ไหลผ่านตัวนำและความยาวของตัวนำในส่วนของที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก โดยหน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

การหาทิศทางตัวนำ กฎมือซ้ายกล่าวไว้ว่า แบมือซ้ายออกแล้วให้หัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ โดยให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือพุ่งเข้าหาอุ้งมือ และให้นิ้วทั้งสี่แทนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นนิ้วหัวแม่มือจะ

ชี้ทิศทางของแรงหรือทิศทางของตัวนำ เมื่อมีกระแสไหลเข้าตัวนำเมื่อใช้กฎมือซ้ายได้ทิศทางของแรงมาทางซ้าย และถ้ากระแสไหลออกจากตัวนำก็ได้ทิศทางของแรงมาทางขวา



(ก) กฎมือซ้ายแบบ

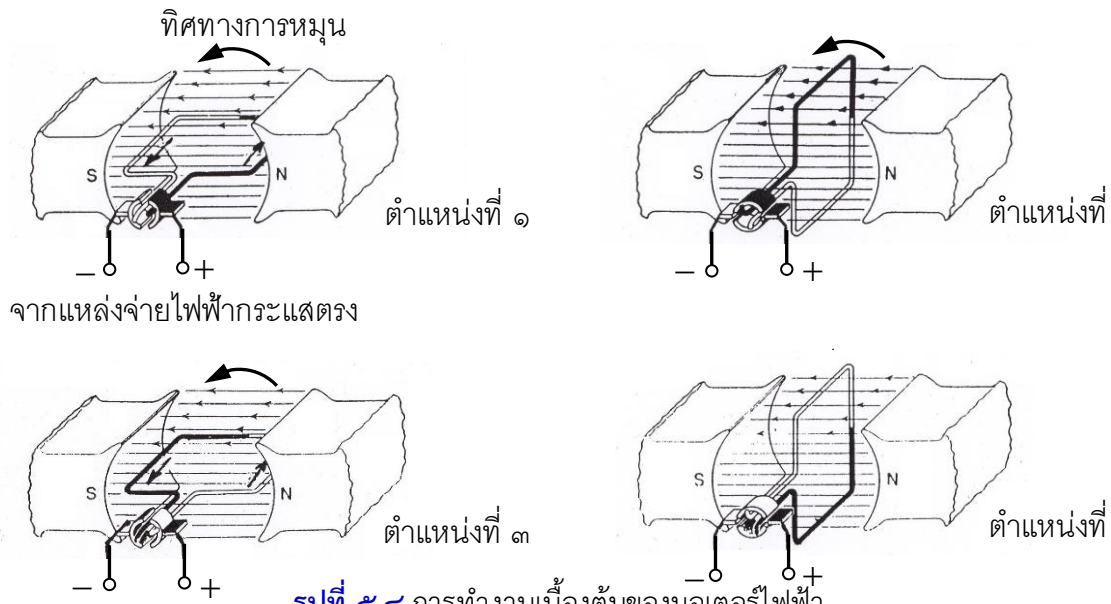


(ข) ทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไหลเข้าและไหลออก

รูปที่ ๕.๓ กฎมือซ้ายและการหาทิศทางของแรงเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

๕.๓ การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่ายประกอบด้วยขดลวดวางอยู่ระหว่างขั้วของแม่เหล็ก โดยปลายทั้งสองของขดลวดต่อเข้ากับสวิตช์คอมมิวเตเตอร์ซึ่งมีแปรงถ่านสัมผัสอยู่ และมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกต่อเข้ากับแปรงถ่านทั้งสองดังรูป



รูปที่ ๕.๔ การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้า

จากรูปที่ ๕.๔ ขณะตัวนำกำลังเคลื่อนที่หมุนอยู่ก็จะไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กของแกนขั้วแม่เหล็กด้วยทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวด ซึ่งเป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและเมื่อใช้กฎมือขวาเห็นว่าทิศทางของกระแสตรงข้ามกับที่จ่ายให้ เรียกแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ว่า **แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ (Back e.m.f.)** เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับเกิดขึ้นจากขดลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กเช่นเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นจึงมีสมการเช่นเดียวกันกับการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ

$$E_a = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a}$$

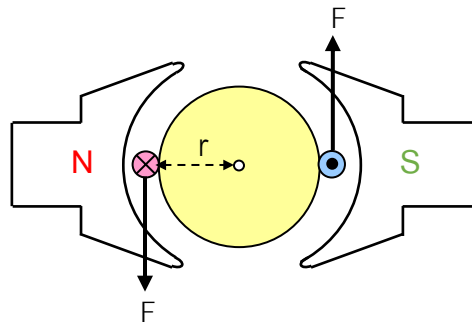
๕.๔ แรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

แรงบิด หมายถึง โมเมนต์ของแรงที่เกิดจากการหมุน ได้จากผลคูณระหว่างแรงกับแขนของแรง (รัศมีของขดลวดหรือรัศมีของอาร์เมเจอร์) โดยแรงบิดมีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N•m) ดังสมการ

$$T = Fr$$

เมื่อ T = แรงบิด หน่วยเป็น นิวตันเมตร (N•m)
 F = แรงทั้งหมดบนตัวนำ หน่วยเป็น นิวตัน (N)
 r = รัศมีของขดลวด หรืออาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น (m)

กำลังกล หมายถึง กำลังที่เกิดขึ้นบนอาร์เมเจอร์ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนไป โดยกำลังส่วนนี้แปรสภาพจากพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาไปเป็นพลังงานกลที่อาร์เมเจอร์ โดยหน่วยของกำลังกลที่อาร์เมเจอร์มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที(Joules/s) หรือวัตต์



รูปที่ ๕.๕ การเกิดกำลังกลที่อาร์เมเจอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ ๕.๕ จะได้ว่างานที่เกิดขึ้นใน ๑ รอบ ได้จากผลคูณของแรงกับระยะทาง

$$W = Fs$$

เมื่อ W = งาน หน่วยเป็น นิวตันเมตรหรือจูล (N•m)
 s = ระยะทาง หน่วยเป็นเมตร (m)

โดยอาร์เมเจอร์หมุน ๑ รอบ ให้ระยะทาง (s) เท่ากับ $2\pi r$ ก็คือเส้นรอบวงของอาร์เมเจอร์

ดังนั้น
$$W = Fs = F2\pi r$$

และ งานที่เกิดขึ้นใน ๑ รอบ/วินาที ได้กำลังกล = $F2\pi r$ จูล/วินาที

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นใน n รอบ/วินาที ได้กำลังกล = $F2\pi r n$ จูล/วินาที

นั่นคือ
$$P_m = 2\pi Fr n$$

แต่ $T = Fr$ และ n เป็นรอบ/นาที่ จะได้

$$P_m = \frac{2\pi T n}{60}$$

หรือ
$$P_m = 0.105 T n$$

เมื่อ P_m = กำลังกลที่อาร์เมเจอร์หน่วยเป็น วัตต์ (W)

ตัวอย่างที่ ๕.๑ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ๖ ขั้ว จำนวนตัวนำทั้งหมด ๑๙๒ ตัวนำ พันแบบซิมเพิล็กซ์แลปมีจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก ๖๒.๕ mWb เมื่อทำงานมีแรงบิดที่อาร์เมเจอร์ ๘ N•m ที่ความเร็วรอบ ๑๒๐๐ r/min จงคำนวณหา

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์เมเจอร์

ข. กำลังกลที่อาร์เมเจอร์

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} P &= ๖ \text{ ขั้ว} & Z &= ๑๙๒ \text{ ตัวนำ} \\ n &= ๑๒๐๐ \text{ r/min} & \Phi &= ๖๒.๕ \times ๑๐^{-๓} \text{ Wb} \\ a &= P = ๖ & T &= ๘ \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

ก. แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์มเจอร์

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{\Phi P n Z}{60 a} \\ &= \frac{62.5 \times 10^{-3} \times 6 \times 1200 \times 192}{60 \times 6} \\ E_a &= 240 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่อาร์มเจอร์มีค่าเท่ากับ **๒๔๐ V** ตอบ
 ข. กำลังกลที่อาร์มเจอร์

$$P_m = 0.105 T n = 0.105 \times 8 \times 1200$$

กำลังกลที่อาร์มเจอร์มีค่าเท่ากับ **๑๐๐๘ W** ตอบ

๕.๕ ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งเหมือนกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

๕.๕.๑ มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก (Separately excited motor) โดยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็กและยังมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอีก ๑ แหล่งจ่ายมาจ่ายให้กับขดลวดอาร์มเจอร์ เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ๒ แหล่งจ่าย จึงไม่นิยมนำมาใช้กับงานทั่วไปมากนักแต่มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกนี้ถูกนำมาใช้กับงานเฉพาะอย่างเช่นกรณีพิเศษเท่านั้น

๕.๕.๒ มอเตอร์ไฟฟ้าแบบชั๊นท์ (Shunt motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์มเจอร์

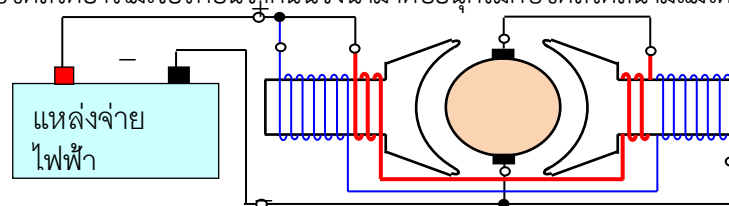
๕.๕.๓ มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซีรีย์ (Series motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มเจอร์

๕.๕.๔ มอเตอร์ไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ (Compound motor) เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์และขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อร่วมกันกับขดลวดอาร์มเจอร์ ซึ่งแบ่งได้อีก ๒ แบบ คือ

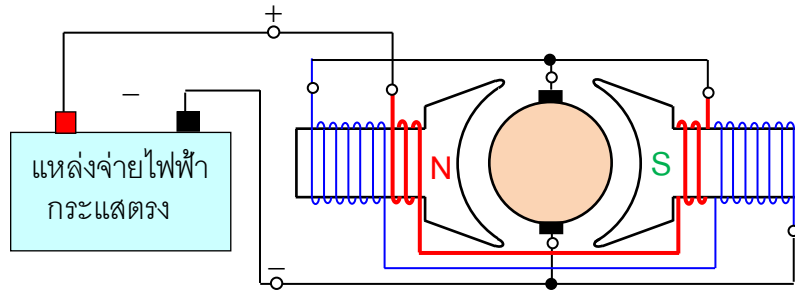
๑. แบ่งตามลักษณะการต่อ ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น ๒ แบบ คือ

(๑) แบบลองชั๊นท์คอมปาวด์ (Longshunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์มาต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์ ดังรูป

(๒) แบบชั๊ตชั๊นท์คอมปาวด์ (Shortshunt compound) แบบนี้เป็นการต่อโดยนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นท์มาต่อขนานกับขดลวดอาร์มเจอร์ก่อน จากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีย์ ดังรูป



(ก) ต่อแบบลองชั๊นท์คอมปาวด์



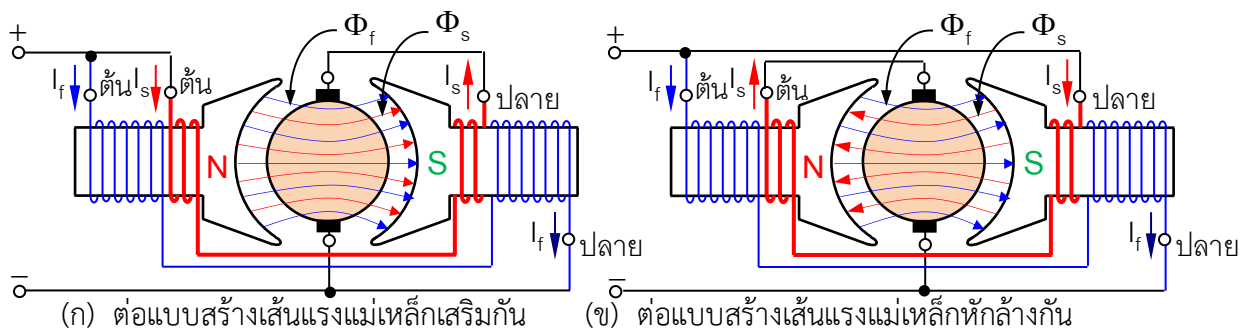
(ข) ต่อแบบข้อตื้นด์คอมปาวด์

รูปที่ ๕.๖ การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการต่อ

๒. แบ่งตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งยังแบ่งได้ออกเป็น ๒ แบบ คือ

(๑) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน (Cumulative compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ (Φ_s) สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์ (Φ_f) ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและทิศทางการพันของขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังรูป สมมติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางเดียวกันโดย I_f ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดและ I_s ก็ไหลเข้าต้นขดลวดออกที่ปลายขดลวดเช่นกัน ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็ก ทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและเสริมกัน

(๒) แบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน (Differential compound) โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูป โดย I_f ไหลเข้าต้นของขดลวดและออกที่ปลายขดลวด ส่วน I_s ไหลเข้าที่ปลายขดลวดและออกที่ต้นขดลวด ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองก็จะมีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน



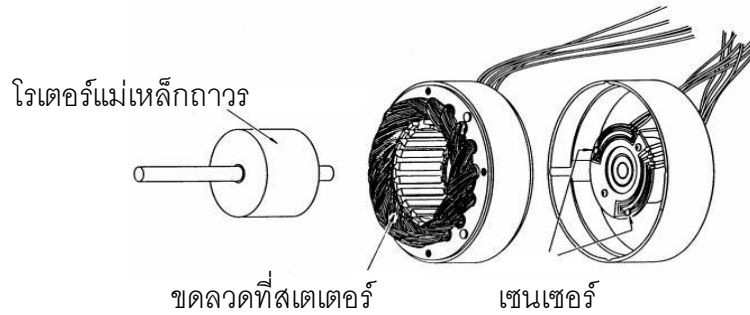
(ก) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน

(ข) ต่อแบบสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน

รูปที่ ๕.๗ การต่อมอเตอร์ไฟฟ้าตามลักษณะการสร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

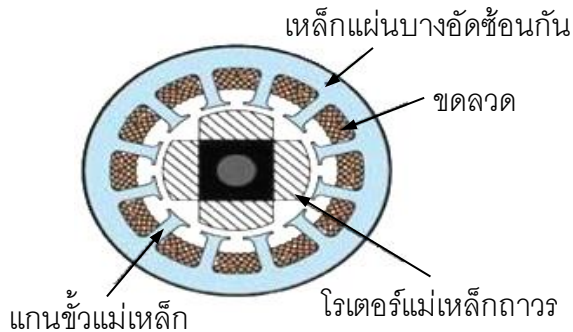
๕.๕.๕ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless direct current motor)

จากการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมา ซึ่งเมื่อทำงานและมีโหลดจะเกิดประกายไฟขึ้นที่สวิตช์คอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่านซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ต้องมีการดูแลรักษาซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสูญเสียที่ขดลวดอาร์เมเจอร์อีกด้วย เมื่อหน้าที่ของคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านถูกแทนด้วยสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ มอเตอร์ก็แทบที่จะไม่ต้องการมีการดูแลรักษา มอเตอร์ที่ว่านี้ก็คือ **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน** โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งได้แก่ สเตเตอร์และโรเตอร์แม่เหล็กถาวร และตัวเซนเซอร์ ซึ่งแสดงดังรูปที่ ๕.๘



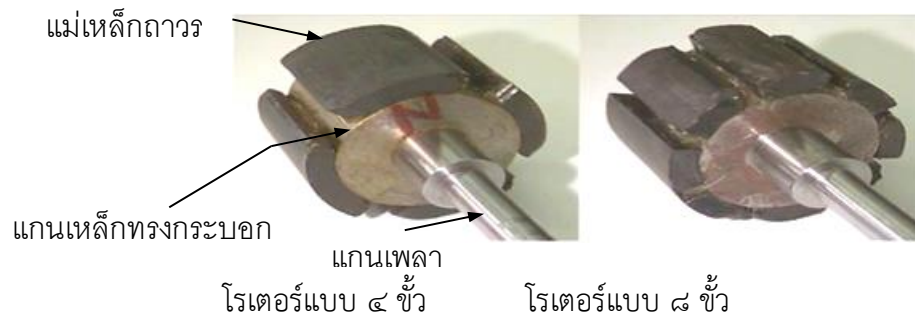
รูปที่ ๕.๘ แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน

๑. สเตเตอร์ จะทำมาจากเหล็กแผ่นบางเซาะเป็นร่องแล้วนำมาอัดซ้อนกันโดยที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่หลายชุดดังรูป โดยมีหน้าที่สร้างขั้วแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



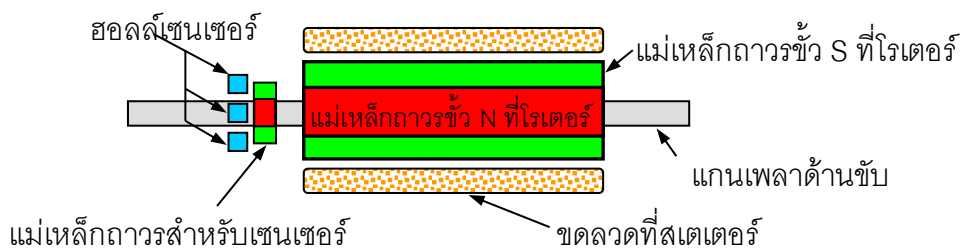
รูปที่ ๕.๙ แสดงโครงสร้างของสเตเตอร์และขดลวดที่พันอยู่ที่สเตเตอร์

๒. โรเตอร์แม่เหล็กถาวร เป็นแม่เหล็กถาวรที่ยึดติดกับแกนเหล็กรูปทรงกระบอกของแกนเพลาดังรูป เป็นโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบ ๔ ขั้วและแบบ ๘ ขั้ว



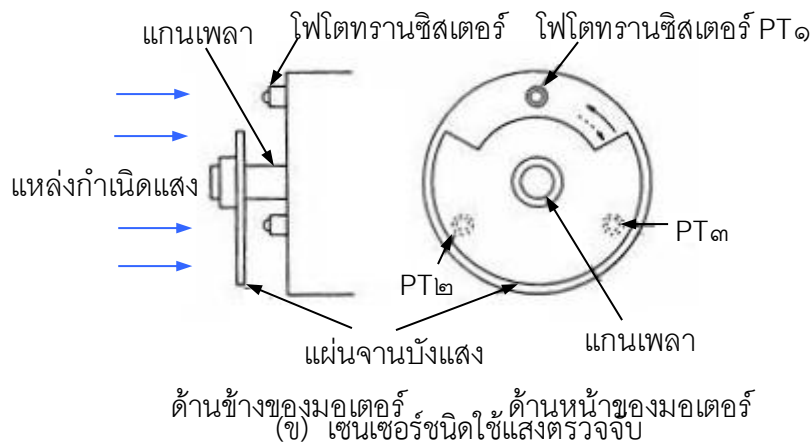
รูปที่ ๕.๑๐ แสดงโรเตอร์แม่เหล็กถาวรแบบ ๔ ขั้วและแบบ ๘ ขั้ว

๓. เซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ (หรือขั้วแม่เหล็ก) เพื่อนำสัญญาณ ไปใช้ในการควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แทนคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านโดยส่วนใหญ่เซนเซอร์ที่ใช้มักเป็นฮอลล์เซนเซอร์ (Hall sensor) ดังรูปหรือเซนเซอร์ชนิดใช้แสงตรวจจับ (Optical sensor) ดังรูป



(ก) เซนเซอร์ชนิดใช้ฮอลล์เซนเซอร์

รูปที่ ๕.๑๑ แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ



รูปที่ ๕.๑๑ แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ชนิดต่าง ๆ

๕.๖ การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

อาร์เมเจอร์รีแอกชัน หมายถึง การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อมอเตอร์นั้นมีโหลดที่เพลลา โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้วเกิดการบิดเบี้ยวไป โดยการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันอธิบายได้ดังนี้

จากผลการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้แรงดันไฟฟ้าต้านกลับลดลงและนอกจากนี้ยังทำให้เกิดประกายไฟที่หน้าแปรงถ่านกับชั๊คมอเตอร์ ดังนั้นการแก้อาร์เมเจอร์รีแอกชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็กระทำได้เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้

๑. เลื่อนตำแหน่งแปรงถ่าน โดยเลื่อนแปรงถ่านไปยังตำแหน่งแกนนิวทรัลใหม่ โดยจะต้องเลื่อนในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์

๒. ใส่ขั้วแทรกหรืออินเตอร์โพล เป็นขั้วแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่แทรกไว้กึ่งกลางขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๓. พันขดลวดชดเชย ขดลวดชดเชยพันจากทองแดงเส้นโตและวางอยู่ในร่องบริเวณผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กหลัก เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๓

งานมอเตอร์ไฟฟ้า

คำชี้แจง ๑. จงทำเครื่องหมาย X ทับ ก ข ค ง หรือ จ ที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๒. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ ๒๐ นาที

๑. หลักการเบื้องต้นในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถทำได้กี่วิธี

ก. ๑ วิธี ข. ๒ วิธี ค. ๓ วิธี ง. ๔ วิธี จ. ๕ วิธี

๒. ข้อเสียของการควบคุมความเร็วรอบ โดยการควบคุมขนาดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ คือข้อใด

ก. ปรับความเร็วรอบได้ไม่ราบเรียบ ข. ปรับความเร็วรอบต่ำกว่าพิกัดไม่ได้
ค. ปรับความเร็วรอบสูงกว่าพิกัดไม่ได้ ง. ปรับความเร็วรอบให้หยุดนิ่งไม่ได้
จ. ถ้าแรงดันไฟฟ้าเกินขดลวดขั้วอาจจะเสียหาย

๓. การควบคุมความเร็วรอบของการควบคุมค่าความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ ต้องต่อตัวต้านทานอย่างไร

ก. ต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ข. ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์
ค. ต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขั้ว ง. ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขั้ว
จ. ต่ออนุกรมกับขดลวดขั้วแทรก

๑๒. ตัวต้านทานเริ่มเดินมีหน้าที่อย่างไร

ก. ลดเส้นแรงแม่เหล็กขณะเริ่มเดิน

ข. ลดการสูญเสียในขดลวดอาร์เมเจอร์ขณะเริ่มเดิน

ค. เพิ่มแรงดันให้กับอาร์เมเจอร์ขณะเริ่มเดิน

ง. ให้การออกตัวขณะเริ่มเดินดีขึ้น

จ. ลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดิน

โจทย์สำหรับคำถามข้อที่ ๑๓-๑๘

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซันต์ มีค่าความต้านทานจากขดลวดอาร์เมเจอร์ $1\ \Omega$ มีแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ 200 V กระแสขณะเริ่มเดิน 40 A โดยความต้านทานเริ่มเดินแบ่งออกเป็น ๔ ส่วน

๑๓. ความต้านทานรวมในส่วนที่ ๑ (R_{t1}) มีค่าเท่าไร

ก. $8\ \Omega$

ข. $7\ \Omega$

ค. $6\ \Omega$

ง. $5\ \Omega$

จ. $4\ \Omega$

๑๔. ความต้านทานรวมในส่วนที่ ๒ (R_{t2}) มีค่าเท่าไร

ก. $3.34\ \Omega$

ข. $2.96\ \Omega$

ค. $2.35\ \Omega$

ง. $1.96\ \Omega$

จ. $1.52\ \Omega$

๑๕. ความต้านทานรวมในส่วนที่ ๓ (R_{t3}) มีค่าเท่าไร

ก. $1.85\ \Omega$

ข. $2.23\ \Omega$

ค. $2.67\ \Omega$

ง. $3.03\ \Omega$

จ. $3.74\ \Omega$

๑๖. ความต้านทานรวมในส่วนที่ ๔ (R_{t4}) มีค่าเท่าไร

ก. $2.33\ \Omega$

ข. $1.96\ \Omega$

ค. $1.45\ \Omega$

ง. $1.03\ \Omega$

จ. $0.94\ \Omega$

๑๗. ความต้านทานในส่วนที่ ๑ (R_{t1}) มีค่าเท่าไร

ก. $3.36\ \Omega$

ข. $2.88\ \Omega$

ค. $2.43\ \Omega$

ง. $2.03\ \Omega$

จ. $1.66\ \Omega$

๑๘. ความต้านทานในส่วนที่ ๒ (R_{t2}) มีค่าเท่าไร

ก. $0.76\ \Omega$

ข. $1.01\ \Omega$

ค. $1.57\ \Omega$

ง. $1.93\ \Omega$

จ. $2.03\ \Omega$

	ใบงานที่ ๓		หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า		สอนครั้งที่ ๕ - ๖
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานมอเตอร์ไฟฟ้า		ทฤษฎี ๔ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานมอเตอร์ไฟฟ้า		ปฏิบัติ ๖ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค
ทรอนิกส์ ระดับ ๔

๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน

๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง

๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุรณการกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่าง
เมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการทำงานและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๒ เขียนและต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
- ๓.๓ แสดงพฤติกรรมการทำงานมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๒ อธิบายแรงที่เกิดขึ้นบนตัวนำและทิศทางได้
- ๔.๓ อธิบายการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๔ อธิบายแรงบิดและกำลังกลที่อาร์เมเจอร์ได้
- ๔.๕ อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชันในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้
- ๔.๖ ต่อกาวจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๗ ทดสอบจากการต่อของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้
- ๔.๘ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

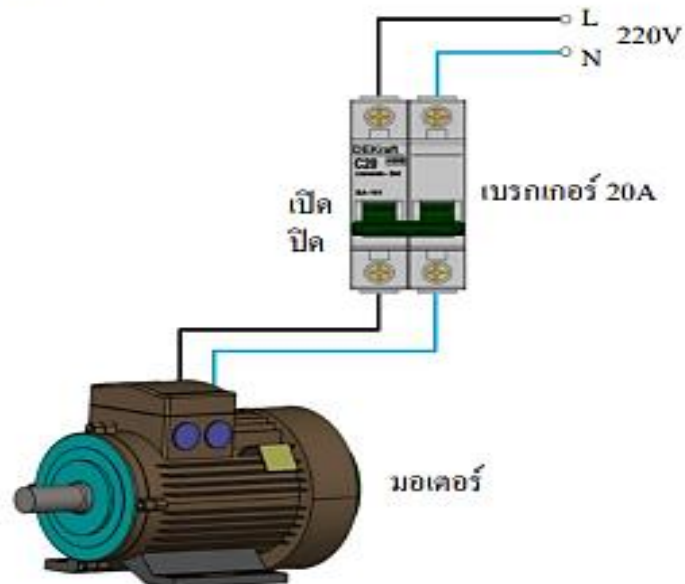
- | | |
|--|-------|
| ๕.๑ มอเตอร์ไฟฟ้า AC $\frac{1}{4}$ แรงม้า | ๑ ตัว |
| ๕.๒ เบรกเกอร์ ๒๕๐ V ๒๐ A | ๑ ตัว |
| ๕.๓ Magnetic Contactor ๑ เฟส ๒๐ A | ๑ ตัว |
| ๕.๔ Timer Relay ๒๒๐ V ๑๕ A | ๑ ตัว |
| ๕.๕ สายต่อวงจร | ๑ ชุด |

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

-

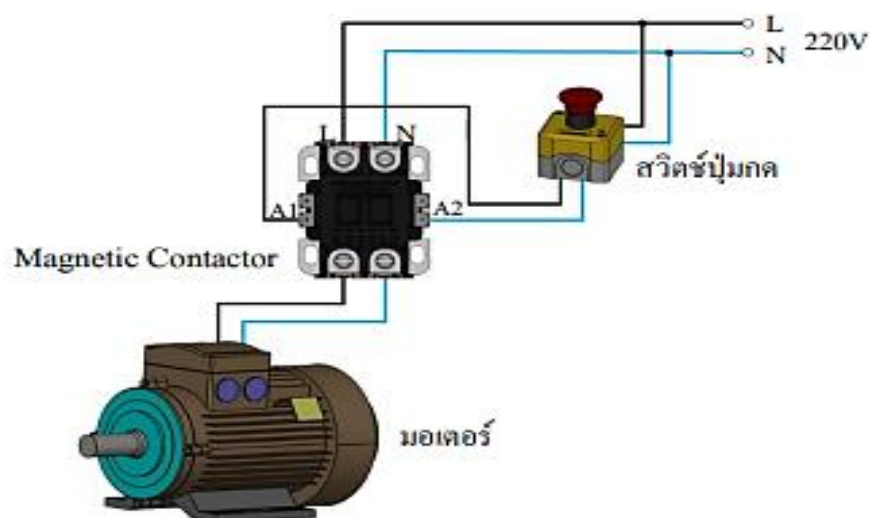
๗. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ให้นักเรียนต่อวงจรตามรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 การวงจรควบคุมมอเตอร์ AC ด้วยมือ

2. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสาย ขกเบรกเกอร์ไปตำแหน่ง “เปิด” สังเกตการณ์หมุนของมอเตอร์
3. เมื่อขกเบรกเกอร์ไปตำแหน่ง “เปิด” มอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน.....
4. เมื่อขกเบรกเกอร์ไปตำแหน่ง “ปิด” มอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน.....
5. ให้นักเรียนต่อวงจรตามรูปที่ 7.2



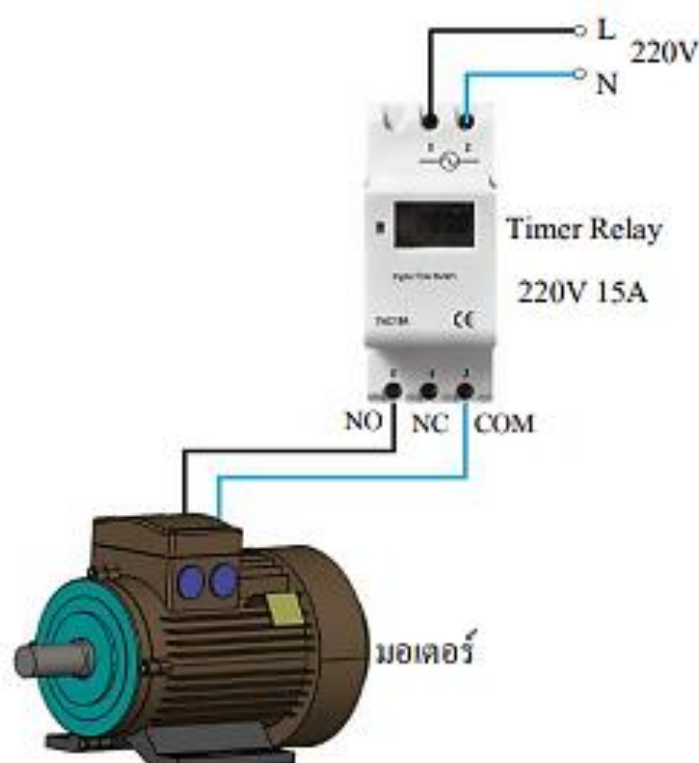
รูปที่ 7.2 การวงจรควบคุมมอเตอร์ AC แบบกึ่งอัตโนมัติ

6. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสาย ทำการทดลองโดยขณะที่ไม่ได้กดสวิทช์
สังเกตการณ์หมุนของมอเตอร์ AC

7. ขณะที่ไม่ได้กดสวิทช์มอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน.....

8. ขณะที่กดสวิทช์มอเตอร์ทำงานหรือไม่ทำงาน.....

9. ให้นักเรียนต่อวงจรตามรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 การวงจรควบคุมมอเตอร์ AC แบบอัตโนมัติ

10. ตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสาย ทำการทดลองตั้งค่า Timer Relay ให้ ON
มอเตอร์ 20 วินาที แล้ว OFF มอเตอร์ 10 วินาที

11. จากการทดลองมอเตอร์ ON กี่วินาที.....

12. จากการทดลองมอเตอร์ OFF กี่วินาที.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๓

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

- ๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ
- ๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย
- ๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๗ - ๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานอุปกรณ์ป้องกัน วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน

๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง

๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกัน

๓.๒ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

๓.๓ วัดอุปกรณ์ป้องกันเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ

๓.๔ แสดงพฤติกรรมการทำงานมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกถึงอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๒ อธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๓ อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุม

๔.๔ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง

๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์
- ๕.๒ สวิตช์แบบต่างๆ
- ๕.๓ รีเลย์ตั้งเวลา
- ๕.๔ หลอดไฟสัญญาณ
- ๕.๕ ฟิวส์
- ๕.๖ เซอร์กิตเบรกเกอร์
- ๕.๗ โฮเวอร์โวลตรีเลย์

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๔ (๒๐ นาที)

๖.๑ ขั้นนำ (๓๐ นาที)

- ๑) แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ ๔
- ๒) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

๖.๒ ขั้นกิจกรรม (๓๙๐ นาที)

๓) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point อุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า โดยนักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๔) สุ่มตัวอย่างนักศึกษา ๓-๕ คน อธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

๕) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า นักศึกษารับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๖) นักศึกษาช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

๗) ตัวแทนนักศึกษานำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

๘) ครูอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

๙) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้าด้วย โอลิมมิเตอร์

๑๐) แบ่งกลุ่มนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๕ คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ ๔

๑๑) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ ๔

๖.๓ ขั้นวิเคราะห์ (๑๒๐ นาที)

๑๒) ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๔

๑๓) ครูให้นักศึกษาสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๔

๑๔) ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบทดสอบทีละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

๖.๔ ขั้นสรุปและประเมินผล (๖๐ นาที)

๑๕) ครูและนักศึกษาร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ ๔ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างอุปกรณ์ ป้องกัน การทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน ลักษณะสมบัติของอุปกรณ์ป้องกัน การตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกัน ด้วยโอลิมมิเตอร์

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

๗.๑.๑ หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad, Louis Nashelsky

๗.๑.๒ หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๗.๑.๓ Power point หน่วยที่ ๔ เรื่อง อุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

๗.๒ ของจริง สารกึ่งตัวนำรูปร่างและตัวถังแบบต่างๆ

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์อุปกรณ์ป้องกัน

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ว ตรวจสอบ อุปกรณ์ป้องกัน ด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

๒. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของอุปกรณ์ป้องกัน ได้อย่างปลอดภัย

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์อุปกรณ์ป้องกัน

๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ป้องกัน

๓. แก้วตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกัน ด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด

๔. จำแนกอาการเสียของอุปกรณ์ป้องกัน ได้ตามแบบที่กำหนด

๕. แก้ปัญหาการเสียของอุปกรณ์ป้องกัน ได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑. สัมภาษณ์

๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน

๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์

๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่

๒.๑ ด้านความรู้

๒.๒ การปฏิบัติงาน

๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน

๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา

๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๗ - ๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานอุปกรณ์ป้องกัน วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน

๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง

๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเมคคาทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกัน

๓.๒ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

๓.๓ วัดอุปกรณ์ป้องกันเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ

๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกถึงอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๒ อธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๓ อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุม

๔.๔ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๕ แก้ปัญหาการเสียของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง

๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

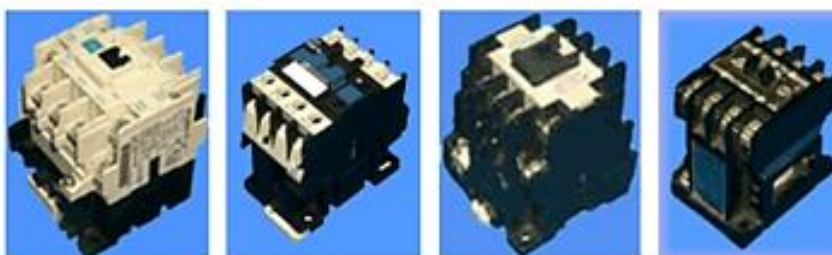
๕. เนื้อหาสาระ

2. อุปกรณ์ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

2.1 แมกเนติกส์คอนแทคเตอร์

คอนแทคเตอร์ (Contactor) บางที่เรียก"แมกเนติกคอนแทคเตอร์" ทำงานด้วยแรงดึงดูดแม่เหล็กที่เกิดจากคอยล์และแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่มาแตะกันและส่งผ่านกำลังไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ นำไปใช้สำหรับงานควบคุมไฟฟ้ากำลัง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) หรือคอนแทคเตอร์ (Contactor) ก็ได้ลักษณะของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์แบบต่างๆดังแสดงตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์แบบต่างๆ

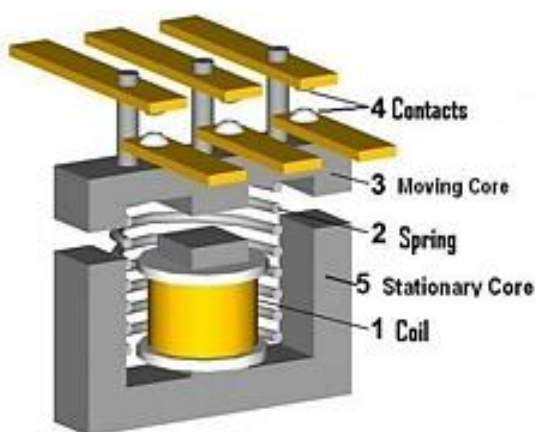
ข้อดี ของการใช้รีเลย์และแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตช์อื่น

1. ให้ความปลอดภัยสำหรับผู้ควบคุมสูง
2. ให้ความสะดวกในการควบคุม
3. ประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ

โครงสร้างและส่วนประกอบของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ หรือสวิตช์แม่เหล็ก

แมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยทั่วไปจะมีโครงสร้างหลักที่สำคัญดังนี้

1. แกนเหล็กอยู่กับที่ (Stationary core)
2. ขดลวด (Coil)
3. หน้าสัมผัส (Contact)
4. สปริง(Spring)
5. แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Movable core)

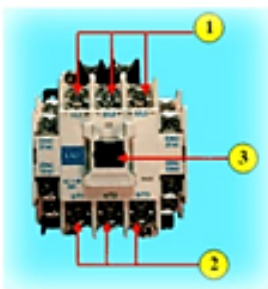
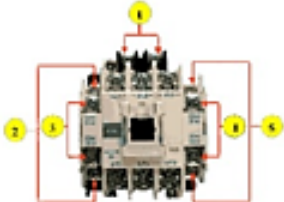


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของแมคเนติกคอนแทคเตอร์

รายละเอียดของส่วนประกอบภายในแมคเนติกคอนแทคเตอร์

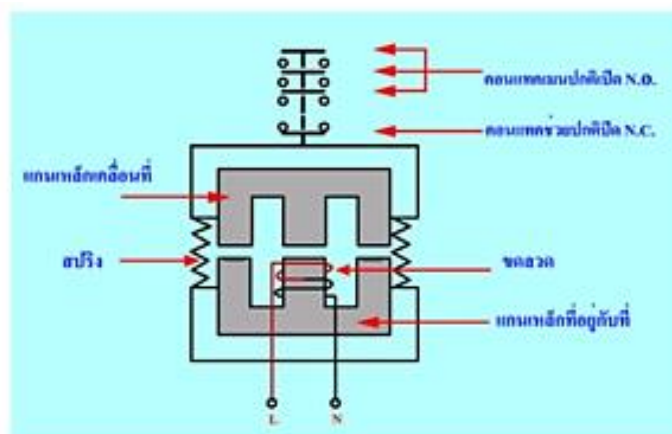
แกนเหล็กแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
	แกนเหล็กอยู่กับที่ (Stationary core หรือ Fixed Core) จะมีลักษณะขาทั้งสองข้างของแกนเหล็ก มีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดอยู่ เป็นรูปวงแหวนฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อลดการสั่นสะเทือน ของแกนเหล็ก อันเนื่องมาจากการสั่นสะเทือนไฟฟ้ากระแสสลับ เรียกวงแหวนนี้ว่า เช็ดเต้ดริง (Shaddedring)
	เคลื่อนที่ (Stationary Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางอัดซ้อนกันเป็นแกนจะมีชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) ยึดติดอยู่และแกนเหล็ก
	ขดลวด (Coil) ขดลวดทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบรีบบิ้นสวมอยู่ตรงกลาง ของขาตัวอีที่อยู่กับที่ ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กมีขั้วต่อไฟเข้า ใช้สัญลักษณ์อักษรกำกับ คือ A1- A2 หรือ a-b

ส่วนประกอบ	รายละเอียด
	หน้าสัมผัส (Contac) จะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ - หน้าสัมผัสหลัก หรือเรียกว่าเมนคอนแทค (Main Contac) ใช้ในวงจรกำลังทำหน้าที่ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่โหลด - หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contac) ใช้กับวงจรควบคุม หน้าสัมผัสช่วยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด - หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) - หน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : N.C.)
	ส่วนประกอบภายนอก ส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสหลัก (Main Contac) มีสัญลักษณ์อักษรกำกับบอกดังนี้ - หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 1 1/L1 - 2/T1 - หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 2 3/L2- 4/T2 - หน้าสัมผัสหลักคู่ที่ 3 5/L3- 6/T3 หมายเลข 1 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลัก มีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 1/L1 3/L2 และ 5/L3 หมายเลข 2 เป็นจุดต่อไฟฟ้าเข้าหน้าสัมผัสหลัก มีสัญลักษณ์อักษรกำกับคือ 2/T1 4/T2 และ 6/T3 หมายเลข 3 ปุ่มทดสอบหน้าสัมผัส
	ส่วนประกอบภายนอกที่เป็นหน้าสัมผัสปกติ หมายเลข 1 ขั้ว A จุดต่อไฟเข้าชุดลวด-A2 หมายเลข 2 หน้าสัมผัสปกติเปิดหมายเลข(N.O.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 13-14 หมายเลข 3 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข(N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 21-22 หมายเลข 4 หน้าสัมผัสปกติปิดหมายเลข(N.C.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 31-32 หมายเลข 5 หน้าสัมผัสปกติเปิดหมายเลข(N.O.) อักษรกำกับหน้าสัมผัสคือ 43-44

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กขณะแรงสปริงดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้(ON)คอนแทคทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กคอนแทคทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของแมกเนติกส์คอนแทคเตอร์

ชนิดและขนาดของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

คอนแทคเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของโหลดและการนำไปใช้งานมีดังนี้

- AC 1 : เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโหลดที่เป็นความต้านทาน หรือในวงจรที่มีอินดักทีฟน้อยๆ
- AC 2 : เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับโหลดที่เป็นสปริงมอเตอร์
- AC 3 : เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการสตาร์ทและหยุดโหลดที่เป็นมอเตอร์กระแสรวม
- AC 4 : เป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการสตาร์ท-หยุดมอเตอร์ วงจร jogging และการกลับทางหมุนมอเตอร์แบบกรงกระรอก

การพิจารณาเลือกไปใช้งาน

ในการเลือกแมคเนติกคอนแทคเตอร์ในการใช้งานให้เหมาะสมกับมอเตอร์นั้น จะพิจารณาที่กระแสสูงสุด ในการใช้งาน (rated current) และแรงดัน ของมอเตอร์ ต้องเลือกแมคเนติกคอนแทคเตอร์ ที่มีกระแสสูงกว่ากระแสที่ใช้งานของมอเตอร์ ที่มีแรงดันเท่ากัน ในการพิจารณาเลือกแมคเนติกคอนแทคเตอร์ใช้งานควรพิจารณาดังนี้

- ลักษณะของโหลดและการใช้งาน
- แรงดันและความถี่
- สถานที่ใช้งาน
- ความบ่อยครั้งในการใช้งาน
- การป้องกันจากการสัมผัสและการป้องกันน้ำ
- ความคงทนทางกลและทางไฟฟ้า

รีเลย์ช่วยหรืออาจเรียกว่ารีเลย์ควบคุม (Control Relay) การทำงานอาศัยอำนาจในการเปิดปิดหน้าสัมผัส เหมือนกับ หลักการทำงานของแมคเนติกคอนแทคเตอร์ ต่างกันตรงที่รีเลย์ช่วยจะทนกระแสได้ต่ำ หน้าสัมผัสจะเล็กกว่าหน้าสัมผัส ของแมคเนติกคอนแทคเตอร์ ลักษณะของหน้าสัมผัสของรีเลย์ช่วยมีสองชนิด หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) และหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : N.C.) จำนวนหน้าสัมผัสและชนิดของหน้าสัมผัสขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตและการนำไปงาน

2.2 สวิตช์แบบต่างๆ

สวิตช์ปุ่มกด หรือสวิตช์พุชบัตตอน (Push button) เป็นสวิตช์ที่เมื่อกดแล้วปล่อยมือ สวิตช์จะติดกลับคืนโดย ไม่ค้างตำแหน่งไว้ที่เดิม หรือเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า "Momentary Switch" สวิตช์พุชบัตตอนนี้มีทั้งชนิด หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open) และชนิดหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close)

สวิตช์ต่างๆที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านั้นมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์อย่างมากมาย อุปกรณ์ที่ใช้งานนั้นต้องเลือก ให้เหมาะสมกับงานในการควบคุมอุปกรณ์ ในการควบคุมที่สำคัญเป็นพื้นฐานหลัก เช่น สวิตช์ปุ่มกด แมคเนติกคอนแทคเตอร์ตลอดจนอุปกรณ์ป้องกันอันตรายต่างๆในการควบคุมมอเตอร์ดังมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.2.1.สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)

หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหน้าสัมผัสอยู่ภายในการเปิดปิด หน้าสัมผัส ได้ โดยใช้มือกดใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มต้น (Start) เรียกว่าสวิตช์ปกติเปิด(Normally Open) หรือที่เรียกย่อๆว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์ปุ่มกดหยุดการทำงาน (Stop) เรียกว่าสวิตช์ปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกย่อๆว่าเอ็น ซี (N.C.)



รูปที่ 2.4 แสดงรูปสวิตช์ปุ่มกดแบบต่างๆ

โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกดประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ตามรูปที่ 2.5

1. ปุ่มกด ทำด้วยพลาสติก อาจเป็นสี เขียวแดง หรือเหลือง ขึ้นอยู่กับการ นำไปใช้งาน
2. แหวนล็อก
3. ยางรอง
4. ชุดกลไกหน้าสัมผัส



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายนอกของสวิตช์ปุ่มกด

การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

ใช้นิ้วกดที่ปุ่มกดทำให้มีแรงดันหน้าสัมผัสให้เคลื่อนที่ หน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิด ส่วนหน้าสัมผัสที่เปิดจะปิด เมื่อปล่อยนิ้วออกหน้าสัมผัส จะกลับสภาพเดิม ด้วยแรงสปริง การนำไปใช้งานใช้ในการควบคุมการเริ่มต้น และหยุดหมุนมอเตอร์



รูปที่ 2.5 การทำงานของสวิตช์ปุ่มกด

ชนิดของสวิตช์ปุ่มกด

สวิตช์ปุ่มกดที่นิยมใช้ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้ามีอยู่ด้วยกันหลายชนิด

	1) สวิตช์ปุ่มกดแบบธรรมดา ใช้ในงานเริ่มต้น (Start) และหยุดหมุน (Stop) สวิตช์สีเขียวใช้ในการสตาร์ท หน้าสัมผัส เป็นชนิดปกติเปิด (Normally Open) หรือที่เรียกว่า เอ็น โอ (N.O.) สวิตช์สีแดงใช้ในการหยุดการทำงาน (Stop) หน้าสัมผัสเป็นชนิดปกติปิด (Normally Close) หรือที่เรียกว่าเอ็น ซี (N.C.)
	2)สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้ในการเริ่มต้น (start) และหยุดหมุน อยู่ภายในกล่องเดียวกัน ปุ่มสีเขียวสำหรับกดเริ่มต้นมอเตอร์ (Start)ปุ่มสีแดง สำหรับกดหยุดหมุน (Stop) เหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ขนาดเล็กใช้งานธรรมดาที่ใช้กระแสไม่สูงสามารถต่อได้โดยตรง) ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่กว่า 1/2 แรงม้าต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นสวิตช์แม่เหล็ก(Magnetic contactor) และอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงาน เกินกำลัง(Over Load Protection) ดังนั้นจึงทำให้ระบบควบคุม การเริ่มต้นมอเตอร์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

	3) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉิน (Emergency push button) สวิตช์ปุ่มกดฉุกเฉินหรือเรียกทั่วไปว่าสวิตช์ดอกเห็ดเป็นสวิตช์หัวใหญ่กว่าสวิตช์แบบธรรมดาเป็นสวิตช์ที่เหมาะสมกับงานที่เกิดเหตุฉุกเฉินหรืองานที่ต้องการหยุดทันที
	4) สวิตช์ปุ่มกดที่มีหลอดสัญญาณติดอยู่ (Illuminated push button) เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกดจะทำให้หลอดสัญญาณสว่างออกมา
	5) สวิตช์ปุ่มกดที่ใช้เท้าเหยียบ (Foot push button) เป็นสวิตช์ที่ทำงานที่ใช้เท้าเหยียบ เหมาะกับเครื่องจักรที่ต้องทำงานโดยใช้เท้าเหยียบ เช่น เครื่องตัดเหล็ก
	6) สวิตช์จำกัดระยะ (Limit switch) หรือลิมิตสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่จำกัดระยะทาง การทำงานอาศัยแรงกดภายนอกมากระทำเช่น วางของทับที่ปุ่มกดหรือลูกเบี้ยวมาชนที่ปุ่มกดและสามารถมีคอนแทคได้หลายอันมีคอนแทคปกติปิดและปกติเปิดมีโครงสร้างคล้ายสวิตช์ ปุ่มกด

2.3 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)

รีเลย์ตั้งเวลาเป็นรีเลย์ใช้สำหรับตั้งเวลาในการตัด-ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ มีทั้งชนิด หน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า(Time Delay On) และหน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก(Time Delay Off) เป็นอุปกรณ์สวิตช์ที่สามารถใช้ตั้งเวลาควบคุมการทำงานของสวิตช์ให้ปิดหรือเปิดได้ตามที่ต้องการรีเลย์ตั้งเวลามีอยู่หลายชนิด เช่น รีเลย์ตั้งเวลาด้วยของเหลวหรือน้ำมัน รีเลย์ตั้งเวลาด้วยลมอัด รีเลย์ตั้งเวลาด้วยชิงโครนสมอเตอร์ และรีเลย์ตั้งเวลาด้วยอิเล็กทรอนิกส์



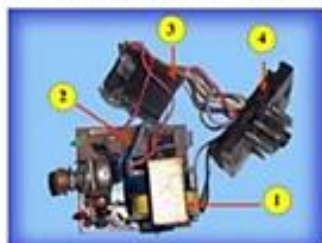
รูปที่ 2.6 แสดงรีเลย์ตั้งเวลา

2.3.1 รีเลย์หน่วงเวลาแบบ หลายย่านวัดโดยใช้ไอซีเป็นตัวกำหนด (MULTI RANGE IC TIMER)

โครงสร้างและส่วนประกอบของรีเลย์หน่วงเวลาแบบหลายย่านวัดโดยใช้ไอซี (MULTI RANGE IC TIMER) มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบรีเลย์ตั้งเวลา



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในของตัวตั้งเวลา

โครงสร้างภายในของตัวตั้งเวลา

1. หม้อแปลง แปลงแรงดันเข้าชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
2. ชุดแผงควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือไอซี
3. รีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อหน้าสัมผัสตามเวลาที่กำหนด
4. ขั้วเชื่อมสายรีเลย์กับขาสลับตัวตั้งเวลา

หลักการทำงาน

เมื่อจ่ายไฟเข้า ตัวตั้งเวลาไฟ ON จะติดแสดงว่าแผงอิเล็กทรอนิกส์กำลังทำงานควบคุมกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อได้เวลาที่ตั้งไว้สัญญาณไฟ UP จะติดแสดงว่าอุปกรณ์ตั้งเวลาได้ทำงานทำหน้าที่สัมผัสที่ปิดจะเปิดหน้าสัมผัสที่เปิดก็จะปิดเมื่อหยุดจ่ายไฟจะกลับสภาพเดิมและทำการตั้งเวลาใหม่ได้

2.4 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot Lamp)

หลอดไฟสัญญาณใช้แสดงสถานะหน้าตู้ควบคุม (Status or Pilot Lamp) ซึ่งตู้ควบคุมนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมี สถานะบอกให้ผู้ใช้งานระบบทราบการทำงานของระบบ ดังนั้นอุปกรณ์ที่บอกสถานะ คือ PILOT LAMPS โดยที่สถานะที่ใช้ในทั่วไป เช่น แสดงการทำงาน , การหยุดทำงาน , การเกิดAlarm , การเกิด Over load , การเปิด หรือ ปิด ระบบ, ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้า

หลอดไฟสัญญาณเป็นหลอดไฟใช้แสดงสถานะการทำงานของวงจรมีหลายสีให้เลือก เช่น แดง เหลือง น้ำเงิน เขียว โดยการเปลี่ยนฝาครอบพลาสติกด้านหน้า บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกด หรือมีหม้อแปลงเล็กในตัว สำหรับแปลงแรงดัน 220 V ให้เป็นแรงดันต่ำประมาณ 6 V ลักษณะของหลอดไฟสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 หลอดไฟสัญญาณแบบใช้หลอดไฟ



รูปที่ 2.9 หลอดไฟสัญญาณแบบใช้หลอด LED

ไฟแสดงสถานะ มีประโยชน์ในการวินิจฉัยอาการผิดปกติของระบบ การเฝ้าระวังระบบ กระบวนการผลิต และการตรวจซ่อมระบบ ทำให้เกิดความผิดพลาดน้อยหรือไม่เกิดเลย ช่างผู้สังเกตการณ์เป็นผู้ดูแลระบบก็สามารถแก้ไขปัญหาได้ง่าย Alarm ,การเกิด Over load , การเปิด หรือ ปิดระบบ, ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้า

สีแสดงสถานะ (Color)

สีของไฟแสดงสถานะหรือบางที่เรียกว่า ไฟหลอดแลมป์ เป็นสิ่งที่บอกสถานะการทำงานต่างๆ เช่น แสดงการทำงานปกติ การหยุดทำงาน การเกิด Alarm การเกิด Over loadการเปิดหรือปิดระบบ ไฟแสดงเฟสระบบไฟฟ้า และอื่นๆ ซึ่งมีสีหลักๆ ให้เลือกใช้ ดังนี้



สีเขียว



สีแดง



สีเหลือง



สีน้ำเงิน



สีขาว

รูปที่ 2.10 สีหลอดไฟสัญญาณ

- | | |
|--------------|---------------------------------|
| สีเขียว | - การทำงาน |
| สีแดง | - หยุดการทำงาน |
| สีเหลือง | - การแจ้งสัญญาณเตือนความผิดพลาด |
| สีขา,น้ำเงิน | - แสดงสถานะไฟ 3 เฟส R S T |



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างไฟแสดงสถานะที่ติดตั้งอยู่บนตู้ควบคุมไฟฟ้า

3. อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า

สาเหตุของการเกิด กระแสไฟฟ้าไหลเกินในงานควบคุมมอเตอร์ มี 2 ประการ คือ เกิดจากการใช้งานเกินกำลัง (Over Load) และเกิดจากการลัดวงจร (Short Circuit) หากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันหรือเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ไหม้ ขดลวดคอนแทคเตอร์ไหม้ หน้าสัมผัสของ สวิตช์ชำรุด เป็นต้น และยังทำให้เกิดความเสียหายแก่วงจรไฟฟ้า เช่น สายไฟฟ้าไหม้ ในการเลือกอุปกรณ์ป้องกัน กระแสไฟฟ้าไหลเกิน เพื่อป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือวงจรไฟฟ้านิยมใช้ฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกันมอเตอร์คือ โอเวอร์โหลดรีเลย์

ก่อนที่จะศึกษาถึงอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ ควรที่จะทราบถึงความหมายหรือนิยามเกี่ยวกับมอเตอร์ดังนี้

- พิกัดกระแสโหลด (Rated Load Current) หมายถึงปริมาณกระแสของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานโดยมีโหลดเต็มพิกัดที่แรงดันและความถี่เต็มพิกัด
- โหลดเกิน (Overload) หมายถึงปริมาณกระแสที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ ในกรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน(Overload Protection Device) หมายถึงอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์และป้องกันตัวนำวงจรมอเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย
- อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรและการลัดวงจรลงดิน (Short Circuit and Ground Fault) หมายถึงอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการลัดวงจรและการลัดวงจรลงดิน พิกัดกระแสมอเตอร์ หมายถึงกระแสที่ใช้ไปคำนวณหาขนาดตัวนำ สวิตช์อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของวงจรย่อย และเครื่องควบคุมโดยใช้พิกัดกระแสจากตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 แทนการใช้ค่าพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง

ตารางที่ 3.1 พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (A)

แรงม้า	220V	แรงม้า	220V
1/6	2.3	1 ½	10.5
1/4	3.0	2	12.5
1/3	3.8	3	17.8
1/2	5.1	5	29.3
3/4	7.2	7 ½	41.8
1	8.4	10	52.3

ตารางที่ 3.2 พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

แรงม้า	มอเตอร์อินดักชันแบบสกรูเกล		มอเตอร์ซิงโครนัส	
	และวาวด์โรเตอร์ (A)		เพาเวอร์แฟกเตอร์ 1.0 (A)	
	220V	380V	220V	380V
1/2	2.1	1.2		
3/4	2.9	1.7		
1	3.8	2.2		
1 ½	5.4	3.1		
2	7.1	4.1		
3	10.0	5.8		
5	15.9	9.2		
7½	23.0	13.0		
10	29.0	17.0		
15	44.0	25.0		
20	57.0	33.0		
25	71.0	41.0	55.0	32.0
30	84.0	49.0	66.0	38.0
40	109.0	63.0	87.0	50.0
50	136.0	79.0	109.0	63.0
60	161.0	93.0	129.0	75.0
75	201.0	116.0	162.0	94.0
100	259.0	150.0	211.0	122.0
125	326.0	189.0	264.0	153.0
150	376.0	218.0	316.0	189.0
200	502.0	291.0	418.0	242.0

ที่มา (ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล, 2548:137)

มอเตอร์ซิงโครนัสเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.9 และ 0.8 ให้คุณค่ากระแสในตารางด้วย 1.1 และ 1.25 ตามลำดับ

3.1 ฟิวส์ (Fuse)

ฟิวส์ใช้ทำหน้าที่ในการตัดวงจร เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกินในวงจรโดยตัวฟิวส์ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ หรือเป็นเส้นจะหลอมละลายจนขาด ออกจากกัน ในขณะที่ตัวฟิวส์เริ่มขาดออกจากกันจะเกิดการอาร์ก (Arc) ขึ้นที่ตัวฟิวส์ จนเกิดการลุกไหม้ การป้องกันอันตรายจากการลุกไหม้ของการอาร์ก คือ นำตัวฟิวส์บรรจุไว้ในกระบอกฟิวส์ และกระบอกฟิวส์ต้องสามารถทนแรงดันตกคร่อมในขณะที่ตัดวงจรได้ ค่าพิกัดของฟิวส์ ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าปกติขณะใช้งาน ค่ากระแสปกติที่ฟิวส์สามารถทนได้ และค่าพิกัดกระแสลัดวงจรที่ฟิวส์สามารถทน และตัดวงจรได้

ฟิวส์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ จำแนกออกตามโครงสร้าง ได้ 2 แบบคือฟิวส์แบบสกรู (Screw Type) และ ฟิวส์แบบใบมีด (Knife Blende Fuse)หรือทรงกระบอก ดังแสดงในภาพที่ 3.1



(ก) ฟิวส์แบบใบมีด

(ข) ฟิวส์ทรงกระบอก

รูปที่ 5.1 แสดงฟิวส์แบบใบมีดและฟิวส์ทรงกระบอก

1.) ฟิวส์แบบสกรู (Screw Type Fuse) มีส่วนประกอบดังรูปที่ 3.2



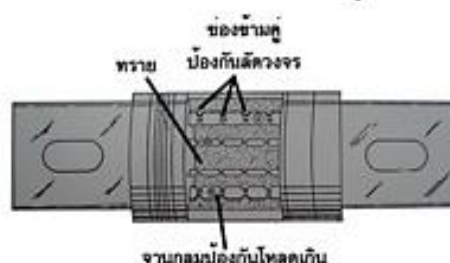
รูปที่ 3.2 ฟิวส์แบบสกรู

ฟิวส์ชนิดนี้บางครั้งเรียกว่า คาร์ทริดจ์ฟิวส์ หรือปลั๊กฟิวส์ มีขนาดกระแสที่ตัวฟิวส์ ขนาดกระแสสำหรับฐาน และสี แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 5.3 แสดงขนาดกระแสที่ตัวฟิวส์ สี และขนาดกระแสสำหรับฐานฟิวส์

ขนาดกระแสที่ตัวฟิวส์ (A)	สี	ขนาดกระแสสำหรับฐานฟิวส์ (A)
2	ชมพู	16 , 63 , 100
4	น้ำตาล	
6	เขียว	
10	แดง	
16	เทา	
20	น้ำเงิน	
25	เหลือง	
35	ดำ	
50	ขาว	
63	ทองแดง	
80	เงิน	
100	แดง	
125	เหลือง	
160	ทองแดง	
200	น้ำเงิน	

2.) ฟิวส์ HRC (High Rupture Capacity Fuse) ดังภาพที่ 5.3 ฟิวส์ชนิดนี้เป็นฟิวส์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้แก้ปัญหาเรื่องกระบอกฟิวส์ ระเบิด ของฟิวส์ธรรมดาทั่วไป ที่สามารถป้องกันกระแสลัดวงจรได้ไม่เกิน 10 KA ลักษณะการทำงานของฟิวส์ชนิดนี้ คือ เมื่อมีกระแสลัดวงจร ตัวฟิวส์ที่มีลักษณะเป็นแถบยาว ๆ เจาะเป็นรู และที่บริเวณคอคอดจะขาดออกจากกัน ขณะที่คอคอดขาด ผงทรายจะเข้าไปห่อหุ้มเส้นฟิวส์ให้แยกออกจากกัน เป็นการตัดกระแสลัดวงจร คุณสมบัติของผงทรายคือ ลดความร้อนจากการลัดวงจรและทำการดูดซับพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นที่ตัวฟิวส์



รูปที่ 3.3 ฟิวส์ HRC

ตารางที่ 5.4 แสดงขนาดฐานฟิวส์และฟิวส์ HRC

ขนาดเหมาะสมชนิดฟิวส์	ฐานฟิวส์(Base) (A)	ตัวฟิวส์ A.....A
00	100	6.....100
0	160	6.....160
1	250	80.....250
2	400	125.....400
3	630	315.....630
4	1000	500.....1000
4a	1250	500.....1250

ที่มา (กิจจา แก่นศิริ, 2550:48)

การนำฟิวส์ธรรมดาทั่วไปมาใช้สำหรับป้องกันมอเตอร์ จะทำให้เกิดปัญหาคือ ในขณะที่สตาร์ท (Start) มอเตอร์ จะทำให้ฟิวส์ขาด จึงจำเป็นต้องเพิ่มขนาดของฟิวส์ให้ใหญ่ขึ้น โดยมีขนาดใหญ่ ประมาณ 300% ของกระแสโหลด เต็มที่ แต่ก็ยังพบกับปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือเรื่องราคาของฟิวส์ ฟิวส์ที่นิยมนำมาใช้ในการป้องกันมอเตอร์ คือ ฟิวส์ หน่วงเวลา เป็นฟิวส์ที่สามารถทำงานร่วมกับรีเลย์โหลดเกิน ซึ่งโดยปกติรีเลย์โหลดเกินจะใช้ขนาด 85–115% ของ กระแสปกติ ฟิวส์หน่วงเวลาจะใช้ขนาด 125% ของกระแสปกติ ในการเลือกใช้นิยามฟิวส์ กระแสปกติ และขนาด มอเตอร์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงขนาดฟิวส์ กระแสปกติ และขนาดของมอเตอร์ที่ใช้กับแรงดัน 220 , 380 และ 660 โวลต์

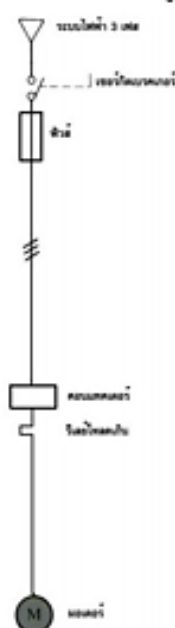
ขนาดมอเตอร์ (KW)	แรงดัน 220 โวลต์		แรงดัน 380 โวลต์		แรงดัน 660 โวลต์	
	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)
.75	6	3.4	4	2	2	1.1
1.5	6	16	6	3.5	4	2
2.2	20	8.7	10	5	6	2.9
3	20	11.5	16	6.6	6	3.5
4	25	14.7	20	8.5	10	4.9
5.5	35	19.8	25	11.5	16	6.7
7.5	50	26.5	35	15.5	16	9
11	63	39	35	22.5	25	13
15	80	52	50	30	25	17.5
22	100	74	63	43	35	25
30	125	98	80	57	50	33
37	200	124	100	72	63	42
45	225	147	125	85	63	49
55	250	180	160	104	100	60
75	350	246	200	142	125	82

ตารางที่ 5.5 (ต่อ) แสดงขนาดฟิวส์ กระแสปกติ และขนาดของมอเตอร์ที่ใช้กับแรงดัน 220 , 380 และ 660 โวลต์

ขนาดมอเตอร์ (KW)	แรงดัน 220 โวลต์		แรงดัน 380 โวลต์		แรงดัน 660 โวลต์	
	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)	ขนาดฟิวส์ (A)	กระแส (A)
90	355	287	225	169	125	98
110	425	350	250	204	160	118
160	600	500	355	292	224	170
200	800	620	425	368	130	214
250	-	-	500	465	355	270
315	-	-	630	580	400	337
400	-	-	-	-	500	410
500	-	-	-	-	630	515

ที่มา (กิจจา แก่นศิริ, 2550:49)

การต่อใช้งานของฟิวส์หน่วงเวลา รีเลย์โหลดเกิน และมอเตอร์ ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจรป้องกันมอเตอร์

3.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ปัญหาในการใช้ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไหลเกิน คือ ในขณะที่สแตร์มอเตอร์จะมีกระแสสตาร์ทสูงทำให้ฟิวส์ขาดบ่อย ๆ ครั้ง การกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์สำหรับมอเตอร์ควรกำหนดให้ให้เล็กที่สุดเท่าที่ทำได้ แต่ในทางปฏิบัติทำได้ยากเนื่องจากกระแสเริ่มต้นมีค่าสูงจะเห็นว่าถ้าเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่มีพิกัดกระแสสูงกว่ากระแสโหลดเต็มที่เพียงเล็กน้อยคือขณะมอเตอร์เริ่มเดินเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะปลดวงจรเนื่องจากกระแสเริ่มต้นสูงเกินกว่าค่ากระแสปลดวงจรด้วยอำนาจแม่เหล็กของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จึงจำเป็นต้องกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ใหญ่ขึ้นอีก หรืออาจเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ออกแบบมา ให้มีค่ากระแสปลดวงจรด้วยอำนาจแม่เหล็กสูงกว่าปกติ หรืออาจเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถตั้งปรับค่ากระแสปลดวงจรด้วยอำนาจแม่เหล็กได้

การแก้ปัญหาเช่นนี้ จึงมีการประดิษฐ์อุปกรณ์ตัดตอนขึ้นมาที่เรียกว่า “ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ” ที่ทำการออกแบบไว้เพื่อเปิด(ON)และ ปิด(OFF)วงจร แบบไม่อัตโนมัติและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเกินในวงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์จะทริป (Trip) เองโดยอัตโนมัติ โดยที่ตัวของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ไม่เกิดความเสียหาย และสามารถใช้งานได้ตามปกติเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงต่ำที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 600 โวลต์ จำแนกได้เป็น 2 ชนิดคือ แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์(Air Circuit Breaker) และโมลด์เคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Molded Case Circuit Breaker)

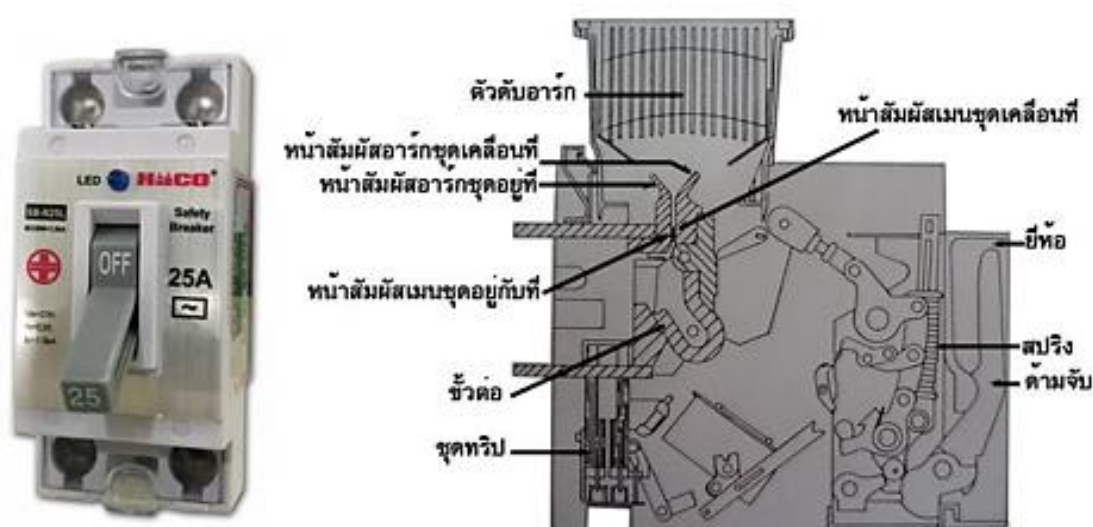
1. แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Air Circuit Breaker) โดยทั่ว ๆ ไปจะเรียกสั้น ๆ ว่า “ ACB ” มีส่วนประกอบสำคัญ ดังรูปที่ 3.5 คือ

1) ชุดกลไกการทริป มีการทริปที่แม่นยำ สามารถเลือกเวลาในการหน่วงเวลาได้ และสามารถ ทริปกระแสไฟฟ้ารั่วลงดินได้ตามลักษณะของโหลด

2) ชุดกลไกการทำงานทางกล มีหลายแบบประกอบด้วย

2.1) ชุดกลไกการทำงานอัตโนมัติ จะทำงานด้วยไฟฟ้า โดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนประจุพลังงานของสปริง ให้หน้าสัมผัสเปิด (ON) ปิด (OFF) และ ทริป (Trip)

2.2) ชุดกลไกการทำงานทางกลไม่อัตโนมัติ จะใช้มือโยกให้ประจุของสปริงทำให้หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เปิด(ON)ปิด(OFF)และ ทริป (Trip) เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ ใช้สำหรับป้องกันสายเมน ขนาดใหญ่ เพราะสามารถทนกระแสไหลเกินและกระแสอินเตอร์รัพได้สูง โดยมีพิกัดกระแสของเฟรม ตั้งแต่ 630 AF ถึง 6300 AF และมีกระแสอินเตอร์รัพตั้งแต่ 30 KA ถึง 120 KA



รูปที่ 5.5 แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์

2. โมลด์เคสเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Molded Case Circuit Breaker) ดังรูปที่ 5.6 ใช้สำหรับป้องกันวงจรไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีส่วนประกอบทั้งหมดถูกห่อหุ้มไว้ในกล่องที่มีฉนวนปิดอย่างมิดชิด มีส่วนประกอบดังนี้

1) โครงทำหน้าที่ในการห่อหุ้มส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนเช่น โมลด์คาร์ตา (Moldarta) หรือ แก้วโพลีเอสเตอร์ (Glass Polyester)

2) กลไกของการทำงาน เป็นกลไกชนิดสับเร็ว (Quick Make) และปลดเร็ว (Quick Break) ในการเปิด (ON) และ ปิด (OFF) วงจรไฟฟ้า มีกลไกการทริปอัตโนมัติและเป็นอิสระ นั่นคือ ในกรณีที่ใช้มือโยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปที่ตำแหน่ง “ ON “ เมื่อเกิดการทริป คันโยกจะเลื่อนมาในตำแหน่งกึ่งกลางโดยอัตโนมัติ เมื่อต้องการให้ทำงานอีกครั้งจะต้องโยกคันโยกไปที่ตำแหน่ง “ OFF “ ก่อน (เพื่อเป็นการ Reset) จึงจะสามารถโยกไปที่ตำแหน่ง “ ON “ ได้

3) ตัวดับอาร์ก ใช้การดับอาร์ก ด้วยอากาศ มีเครื่องช่วยดับอาร์ก เป็นแผ่นตะแกรงเหล็กซ้อนกันหลายๆแผ่น โดยแต่ละแผ่นจะถูกคันด้วยฉนวน เมื่อเกิดการอาร์ก จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่ตะแกรงเหล็ก ทำให้อาร์กถูกดูดเข้าไปในตะแกรงเหล็กแต่ละชั้น เป็นการแยกอาร์กให้แต่ละส่วนให้มีขนาดเล็กลง ทำให้มีการดับอาร์กได้รวดเร็วขึ้น

4) กลไกการทริป จะมีการทริป ดังนี้

4.1) การทริปด้วยความร้อน จะประกอบด้วย แผ่นไบเมทอล 2 แผ่น ต่างชนิดกันเมื่อมีกระแสไหลเกิน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้แผ่นไบเมทอล โค้งงอ ไปดันหน้าสัมผัสตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจร

4.2) การทริปด้วยอำนาจแม่เหล็กจะเป็นการอาศัยอำนาจแม่เหล็กในการตัดวงจร โดยทำการต่อขดลวดของแม่เหล็ก อนุกรมกับกระแสของโหลด เมื่อเกิดการลัดวงจรจะมี กระแสไหลผ่านขดลวดมาก ทำให้มีอำนาจแม่เหล็กมาก สามารถดูดแผ่นชุดทริป ตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจร

4.3) การทริปด้วย ความร้อนและอำนาจแม่เหล็ก เป็นการใช้การทริปด้วยความร้อนรวมกับอำนาจแม่เหล็ก ใช้สำหรับป้องกันกระแสไหลเกินและการลัดวงจร



รูปที่ 5.6 โมลด์เคสเซอร์กิตเบรกเกอร์

3.3 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay)

อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันมอเตอร์ จากกระแสไฟฟ้าไหลเกิน เรียกว่า Running Protection เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้เพื่อตัดวงจรของมอเตอร์ เมื่อเกิดการโอเวอร์โหลด ซึ่งสาเหตุของการเกิดโอเวอร์โหลด มีดังนี้

- ก. โหลดที่ต่อเข้ากับมอเตอร์มากเกินไปทำให้มอเตอร์สตาร์ทไม่ได้ จึงใช้กระแสขณะสตาร์ทสูงกว่าปกติ
- ข. สายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ไม่ครบเฟสหนึ่งคือมีเฟสใด เฟสหนึ่ง ไม่มีกระแสไฟฟ้าทำให้มอเตอร์ 3 เฟส สตาร์ทไม่ได้ จึงใช้กระแสขณะสตาร์ทสูงกว่าปกติ
- ค. มอเตอร์มีการสตาร์ท และหยุด (Stop) บ่อย ๆ ครั้งในทันทีทันใด ทำให้กระแสสตาร์ทสูงและเกิดความร้อนสูงในตัวมอเตอร์
- ง. อุณหภูมิของมอเตอร์สูงเกินกว่า อัตราที่มอเตอร์กำหนด เนื่องจากการทำงานเป็นระยะเวลานาน

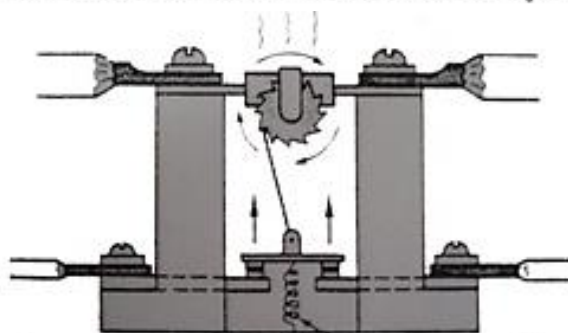
อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันมอเตอร์จากกระแสไฟฟ้าไหลเกินหรือโอเวอร์โหลดรีเลย์จะมีประเภทต่างๆดังนี้

1. โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบแมลงตั๊กแตน เป็นโอเวอร์โหลดรีเลย์ที่ประกอบด้วยโลหะผสม ที่มีจุดหลอมละลายต่ำ บรรจุไว้ในหลอดโลหะ และมีสปริง ล้อหมุนที่มีเฟืองโดยรอบเพื่อเป็นที่เกาะจับของขอสับ (Ratchet) ดังรูปที่ 5.7



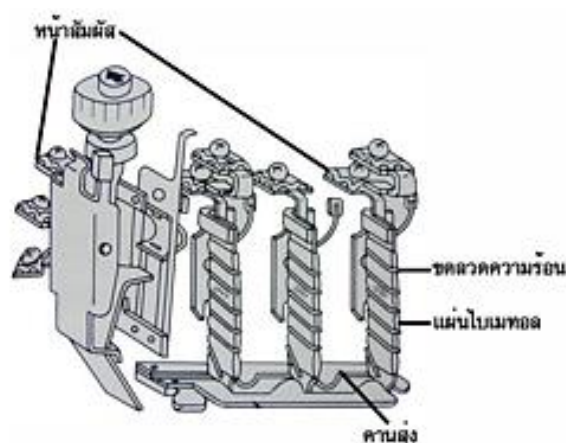
รูปที่ 5.7 โครงสร้างของโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบแมลงตั๊กแตน

การทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบแมลงตั๊กแตน เมื่อมีกระแสไหลเกิน ความร้อนจะทำให้โลหะผสมอ่อนตัว หมุนให้เฟืองดึงหน้าสัมผัสเปิดออกจากกัน เป็นการตัดวงจรการจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดคอนแทคเตอร์ ทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน เมื่อโลหะผสมเย็นตัวลง จะหมุนเฟืองให้กลับสู่สภาพปกติ ทำให้สปริงดึงหน้าสัมผัสให้ตอถึงกัน เป็นการต่อวงจรการจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดคอนแทคเตอร์ ทำให้มอเตอร์ทำงาน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการทำงานของโอเวอร์โหลดแบบแมลงตั๊กแตน

2. โอเวอร์โหลดแบบไบเมทัลโอเวอร์โหลดรีเลย์ ชนิดนี้จะต่อเข้าหลังคอนแทคเตอร์ก่อนที่จะต่อสายเข้ากับมอเตอร์มีโครงสร้างภายใน ดังภาพที่ 3.9 ประกอบด้วยขดลวดความร้อน พันอยู่รอบๆ แผ่นไบเมทัล (แผ่นโลหะคู่ต่างชนิดกัน) เมื่อเกิดกระแสไหลเกิน แผ่นไบเมทัลจะร้อนและโก่งงอไปดันแผ่นคานส่งให้เคลื่อนที่ไป ทำให้หน้าสัมผัสตัดกระแสไฟฟ้าออกจากวงจร



ภาพที่ 5.9 โครงสร้างของโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบไบเมทัลลอล

โอเวอร์โหลดรีเลย์แบบไบเมทัลลอล จำแนกออกเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดา และแบบมีรีเซ็ต

1) แบบธรรมดา เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกิน แผ่นไบเมทัลลอลจะร้อนและดันให้หน้าสัมผัสจากกัน เป็นการตัดวงจรไฟฟ้า เมื่อแผ่นไบเมทัลลอลเย็นตัวลง จะทำให้ หน้าสัมผัสต่อวงจรไฟฟ้าตามปกติ

2) แบบมีรีเซ็ต เมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าไหลเกิน แผ่นไบเมทัลลอลจะร้อนและดันหน้าสัมผัสให้จากกัน หน้าสัมผัสจะถูกล็อกไว้ เมื่อต้องการให้หน้าสัมผัสต่อวงจร จะต้องทำการกดปุ่มรีเซ็ต หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาวะปกติ

3) การเลือกใช้งานโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบไบเมทัลลอล ในการเลือกใช้งานของโอเวอร์โหลดรีเลย์ จะต้องศึกษารายละเอียดทางเทคนิคของแต่ละผู้ผลิต และต้องพิจารณาในข้อต่างๆดังนี้

3.1) ขนาดของโหลดที่ใช้งาน

3.2) ขนาดกระแสโหลดที่ใช้งานและพิกัดค่ากระแสที่ปรับได้ โดยปกติจะปรับได้ตั้งแต่ 85 ถึง 115 % ของกระแสปกติ ของโอเวอร์โหลดรีเลย์แบบไบเมทัลลอล

3.3) ต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของคอนแทคเตอร์ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงขนาดคอนแทคเตอร์ชนิดของโอเวอร์โหลดรีเลย์ และกระแสปรับตั้งของโอเวอร์โหลดรีเลย์

ขนาดเหมาะสม ชนิดคอนแทคเตอร์	ชนิดโอเวอร์โหลดรีเลย์	ขนาดกระแสปรับตั้ง A...A
00-0	T16	0.19...0.29
		0.27...0.4
		0.35...0.52
		0.42...0.63
		0.55...0.83
		0.7...1
		0.9...1.3
		1.1...1.5
		1.3...1.8
		1.5...2.1
		1.7...2.4
		2.1...3

ตารางที่ 3.6 (ต่อ) แสดงขนาดคอนแทกเตอร์ชนิดของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ และกระแสปรับตั้งของโอเวอร์โวลต์รีเลย์

ขนาดเหมาะสม ชนิดคอนแทกเตอร์	ชนิดโอเวอร์โวลต์รีเลย์	ขนาดกระแสปรับตั้ง A...A
00-0	T16	2.7...4 3...4.5 4...6 5.2...7.5 6.3...9 7.5...11 9...13 12...17.6
1	TSA45P-16	11...16 14...21 18...27
2	TSA45P-32 TSA45P-40	35...45 30...45 35...45
3	TSA63P-60 TSA85P-85	40...46 57...82
4	TSA85P-100 T170P-140	70...100 90...130 100...160
5	T170P-200 TSAw500 P -200	110...160 140...200
6	TSAw500 P -300 TSAw500 P -460	160...250 250...400 250...400 310...500

3.4 การเลือกขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกัน

3.4.1 การเลือกขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ตัวเดียว

การเลือกขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ตัวเดียวแบ่งได้ดังนี้

- 1.) มอเตอร์ใช้งานทั่วไป
- 2.) มอเตอร์หลายความเร็ว
- 3.) มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor)

1.) มอเตอร์ใช้งานทั่วไป การเลือกขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ตัวเดียวที่ใช้งานทั่วไปไม่มีข้อในการพิจารณาได้แก่ สายไฟฟ้าของวงจรย่อยที่จ่ายให้มอเตอร์ตัวเดียว ต้องมีขนาดที่สามารถทนกระแสกระแสไม่ต่ำกว่า 125 เปอร์เซ็นต์ ของกระแสโหลดเต็มพิกัด (Full Load Current) ของมอเตอร์ ยกเว้นมอเตอร์หลายความเร็ว (Multispeed Motor) ซึ่งแต่ละความเร็วมียกเว้นกระแสต่างกัน ให้ใช้ค่าพิกัดกระแสสูงสุด ซึ่งดูได้จากแผ่นป้าย (Name Plate) และขนาดสาย ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 1.5 ตารางมิลลิเมตร สำหรับการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าจะต้องดูชนิดและวิธีการเดินสาย ประกอบด้วย

วิธีการคำนวณขนาดสายไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$I_c \geq 1.25 I_n$$

I_c = พิกัดกระแสของสายไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์

I_n = กระแสโหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์มีหน่วยเป็น แอมแปร์

ตัวอย่างที่ 3.1 จงกำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 20 แรงม้า 380 โวลต์ กระแสเต็มพิกัด 20 แอมแปร์

วิธีทำ จากสมการ $I_c \geq 1.25 I_n$ เมื่อกำหนดให้ $I_n = 20 \text{ A}$

แทนค่า $I_c = 1.25 \times 20$ $I_c = 25 \text{ A}$

จากตารางที่ 3.7 เลือกใช้สายขนาด 4 ตร.มม.กรณีเดินในอากาศ

ตอบ

2.) มอเตอร์หลายความเร็ว แต่ละความเร็วมียกเว้นกระแสของมอเตอร์ที่แตกต่างกันในการพิจารณาเลือกขนาด สายให้เลือกใช้สายที่มีพิกัดกระแสสูงสุด

ตัวอย่าง 3.2 จงกำหนดขนาดของกระแสไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 20 แรงม้า 380 โวลต์ ที่มีความเร็วแบ่งออกเป็น 3 ระดับความเร็วระดับที่ 1 มีพิกัดกระแส 10 แอมแปร์ความเร็วระดับที่ 2 มีพิกัด กระแส 7 แอมแปร์และความเร็วระดับที่ 3 มีพิกัดกระแส 5 แอมแปร์

วิธีทำ

จากสมการ $I_c \geq 1.25 I_n$ เมื่อกำหนดให้ $I_n = 10 \text{ A}$

แทนค่า $I_c = 1.25 \times 10$

$$I_c = 12.5 \text{ A}$$

จากตารางที่ 7.7 เลือกใช้สายขนาด 1.5 ตร.มม.กรณีเดินในอากาศ

ตอบ

ตารางที่ 3.7 ขนาดกระแสสำหรับสายไฟฟ้าตาม มอก. 11-2518 ฉนวนใช้กับอุณหภูมิตัวนำไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 750V อุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 40 องศาเซลเซียสเรียกกันโดยทั่วไปว่า THW

ลักษณะการใช้งาน ขนาดสาย(ตารางมิลลิเมตร)	ขนาดกระแส (A)	
	สายเดินในอากาศ	สายไม่เกิน 3 เส้นเดินในท่อร้อยสายไฟฟ้าเดียวกัน
0.5	7	4
1.0	10	6
1.5	13	8
2.5	19	15
4	27	21
6	41	30
10	66	45
16	94	63
25	122	84
35	152	104
50	194	129
70	241	159
95	295	190
120	345	222
150	397	252
185	546	285
240	533	325
300	610	368
400	712	427
500	806	479

ตารางที่ 3.8 ขนาดกระแสสำหรับสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวน PVC ตาม มอก.11-2531อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300V และ 750V อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสายแบบ ก-ค) และ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสายแบบ ง และ จ)

ขนาดสาย (ตาราง มิลลิเมตร)	ขนาดกระแส(แอมแปร์)					
			วิธีการเดินสาย(หมายเหตุ)			
	ก	ข	ค		ง	
			ท่อโลหะ	ท่อ อลูมิเนียม	ท่อโลหะ	ท่อ อลูมิเนียม
0.5	9	8	8	7	10	9
1	14	11	11	10	15	13

1.5	17	15	14	13	18	16	26
2.5	23	20	18	17	24	21	34
4	31	27	24	23	32	28	45
6	42	35	31	30	42	36	56
10	60	50	43	42	58	50	75
16	81	66	56	54	77	65	97
25	111	89	77	74	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	370	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

หมายเหตุสำหรับตารางที่ 3.8

1) ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง

วิธีการเดินสาย	ชนิดของตัวนำและรูปแบบการติดตั้ง
ก	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนเดินในอากาศ
ข	สายแบนหุ้มฉนวนมีเปลือกเดินเกาะผนัง
ค	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อ ในอากาศ ในท่อฝัง ในผนังปูนฉาบหรือในท่อ ในฝ้าเพดาน
ง	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน เดินในท่อฝังดิน
จ	สายแกนเดี่ยวหุ้มฉนวนไม่เกิน 3 เส้นหรือสายหุ้มฉนวนมีเปลือกไม่เกิน 3 แกน ฝังดินโดยตรง

2) อุณหภูมิโดยรอบต่างจาก 40 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสายก-ค) หรือ 30 องศาเซลเซียส (สำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ) ให้คูณค่าขนาดกระแสด้วยตัวคูณดังนี้

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณ	
	วิธีการเดินสายก-ค (การเดินสายในอากาศ)	วิธีการเดินสายง และ จ (การเดินสายใต้ดิน)
21-25	-	1.06
26-30	-	1
31-35	1.08	0.94
36-40	1	0.87
41-45	0.91	0.79
46-50	0.82	0.71
51-55	0.71	-
56-60	0.58	-

3.) มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ (Wound Rotor Motor) ขนาดสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของมอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์จะมีวงจรด้านทุติยภูมิระหว่าง โรเตอร์กับเครื่องควบคุมซึ่งประกอบด้วยชุดต้านทาน (Rheostat) เพื่อให้ควบคุมความเร็ว และควบคุมกระแสขณะเริ่มเดินโดยมีข้อพิจารณาในการเลือกขนาดสายไฟฟ้างดต่อไปนี้

3.1) มอเตอร์ไฟฟ้าประเภทใช้งานโหลดต่อเนื่อง สายไฟฟ้าที่ต่อระหว่างด้านปฐมภูมิของมอเตอร์กับเครื่องควบคุมมอเตอร์ต้องมีขนาดพิกัดของกระแสไม่ต่ำกว่า 125 เปอร์เซ็นต์ของกระแสโหลดเต็มพิกัดด้านปฐมภูมิของมอเตอร์

3.2) มอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าจำนวนร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่ด้านทุติยภูมิตามตารางที่ 3.9 ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ประเภทของการใช้งานมอเตอร์

ตารางที่ 3.9 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง

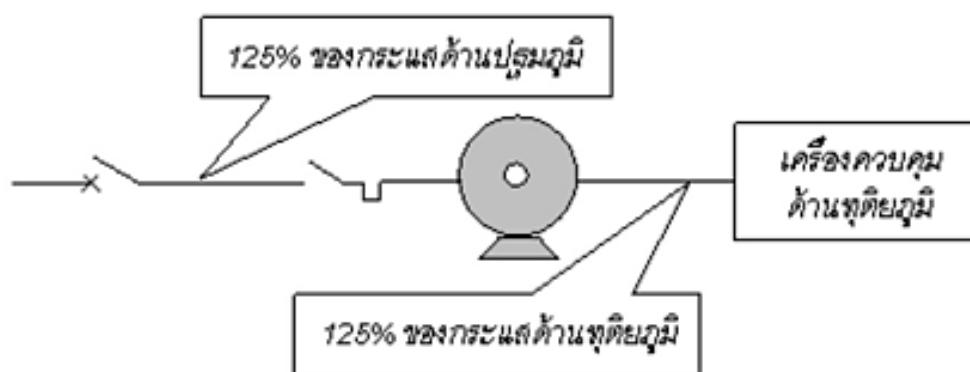
ประเภทการใช้	ร้อยละของพิกัดกระแสบนแผ่นป้ายประจำเครื่อง			
	มอเตอร์พิกัด ใช้งาน 5 นาที	มอเตอร์พิกัด ใช้งาน 15 นาที	มอเตอร์พิกัดใช้ งาน 30 และ 60 นาที	มอเตอร์พิกัด ใช้งานต่อเนื่อง
ใช้งานระยะสั้นเช่น มอเตอร์หมุนปิดเปิด	110	120	150	-
ใช้งานเป็นระยะเช่น มอเตอร์ลิฟต์มอเตอร์ ปิด-เปิดสะพาน ฯลฯ	85	85	90	140
ใช้งานเป็นคาบเช่น มอเตอร์หมุนลูกกลิ้ง	85	90	95	140
ใช้งานที่เปลี่ยนแปลง	110	120	150	200

สำหรับสายไฟฟ้าต่อระหว่างเครื่องควบคุม และตัวต้านทานทั้งมอเตอร์ใช้งานประเภท ต่อเนื่องและไม่ได้ ต่อเนื่องพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าต้องมีขนาด ไม่ต่ำกว่าที่กำหนด ในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ขนาดสายไฟฟ้าระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์และตัวต้านทานในวงจรทุติยภูมิของมอเตอร์แบบ วาวต์โรเตอร์

ประเภทการใช้งานของตัวต้านทาน	ขนาดกระแสของสายคิดเป็นร้อยละ ของกระแสด้านทุติยภูมิที่โหลดเต็มที่
เริ่มเดินอย่างเบา	35
เริ่มเดินอย่างหนัก	45
เริ่มเดินอย่างหนักมาก	55
ใช้งานเป็นระยะห่างมาก	65
ใช้งานเป็นระยะห่างปานกลาง	75
ใช้งานเป็นระยะถี่	85
ใช้งานต่อเนื่องกัน	110

มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่องสายที่ต่อระหว่างด้านทุติยภูมิของมอเตอร์กับเครื่องควบคุมมอเตอร์ดังภาพที่ 3.10 ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 125 ของกระแสโหลดเต็มที่ด้านทุติยภูมิของมอเตอร์เนื่องจากมอเตอร์ชนิด วาวต์โรเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ส่วนคือ ขดลวดด้านปฐมภูมิ (Primary) และด้านทุติยภูมิ (Secondary) ดังนั้นที่ แผ่นป้ายประจำเครื่องจึงกำหนดพิกัดกระแสเป็น 2 ค่า คือกระแสด้านปฐมภูมิและกระแสด้านทุติยภูมิ สำหรับ มอเตอร์ที่ใช้งานต่อเนื่อง ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดกระแสของแต่ละด้านในส่วนขนาด สายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ไปยังตัวต้านทานตามตารางที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขนาดสายไฟฟ้าระหว่างเครื่องควบคุมมอเตอร์และตัวต้านทาน

วิธีการคำนวณขนาดสายไฟฟ้าของมอเตอร์แบบวาวต์โรเตอร์ใช้งานแบบต่อเนื่องแบ่งได้ 2 กรณี

- 1) การหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าด้านปฐมภูมิจากสมการที่ 3.1
- 2) การหาขนาดกระแสของสายไฟฟ้าระหว่างตัวมอเตอร์ด้านทุติยภูมิกับเครื่องควบคุมมอเตอร์จากสมการที่ 3.2

ได้ดังนี้ $I_{c, sec} \geq 1.25 I_{n, sec}$ (3.2)

กรณีที่มิตัวต้านทานแยกจากเครื่องควบคุมขนาดกระแสไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องควบคุมและตัวต้านทาน ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของตัวต้านทานซึ่งตามปกติจะระบุไว้ที่ตัวต้านทานขนาดกระแสต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดใน

ตารางที่ 3.4

$$I_{c,sec} \geq K_1 I_{n,sec} \quad (5.3)$$

$I_{c,sec}$ = พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิของมอเตอร์

$I_{n,sec}$ = พิกัดกระแสด้านทุติยภูมิของมอเตอร์

K_1 = ค่าคงที่ตามตารางที่ 3.10

ตัวอย่าง 3.3 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบวาวด์โรเตอร์ขนาด 80 แรงม้า 380 V มีพิกัดกระแสด้านปฐมภูมิ 170 A ด้านทุติยภูมิ 125 A ชุดตัวด้านทานเป็นแบบใช้งานต่อเนื่องติดตั้งแยกจากเครื่องควบคุมจึงกำหนดขนาดสายไฟฟ้าตามตารางที่ 5. 8 มอก.11-2531 เดินในท่อโลหะเกาะผนังดังนี้

1. สายไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ
2. สายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจากมอเตอร์ไปยังเครื่องควบคุม
3. สายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ไปยังตัวด้านทาน

วิธีทำ 1. หาขนาดสายไฟฟ้าด้านปฐมภูมิ จากสมการ $I_c \geq 1.25 I_n$

เมื่อกำหนดให้ $I_n = 170 \text{ A}$

แทนค่า $I_c = 1.25 \times 170$

$$I_c = 212.5 \text{ A}$$

จากตารางที่ 3.8 เลือกใช้สายขนาด 120 ตร.มม.เดินท่อโลหะเกาะผนัง

ตอบ

2. หาขนาดสายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจากมอเตอร์ไปยังเครื่องควบคุม

จากสมการ $I_{c,sec} \geq 1.25 I_{n,sec}$

เมื่อกำหนดให้ $I_{n,sec} = 125 \text{ A}$

แทนค่า $I_{c,sec} = 1.25 \times 125$

$$I_{c,sec} = 212.5 \text{ A}$$

จากตารางที่ 3.8 เลือกใช้สายขนาด 120 ตร.มม.เดินท่อโลหะเกาะผนัง

ตอบ

3. สายไฟฟ้าด้านทุติยภูมิจากเครื่องควบคุมมอเตอร์ไปยังตัวด้านทาน

จากสมการ $I_{c,sec} \geq K_1 I_{n,sec}$ เมื่อกำหนดให้ $I_{n,sec} = 125 \text{ A}$

แทนค่า $I_{c,sec} = 1.10 \times 125$

$$I_{c,sec} = 137.5 \text{ A}$$

จากตารางที่ 3.8 เลือกใช้สายขนาด 70 ตร.มม.เดินท่อโลหะเกาะผนัง

ตอบ

3.3) การเลือกขนาดสายไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์หลายตัว

สายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ 1 ตัว ต้องมีอัตราภาระกระแสไม่ต่ำกว่า 125 % ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ตัวใหญ่ที่สุดในวงจร รวมกับพิกัด กระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ตัวอื่นๆสำหรับสายเมนต่อกับมอเตอร์ทุกตัวเรียกว่าสายป้อนในกรณีมอเตอร์ตัวที่ใหญ่ที่สุดมีหลายตัวให้คิด 125 % เพียงตัวเดียวในกรณีที่ไม่มีมอเตอร์แบบใช้งานไม่ต่อเนื่องป้อนอยู่ด้วย การหาขนาดของสายไฟฟ้า ให้พิจารณาตามตารางที่ 3.7 วิธีการคำนวณขนาดสายไฟฟ้าของมอเตอร์จากสมการต่อไปนี้

$$I_r \geq 1.25 I_{n,max} + \sum I_r \quad (3.4)$$

I_r = พิกัดกระแสของสายป้อน (A)

$I_{n,max}$ = พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์เครื่องใหญ่สุด (A)

$\sum I_r$ = ผลรวมพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เหลือ (A)

ตัวอย่างที่ 3.4 จงกำหนดขนาดกระแสของสายไฟฟ้าของมอเตอร์ แต่ละตัวและสายป้อนของมอเตอร์ เหนียวนำ 3 เฟสแบบสไลด์เรลเกจจำนวน 4 ตัว (M1-M4) เริ่มเดินแบบ Direct On Line Starter โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. มอเตอร์ M1 ขนาด 5 แรงม้า กินกระแส 9 แอมแปร์
2. มอเตอร์ M2 ขนาด 7.5 แรงม้า กินกระแส 12 แอมแปร์
3. มอเตอร์ M3 ขนาด 10 แรงม้า กินกระแส 15 แอมแปร์
4. มอเตอร์ M4 ขนาด 15 แรงม้า กินกระแส 25 แอมแปร์

วิธีทำ

$$\text{สมการ } I_c \geq 1.25 I_n$$

- 1.) มอเตอร์ M1 ขนาด 5 แรงม้า กิน กระแส 9 แอมแปร์

$$\text{ขนาดกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้า} = 1.25 \times 9 = 11.25 \text{ A}$$

- 2.) มอเตอร์ M2 ขนาด 7.5 แรงม้า กินกระแส 12 แอมแปร์

$$\text{ขนาดกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้า} = 1.25 \times 12 = 15 \text{ A}$$

- 3.) มอเตอร์ M3 ขนาด 10 แรงม้า กินกระแส 15 แอมแปร์

$$\text{ขนาดกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้า} = 1.25 \times 15 = 18.75 \text{ A}$$

- 4.) มอเตอร์ M4 ขนาด 15 แรงม้า กินกระแส 25 แอมแปร์

$$\text{ขนาดกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้า} = 1.25 \times 25 = 31.25 \text{ A}$$

$$\text{หาขนาดกระแสของสายป้อน} \quad \text{แทนค่า} \quad I_r \geq 1.25 I_{r_{\max}} + \sum I_r$$

$$I_r = (1.25 \times 25) + 15 + 12 + 9$$

$$I_r = 67.25 \text{ A} \text{ จากตารางที่ 3.8 เลือกใช้สายขนาด 25 ตร.มม.เดินท่อโลหะเกาะผนัง} \quad \text{ตอบ}$$

3.5 การเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกัน

1.) เครื่องปลดวงจรมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปลดวงจรที่จ่ายไฟให้กับมอเตอร์ เพื่อปลดวงจรในกรณีฉุกเฉิน หรือ กรณีทำการซ่อมบำรุงมอเตอร์พิกัดกระแสของเครื่องปลดวงจรมอเตอร์ต้องมีขนาดพิกัดไม่ต่ำกว่า 115% ของ พิกัดกระแสมอเตอร์ โดยจะต้องทำการติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนจากที่ตั้งมอเตอร์ และมีระยะห่างจาก เครื่องควบคุมมอเตอร์ไม่เกิน 15 เมตร เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากความผิดพลาดในขณะปฏิบัติงาน แต่ถ้าหาก สามารถใส่สัญญาณได้ตำแหน่ง ปลดหรือสับวงจร ก็ไม่จำเป็นต้องมองเห็นได้จากที่ตั้งมอเตอร์ โดยทั่วไปแล้วจะใช้เครื่อง ควบคุมมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นเครื่องปลดวงจรและเครื่องควบคุมมอเตอร์ ซึ่งสามารถปลดตัวนำทุกเส้นได้หรืออาจจะเป็น ฟิวส์ของวงจรย่อยหรือถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กอาจจะใช้เครื่องป้องกันโหลดเกินเป็นเครื่องปลดวงจรก็ได้

2.) เครื่องป้องกันการลัดวงจร การกำหนดขนาดพิกัดของฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ควรกำหนดให้มีขนาด เล็กที่สุด แต่จะต้องทนต่อกระแสเริ่มต้นของมอเตอร์ได้ด้วย โดยทั่วไปจะต้องมีพิกัดกระแส 2-2.5 เท่าของกระแส โหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์ สำหรับการเลือกใช้ขนาดของฟิวส์และเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับ พิกัดของมอเตอร์ ตารางที่ 3.11 ชนิดของมอเตอร์ที่ไม่มีอักษร คือ มาตรฐาน IEC ซึ่งในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็น มอเตอร์ แบบนี้ แต่มอเตอร์ที่มีรหัสอักษรจะเป็นมอเตอร์ตามมาตรฐาน NEMA (National Electrical Manufacturer Association) ประเทศสหรัฐอเมริกา

การคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของวงจรย่อยแบ่งเป็น 2 กรณีดังนี้

- 1.) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว 2.) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง

1.) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์เครื่องเดียว อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรจะกำหนดตามเปอร์เซ็นต์ของกระแสโหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์ค่าที่ปรับตั้งต้องไม่เกินกว่า ตารางที่ 3.11 กำหนดไว้ แต่ถ้าค่าที่คำนวณได้ไม่ตรงกับตารางที่ 3.11 ก็อาจเลือกค่าที่ใกล้เคียงที่สูงถัดขึ้นไป วิธีการคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์จากสมการต่อไปนี้ $I_{CB} \geq K_2 I_n$ (3.5)

กำหนดให้ I_{CB} = พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร (A)

K_2 = ค่าคงที่ตามตารางที่ 3.11 (A)

I_n = พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ (A)

2.) วงจรย่อยที่มีมอเตอร์หลายเครื่อง วงจรย่อยที่มี ขนาด 15 แอมแปร์ ยอมให้มีมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า เครื่องเดียวหรือหลายเครื่องต่อใช้งานได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรถ้าเข้าหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้ทุกข้อ

(1) กระแสโหลดเต็มพิกัดของมอเตอร์แต่ละเครื่องไม่เกิน 6 แอมแปร์

(2) ขนาดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของมอเตอร์แต่ละเครื่องซึ่งระบุไว้ที่เครื่องควบคุมมอเตอร์มีค่าไม่น้อยกว่าอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย

(3) มอเตอร์แต่ละเครื่องมีการติดตั้งเครื่องป้องกันโหลดเกิน

ตารางที่ 3.11 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงาน ไว	ฟิวส์ หน่วง เวลา	เซอร์กิต เบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิต เบรกเกอร์ เวลา ผกผัน
มอเตอร์เฟสไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟส ทั้งหมดและมอเตอร์ 3 เฟสแบบ กรงกระรอกและแบบซิงโครนัส ซึ่งเริ่มเดิน โดยรับแรงดันไฟฟ้า เต็มที่หรือเริ่มเดินผ่าน ตัวต้านทานหรือรีแอक्टर				
- ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
- รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
- รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
- รหัสอักษร A	150	150	700	150

ตารางที่ 3.11(ต่อ) พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ ทำงาน ไว	ฟิวส์ หน่วง เวลา	เซอร์กิต เบรกเกอร์ ปลดทันที	เซอร์กิต เบรกเกอร์ เวลา ผกผัน
มอเตอร์กระแสสลับทั้งหมด แบบกรงกระรอก และแบบ ซิงโครนัสซึ่งเริ่มเดินผ่าน หม้อแปลงออโต้กระแส ไม่เกิน 30 แอมแปร์				
- ไม่มีรหัสอักษรกระแสเกิน 30 แอมแปร์	250	175	700	200
- ไม่มีรหัสอักษร	200	175	700	200
- รหัสอักษร F ถึง V	250	175	700	200
- รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
- รหัสอักษร B ถึง E	200	175	700	200
- รหัสอักษร A	150	150	700	150

ตารางที่ 3.11(ต่อ) พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันการลัดวงจรระหว่างสาย และป้องกันการรั่วลงดินของวงจรย่อยมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ทำงาน ไว	ฟิวส์หน่วง เวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ปลด ทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์ เวลา ผกผัน
มอเตอร์แบบกรงกระรอก กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์				
- ไม่มีรหัสอักษรกำกับ กระแสไม่เกิน 30 แอมแปร์	250	175	700	200
- ไม่มีรหัสอักษรกำกับ	200	175	700	150
- ไม่มีรหัสอักษรกำกับ	150	150	700	150
- ไม่มีรหัสอักษรกำกับ	150	150	700	150
มอเตอร์กระแสตรง(แรงดันคงที่ ขนาดไม่เกิน 50 แอมป์)	300	175	700	250
- ไม่มีรหัสอักษรกำกับ ขนาดเกิน 50 แอมป์	150	150	250	150
- ไม่มีรหัสอักษร	150	150	175	150

การคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรของสายป้อนได้จากสมการดังนี้

$$I_{CB} \geq I_{CB1,max} I_n + \sum I_r \quad (3.6)$$

I_{CB} = พิกัดหรือขนาดปรับตั้งของอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร (A)

$I_{CB1,max}$ = พิกัดอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรตัวใหญ่ที่สุด (A)

$\sum I_r$ = พิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ที่เชื่อมต่อในวงจร (A)

กรณีอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจรตัวใหญ่สุดมากกว่า 1 ตัวให้เลือกเพียงตัวเดียวเป็นตัวใหญ่ที่สุด ถ้าค่าคำนวณได้ไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานของผู้ผลิตให้เลือกขนาดมาตรฐานใกล้เคียงที่สุดถัดขึ้นไปได้

3.5. เครื่องป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection)



รูปที่ 5.11 อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน

เมื่อใช้งานมอเตอร์ทำงานเกินขนาด จะทำให้เกิดความร้อนสะสมเพิ่มสูงขึ้น แต่เครื่องป้องกันการลัดวงจร จะไม่สามารถ ป้องกันครอบคลุมในส่วนนี้ได้ เนื่องจากจะต้องเลือกใช้ค่าที่สูงกว่าให้ เพียงพอต่อการเริ่มต้นมอเตอร์ ดังนั้น เพื่อป้องกัน จากสภาวะโหลดเกิน จึงป้องกันโหลดเกินเป็นการเฉพาะเรียกว่าโอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) หรือรีเลย์โหลดเกินรีเลย์โหลดเกินจะต่ออนุกรมอยู่กับวงจรมอเตอร์สามารถปรับตั้งค่าใกล้เคียงกับค่าพิกัดกระแสของมอเตอร์โดย พิจารณาการใช้งานได้ดังต่อไปนี้

1.) มอเตอร์ประเภทใช้งานต่อเนื่อง

(1) มอเตอร์ขนาดเกิน 1 แรงม้า มอเตอร์แต่ละตัวต้องมีการ ป้องกันการใช้งานเกินกำลังด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

ก) เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังสามารถติดตั้ง แยกต่างหากออกจากมอเตอร์และทำงานสัมพันธ์ของมอเตอร์ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกัน การใช้งานเกินกำลังต้องไม่เกินร้อยละของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่บนแผ่นป้ายประจำเครื่องดังนี้

(ก) มอเตอร์ที่ระบุ ตัวประกอบการใช้งาน(Service Factor) ไม่น้อย กว่า 1.15-ร้อยละ125

(ข) มอเตอร์ที่ระบุอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ร้อยละ125

(ค) มอเตอร์อื่นๆร้อยละ115

ข) เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูง เกินกำหนดที่ติดตั้ง ตัวมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อออกแบบป้องกันการเสียหายจากอุณหภูมิสูงเกินกำหนดเนื่องจากการใช้งานเกินกำลังเริ่มเดินไม่สำเร็จ ต้องตัดกระแสที่เข้ามอเตอร์ไม่เกินร้อยละพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ดังนี้

(ก) มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีกระแสโหลดเต็มที่ไม่เกิน 9 แอมแปร์ ร้อยละ 170

(ข) มอเตอร์ที่มีกระแสโหลดเต็มที่ตั้งแต่ 9.1 ถึง 20 แอมแปร์ ร้อยละ 156

(ค) มอเตอร์ที่มีกระแสโหลดเต็มที่เกินกว่า 20 แอมแปร์ร้อยละ140 ถ้าเครื่องตัดกระแสเข้ามอเตอร์ติดตั้งห่างจากตัวมอเตอร์และวงจรควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ที่ติดอยู่ตัวมอเตอร์ต้องจัดให้กระแสเข้าสู่ตัวมอเตอร์ให้ถูกต้องเมื่อวงจรควบคุมถูกตัด

ค) อนุญาตให้ใช้เครื่องป้องกันติดตั้งที่ตัวมอเตอร์ซึ่ง จะทำหน้าที่ป้องกัน ความเสียหายของมอเตอร์ เนื่องจากเริ่มเดินไม่สำเร็จ ถ้ามอเตอร์ประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ซึ่งได้ออกแบบให้ในสภาพปกติ ไม่ปล่อยให้มอเตอร์ใช้งานเกินกำลัง

ง) มอเตอร์ที่มีขนาดเกิน 1,500 แรงม้า ต้องติดตั้งเครื่องตรวจจับอุณหภูมิสูงไว้ในตัวมอเตอร์ซึ่งจะตัดกระแสเข้ามอเตอร์ออกเมื่ออุณหภูมิของมอเตอร์สูงเกินกำหนด

(2) มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าเริ่มเดินไม่อัตโนมัติ

ก) มอเตอร์ใช้งานประเภทต่อเนื่อง ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า ไม่ได้ติดตั้งถาวร อยู่ในที่ซึ่งมองเห็น ได้จากเครื่องควบคุมมอเตอร์ และห่างกันจากเครื่องควบคุมไม่เกิน 15 เมตรให้ใช้เครื่องป้องกัน การลัดวงจรตามขนาดที่กำหนด เป็นเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์ได้ ในวงจรย่อยดังกล่าวต้องมีขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์

ข) มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า ติดตั้งถาวร อยู่ในที่มองไม่เห็นจากเครื่องควบคุมมอเตอร์หรือห่างจากเครื่องควบคุมมอเตอร์เกินกว่า 15 เมตร ต้องมีการป้องกัน

(3) มอเตอร์ขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าเริ่มต้นแบบอัตโนมัติ

ก) เครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลัง ติดตั้งแยกจากตัวมอเตอร์และทำงานสัมพันธ์ กับกระแสของมอเตอร์ ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันการใช้งานเกินกำลังให้เป็นไปตามที่กำหนด

ข) เครื่องป้องกันอุณหภูมิสูงเกินที่ติดตั้งที่มอเตอร์ซึ่งได้ออกแบบให้ป้องกันมอเตอร์เสียหายจาก ความร้อนเกิน กำหนด เนื่องจากการใช้งานเกินกำลัง หรือเริ่มต้นไม่สำเร็จและเครื่องตัดกระแสเข้ามอเตอร์ต้องติดตั้งแยกต่างหากจากตัว มอเตอร์ และวงจรควบคุมทำงานด้วยอุปกรณ์ที่ติดอยู่กับตัวมอเตอร์ ต้องจัดให้กระแสเข้ามอเตอร์ถูกตัดออกเมื่อวงจรควบคุม ถูกตัด

ค) ให้ถือว่ามอเตอร์ได้มี การป้องกันที่เหมาะสมแล้ว ถ้ามอเตอร์ประกอบ อยู่กับบริภัณฑ์ซึ่งได้ออกแบบให้ใน สภาพปกติไม่ปล่อยให้มอเตอร์ใช้งานเกินกำลังหรือบริภัณฑ์นี้ทำงานร่วมกับวงจรควบคุมอย่างอื่นที่ป้องกันมอเตอร์เสียหาย เนื่องจากเริ่มต้นไม่สำเร็จ

ง) ในกรณีที่มอเตอร์มีอิมพีแดนซ์ สูงเพียงพอที่จะไม่เกิดความร้อนสูงเนื่องจากการเริ่มต้นไม่สำเร็จและ ถ้า มอเตอร์เป็นประเภท เริ่มต้นแบบอัตโนมัติประกอบอยู่กับบริภัณฑ์ ซึ่งได้ออกแบบให้ป้องกันมอเตอร์เสียหายเนื่องจากความร้อน ยอมให้มีการป้องกันตามที่กำหนด

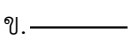
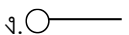
๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๔

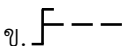
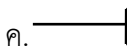
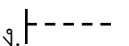
งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

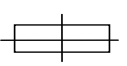
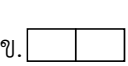
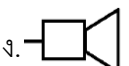
๑. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงการทำงานร่วมกัน

ก.  ข.  ค.  ง. 

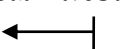
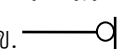
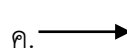
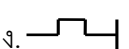
๒. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงทำงานด้วยมือ

ก.  ข.  ค.  ง. 

๓. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงคอยล์ของคอนแทกเตอร์

ก.  ข.  ค.  ง. 

๔. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงกระแสไฟฟ้าเกิน

ก.  ข.  ค.  ง. 

๕. ตัวอักษร K๑ หมายถึงอะไร

ก. คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์
ข. โอเวอร์โหลด
ค. มอเตอร์ตัวที่ ๑
ง. ฟิวส์

๖. การควบคุมโดยใช้สวิตช์กลอยเป็นการควบคุมแบบใด

ก. แบบธรรมดา ข. แบบอัตโนมัติ ค. แบบกึ่งอัตโนมัติ ง. แบบควบคุมด้วยมือ

๗. ตัวอักษร F๓ หมายถึงอะไร

ก. ฟิวส์กำลัง
ข. ฟิวส์ควบคุม
ค. โอเวอร์โหลดรีเลย์
ง. สวิตช์ควบคุมตัวที่ ๓

๘. ตัวอักษรตามข้อใดไม่ได้เขียนไว้ในวงจรควบคุม

ก. F๒ ข. F๓ ค. F๑ ง. H๑

๙. แบบงานตามข้อใดเป็นการนำวงจรกำลังและวงจรควบคุมมาเขียนรวมเข้าด้วยกัน

ก. แบบทำงานจริง ข. แบบวงจรสายเดียว ค. แบบเดินสายติดตั้ง ง. แบบแสดงการทำงาน

๑๐. ข้อใดคือประโยชน์ของแบบเดินสายติดตั้ง

ก. เขียนแบบง่าย ข. ใช้อุปกรณ์น้อย ค. สะดวกต่อการซ่อมบำรุง ง. เขียนด้วยเส้นเพียงเส้นเดียว

๑๑. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของสเตเตอร์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ก. เฟรม ข. ขั้วแม่เหล็ก ค. คอมมิวเตเตอร์ ง. ขดลวดสนามแม่เหล็ก

๑๒. ข้อใดคือลักษณะของขดลวดขนาน

ก. ขดลวดเส้นเล็ก พันมากรอบ
ข. ขดลวดเส้นเล็ก พันน้อยรอบ
ค. ขดลวดเส้นใหญ่ พันน้อยรอบ
ง. ขดลวดเส้นใหญ่ พันมากรอบ

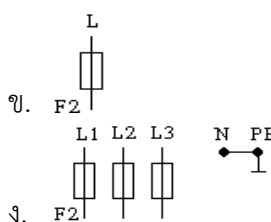
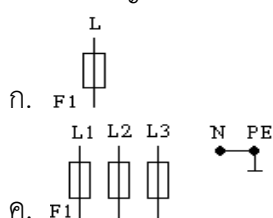
๑๓. ข้อใดอธิบายลักษณะคอมมิวเตเตอร์ได้ถูกต้อง

ก. เป็นแท่งเหล็กกลม
ข. เป็นแท่งโลหะผสม
ค. เป็นแท่งพลาสติกแข็ง
ง. เป็นซี่ทองแดง คั่นไว้ด้วยฉนวนไมก้า

๑๔. ข้อควรระวังในการควบคุมซีรี่ย์มอเตอร์คืออะไร

ก. ระวังการทำงานในสภาวะไม่มีโหลด
ข. ระวังความเร็วจะลดลงอย่างฉับพลัน
ค. ระวังกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีรี่ย์ฟิลด์
ง. ระวังประกายไฟที่หน้าสัมผัสของแปรงถ่าน

๑๕. ลักษณะของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) คือข้อใด
- ความเร็วคงที่
 - แรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก
 - แรงบิดสูง ความเร็วคงที่
 - แรงบิดต่ำ ความเร็วไม่คงที่
๑๖. ข้อใดไม่ใช่วิธีควบคุมความเร็วของซีรืส์มอเตอร์
- ลดกระแสอาร์เมเจอร์
 - เพิ่มกระแสอาร์เมเจอร์
 - ลดกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก
 - ลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์
๑๗. การปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) ให้สูงขึ้นทำได้อย่างไร
- เปิดวงจรขดลวดขนาน
 - เปิดวงจรขดลวดอนุกรม
 - ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับอาร์เมเจอร์
 - ต่อขดลวดขนานอนุกรมกับรีโอสแตต
๑๘. การปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) ให้ลดลงทำได้อย่างไร
- เปิดวงจรอาร์เมเจอร์
 - ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับอาร์เมเจอร์
 - ต่อรีโอสแตตขนานกับขดลวดขนาน
 - ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับขดลวดอนุกรม
๑๙. ข้อดีของการเริ่มเดินมอเตอร์แบบมีตัวป้องกันขณะไม่มีโหลด (No-Volt Release) คือข้อใด
- เมื่อแรงดันเกินจะไม่มีผลต่อชุดควบคุม
 - ในสภาวะไม่มีโหลดจะเปิดวงจรมอเตอร์ทันที
 - เป็นการเริ่มเดินมอเตอร์แบบประหยัด
 - ถ้าแหล่งจ่ายผิดปกติเมื่อแรงดันต่ำเกินไปจะเปิดวงจรมอเตอร์ทันที
๒๐. การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้อย่างไร
- เพิ่มกระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์
 - เพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์
 - ลดกระแสไฟฟ้าขดลวดสนามแม่เหล็ก
 - กลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์หรือกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็กอย่างใดอย่างหนึ่ง
๒๑. ข้อใดเป็นโครงสร้างของฟิวส์ในวงจรควบคุมมอเตอร์
- เรือนฟิวส์ ทrolley ละเอียด ลวดยึด และฝาครอบฟิวส์
 - ฐานฟิวส์ ลูกฟิวส์ และฝาครอบฟิวส์
 - หัวสัมผัส ท้ายสัมผัส และแผ่นสี
 - หน้าสัมผัสปกติปิด
๒๒. ข้อใดคือหน้าที่ของลวดยึด (Indicator Wire) ในลูกฟิวส์
- ดับประกายไฟ
 - หลอมละลายเมื่อมีกระแสเกินปกติ
 - บอกลักษณะอาการของลูกฟิวส์ว่าขาดหรือไม่
 - ยึดเส้นฟิวส์และสัมผัสกับโลหะอีกข้างหนึ่งของฐานฟิวส์
๒๓. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของฟิวส์ในวงจรกำลัง



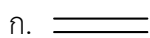
๒๔. ข้อใดคือการทำงานของฟิวส์ในวงจรกำลัง ถ้าฟิวส์ของฟิวส์กำลังมีค่าเท่ากับ ๑๐ A
- เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๐ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๒.๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๕.๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
๒๕. มอเตอร์ตัวหนึ่งมีค่ากระแสเต็มฟิวส์เท่ากับ ๒๐ แอมแปร์ ฟิวส์ที่ใช้ป้องกันวงจรกำลังมีค่าเท่าไร
- ๑๐
 - ๑๕
 - ๒๐
 - ๒๕
๒๖. สายไฟฟ้าที่ต่อไปยังมอเตอร์เพียงตัวเดียวจะต้องทนกระแสไม่น้อยกว่ากี่เปอร์เซ็นต์เมื่อมอเตอร์รับโหลดเต็มฟิวส์
- ๑๐๐%
 - ๑๑๐%
 - ๑๑๕%
 - ๑๒๕%
๒๗. มอเตอร์ขนาด ๐.๗๕ kW ที่แรงดัน ๒๒๐ โวลต์ มีกระแสไหลผ่านปกติ ๓.๔ แอมแปร์ จะเลือกใช้ฟิวส์ขนาดเท่าไร
- ฟิวส์ขาดช้า ขนาด ๖ A
 - ฟิวส์ขาดเร็ว ขนาด ๖ A
 - ฟิวส์ขาดช้า ขนาด ๓.๔ A
 - ฟิวส์ขาดเร็ว ขนาด ๓.๔ A
๒๘. ข้อใดเป็นข้อแตกต่างระหว่างฟิวส์ในวงจรควบคุมและฟิวส์ในวงจรกำลัง
- F๑ เป็นฟิวส์ในวงจรควบคุมส่วน F๒ เป็นฟิวส์ในวงจรกำลัง
 - F๑ เป็นฟิวส์ในวงจรกำลังส่วน F๒ เป็นฟิวส์ในวงจรควบคุม
 - F๑ ทนกระแสได้น้อยส่วน F๒ ทนกระแสได้มาก
 - F๑ ต้องต่อหลัง F๒ เสมอ
๒๙. มอเตอร์หนึ่งเฟสที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกหรือซิงโครนสมอเตอร์ใช้วิธีการสตาร์ทตรงด้วยอะไร
- ฟิวส์
 - รีเลย์มอเตอร์
 - ตัวต้านทาน
 - ถูกทั้ง ข. และ ค.
๓๐. ข้อใดคือการต่อฟิวส์ในวงจรกำลังเพื่อควบคุมมอเตอร์ ๓ เฟส
- ต่อขนานกับมอเตอร์
 - ต่ออนุกรมกับมอเตอร์
 - ต่อหลังฟิวส์วงจรควบคุม
 - ต่อได้ทั้งขนานและอนุกรมกับมอเตอร์
๓๑. กระแสไฟฟ้าขณะที่มอเตอร์เริ่มเดินมีค่าเป็นกี่เท่าของกระแสเต็มฟิวส์
- ๑ เท่า
 - ๑-๔ เท่า
 - ๓-๕ เท่า
 - ๕-๘ เท่า
๓๒. ขนาดสายไฟฟ้าในวงจรย่อยสำหรับควบคุมมอเตอร์ทั่วไปมีข้อกำหนดอย่างไร
- เท่าใดก็ได้
 - ไม่ต่ำกว่า ๑๑๐% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
 - ไม่ต่ำกว่า ๒๒๐% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
 - ไม่ต่ำกว่า ๑๒๕% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
๓๓. เนมเพลต (Name Plate) หมายถึงอะไร
- เครื่องป้องกันการลัดวงจร
 - อุปกรณ์ปลดวงจรมอเตอร์
 - กระแสไฟฟ้าโหลดเต็มฟิวส์
 - แผ่นป้ายบอกข้อมูลประจำเครื่อง

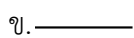
แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๔

งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า

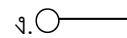
คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงการทำงานร่วมแกนเดียวกัน

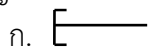
ก. 

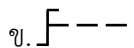
ข. 

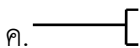
ค. 

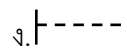
ง. 

๒. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงทำงานด้วยมือ

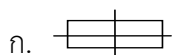
ก. 

ข. 

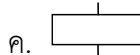
ค. 

ง. 

๓. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงคอยล์ของคอนแทกเตอร์

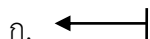
ก. 

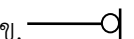
ข. 

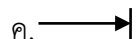
ค. 

ง. 

๔. สัญลักษณ์ตามข้อใดหมายถึงกระแสไฟฟ้าเกิน

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

๕. ตัวอักษร K๑ หมายถึงอะไร

ก. คอยล์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

ข. โอเวอร์โวลต์

ค. มอเตอร์ตัวที่ ๑

ง. ฟิวส์

๖. การควบคุมโดยใช้สวิตช์ลูกกลอยเป็นการควบคุมแบบใด

ก. แบบธรรมดา

ข. แบบอัตโนมัติ

ค. แบบกึ่งอัตโนมัติ

ง. แบบควบคุมด้วยมือ

๗. ตัวอักษร F๓ หมายถึงอะไร

ก. ฟิวส์กำลัง

ข. ฟิวส์ควบคุม

ค. โอเวอร์โวลต์รีเลย์

ง. สวิตช์ควบคุมตัวที่ ๓

๘. ตัวอักษรตามข้อใดไม่ได้เขียนไว้ในวงจรควบคุม

ก. F๒

ข. F๓

ค. F๑

ง. H๑

๙. แบบงานตามข้อใดเป็นการนำวงจรกำลังและวงจรควบคุมมาเขียนรวมเข้าด้วยกัน

ก. แบบทำงานจริง

ข. แบบวงจรสายเดี่ยว

ค. แบบเดินสายติดตั้ง

ง. แบบแสดงการทำงาน

๑๐. ข้อใดคือประโยชน์ของแบบเดินสายติดตั้ง

ก. เขียนแบบง่าย

ข. ใช้อุปกรณ์น้อย

ค. สะดวกต่อการซ่อมบำรุง

ง. เขียนด้วยเส้นเพียงเส้นเดียว

๑๑. ข้อใดไม่ใช่ส่วนประกอบของสเตเตอร์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ก. เฟรม

ข. ขั้วแม่เหล็ก

ค. คอมมิวเตเตอร์

ง. ขดลวดสนามแม่เหล็ก

๑๒. ข้อใดคือลักษณะของขดลวดขนาน

ก. ขดลวดเส้นเล็ก พันมากรอบ

ข. ขดลวดเส้นเล็ก พันน้อยรอบ

ค. ขดลวดเส้นใหญ่ พันน้อยรอบ

ง. ขดลวดเส้นใหญ่ พันมากรอบ

๑๓. ข้อใดอธิบายลักษณะคอมมิวเตเตอร์ได้ถูกต้อง

ก. เป็นแท่งเหล็กกลม

ข. เป็นแท่งโลหะผสม

ค. เป็นแท่งพลาสติกแข็ง

ง. เป็นซี่ทองแดง คั่นไว้ด้วยฉนวนไมกา

๑๔. ข้อควรระวังในการควบคุมซีรืส์มอเตอร์คืออะไร

ก. ระวังการทำงานในสถานะไม่มีโหลด

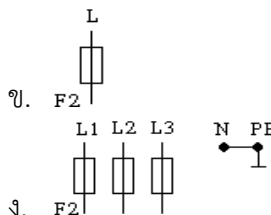
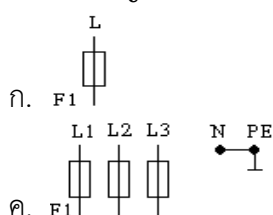
ข. ระวังความเร็วจะลดลงอย่างฉับพลัน

ค. ระวังกระแสไฟฟ้าไหลผ่านซีรืส์ฟิลต์

ง. ระวังประกายไฟที่หน้าสัมผัสของแปรงถ่าน

๑๕. ลักษณะของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) คือข้อใด

- ก. ความเร็วคงที่
ข. แรงบิดเริ่มหมุนสูงมาก
ค. แรงบิดสูง ความเร็วคงที่
ง. แรงบิดต่ำ ความเร็วไม่คงที่
๑๖. ข้อใดไม่ใช่วิธีควบคุมความเร็วของซีรืส์มอเตอร์
ก. ลดกระแสอาร์เมเจอร์
ข. เพิ่มกระแสอาร์เมเจอร์
ค. ลดกระแสขดลวดสนามแม่เหล็ก
ง. ลดแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์
๑๗. การปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) ให้สูงขึ้นทำได้อย่างไร
ก. เปิดวงจรขดลวดขนาน
ข. เปิดวงจรขดลวดอนุกรม
ค. ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับอาร์เมเจอร์
ง. ต่อขดลวดขนานอนุกรมกับรีโอสแตต
๑๘. การปรับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน (Shunt Motor) ให้ลดลงทำได้อย่างไร
ก. เปิดวงจรอาร์เมเจอร์
ข. ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับอาร์เมเจอร์
ค. ต่อรีโอสแตตขนานกับขดลวดขนาน
ง. ต่อรีโอสแตตอนุกรมกับขดลวดอนุกรม
๑๙. ข้อดีของการเริ่มเดินมอเตอร์แบบมีตัวป้องกันขณะไม่มีโหลด (No-Volt Release) คือข้อใด
ก. เมื่อแรงดันเกินจะไม่มีผลต่อชุดควบคุม
ข. ในสภาวะไม่มีโหลดจะเปิดวงจรมอเตอร์ทันที
ค. เป็นการเริ่มเดินมอเตอร์แบบประหยัด
ง. ถ้าแหล่งจ่ายผิดปกติเมื่อแรงดันต่ำเกินไปจะเปิดวงจรมอเตอร์ทันที
๒๐. การกลับทิศทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำได้อย่างไร
ก. เพิ่มกระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์
ข. เพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ให้กับมอเตอร์
ค. ลดกระแสไฟฟ้าขดลวดสนามแม่เหล็ก
ง. กลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์หรือกลับทิศทางกระแสไฟฟ้าในขดลวดสนามแม่เหล็กอย่างใดอย่างหนึ่ง
๒๑. ข้อใดเป็นโครงสร้างของฟิวส์ในวงจรควบคุมมอเตอร์
ก. เรือนฟิวส์ ทrolley เเยัด ลวดยึด และฝาครอบฟิวส์
ข. ฐานฟิวส์ ลูกฟิวส์ และฝาครอบฟิวส์
ค. หัวสัมผัส ทำสัมผัส และแผ่นสี
ง. หน้าสัมผัสปกติปิด
๒๒. ข้อใดคือหน้าที่ของลวดยึด (Indicator Wire) ในลูกฟิวส์
ก. ดับประกายไฟ
ข. หลอมละลายเมื่อมีกระแสเกินพิกัด
ค. บอกลักษณะอาการของลูกฟิวส์ว่าขาดหรือไม่
ง. ยึดเส้นฟิวส์และสัมผัสกับโลหะอีกข้างหนึ่งของฐานฟิวส์
๒๓. ข้อใดคือสัญลักษณ์ของฟิวส์ในวงจรกำลัง



๒๔. ข้อใดคือการทำงานของฟิวส์ในวงจรกำลัง ถ้าฟิวส์ของฟิวส์กำลังมีค่าเท่ากับ ๑๐ A
- เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๐ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๒.๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
 - เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรกำลังมีค่าเท่ากับ ๑๕.๕ A ฟิวส์จะหลอมละลายทันที
๒๕. มอเตอร์ตัวหนึ่งมีค่ากระแสเต็มฟิวส์เท่ากับ ๒๐ แอมแปร์ ฟิวส์ที่ใช้ป้องกันวงจรกำลังมีค่าเท่าไร
- ๑๐
 - ๑๕
 - ๒๐
 - ๒๕
๒๖. สายไฟฟ้าที่ต่อไปยังมอเตอร์เพียงตัวเดียวจะต้องทนกระแสไม่น้อยกว่ากี่เปอร์เซ็นต์เมื่อมอเตอร์รับโหลดเต็มฟิวส์
- ๑๐๐%
 - ๑๑๐%
 - ๑๑๕%
 - ๑๒๕%
๒๗. มอเตอร์ขนาด ๐.๗๕ kW ที่แรงดัน ๒๒๐ โวลต์ มีกระแสไหลผ่านปกติ ๓.๔ แอมแปร์ จะเลือกใช้ฟิวส์ขนาดเท่าไร
- ฟิวส์ขาดช้า ขนาด ๖ A
 - ฟิวส์ขาดเร็ว ขนาด ๖ A
 - ฟิวส์ขาดช้า ขนาด ๓.๔ A
 - ฟิวส์ขาดเร็ว ขนาด ๓.๔ A
๒๘. ข้อใดเป็นข้อแตกต่างระหว่างฟิวส์ในวงจรควบคุมและฟิวส์ในวงจรกำลัง
- F๑ เป็นฟิวส์ในวงจรควบคุมส่วน F๒ เป็นฟิวส์ในวงจรกำลัง
 - F๑ เป็นฟิวส์ในวงจรกำลังส่วน F๒ เป็นฟิวส์ในวงจรควบคุม
 - F๑ ทนกระแสได้น้อยส่วน F๒ ทนกระแสได้มาก
 - F๑ ต้องต่อหลัง F๒ เสมอ
๒๙. มอเตอร์หนึ่งเฟสที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกหรือซิงโครนสมอเตอร์ใช้วิธีการสตาร์ทตรงด้วยอะไร
- ฟิวส์
 - รีเลย์เตอร์
 - ตัวต้านทาน
 - ถูกทั้ง ข. และ ค.
๓๐. ข้อใดคือการทำงานของฟิวส์ในวงจรกำลังเพื่อควบคุมมอเตอร์ ๓ เฟส
- ต่อขนานกับมอเตอร์
 - ต่ออนุกรมกับมอเตอร์
 - ต่อหลังฟิวส์วงจรควบคุม
 - ต่อได้ทั้งขนานและอนุกรมกับมอเตอร์
๓๑. กระแสไฟฟ้าขณะที่มอเตอร์เริ่มเดินมีค่าเป็นกี่เท่าของกระแสเต็มฟิวส์
- ๑ เท่า
 - ๑-๔ เท่า
 - ๓-๕ เท่า
 - ๕-๘ เท่า
๓๒. ขนาดสายไฟฟ้าในวงจรย่อยสำหรับควบคุมมอเตอร์ทั่วไปมีข้อกำหนดอย่างไร
- เท่าใดก็ได้
 - ไม่ต่ำกว่า ๑๑๐% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
 - ไม่ต่ำกว่า ๒๒๐% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
 - ไม่ต่ำกว่า ๑๒๕% ของกระแสไฟฟ้าเมื่อมีโหลดเต็มฟิวส์
๓๓. เนมเพลต (Name Plate) หมายถึงอะไร
- เครื่องป้องกันการลัดวงจร
 - อุปกรณ์ปลดวงจรมอเตอร์
 - กระแสไฟฟ้าโหลดเต็มฟิวส์
 - แผ่นป้ายบอกข้อมูลประจำเครื่อง

	ใบงานที่ ๔	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สัปดาห์ที่ ๗ - ๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า	ทฤษฎี ๔ ชม. ปฏิบัติ ๖ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานอุปกรณ์ป้องกันและ อุปกรณ์ควบคุมในงานควบคุม เครื่องกลไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานอุปกรณ์ป้องกัน วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน

๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง

๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกัน

๓.๒ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน

๓.๓ วัดอุปกรณ์ป้องกันเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ

๓.๔ แสดงพฤติกรรมการทำงานมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกถึงอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๒ อธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๓ อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุม

๔.๔ เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้

๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของอุปกรณ์ป้องกันและควบคุมในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง

๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

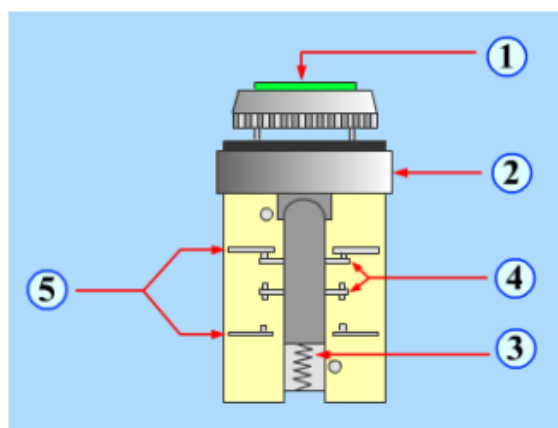
๕.๑ สวิตช์ปุ่มกด	๑ ตัว
๕.๒ มัลติมิเตอร์	๑ ตัว
๕.๓ แมกเนติกคอนแทคเตอร์	๑ ตัว
๕.๔ ไชควงปากแฉก	๑ ตัว
๕.๕ สายไฟ	๒ เส้น
๕.๖ โอเวอร์โวลต์รีเลย์	๑ ตัว
๕.๗ ไชควงทดสอบไฟฟ้า	๑ ตัว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

ระมัดระวังอุปกรณ์ตกหล่นเสียหาย

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติ

๗.๑ การตรวจสอบสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ



1. ปุ่มกดทำด้วยพลาสติก
2. Body โครงสวิตช์ทำด้วยพลาสติก
3. Spring สำหรับรับแรงกด
4. Movable contact คือ คอนแทคที่สามารถเคลื่อนที่ได้
5. Stationary contact คือคอนแทคที่อยู่กับที่ โดยยึดติดกับโครงของสวิตช์

รูปที่ 1 สวิตช์ปุ่มกด

๑. ตรวจสอบสภาพสวิตช์ปุ่มกด

๒. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX๑ และปรับ ๐ Ohm (Zero Ohm)

๓. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสตามตำแหน่งต่างๆ (หมายเลขดูที่สวิตช์ของจริง) ที่กำหนดและบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
1 – 2 (NO)		
3 – 4 (NC)		

๔. ใช้มือกดสวิตช์ปุ่มกดค้างไว้ แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัสตาม ตำแหน่งต่างๆ ที่กำหนดและบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
1 – 2 (NO)		
3 – 4 (NC)		

๕. คำถาม

.....

.....

.....

๖. สรุปและวิเคราะห์ผล

.....

.....

.....

๗.๒ การตรวจสอบแมคเนติกคอนแทคเตอร์

๑. ตรวจสอบสภาพภายนอกของแมคเนติกคอนแทคเตอร์

๒. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX๑ และปรับ ๐ Ohm (Zero Ohm)

๓. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของขดลวด (Coil) และบันทึกผลลงตาราง



ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	หมายเหตุ
A1 – A2		

๔. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
L1-T1		
L2-T2		
L3-T3		
13-14		
43-44		
21-22		
31-32		

๕. จ่ายแรงดันให้กับขดลวด (Coil) ของแมคเนติกคอนแทคเตอร์ และค่าความต้านทานของ หน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
L1-T1		
L2-T2		
L3-T3		
13-14		
43-44		
21-22		
31-32		

๖. คำถาม

.....

๗. สรุปและวิเคราะห์ผล

.....

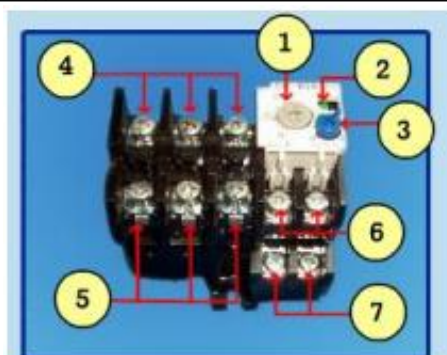
๗.๓ การตรวจสอบโอเวอร์โวลต์รีเลย์

๑. ตรวจสอบสภาพภายนอกของโอเวอร์โวลต์รีเลย์

๒. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX๑ และปรับ ๐ Ohm (Zero Ohm)

๓. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานหน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	หมายเหตุ
95 – 96		
97 – 98		



๑. ปุ่มปรับกระแส(RC.A)

๒. ปุ่มทริพ(TRIP)

๓. ปุ่มรีเซ็ต(RESET)

๔. จุดต่อไฟเข้าเมนไรมีทอล

๕. จุดต่อไฟออกจากเมนไรมีทอล

๖. หน้าสัมผัสช่วยปกติปิด(N.O.)

๗. หน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด(N.C)

๔. สร้างสภาวะให้โอเวอร์โวลต์ทำงาน และใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานหน้าสัมผัส (Contac) อีกครั้งและบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	หมายเหตุ
95 – 96		
97 – 98		

๕. คำถาม

.....

.....

.....

๖. สรุปและวิเคราะห์ผล

.....

.....

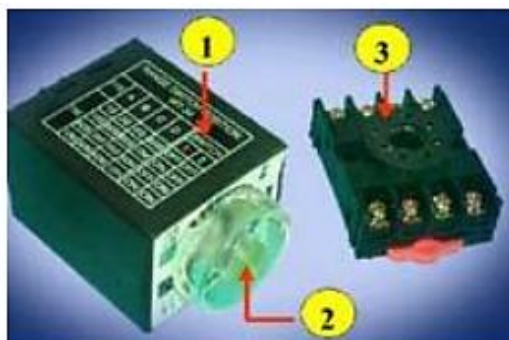
.....

๗. การตรวจสอบตัวตั้งเวลา

๑. ประกอบตัวตั้งเวลาเข้ากับฐาน (Socket)

๒. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านวัดความต้านทาน RX๑ และปรับ ๐ Ohm (Zero Ohm)

๓. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานของหน้าสัมผัส (Contac) และบันทึกผลลงตาราง



หมายเลข ๑ ตารางการปรับตั้งค่าเวลา

หมายเลข ๒ ปุ่มปรับตั้งเวลา

หมายเลข ๓ ฐานตัวตั้งเวลา

หมายเลข ๔ สัญลักษณ์และหมายเลขขั้ว

หมายเลข ๕ ขาเสียบ

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
1-3		
1-4		
8-6		
8-5		

๔. ปรับตั้งเวลาของตัวตั้งเวลา จ่ายไฟให้ขดลวด (Coil) หมายเลข ๒ และ ๗ ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่า ความต้านทานของหน้าสัมผัส (Contac) ขณะที่และบันทึกผลลงตาราง

ตำแหน่งที่วัด	ค่าความต้านทาน	ลักษณะหน้าสัมผัส
1-3		
1-4		
8-6		
8-5		

๕. คำถาม

.....

.....

๖. สรุปและวิเคราะห์ผล

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๑

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย

๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๙ - ๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า		ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๙ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า			

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แกไขตรวจสอบออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขอาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๒ การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๕ (๑๐ นาที)

๖.๑ ขั้นนำ (๑๖๐ นาที)

- ๑) แจกจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ ๕
- ๒) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง ความสำคัญของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๖.๒ ชั้นกิจกรรม (๔๖๐ นาที)

๓) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าและสัญลักษณ์ของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า โดยนักเรียนรับฟังการบรรยายถาม-ตอบในชั้นเรียน

๔) สุ่มตัวอย่างนักเรียน ๓-๕ คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของมอเตอร์และสัญลักษณ์ของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๕) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าในอุดมคติ และการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยายถาม-ตอบในชั้นเรียน

๖) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

๗) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

๘) ครูอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าและการแปลความหมายการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๙) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์

๑๐) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ ๓-๕ คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ ๕

๑๑) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ ๕

๖.๓ ชั้นวิเคราะห์ (๑๖๐ นาที)

๑๒) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๕

๑๓) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๕

๑๔) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบที่ละเอียด และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

๖.๔ ชั้นสรุปและประเมินผล (๑๒๐ นาที)

๑๕) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ ๕ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ดังนี้ โครงสร้างการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าการทำงานของการทำงานของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าลักษณะสมบัติของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าการตรวจสอบการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

๗.๑.๑ หนังสือเรียนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๗.๑.๓ Power point หน่วยที่ ๕ เรื่อง การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๗.๒ ของจริง มอเตอร์แบบต่างๆ

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก้ว ตรวจสอบ การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

๒. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๒ เขียนการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
๓. แก้ไขตรวจสอบการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ตามแบบที่กำหนด
๔. จำแนกอาการเสียวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ตามแบบที่กำหนด
๕. แก้ปัญหาการเสียของวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

๙.๒ วิธีประเมิน

๑. สัมภาษณ์
๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่
 - ๒.๑ ด้านความรู้
 - ๒.๒ การปฏิบัติงาน
 - ๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน**

.....

.....

.....

.....

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา**๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน**

.....

.....

.....

.....

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๙ - ๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๙ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ทหรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ทหรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมการมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แกไขตรวจสอบออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

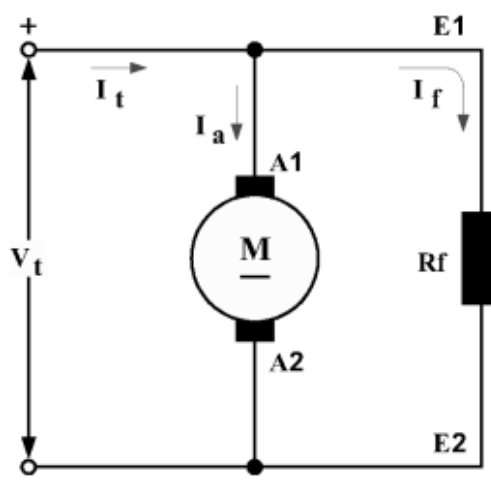
๕. เนื้อหาสาระ

การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงความคล่องตัว ความสะดวกในการใช้งาน มีความปลอดภัยสูง ถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนด โดยเฉพาะการออกแบบระบบแสงสว่างต้องคำนึงถึงแสงสว่างตามมาตรฐาน คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล CIE (Commission International del' Eclairage)

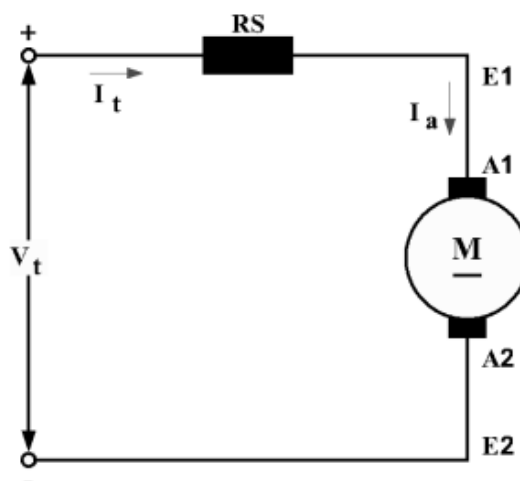
การเขียนแบบติดตั้งไฟฟ้าในอาคารงานเขียนแบบไฟฟ้ามีประโยชน์กับช่างทั่วไปที่ทำการติดตั้งระบบไฟฟ้า หรือเดินสายไฟฟ้าเพราะสามารถตรวจสอบวงจร อุปกรณ์ป้องกัน ตัวนำไฟฟ้าที่เขียนมาในแบบไฟฟ้า สามารถตรวจสอบกับมาตรฐาน (ว.ส.ท.) และการไฟฟ้าอีกทางหนึ่งเพื่อการประมาณราคาการติดตั้ง

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน



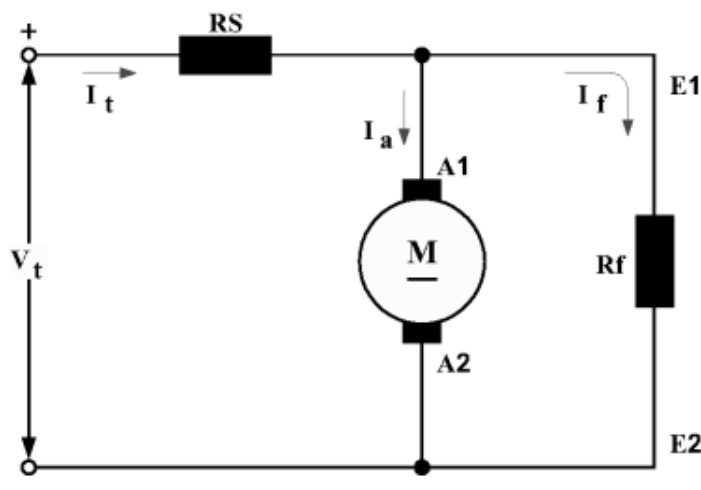
รูปที่ 7.1 วงจรการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงต่อแบบขนาน (Shunt Motor)

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม



รูปที่ 7.2 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต่อแบบอนุกรม (Series Motor)

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม



รูปที่ 7.3 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต่อแบบผสม (Compound Motor)

การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ

การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์มีจุดประสงค์เดียวกันกับงานเขียนแบบไฟฟ้า คือ การใช้สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์งานจริงเขียนลงกระดาษเพื่อสื่อความหมายอย่างเดียวกัน

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวเป็นมอเตอร์ที่มีขนาดแรงม้าต่ำๆ มีใช้ทั่วไปตามอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและในเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น พัดลม เครื่องซักผ้า ปั้มน้ำ เป็นต้นหลักการทำงาน เมื่อจ่ายกระแสเข้าขดลวดมอเตอร์ขณะมอเตอร์หยุดนิ่ง มอเตอร์ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยตัวเองได้ จะต้องมียุอุปกรณ์ช่วยสตาร์ทแล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ บางชนิดใช้ขดลวดสตาร์ท (Starting Winding) บางชนิดใช้คาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor)

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวเขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรง

การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์มีจุดประสงค์เดียวกันกับงานเขียนแบบไฟฟ้า คือ การใช้ สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์งานจริงเขียนลงกระดาษเพื่อสื่อความหมายอย่างเดียวกัน

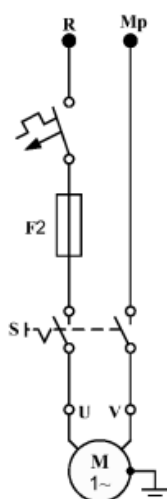
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว เป็นมอเตอร์ที่มีขนาดแรงม้าต่ำๆ มีใช้ทั่วไปตามอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรมและใน เครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น พัดลม เครื่องซักผ้า ปั้มน้ำ เป็นต้นหลักการทำงาน เมื่อจ่ายกระแสเข้า ขดลวดมอเตอร์ขณะมอเตอร์หยุดนิ่ง มอเตอร์ไม่สามารถเคลื่อนที่ด้วยตัวเองได้ จะต้องมียุอุปกรณ์ช่วย สตาร์ทแล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ บางชนิดใช้ขดลวดสตาร์ท (Starting Winding) บางชนิดใช้คาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor)

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว เขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรง

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียว

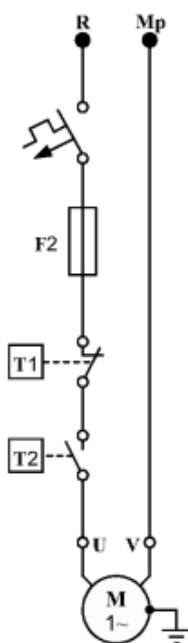
เขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรง

วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรง โดยใช้ ON-OFF Switch มาตรฐาน DIN



รูปที่ 7.4 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงโดยใช้ ON- OFF Switch

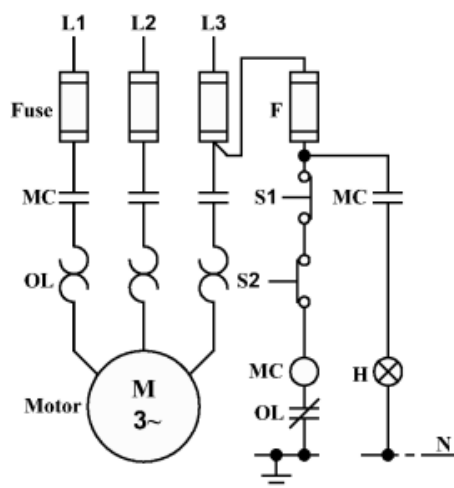
วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงโดยใช้สวิตช์อุณหภูมิ



รูปที่ 7.5 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงโดยใช้สวิตช์อุณหภูมิ

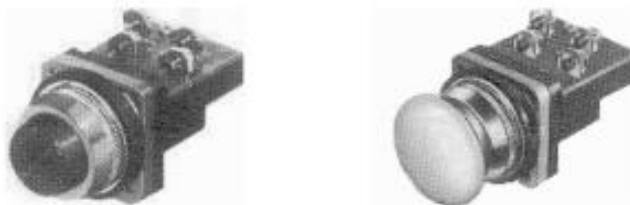
การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

วงจรควบคุมการเริ่มต้นมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วยคอนแทคเตอร์มาตรฐาน ANSI



รูปที่ 7.6 การเริ่มต้นมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วยคอนแทคเตอร์

สวิตช์ที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์

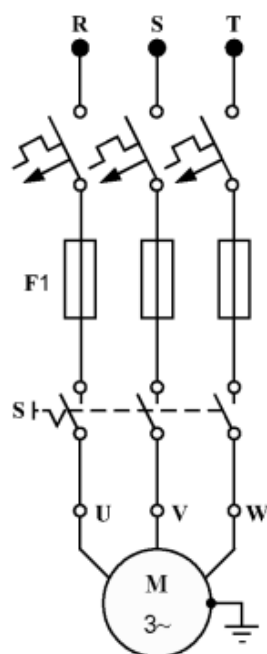


รูปที่ 7.7 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch)



รูปที่ 7.8 สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch)

เขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วย ON-OFF Switch มี



รูปที่ 7.9 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วย ON-OFF Switch

อุปกรณ์ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์



ฟิวส์



เทอร์มิสแตร์เบรกเกอร์



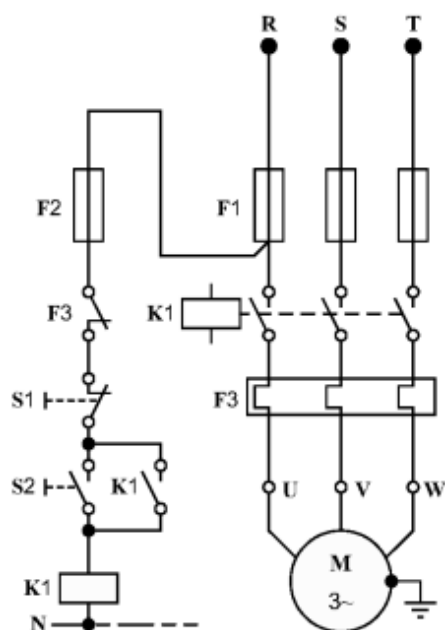
คอนแทคเตอร์



หลอดสัญญาณ

รูปที่ 7.10 อุปกรณ์ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์

วงจรควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วยคอนแทคเตอร์มาตรฐาน DIN

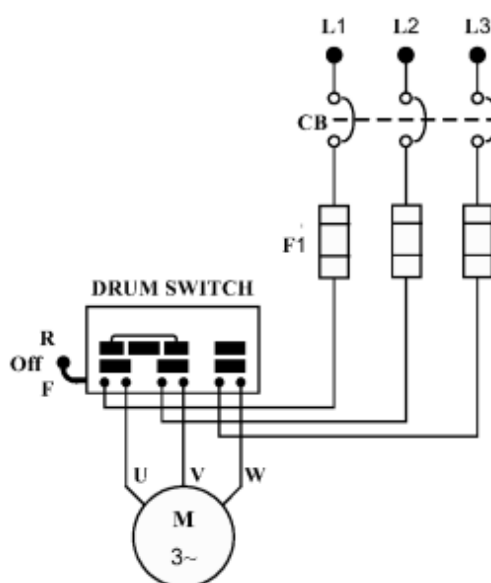


รูปที่ 7.11 การเริ่มเดินมอเตอร์แบบต่อตรงควบคุมด้วยคอนแทคเตอร์

เขียนแบบควบคุมการกลับทางหมุนมอเตอร์ด้วยสวิตช์โยก

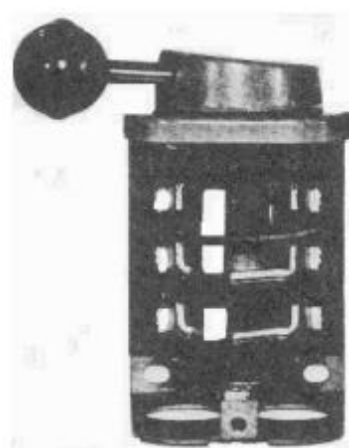
หลักการทั่วไปการกลับทางหมุนของมอเตอร์ คือ การสลับสายคู่ใดคู่หนึ่งที่จ่ายให้กับชุดขดลวดมอเตอร์

วงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ด้วย Drum Switch มาตรฐาน ANSI



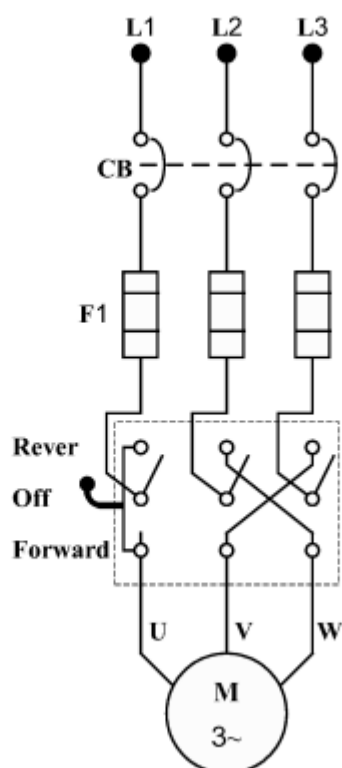
รูปที่ 7.12 วงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ด้วย Drum Switch

สวิตช์โยก (Drum Switch)



รูปที่ 7.13 สวิตช์โยก (Drum Switch)

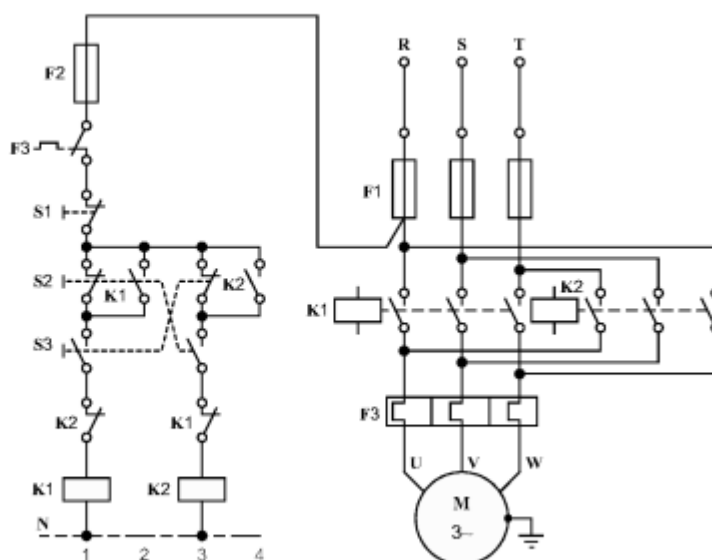
วงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ด้วย TPDT (Triple Pole Double Throw)



รูปที่ 7.14 วงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ด้วย TPDT

วงจรกลับทางหมุน **Reversing After Stop** การทำงานของวงจรนี้จะต่างกับวงจร **Plugging** ที่เมื่อต้องการกลับทางหมุนของมอเตอร์ต้องหยุด การทำงานของวงจรก่อนจึงสามารถกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้

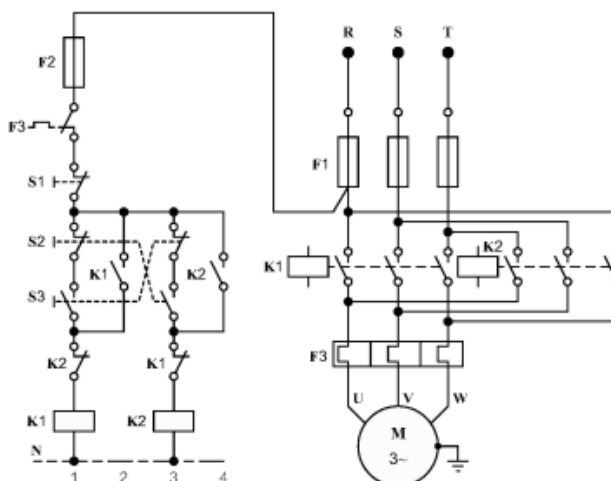
วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์แบบ **Plugging**



รูปที่ 7.15 วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์แบบ *Plugging*

วงจรกลับทางหมุน **Reversing After Stop**

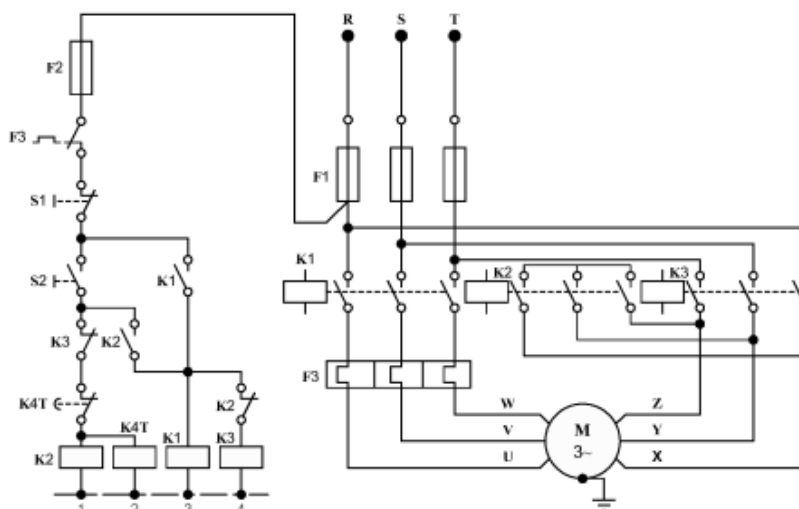
การทำงานของวงจรนี้จะต่างกับวงจร **Plugging** ที่เมื่อต้องการกลับทางหมุนของมอเตอร์ต้องหยุด การทำงานของวงจรก่อนจึงสามารถกลับทางหมุนของมอเตอร์ได้



รูปที่ 7.16 วงจรกลับทางหมุน *Reversing After Stop*

เขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินแบบ สตาร์-เดลตา อัตโนมัติ วงจรสตาร์-เดลตา เป็นวงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบลดกระแสซึ่งนิยมใช้มากในการสตาร์ทมอเตอร์ ขนาดใหญ่เกิน ๕ KW

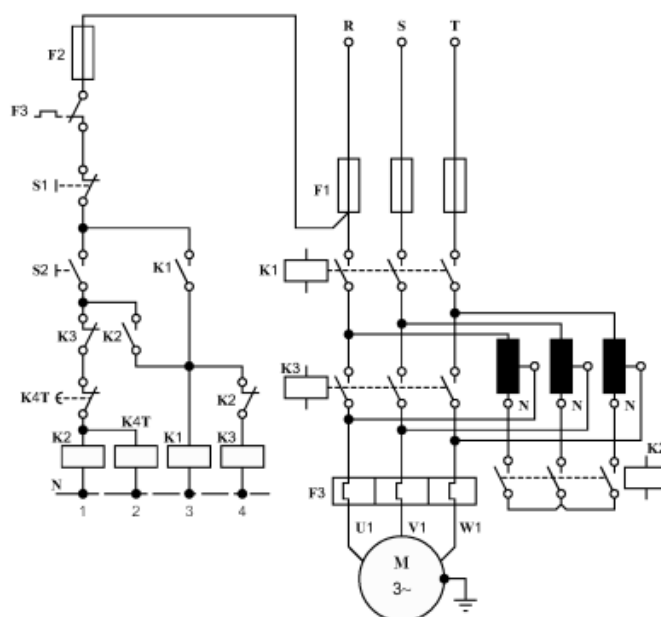
วงจรสตาร์-เดลตา อัตโนมัติ



รูปที่ 7.17 วงจรสตาร์-เดลตา อัตโนมัติ

เขียนแบบควบคุมการเริ่มเดินด้วยหม้อแปลงแบบออโต การทำงาน การสตาร์ทมอเตอร์แบบออโตทรานส์ฟอร์เมอร์สตาร์ทเตอร์เป็นการสตาร์ทมอเตอร์แบบลดแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า **Reduced Voltage Starter** โดยทั่วไปการสตาร์ทมอเตอร์แต่ละครั้งจะ กินกระแสมากจึงมีวิธีการลดกระแสในช่วงสตาร์ท วิธีนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดกระแสในช่วงสตาร์ท โดยควบคุมการลดแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์เริ่มสตาร์ท ออโตทรานส์ฟอร์เมอร์สตาร์ทเตอร์ที่ใช้ ทั่วไปปรับเปอร์เซ็นต์ของแรงดันไลน์ได้ ๓ แท๊ป เช่น ๔๕%, ๕๕% และ ๗๐% การเลือกใช้แท๊ปของออโตทรานส์ฟอร์เมอร์จะต้องคำนึงถึงขนาดของมอเตอร์ด้วย

วงจรการเริ่มเดินด้วยหม้อแปลงแบบออโต



รูปที่ 7.19 วงจรการเริ่มเดินด้วยหม้อแปลงแบบออโต

เขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส ด้วยไดอะแกรมการเดินสาย ไดอะแกรมการเดินสาย เป็นการแสดงรายละเอียดวงจรงานจริงที่ประกอบด้วยแผงต่อสายตามจุด ต่างๆ โดยใช้ตัวอักษรกำกับวงจร

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

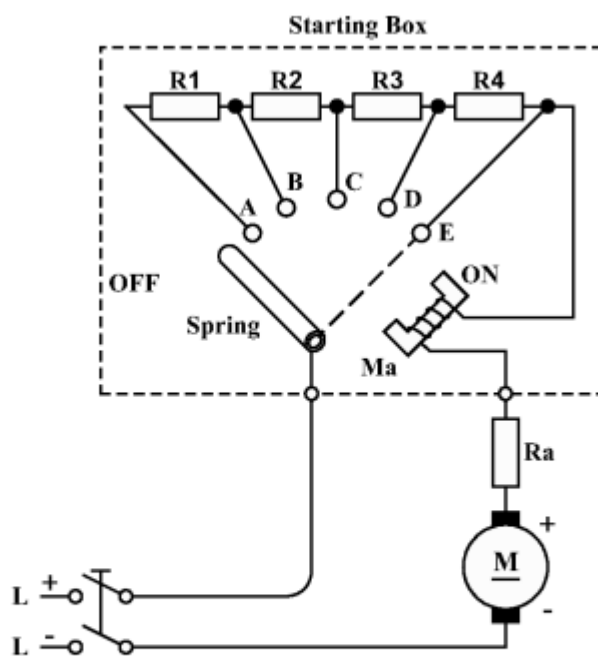
การควบคุมมอเตอร์กระแสตรง (DC Motors Control) มีอยู่ ๓ วิธี คือ

๑. การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยผ่านอุปกรณ์ควบคุมโดยตรง
๒. การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยการปรับแรงเคลื่อนให้ต่ำลง
๓. การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยผ่านตัวต้านทาน

หลักการโดยทั่วไปเป็นการสตาร์ทมอเตอร์แบบวิธีลดกระแสไฟฟ้าโดยการควบคุมแรงดันไฟฟ้า ให้ต่ำ โดยใช้อุปกรณ์พิเศษที่ช่วยในการสตาร์ทมอเตอร์โดยไม่ทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหาย เนื่องจากกระแสสูงซึ่งเรียกว่า

Starting Box การสตาร์ทมอเตอร์แบบลดกระแสมอเตอร์ DC มีค่า

ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์ต่ำ ดังนั้น เมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์กระแสสูงมาก จึงมี วิธีการค่อยๆ เพิ่มแรงดันขึ้นโดยใช้รีซิสแตนซ์เป็นตัวควบคุมแรงดัน โดยต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์ เมเจอร์ มิฉะนั้นอาจทำให้มอเตอร์ ชำรุดเสียหายได้ เพราะขณะสตาร์ทมอเตอร์กินกระแสประมาณ ๑๕๐-๒๐๐% ของกระแสทำงานปกติ (Rate Current) การเริ่มเดินมอเตอร์แบบอนุกรมด้วยกล่อง สตาร์ท ๒ จุด (Two Point Starting Box) เพื่อลดกระแส ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ป้องกันความเสียหาย ของมอเตอร์ที่เกิดจากความเร็วสูงขณะมอเตอร์ไม่มีโหลด ดังรูป ที่ ๗.๒๔



รูปที่ 7.24 วงจร Wiring Diagram การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

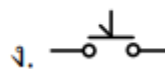
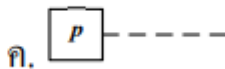
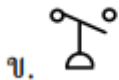
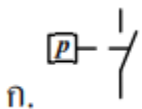
๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๕

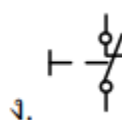
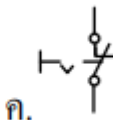
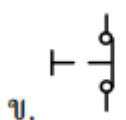
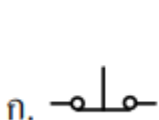
งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

๑. สัญลักษณ์ของสวิตช์ความดันแบบปกติเปิด ตามมาตรฐาน IEC คือข้อใด



๒. สัญลักษณ์ของสวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด ตามมาตรฐาน DIN คือข้อใด



๓. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบใดเขียนแยกส่วนของวงจรกำลังและวงจรควบคุมออกจากกัน

ก. แบบประกอบการติดตั้ง

ข. แบบสายเดี่ยว

ค. แบบแสดงการทำงาน

ง. แบบงานจริง

๔. หากต้องการติดตั้งและประกอบตู้ควบคุมมอเตอร์จะใช้แบบใดในการปฏิบัติงาน

ก. แบบประกอบการติดตั้ง

ข. แบบสายเดี่ยว

ค. แบบแสดงการทำงาน

ง. แบบงานจริง

๕. การควบคุมการทำงานระยะไกลที่ใช้งานร่วมกับสวิตช์แม่เหล็กเป็นการควบคุมแบบใด

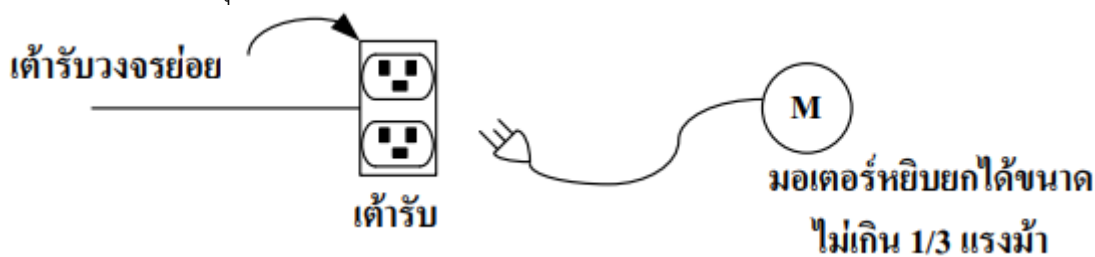
ก. การควบคุมด้วยมือ

ข. การควบคุมอัตโนมัติ

ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

๖. จากภาพ เป็นการควบคุมแบบใด



ก. การควบคุมด้วยมือ

ข. การควบคุมอัตโนมัติ

ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

๗. รีเลย์ช่วยแตกต่างจากแมกเนติกคอนแทกเตอร์คือข้อใด

ก. รีเลย์ช่วยใช้ในวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูงๆ ข. รีเลย์ช่วยมีเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

ค. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสหลัก

ง. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสช่วย

๘. คุณสมบัติและการใช้งานหน้าสัมผัสหลัก ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ คือข้อใด

ก. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลังและรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ

ข. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลังและรับกระแสไฟฟ้าได้สูง

ค. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ

ง. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง

๙. ในวงจรไฟฟ้าของตู้เย็นใช้โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบใด

- ก. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานด้วยมือ
- ข. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานอัตโนมัติ
- ค. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่
- ง. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่

๑๐. การควบคุมระยะขอบเขตการทำงานของวงจร (ปิด-เปิดประตู) จะใช้สวิตช์ตามข้อใด และติดตั้งอย่างไร

- ก. สวิตช์จำกัดระยะโดยติดตั้งแยกปิด-เปิด
- ข. สวิตช์ลูกกลอยโดยติดตั้งรวมกัน ในจุดปิด-เปิด
- ค. สวิตช์ปุ่มกด โดยติดตั้งรวมกันในจุดปิด-เปิด
- ง. สวิตช์ความดัน โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด

๗. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๘. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๕

งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

๑. สัญลักษณ์ของสวิตช์ความดันแบบปกติเปิด ตามมาตรฐาน IEC คือข้อใด



๒. สัญลักษณ์ของสวิตช์ปุ่มกดแบบปกติปิด ตามมาตรฐาน DIN คือข้อใด



๓. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบใดเขียนแยกส่วนของวงจรกำลังและวงจรควบคุมออกจากกัน

- ก. แบบประกอบการติดตั้ง
- ข. แบบสายเดี่ยว
- ค. แบบแสดงการทำงาน
- ง. แบบงานจริง

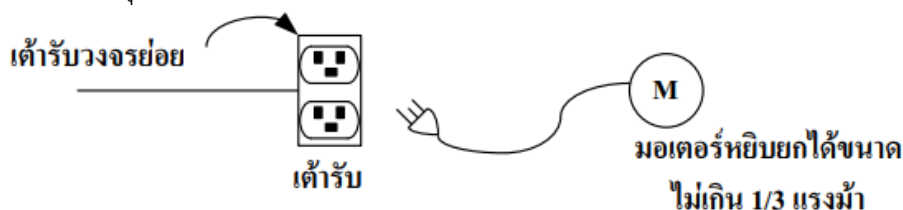
๔. หากต้องการติดตั้งและประกอบตู้ควบคุมมอเตอร์จะใช้แบบใดในการปฏิบัติงาน

- ก. แบบประกอบการติดตั้ง
- ข. แบบสายเดี่ยว
- ค. แบบแสดงการทำงาน
- ง. แบบงานจริง

๕. การควบคุมการทำงานระยะไกลที่ใช้งานร่วมกับสวิตช์แม่เหล็กเป็นการควบคุมแบบใด

- ก. การควบคุมด้วยมือ
- ข. การควบคุมอัตโนมัติ
- ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ
- ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

๖. จากภาพ เป็นการควบคุมแบบใด



- ก. การควบคุมด้วยมือ
- ข. การควบคุมอัตโนมัติ
- ค. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ
- ง. การควบคุมด้วยมือและการควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

๗. รีเลย์ช่วยแตกต่างจากแมกเนติกคอนแทกเตอร์คือข้อใด

- ก. รีเลย์ช่วยใช้ในวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าสูงๆ ข. รีเลย์ช่วยมีเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร
ค. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสหลัก ง. รีเลย์ช่วยมีเฉพาะหน้าสัมผัสช่วย

๘. คุณสมบัติและการใช้งานหน้าสัมผัสหลัก ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ คือข้อใด

- ก. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลังและรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
ข. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรกำลังและรับกระแสไฟฟ้าได้สูง
ค. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้ต่ำ
ง. หน้าสัมผัสหลักใช้ในวงจรควบคุม และรับกระแสไฟฟ้าได้สูง

๙. ในวงจรไฟฟ้าของตู้เย็นใช้โอเวอร์โวลต์รีเลย์แบบใด

- ก. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานด้วยมือ
ข. แบบมีปุ่มตั้งใหม่ตั้งการทำงานอัตโนมัติ
ค. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่
ง. แบบธรรมดาไม่มีปุ่มตั้งใหม่

๑๐. การควบคุมระยะขอบเขตการทำงานของวงจร (ปิด-เปิดประตู) จะใช้สวิตช์ตามข้อใด และติดตั้งอย่างไร

- ก. สวิตช์จำกัดระยะโดยติดตั้งแยกปิด-เปิด
ข. สวิตช์ลูกลอยโดยติดตั้งรวมกัน ในจุดปิด-เปิด
ค. สวิตช์ปุ่มกด โดยติดตั้งรวมกัน ในจุดปิด-เปิด
ง. สวิตช์ความดัน โดยติดตั้งแยกปิด-เปิด

	ใบงานที่ ๕		หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๙ - ๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า		ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๙ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า			

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า วัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ทหรอนิกส์ ระดับ ๔

- เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิค ทหรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์ออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แกไขตรวจสอบออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของการออกแบบวงจรกำลัง และวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

๑. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์หรือแอนะล็อกมัลติมิเตอร์ ๒ เครื่อง
๒. แหล่งจ่ายไฟตรงแบบปรับค่าได้ ๐-๓๐ V ๓ A ๒ เครื่อง
๓. ตัวต้านทานค่าคงที่ ๑ M Ω , ๑ k Ω , ๔๗ k Ω , ๓๓๐ Ω , ๕๖๐ Ω , ๖ k Ω , ๕.๖ k Ω , ๑๐ k Ω อย่างละ ๑ ตัว
๔. เจเฟต เบอร์ BF๒๔๕ ๑ ตัว
๕. แผงประกอบวงจรและสายต่อวงจร ๑ ชุด

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติ

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงเขียนมาตรฐานและความหมายของสัญลักษณ์ในตารางข้างล่าง

ข้อย่อยแต่ละลำดับที่ข้อละ 2 คะแนน

ลำดับที่	สัญลักษณ์	มาตรฐาน	ความหมาย
1.		DIN	สวิตช์ปุ่มกดปกติเปิด
2.		IEC, ANSI	สวิตช์ลูกกลอยปกติปิด
3.		ANSI	สวิตช์ทำงานด้วยเท้าปกติปิด
4.		IEC	สวิตช์ความดันปกติเปิด
5.		DIN	สวิตช์ลูกกลอยปกติปิด
6.		ANSI	สวิตช์ทำงานด้วยความร้อนหรือ สวิตช์อุณหภูมิปกติเปิด
7.		DIN, IEC	สวิตช์จำกัดระยะปกติเปิด
8.		DIN, IEC	ขดลวดหรือคอยล์ของสวิตช์แม่เหล็ก หรือคอยล์รีเลย์
9.		DIN, IEC	ปลดหรือทริปด้วยแม่เหล็ก
10.		DIN, IEC	โอเวอร์โหลดรีเลย์ทริปด้วยความร้อน
11.		ANSI	ฟิวส์
12.		IEC	เซอร์กิตเบรกเกอร์
13.		DIN	หลอดสัญญาณ

ลำดับที่	สัญลักษณ์	มาตรฐาน	ความหมาย
14.		DIN	หลอดสัญญาณ
15.		ANSI	สวิตช์ควบคุมการไหลหรือ โฟลสวิตช์ ปกติปิด

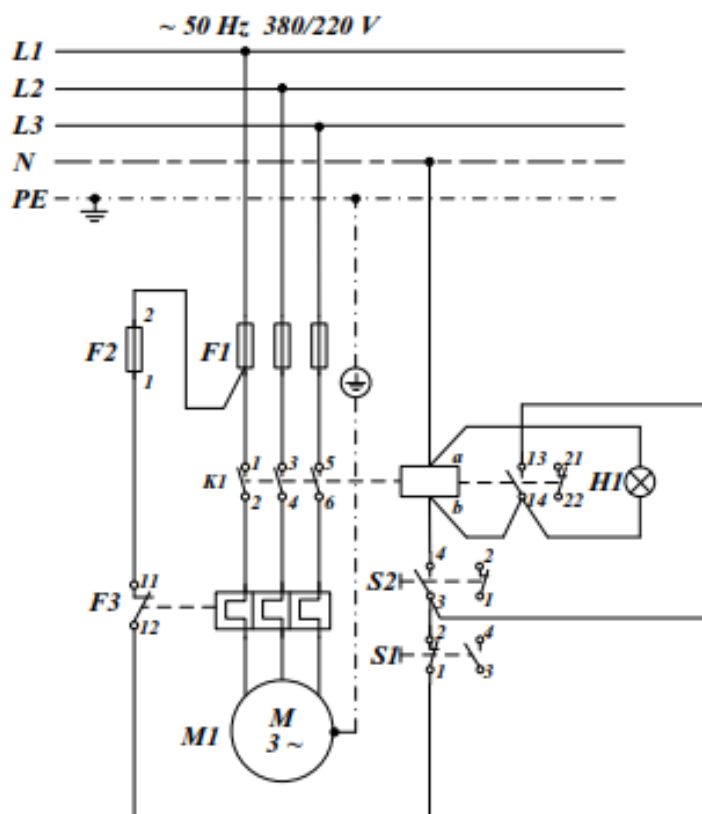
2. การเขียนแบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า สามารถแบ่งออกเป็น 4 (1 คะแนน) แบบ คือ (4 คะแนน)

1. แบบงานจริง
2. แบบแสดงการทำงาน
3. แบบสายเคเบิล
4. แบบประกอบการติดตั้ง

3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 (1 คะแนน) วิธี แต่ละวิธีมีหลักการควบคุมอย่างไร (6 คะแนน)

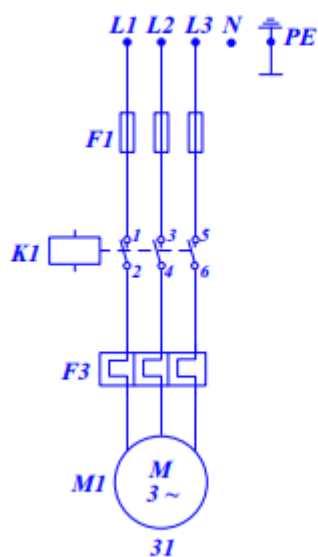
1. การควบคุมด้วยมือ มีหลักการควบคุม คือจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานการทำงานทั้งสิ้น ทำหน้าที่ควบคุมโดยตรง
2. การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ มีหลักการควบคุม คือจะใช้คนควบคุมร่วมกับสวิตช์และควบคุมได้ทั้งระยะใกล้และระยะไกล
3. การควบคุมอัตโนมัติ มีหลักการควบคุม คือใช้คนกดปุ่มเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้าในครั้งแรกเท่านั้น ต่อจากนั้นวงจรจะทำงานตามเงื่อนไขโดยอัตโนมัติทุกขั้นตอน

4. จากวงจรข้างล่างให้เขียนแบบแสดงการทำงาน (Schematic Diagram)

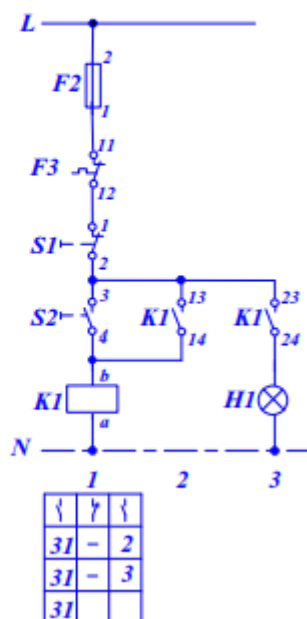


เขียนแบบแสดงการทำงาน

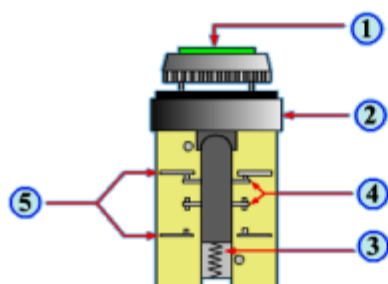
วงจรกำลัง (5 คะแนน)



วงจรควบคุม (5 คะแนน)



5. จากรูปส่วนประกอบของสวิตช์ปุ่มกด จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์ (5 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ ปุ่มกด

หมายเลข 2 คือ กรอบโลหะหรือ
พลาสติก

หมายเลข 3 คือ สปริง

หมายเลข 4 คือ หน้าสัมผัสเคลื่อนที่

หมายเลข 5 คือ หน้าสัมผัสอยู่กับที่

6. ซีเล็คเตอร์โวลต์กับซีเล็คเตอร์แอมป์ ใช้งานแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

ซีเล็คเตอร์โวลต์จะใช้ร่วมกับโวลต์มิเตอร์ เพื่อวัดขนาดแรงดันไฟฟ้าในระบบทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส ส่วนซีเล็คเตอร์แอมป์จะใช้ร่วมกับหม้อแปลงกระแสและแอมมิเตอร์เพื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรของแต่ละเฟส

7. สวิตช์ความดันแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 3 (1 คะแนน) ชนิด คือ (3 คะแนน)

1. แบบทำงานด้วยลูกสูบ
2. แบบทำงานด้วยไดอะแฟรม
3. แบบทำงานด้วยหีบลมหรือเบลโลซ์

8. หลอดสัญญาณที่นิยมใช้ในตู้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ามี 2 (1 คะแนน) ชนิด คือ (2 คะแนน)

1. ชนิดแบบมีหม้อแปลงไฟฟ้าในตัว
2. ชนิดแบบไม่มีหม้อแปลงไฟฟ้าในตัว

9. หน้าสัมผัสหลักกับหน้าสัมผัสช่วย แตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

หน้าสัมผัสหลักเป็นหน้าสัมผัสที่รับขนาดกระแสได้สูง และจะใช้ในวงจรกำลัง ส่วนหน้าสัมผัสช่วยรับกระแสได้ต่ำจะใช้ในวงจรควบคุม

10. วงแหวน “เซตเคดริง” มีไว้เพื่อประโยชน์อะไร (2 คะแนน)

วงแหวน “เซตเคดริง” มีไว้เพื่อช่วยป้องกันการสั้นของแกนเหล็กอื่นเนื่องจากใช้ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นตัวกระตุ้นขดลวด

11. จงบอกข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า มาเป็นข้อ ๆ (2

คะแนน)

1. สามารถตัดต่อวงจรที่มีกระแสสูงได้ ด้วยอุปกรณ์ควบคุมซึ่งกินกระแสต่ำ
2. ใช้กับงานที่มีลักษณะต่อเนื่อง หรืองานซึ่งมีการตัดและต่อวงจรบ่อย ๆ
3. เป็นอุปกรณ์ที่แข็งแรงทนทานและใช้งานได้นาน
4. สามารถปรับให้ใช้กับระบบควบคุมอื่น ๆ ได้ง่าย

12. แมกเนติกคอนแทกเตอร์กับรีเลย์ช่วยแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

แมกเนติกคอนแทกเตอร์จะมีหน้าสัมผัสหลักโดยมีขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ส่วนรีเลย์ช่วยมีลักษณะเหมือนคอนแทกเตอร์ทุกประการ แต่ไม่มีหน้าสัมผัสหลัก

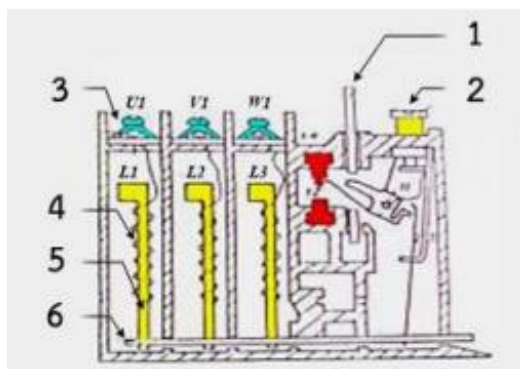
13. การทำงานของรีเลย์หน่วงเวลามี 2 (1 คะแนน) แบบ แต่ละแบบมีหลักการทำงานอย่างไร (4 คะแนน)

1. หน่วงเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า มีหลักการทำงานคือเมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หน่วงเวลาหน้าสัมผัสจะอยู่ในสภาพเดิมก่อน เมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้แล้ว หน้าสัมผัสจึงจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสภาวะตรงข้ามและจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟเข้ารีเลย์ หน้าสัมผัสจึงกลับสู่สภาพเดิม

2. หน่วงเวลาหลังจากตัดไฟออก มีหลักการทำงาน คือเมื่อจ่ายไฟเข้ารีเลย์หน่วงเวลาหน้าสัมผัสจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นสภาวะตรงกันข้ามทันที หลังจากตัดไฟออกจากรีเลย์แล้วจึงเริ่มหน่วงเวลาเมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ หน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาพเดิม

14. จากรูปส่วนประกอบของรีเลย์โหลดเกิน จงเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

(6 คะแนน)



หมายเลข 1 คือ ปุ่มกดตั้งใหม่

หมายเลข 2 คือ ปุ่มปรับตั้งค่ากระแส
โหลดเกิน

หมายเลข 3 คือ ขั้วต่อสายวงจรกำลัง

หมายเลข 4 คือ ขดลวดความร้อน

หมายเลข 5 คือ แผ่นโลหะไบเมทัลล

หมายเลข 6 คือ กานส่ง

15. หม้อแปลงประกอบเครื่องวัดไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 (1 คะแนน) ชนิด แต่ละชนิดใช้งานอย่างไร (4 คะแนน)

1. หม้อแปลงกระแสเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงมากๆ วิธีการ คือ ต่อขดลวดปฐมภูมิอนุกรมกับโหลด และด้านทุติยภูมิต่อเข้ากับแอมมิเตอร์ โดยต้องเลือกใช้แอมมิเตอร์ และซีทีให้สัมพันธ์กันด้วย

2. หม้อแปลงแรงดัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และเครื่องวัดเพาเวอร์แฟกเตอร์ เมื่อแรงดันของระบบหรือแรงดันตกคร่อมที่โหลดสูงกว่าช่วงการวัดของเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๕

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ

๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย

๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ ๖
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑๒ - ๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		ทฤษฎี ๘ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		ปฏิบัติ ๑๒ ชม.

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แก้ไขตรวจสอบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๒ การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๑ เฟส
- ๕.๓ การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส
- ๕.๔ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ๕.๕ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๕ (๑๐ นาที)

๖.๑ ขั้นนำ (๑๖๐ นาที)

- ๑) แจกจุดประสงค์การเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ ๖
- ๒) นำเข้าสู่บทเรียนโดยคำถาม เรื่อง โครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๖.๒ ขั้นกิจกรรม (๘๐๐ นาที)

๓) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point โครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า โดยนักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๔) สุ่มตัวอย่างนักเรียน ๓-๕ คน อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๕) ครูนำเสนอโดยใช้สื่อ Power point เรื่อง โครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในอุดมคติ ในทางปฏิบัติ นักเรียนรับฟังการบรรยาย ถาม-ตอบในชั้นเรียน

๖) นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม

๗) ตัวแทนนักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้รับมอบหมาย

๘) ครูอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๙) ครูอธิบายและสาธิตการตรวจสอบโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๑๐) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ ๓-๕ คน ตามความสมัครใจ ศึกษาใบงานการทดลองที่ ๖

๑๑) ครูแจกอุปกรณ์ทดลองใบงานที่ ๖

๖.๓ ขั้นวิเคราะห์ (๒๐๐ นาที)

๑๒) ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๖

๑๓) ครูให้นักเรียนสลับให้เพื่อนในห้องตรวจแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๖

๑๔) ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบทดสอบที่ละข้อ และตรวจให้คะแนนเพื่อนจนครบทุกข้อ และไม่แก้คะแนนให้เพื่อน พร้อมกับลงชื่อผู้ตรวจกำกับและส่งคืนครู

๖.๔ ขั้นสรุปและประเมินผล (๔๐ นาที)

๑๕) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปความรู้ประจำหน่วยที่ ๖ เพื่อให้เกิดองค์ความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ลักษณะสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้า การตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ สื่อการสอน และสิ่งพิมพ์

๗.๑.๑ หนังสือ Electronic Device and Circuit ของ Robert Boylestad, Louis Nashelsky

๗.๑.๒ หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๗.๑.๓ Power point หน่วยที่ ๖ เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๗.๒ ของจริง มอสเฟตแบบต่างๆ

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑. หลักฐานความรู้โครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. หลักฐานการปฏิบัติงาน วัด แก๊ซ ตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ ตามแบบที่กำหนด

๒. หลักฐานการปฏิบัติงานปฏิบัติงานอาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑. อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
๓. แกไขตรวจสอบมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด
๔. จำแนกอาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ตามแบบที่กำหนด
๕. แก้ปัญหาการเสียของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ตามขั้นตอนวิธีที่กำหนด

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑. สัมภาษณ์
๒. สังเกตการณ์ปฏิบัติงาน
๓. ประเมินผลงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑. แบบบันทึกผลการสัมภาษณ์
๒. แบบสังเกตการณ์ปฏิบัติงานแบ่งเป็น ๓ ด้าน ได้แก่
 - ๒.๑ ด้านความรู้
 - ๒.๒ การปฏิบัติงาน
 - ๒.๓ พฤติกรรมการปฏิบัติงาน
๓. แบบตรวจผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน**

.....

.....

.....

.....

๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

.....

๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา**๑) ผลการแก้ไขปัญหที่ส่งผลพอร์ทที่ดีต่อผู้เรียน**

.....

.....

.....

.....

๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....

	ใบความรู้	หน่วยที่ ๖
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖ ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑๒ - ๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี ๘ ชม. ปฏิบัติ ๑๒ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลไฟฟ้า ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลไฟฟ้า ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แก้ไขตรวจสอบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขหาอาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เนื้อหาสาระ

การเริ่มต้นและการควบคุมมอเตอร์

การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ เป็นการควบคุมมอเตอร์ให้มอเตอร์เริ่มทำงานและหยุดได้ ตามความต้องการอย่างปลอดภัยทำให้เกิดความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เนื่องจากในขณะการเริ่มต้นมอเตอร์จะใช้กระแสจำนวน 5-8 เท่าของกระแสเต็มพิกัดมอเตอร์ ในการเอาชนะแรงเฉื่อยเพื่อจุดให้โรเตอร์ในมอเตอร์กระแสสลับ และอาร์เมเจอร์ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เริ่มหมุนจากขณะที่หยุดนิ่งและมีแรงเฉื่อยให้โรเตอร์หมุนต่ออีก ในขณะที่ยุติจ่ายกระแสให้มอเตอร์

7.1 การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การเริ่มต้นมอเตอร์หรือการสาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้อุปกรณ์ช่วยในการเริ่มต้น เพื่อที่จะลดกระแสที่ไหลในคัวอาร์เมเจอร์และเพื่อให้เกิดแรงบิดในขณะเริ่มต้นและอุปกรณ์ช่วยที่ใช้ในการเริ่มต้น ยังทำให้เกิดความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เนื่องจากในขณะการเริ่มต้นมอเตอร์ จะใช้กระแสจำนวนมากในการเอาชนะแรงเฉื่อย เพื่อจุดให้อาร์เมเจอร์เริ่มหมุนจากขณะที่หยุดนิ่งและมีแรงเฉื่อยให้อาร์เมเจอร์หมุนต่ออีกในขณะที่ยุติจ่ายกระแสให้มอเตอร์ในส่วนของการเริ่มต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ 1.8 จะไม่ขอนำมากล่าวในที่นี้อีก

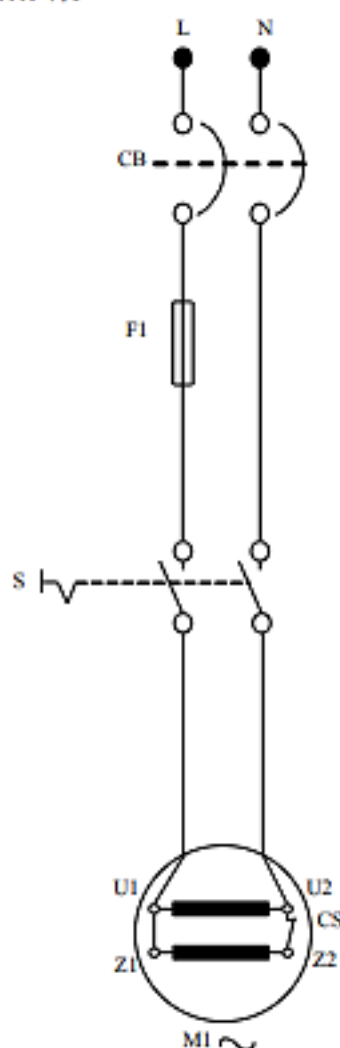
7.2 การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสเป็นการควบคุมมอเตอร์ ให้มอเตอร์เริ่มทำงานและหยุดได้ตามความต้องการอย่างปลอดภัยทำให้เกิดความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เนื่องจากในขณะการเริ่มต้นมอเตอร์จะใช้กระแสจำนวน 5-8 เท่าของกระแสเต็มพิกัดมอเตอร์ในการเอาชนะแรงเฉื่อย เพื่อจุดให้โรเตอร์เริ่มหมุนจากขณะที่หยุดนิ่งและมีแรงเฉื่อยให้โรเตอร์หมุนต่ออีกในขณะที่ยุติจ่ายกระแสให้มอเตอร์ ในการเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสในบทนี้จะแบ่งการเริ่มต้นเป็น 2 แบบด้วยกันได้แก่

1. การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสควบคุมด้วยมือ
2. การเริ่มต้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยสวิตช์ปุ่มกดและคอนแทกเตอร์

7.2.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสควบคุมด้วยมือ

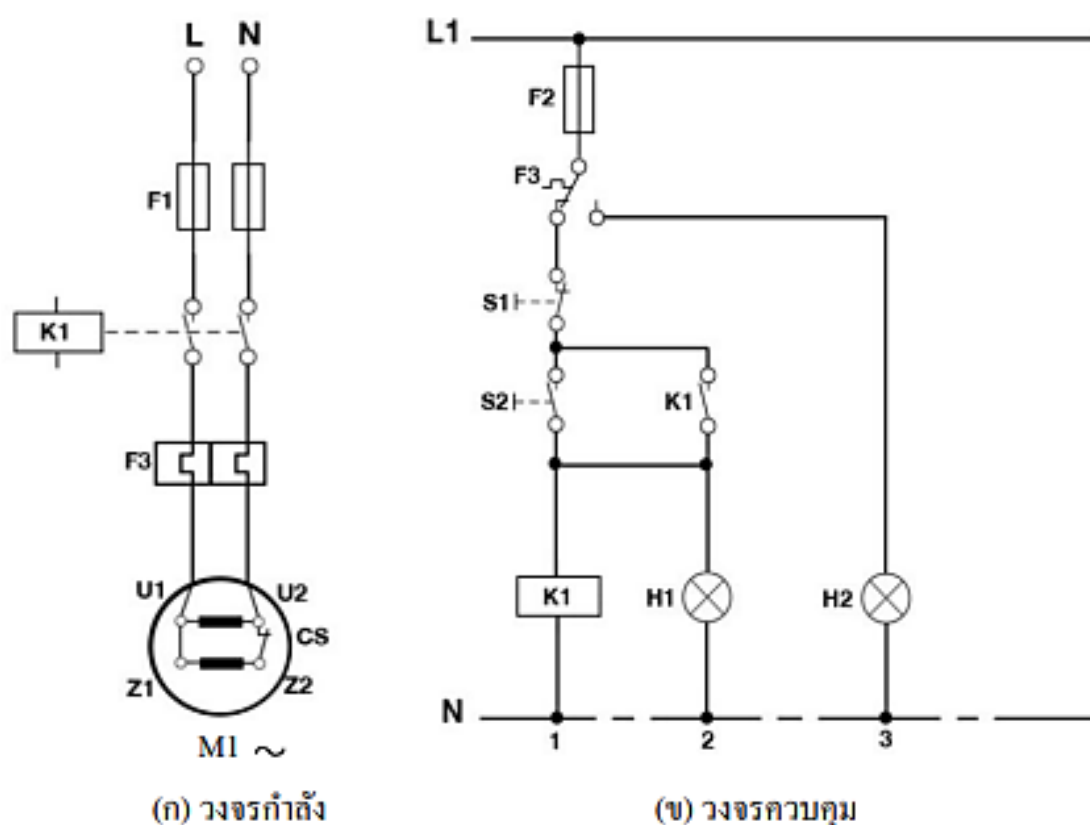
การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยมือมักนิยมใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ $\frac{1}{4}$ แรงม้า – 5 แรงม้าหากใช้กับมอเตอร์ขนาดใหญ่จะเกิดการอาร์ก ของหน้าสัมผัสสวิตช์ ในขณะที่ทำการตัดต่อวงจรการเริ่มเดิน ซึ่งอาจทำให้หน้าสัมผัสเกิดการเสียหายได้ ซึ่งการเริ่มเดินที่ใช้ On-Off Switch มีหลักการใช้งานโดยการ โยกคันโยกหรือทำการกดของ On-Off Switch เพื่อให้สวิตช์ทำหน้าที่ในการตัดต่อวงจรการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า และอีกทั้งยังสามารถเลือกตำแหน่งการทำงานได้ อีกด้วย ในการควบคุมการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยสวิตช์ On-Off จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันได้แก่ ฟิวส์ และเซอร์กิตเบรกเกอร์ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันกระแสลัดวงจรและป้องกันกระแสเกิน ซึ่งเกิดจากมอเตอร์ซึ่งในที่นี้จะแสดงให้เห็นถึงการเริ่มเดินโดยควบคุมด้วยมือ ดังภาพที่ 7.1



ภาพที่ 7.1 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์
ที่มา (กิจจา แก่นศิริ, 2550:124)

7.2.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ด้วยสวิตช์ปุ่มกดและคอนแทกเตอร์แบบสตาร์ทโดยตรง

การเริ่มเดินด้วยสวิตช์ปุ่มกด และคอนแทกเตอร์เป็นวิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถควบคุมการเริ่มหรือหยุดเดิน ด้วยการใชสวิตช์ปุ่มกดร่วมกับคอนแทกเตอร์ และอุปกรณ์ป้องกันอื่นกล่าวคือ ใช้สวิตช์ปุ่มกดเป็นคำสั่งให้มีการเริ่มเดินหรือหยุดเดิน โดยจะไปควบคุมการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ นิยมใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดแรงม้า 5 แรงม้า ขึ้นไป วงจรการควบคุมแสดงได้ ดังภาพที่ 7.2



ภาพที่ 7.2 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

ที่มา (บุญเลิศ โพธิ์ขำ, 2548:40)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) ทำหน้าที่ในการหยุดวงจร
- S2 สวิตช์ปุ่มกด ทำหน้าที่ในการสตาร์ทวงจร
- K1 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ ทำหน้าที่ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- F3 Overload Relay ทำหน้าที่ ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์
- F1 ฟิวส์วงจรกำลัง ทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรในสายวงจรกำลัง

F2 ฟิวส์วงจรควบคุม ทำหน้าที่ป้องกันลัดวงจรในสายวงจรควบคุม

H1 หลอดสัญญาณ ทำหน้าที่ แสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์

H2 หลอดสัญญาณ ทำหน้าที่ แสดงสถานะของมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 220 V

การทำงานของวงจรควบคุมแบ่งเป็นลำดับได้ 3 สถานะ คือ เริ่มเดินมอเตอร์ หยุดมอเตอร์ และมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

1. เริ่มเดินมอเตอร์ (Motor Start) เมื่อทำการกดสวิตช์ S2 กระแสจะไหลจาก Line ไหลผ่าน F2 ซึ่งเป็น **ฟิวส์ของวงจรควบคุม** ทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรในวงจรควบคุมและผ่านหน้าสัมผัสของ F3 ซึ่งเป็น Overload Relay ทำหน้าที่ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ผ่านหน้าสัมผัส S1 ซึ่งเป็นสวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่สั่งงานการหยุดมอเตอร์ผ่าน S2 ซึ่งเป็นสวิตช์ปุ่มกด ทำหน้าที่สั่งงานการเริ่มเดินของมอเตอร์ผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กครบวงจรที่ N ทำให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ทำงานในวงจรกำลังหน้าสัมผัสหลัก K1 เปลี่ยนจาก N.O. เป็น N.C. ต้องวงจรให้มอเตอร์ทำงานในวงจรควบคุมหน้าสัมผัสช่วยของ K1 แฉกที่ 2 จะต้องวงจรให้ขดลวดสนามแม่เหล็กคงสภาพการทำงาน(Self Holding)ต่อไปได้ เมื่อปล่อยมือจาก S2 หน้าสัมผัสช่วยของ K1 แฉกที่ 3 ต้องวงจรให้หลอดสัญญาณ H1 ในแฉกที่ 3 สว่างซึ่งหลอดสัญญาณ H1 สว่างเป็นการแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์

2. หยุดมอเตอร์ □ (Motor Stop) จากวงจรควบคุมเมื่อกดสวิตช์ □ S1 จะเป็นการตัดกระแสที่จ่ายให้กับขดลวด สนามแม่เหล็ก ทำให้ □ K1 หยุดทำงานหน้าสัมผัสจะกลับสถานะเดิม มอเตอร์ □ หยุดทำงาน หลอดสัญญาณดับ H1 ดับ

3. มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง กระแสที่ไหลขณะมอเตอร์ทำงานเกินกำลังจะทำให้ลาวความร้อนของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ในวงจรกำลังส่งสัญญาณให้หน้าสัมผัส F3 ในวงจรควบคุมทำงานเปิดวงจรตัดกระแสที่จ่ายให้ขดลวดสนามแม่เหล็ก K1 ทำให้ K1 หยุดทำงานหน้าสัมผัสจะกลับสู่สถานะเดิมมอเตอร์หยุดทำงานในขณะเดียวกันจะต้องวงจรหลอดสัญญาณ H2 ให้สว่างซึ่งเป็นการแสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

7.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

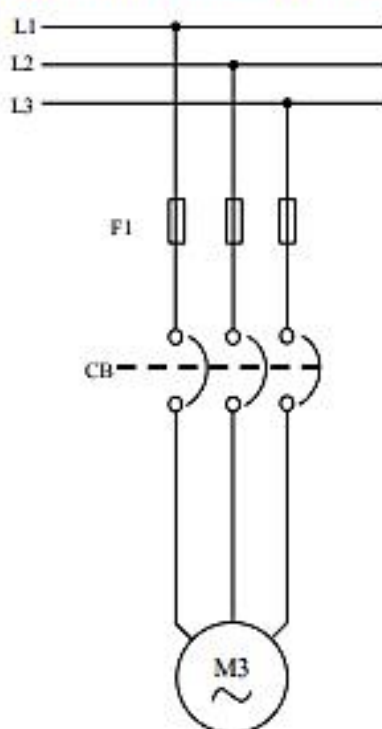
การเริ่มเดินของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส เป็นการทำให้มอเตอร์เริ่มทำงานได้อย่างปลอดภัยทั้งนี้ เนื่องจากในขณะเริ่มเดินมอเตอร์ จะใช้กระแสจำนวนมากกว่าปกติ 5-8 เท่าในการ

สคาร์ทหรือการเริ่มเดิน เพื่อเป็นการการเอาชนะแรงเฉื่อยเพื่อจุดให้โรเตอร์เริ่มหมุนจากขณะหยุดนิ่งรวมทั้งทำให้เกิดความปลอดภัยต่อทรัพย์สิน และความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

7.3.1 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

การเริ่มเดินมอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส ด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นวิธีการควบคุมที่ไม่ยุ่งยากเป็นการปลดวงจร โดยอาศัยความร้อนและแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งทำหน้าที่ป้องกันกระแสลัดวงจรและป้องกันกระแสเกินซึ่งเกิดจากมอเตอร์

ภาพที่ 7.3 แสดงหลักการทำงานของวงจร เมื่อดันคันบังคับของเซอร์กิตเบรกเกอร์ขึ้นจะต่อมอเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่าย มอเตอร์ก็จะทำงาน เมื่อต้องการหยุดหมุนก็ทำการดึงคันบังคับลง ถ้ากรณีมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานเกินกำลังเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะทริปทำการปลดวงจรมอเตอร์ออกทันที เมื่อต้องการให้มอเตอร์ ทำงานอีกครั้งให้ดึงคันบังคับลงก่อนแล้วจึงดันขึ้นอีกครั้งจึงจะสามารถใช้งานได้ในการเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ จำเป็นต้องเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เหมาะสมกับขนาดพิกัดกระแสของมอเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ยอมปลดวงจรเพราะกระแสในวงจรมอเตอร์ ยังไม่ถึงจุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะปลดวงจร ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายกับตัวมอเตอร์ได้ดังนั้นขณะใช้งาน จึงต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันอื่น



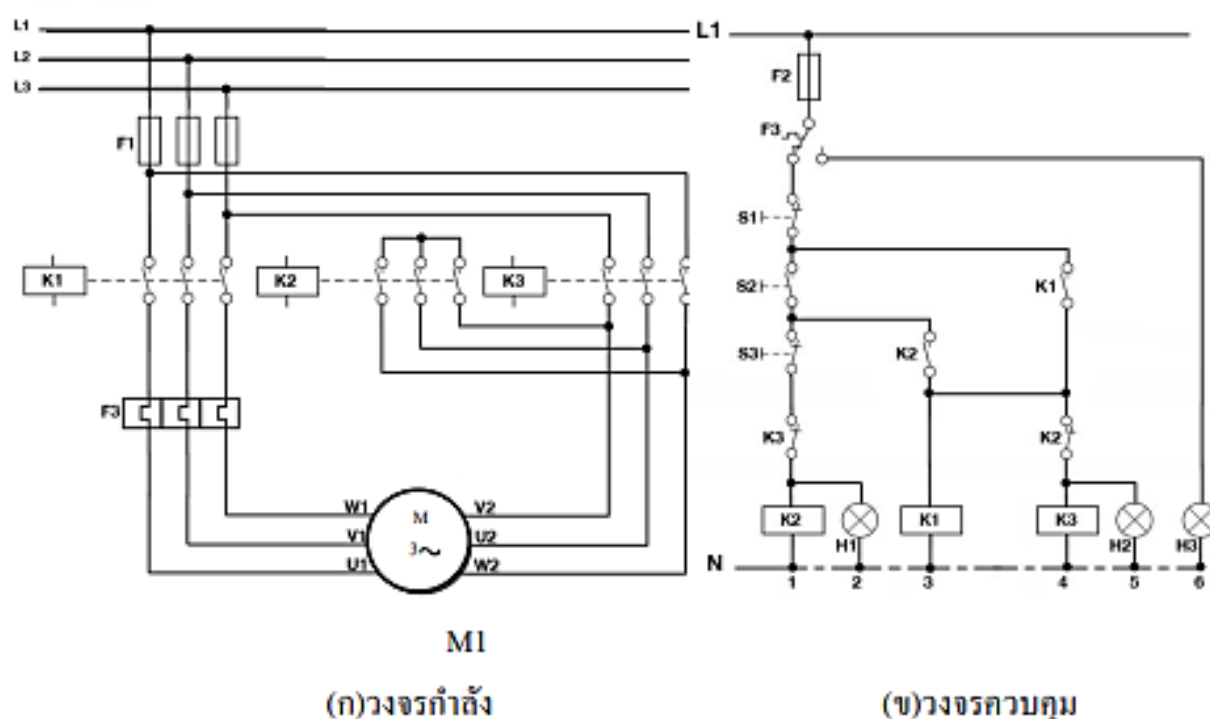
ภาพที่ 7.3 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์

ที่มา (กิจจา แก่นศิริ, 2550:131)

7.3.2 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยสวิตช์ปุ่มกดและคอนแทกเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า

การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าเป็นวิธีการสตาร์ทมอเตอร์ที่มีความแพร่หลายอย่างมากเป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะประหยัดสะดวก การสตาร์ทมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ในช่วงแรก (ขณะสตาร์ท) ขดลวดของมอเตอร์จะต่อแบบสตาร์ แรงดันที่ขดลวดแต่ละเฟสประมาณ 58% ของแรงดันในระบบ ภายหลังจากช่วงเวลาการสตาร์ทผ่านไป (ขณะหมุนทำงาน) ขดลวดของมอเตอร์จะเปลี่ยนการต่อเป็นแบบเดลต้า แรงดันที่ขดลวดมอเตอร์แต่ละเฟสขณะนี้เท่ากับแรงดันในระบบ

มอเตอร์จะนำมาใช้กับการสตาร์ทด้วยวิธีนี้ ขณะหมุนทำงานจะต่อแบบเดลต้า ดังนั้นแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ที่จ่ายให้มอเตอร์ จะมีพิกัดแรงดันเท่ากับพิกัดแรงดันของมอเตอร์เมื่อต่อแบบเดลต้าจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ต้องสามารถใช้กับแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ได้



ภาพที่ 7.4 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ – เดลต้า ด้วยมือ

ที่มา (ธวัชชัย อัดถวิบูลย์กุล, 2548:103)

รายการอุปกรณ์

S1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) ทำหน้าที่ในการหยุดวงจร

S2 สวิตช์ปุ่มกด ทำหน้าที่ในการสตาร์ทวงจร

- K1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำหน้าที่ □ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- F3 Overload Relay ทำหน้าที่ ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์
- F3 ฟิวส์วงจรกำลัง ทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรในสายวงจรกำลัง
- F3 ฟิวส์วงจรควบคุม ทำหน้าที่ป้องกันการลัดวงจรในสายวงจรควบคุม
- H1 หลอดสัญญาณ ทำหน้าที่ แสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์
- H2 หลอดสัญญาณ ทำหน้าที่ แสดงสถานะของมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- M 1 ~ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 220 /380V

หลักการทำงานของวงจรการการ เริ่มต้นด้วยสวิตช์ปุ่มกดและคอนแทคเตอร์ ตามภาพที่ 7.4 เป็นวงจรสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสแบบสตาร์ท-เคลด้าโดยใช้คอนแทคเตอร์แบบควบคุม ด้วยมือ การทำงานของวงจร เมื่อกดสวิตช์ปุ่มกด S2 ทำให้ K2 (สตาร์ท-คอนแทคเตอร์)ทำงาน คอนแทคช่วยปกติปิดของ K2 ในแถวที่ 3 จะลัดวงจร K3 ขณะเดียวกันคอนแทคปกติเปิดของ K2 ในแถวที่ 2 ค่อยวงจรให้ K1 (เมนคอนแทคเตอร์) ทำงานหลังจาก K1 ทำงานและปล่อย S2 แล้ว คอนแทคช่วยปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 3 จะค่อยวงจรให้ K1 และ K2 ทำงานได้ตลอดเวลา ขณะนี้มอเตอร์ต่อแบบสตาร์ท เมื่อกดปุ่ม S3 ทำให้ K2 หยุดทำงาน คอนแทคช่วยปกติปิดของ K2 ในแถวที่ 3 จะกลับสู่สภาพเดิมจึงค่อยวงจรให้ K3 (เคลด้า-คอนแทคเตอร์) ทำงาน คอนแทคปกติปิดของ K3 ในแถวที่ 1 จะลัดวงจร K2 ขณะนี้มอเตอร์ต่อแบบเคลด้า เมื่อต้องการให้มอเตอร์หยุดหมุนให้กดปุ่ม S1

7.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ หรือการสตาร์ทมอเตอร์ ในช่วงเริ่มต้นของการสตาร์ทมอเตอร์ยังไม่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ เกิดขึ้นที่ตัวอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อม ที่อาร์เมเจอร์ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายกับมอเตอร์ได้ เนื่องจากความต้านทานของอาร์เมเจอร์มีค่าต่ำมาก เพราะฉะนั้นในการสตาร์ทมอเตอร์นั้นจำเป็นอย่างมากที่จะต้องลดความต้านทานอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ เพื่อที่จะควบคุมกระแสทำให้มอเตอร์มีความปลอดภัยขณะที่มอเตอร์หมุนไปแล้วจึงค่อยๆลดค่าความต้านทานที่ละน้อยจนในที่สุดความต้านทานจะถูกปลดออกจากวงจรอาร์เมเจอร์

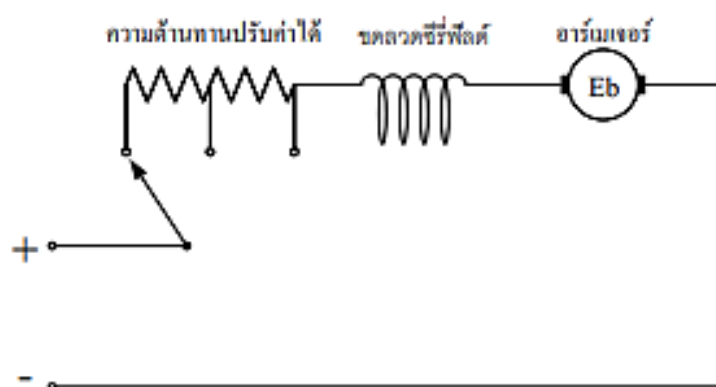
7.4.1 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1. มอเตอร์แบบอนุกรม
2. มอเตอร์แบบขนาน
3. มอเตอร์แบบผสม

ในบทนี้การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะกล่าวถึงเฉพาะการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบอนุกรมและมอเตอร์แบบขนานเท่านั้นเพราะการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบผสมจะนำเอาวิธีการของมอเตอร์แบบอนุกรมและแบบขนานมาประยุกต์ใช้

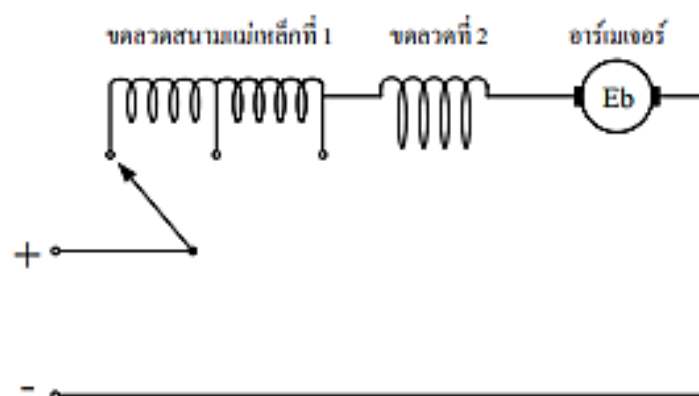
1. การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบอนุกรม มอเตอร์ไฟฟ้าแบบอนุกรมนี้จะมีความเร็วสูงมาก จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ ในที่นี้จะกล่าวถึงการควบคุมอยู่ 2 วิธีคือใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าขณะสตาร์ท และอีกวิธีหนึ่งคือใช้การแบ่งที่ขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Tapped Field) เพื่อลดกระแสที่ผ่านอาร์เมเจอร์ ตัวต้านทานที่นิยมใช้ก็ได้แก่ลวดนิโครม (Nichrome Wire) และแผ่นคาร์บอน (Carbon Plate) การต่อความต้านทานควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ดังภาพที่ 7.5



ภาพที่ 7.5 การต่อความต้านทานควบคุมความเร็วของมอเตอร์

ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

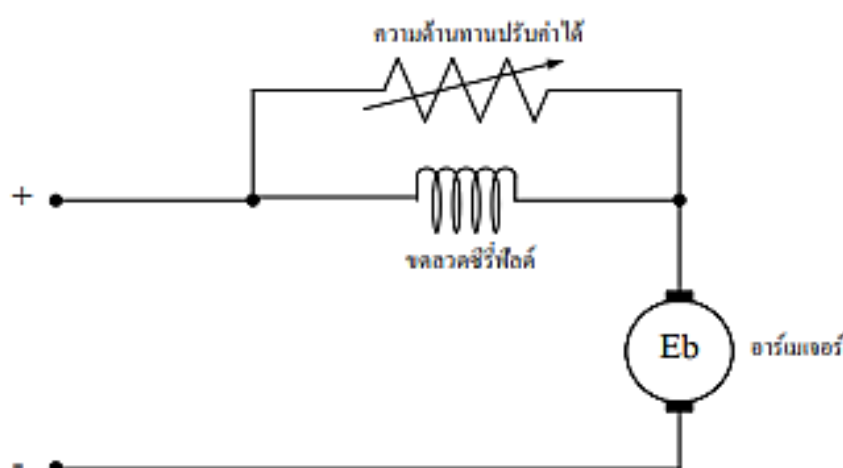
การควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการแบ่งที่ขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Tapped Field) คือการนำขดลวดขั้วแม่เหล็กที่ 1 มาแบ่งออกตามลักษณะ ดังภาพที่ 7.6 จากนั้นก็ต่อเข้ากับสวิตช์เลือกเพื่อปรับให้อยู่ในจุด ที่ทำการแบ่งเพื่อให้ความเร็ว ของมอเตอร์เป็นไปตามต้องการ



ภาพที่ 7.6 การควบคุมความเร็วโดยการแบ่งขดลวด

ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

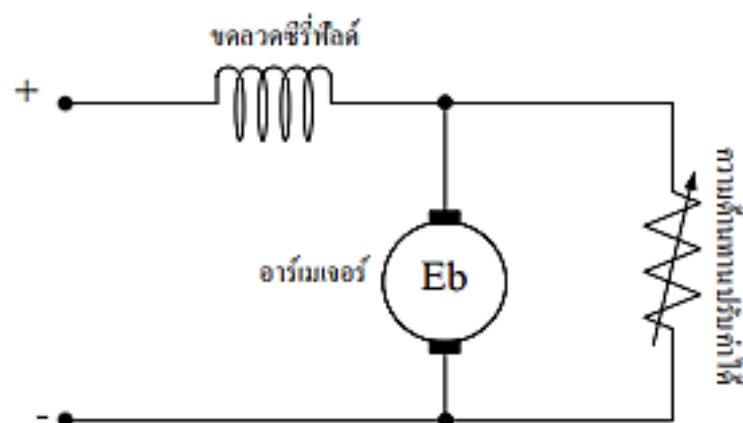
สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกระแสสูง การควบคุมความเร็วโดยการต่อความต้านทาน และการปรับค่าความต้านทานและการเลื่อนปุ่มจะทำให้เกิดประกายไฟ (Arc) และเกิดความร้อนสูง จึงใช้วิธีแบ่งแยกกระแสในขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Field Divertor) โดยนำความต้านทานปรับค่าได้ต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็ก ดังภาพที่ 7.7 เพื่อใช้ปรับความเร็ว เมื่อต้องการความเร็วสูง กว่าความเร็วปกติ



ภาพที่ 7.7 การควบคุมความเร็วมอเตอร์อนุกรมให้สูงกว่าความเร็วปกติ

ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

และเมื่อต้องการความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติ ใช้ความต้านทานปรับค่าได้ (Rheostat) ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังภาพที่ 7.8



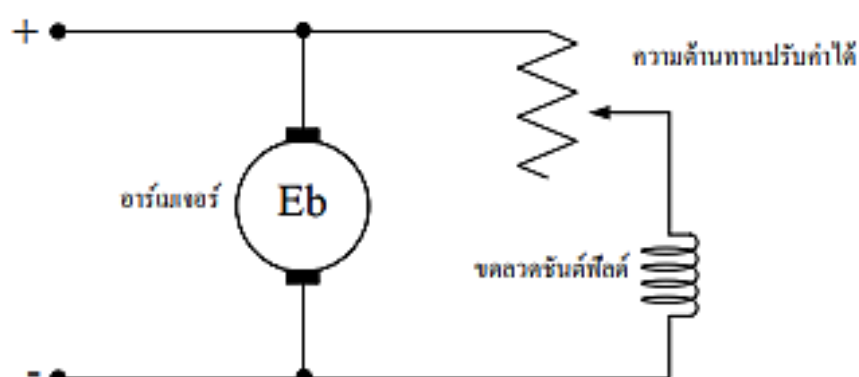
ภาพที่ 7.8 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้ต่ำกว่าความเร็วปกติ

ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

2. การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง แบบชัณฑ์ (Shunt Motor) มอเตอร์กระแสตรงแบบชัณฑ์คือขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Field Coil) ขนานกับขดลวดชุดอาร์เมเจอร์จึงเรียกว่าแบบชัณฑ์หรือชัณฑ์มอเตอร์ มอเตอร์แบบนี้มีความเร็วปกติคงที่ แต่ถ้าจะควบคุมความเร็วให้แตกต่างไปทำได้ 2 วิธี

1. ความเร็วมอเตอร์สูงกว่าปกติ
2. ความเร็วมอเตอร์ต่ำกว่าปกติ

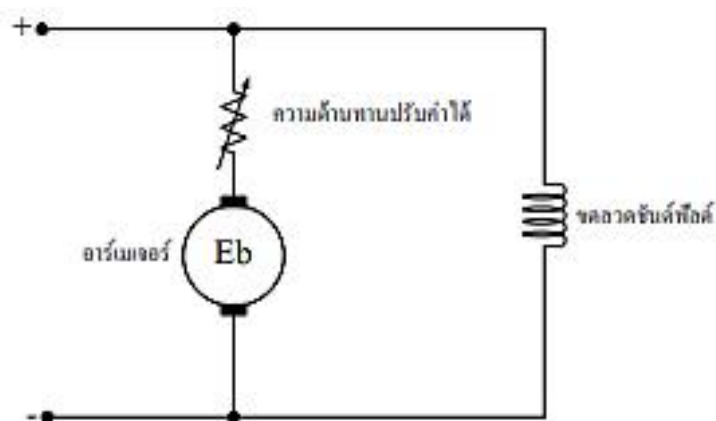
ในการทำให้ความเร็วมอเตอร์แบบชัณฑ์นี้สูงกว่าปกติใช้รีโอสตัท (Rheostat) ต่ออนุกรมกับขดลวดขั้วแม่เหล็ก ดังภาพที่ 7.9 เพื่อทำให้ค่ากระแสในขดลวดขั้วแม่เหล็กลดลง เป็นการเพิ่มความเร็วของมอเตอร์แบบชัณฑ์นี้ได้



ภาพที่ 7.9 การปรับความเร็วชัณฑ์มอเตอร์ให้มีความเร็วสูงกว่าปกติโดยใช้รีโอสตัท

ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

ถ้าจะให้ความเร็วของมอเตอร์แบบชัณฑ์ มีความเร็วต่ำกว่าปกติโดยการต่อรีโอสตัท อนุกรมกับวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ ของมอเตอร์ ดังภาพที่ 7.10



ภาพที่ 7.10 การปรับความเร็วขั้วมอเตอร์ให้มีความต่ำกว่าปกติ โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้
ที่มา <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/tech04/54/index.htm>

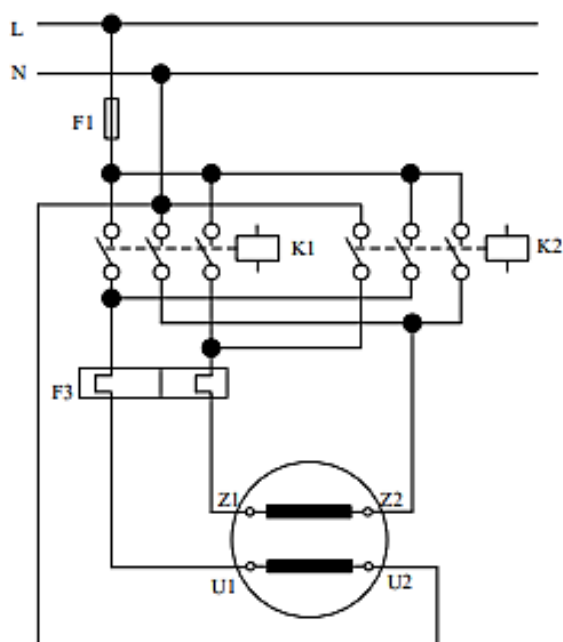
7.5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

การเริ่มเดินและหยุดเดินมอเตอร์ โดยใช้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ในการติดต่อเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์และมีอุปกรณ์ป้องกันการมอเตอร์ไม่ให้เกิดการเสียหายและสามารถเริ่มเดินเครื่อง โดยกดปุ่มที่สวิตช์ปุ่มกดให้มอเตอร์ทำงานได้ โดยตรงและเมื่อต้องการหยุดก็กดที่สวิตช์ปุ่มกด อีกตัวได้ดังนั้นต้องใช้อุปกรณ์มาประกอบเป็นวงจรในการควบคุมเพื่อให้เกิดการควบคุมได้ตามที่ต้องการและเกิดความปลอดภัยโดยในบทนี้จะกล่าวรวมถึงการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสในส่วนการควบคุมนั้นจะศึกษาวงจรควบคุมดังต่อไปนี้

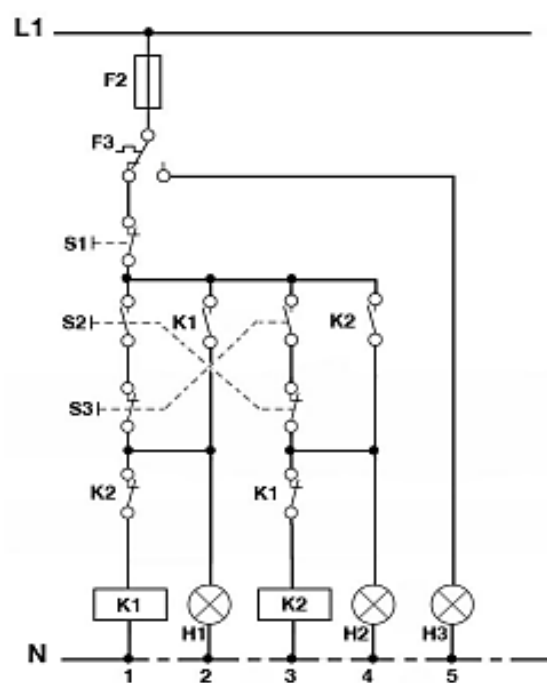
1. การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสแบบสปลิคเฟส
2. การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบสตาร์ท-เคลด้าอัด โนมมิ
3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือ
4. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ
5. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสกลับทิศทางการหมุนหลังจากหยุด (Reversing After Stop)

7.5.1 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

1. การกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสแบบสปลิคเฟส



(ก) วงจรกำลัง



(ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 7.11 วงจรการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส
ที่มา (ธนเจต สกรรัมย์, 2552:84)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch) ทำหน้าที่หยุดเดินมอเตอร์
- S2 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดิน โดยให้มอเตอร์หมุนขวา (Forward Start)
- S3 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดิน โดยให้มอเตอร์หมุนซ้าย (Reversing Start)
- F1 ฟิวส์วงจรกำลัง (Power Fuse) ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลัง
- F2 ฟิวส์วงจรควบคุม (Control Fuse) ทำหน้าที่ป้องกันวงจรควบคุม
- F3 โอเวอร์โหลด รีเลย์ (Overload Relay) ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- K1 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ให้มอเตอร์หมุนขวา (Forward Contac)
- K2 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ให้มอเตอร์หมุนซ้าย (Reverse Contac)
- H1 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K1
มอเตอร์จะหมุนซ้าย
- H2 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ K2
มอเตอร์จะหมุนขวา
- H3 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส (Single Phase Induction Motor)

ภาพที่ 7.11 (ก) แสดงหลักการทำงานของวงจรกำลังการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส เมื่อคอนแทกเตอร์ K1 ทำงานกระแสไฟฟ้าจะไหลจาก Line เข้าขั้ว U ไปยังขั้ว X แล้ว ครอบวงจรที่ N ส่วนที่ขดสตาร์ทกระแสไหล จากขั้ว V ไปยังขั้ว Y ครอบวงจรที่ N เช่นกัน จะทำให้มอเตอร์ หมุนขวาและเมื่อคอนแทกเตอร์ K1 หยุดทำงานคอนแทกเตอร์ K2 จะทำงานจะมีกระแสไฟฟ้าไหล ผ่านขั้ว U เหมือนกับขั้นแรกคือขั้ว U กับขั้ว X ส่วนในขดสตาร์ทกระแสไฟฟ้า จะไหลจากขั้ว Y ไปยังขั้ว V จะเห็นได้ว่าเป็นการสลับ ขั้วของขดสตาร์ททำให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุน

ภาพที่ 7.11 (ข) แสดง หลักการทำงานของวงจรควบคุมเมื่อกดสวิตช์ S2 คอนแทกเตอร์ K1 ทำงาน หลอดสัญญาณ H1แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 มอเตอร์จะหมุนขวา หน้าสัมผัสคอนแทกเตอร์ช่วยปกติปิดของ K1 ในแถวที่ 3 ดังวงจร ไม่ให้มีกระแสไหลไปยัง คอนแทกเตอร์ K2 คอนแทกเตอร์ K2 จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อคอนแทกเตอร์ K1 หยุดทำงานการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์จากหมุนขวา เป็นหมุนซ้าย จะเปลี่ยนเลขไม่ได้ต้องการกดสวิตช์ S1 ก่อน เมื่อทำการกด S1 คอนแทกเตอร์ K1 หยุดการทำงาน จะทำให้มอเตอร์หมุนซ้ายต้องการ กด S3 ให้คอนแทกเตอร์ K2 ทำงานหลอดสัญญาณ H2 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 มอเตอร์จะหมุนซ้ายหน้าสัมผัสคอนแทกเตอร์ช่วย K2 ปกติปิด ในแถวที่ 1 ดังวงจรไม่ให้มีกระแส

ไหลไปยังคอนแทกเตอร์ K1 ถ้าจะให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงานต้องให้หุขคอนแทกเตอร์ K2 ก่อน แล้วทำตามขั้นตอนเดิม ถ้าหากกดสวิตช์ S2 และ S3 พร้อมกันตัวคอนแทกเตอร์ตัวใดที่ได้รับกระแสก่อนจะทำงานก่อนคอนแทกเตอร์ทั้งสองไม่มีโอกาสทำงานพร้อมกันได้เพราะมีคอนแทกช่วยสลับ กันตัดเราเรียกว่ามี Interlock ซึ่งกันและกัน

ถ้าเกิดกรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง F3 (โอเวอร์โหลต รีเลย์)จะทำการตัดวงจรเพื่อป้องกันมอเตอร์และหลอดสัญญาณ H3 จะสว่างแสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

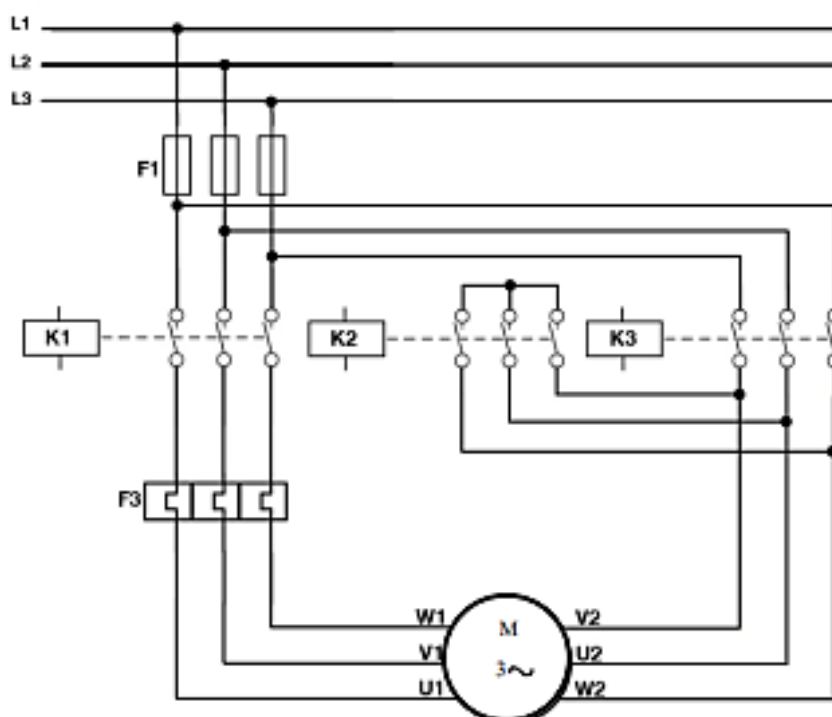
7.5.2 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

1. การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบสตาร์ท-เคลด้าอัตโนมัติ เป็นการควบคุมการลดแรงดันขณะสตาร์ทแบบสตาร์ท-เคลด้า ในกรณีการสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสที่มีขนาดใหญ่เกินกว่า 5 กิโลวัตต์นั้นไม่สามารถใช้วิธีการสตาร์ทตรงได้ (Direct Start) ได้ เนื่องจากกระแสสตาร์ทมีค่าสูงมาก(กระแสสตาร์ทสูงประมาณ 5-8 เท่าของกระแสปกติของค่าฟลักัดมอเตอร์) จึงต้องการอาศัยเทคนิคการสตาร์ทมอเตอร์ ที่สามารถลดกระแสขณะสตาร์ทมอเตอร์ได้มีดังนี้ แล้วการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่จะทำให้เกิดผลเสียแก่ ระบบไฟฟ้าหลายประการได้แก่ทำให้เกิดไฟแสงสว่างวูบหรือกระพริบ หรือทำให้อุปกรณ์ป้องกันแรงดันไฟฟ้าตกทำงานเกิดโอเวอร์โหลตแก่ระบบจ่ายไฟเข้าโรงงานรวมทั้งกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์ตัวอื่นๆในโรงงานที่ทำงานในสถานะโอเวอร์โหลตอาจดับหรือหยุดทำงานได้เพราะแรงดันตก ดังนั้นมอเตอร์ที่มีขนาดสูงกว่า 5 กิโลวัตต์ต้องใช้เทคนิคการสตาร์ทมอเตอร์แบบลดแรงดันซึ่งมีอยู่ หลายวิธีด้วยกันแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงการสตาร์ทแบบสตาร์ท-เคลด้าเท่านั้น ซึ่งสรุปได้ว่าการสตาร์ท สตาร์ท-เคลด้าหมายถึง ขณะสตาร์ทมอเตอร์เป็นแบบสตาร์ท และเมื่อมอเตอร์หมุนไปด้วยความเร็ว 75% ของความเร็วฟลักัดมอเตอร์จะต้องหมุนแบบเคลด้าการสตาร์ทแบบนี้ นิยมใช้กับมอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก

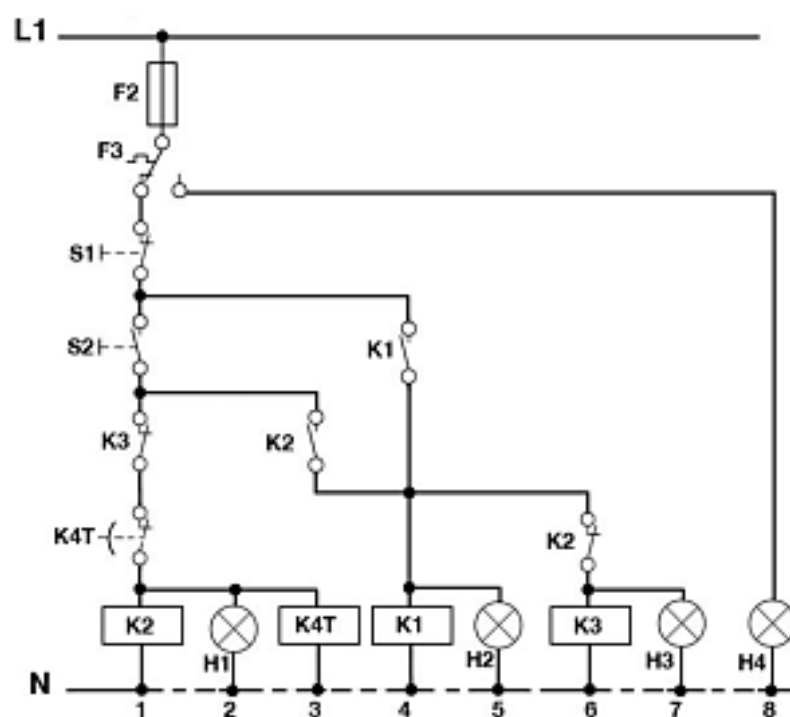
การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบสตาร์ท-เคลด้าอัตโนมัติเป็นการสตาร์ทมอเตอร์ที่ไม่ต้องทำการกดสวิตช์ปุ่มกดให้มอเตอร์ทำงานแบบเคลด้าอีกเพราะ Timer Relay จะทำหน้าที่แทนแบบอัตโนมัติตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ ยกตัวอย่างเช่นทำการตั้งเวลาTimer Relay ในการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ทเป็นเวลา 3 นาทีเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดไว้ Timer Relay จะสั่งให้มอเตอร์ทำงานแบบเคลด้าโดยอัตโนมัติ

การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบสตาร์ท-เคลด้าของมอเตอร์แบบโรเตอร์กรงกระรอกถ้าลดแรงดันลง 50% จะทำให้แรงบิดเริ่มหมุนของมอเตอร์ลดลงเหลือเพียง

25% ของแรงบิดเต็มพิกัดเท่านั้น ดังนั้นการสตาร์ทด้วยวิธีลดแรงดันไฟฟ้า จึงไม่ควรต่อมอเตอร์ไว้กับโหลดหนักๆก่อนสตาร์ทเพราะมอเตอร์จะไม่สามารถสตาร์ทได้



(ก) วงจรกำลัง



(ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 7.12 วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบสตาร์ท-เคลด้า อัตโนมัตินี้
ที่มา (ธวัชชัย อัศววิบูลย์กุล, 2546:104)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด(Push Button Switch))ทำหน้าที่หยุดเดินมอเตอร์
- S2 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดินมอเตอร์
- F1 ฟิวส์วงจรกำลัง (Power Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลัง
- F2 ฟิวส์วงจรควบคุม(Control Fuse))ทำหน้าที่ป้องกันวงจรควบคุม
- F3 โอเวอร์โหลด รีเลย์(Overload Relay)ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- K1 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ต่อไฟเข้ามอเตอร์ (Line Contactor)
- K2 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ต่อขดลวดมอเตอร์แบบสตาร์ (Star Contactor)
- K3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ต่อขดลวดมอเตอร์แบบเดลต้า (Delta Contactor)
- K4T รีเลย์หน่วงเวลา (Timer Relay)
- H1 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการต่อไฟเข้ามอเตอร์
- H2 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการต่อขดลวดมอเตอร์แบบสตาร์
- H3 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการต่อขดลวดมอเตอร์แบบเดลต้า
- H4 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส(3 Phase Induction Motor)

ภาพที่ 7.12 (ก) แสดงถึงหลักการทำงานวงจรกำลังของการสตาร์ทมอเตอร์ แบบสตาร์- เดลต้าโดยการสตาร์ทจะต้องเรียงกัน ไปจากสตาร์ไปเดลต้าและคอนแทกเตอร์สตาร์ กับคอนแทกเตอร์ เดลต้าจะต้องมี Interlock ซึ่งกันและกัน การเปลี่ยนจากการสตาร์ทแบบสตาร์แล้วทำงานแบบเดลต้าโดยอัตโนมัติด้วยการใช้ รีเลย์ตั้งเวลา

วงจรควบคุม(Control Circuit)สตาร์ทมอเตอร์สตาร์-เดลต้าแบบอัตโนมัติ โดยใช้รีเลย์ตั้งลำดับขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 7.12 (ข) เมื่อกด S2 ทำให้ K2 ทำงานหลอดสัญญาณ H1 จะสว่างแสดงสถานะการทำงานของ K2 และรีเลย์ตั้งเวลา K4T ทำงานหน้าสัมผัสปกติปิด (N.C.) ที่เป็นคอนแทกช่วย ของ K2 ในแถวที่ 6 คัดวงจร K3 และหน้าสัมผัสปกติเปิด (N.O.) ที่เป็นคอนแทกช่วย ของ K2 ในแถวที่ 3 คัดวงจรให้ K1 ทำงานมอเตอร์จะเริ่มเดินเป็นแบบสตาร์หลอดสัญญาณ H2 จะสว่างแสดงสถานะการทำงานของ K1

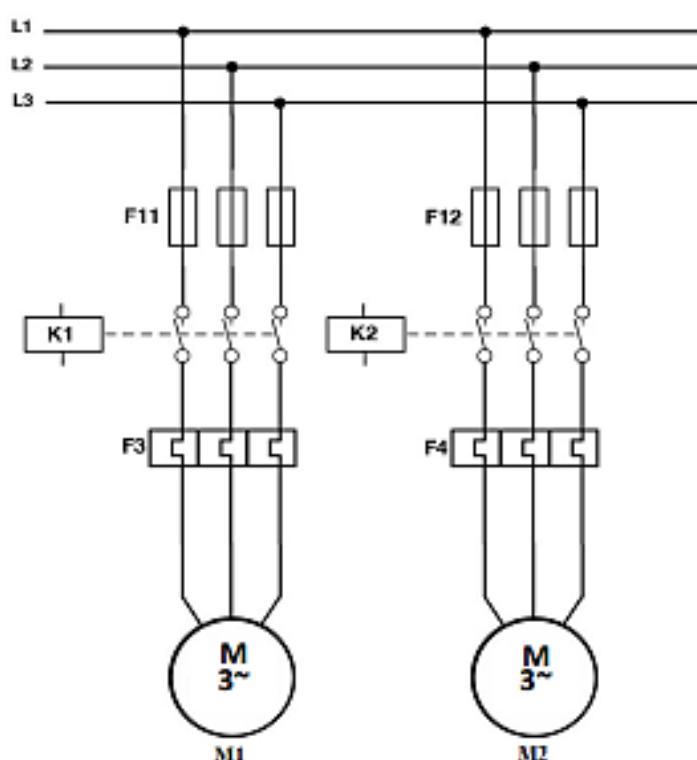
เมื่อถึงระยะเวลาที่รีเลย์ตั้งเวลา K4T ตั้งไว้ K2 จะถูกตัดออกจากวงจรด้วยหน้าสัมผัสปกติปิด (N.C.) ของ รีเลย์ตั้งเวลาในแถวที่ 1 หลอดสัญญาณ H1 จะดับ และหน้าสัมผัสปกติปิดของ K2 ในแถวที่ 6 กลับคืนสู่สถานะเดิมกระแสจะไหลผ่านหน้าสัมผัสคอนแทกช่วย K1 ในแถวที่ 4 ผ่านหน้าสัมผัสคอนแทกช่วย K2 ในแถวที่ 6 ผ่าน K3 ครบวงจรที่ นิวตรอลทำให้ K3 ทำงานหลอด

สัญญาณ H3 จะสว่างแสดงสถานะการทำงานของ K3 ขณะนี้จะเหลือ K1 และ K3 ทำงานมอเตอร์จะทำงานเป็นแบบเคล็ดค้าเมื่อต้องการหยุดการทำงานของมอเตอร์ให้กดสวิทช์ S1

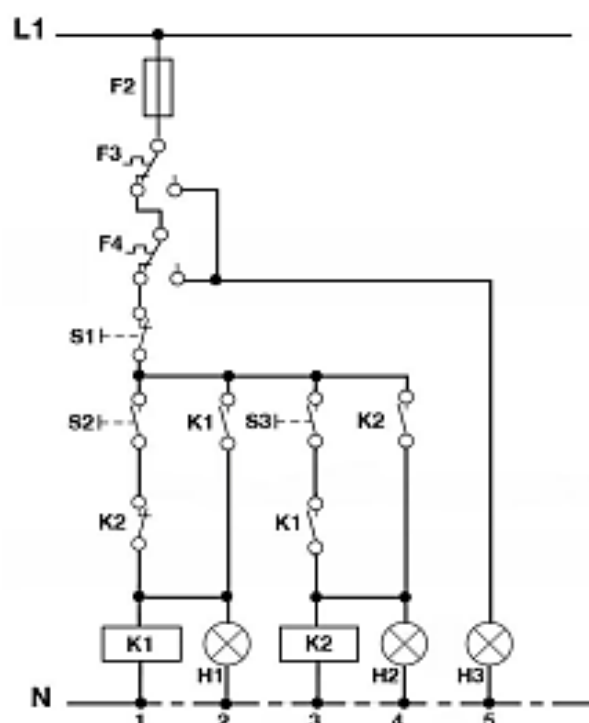
ถ้าเกิดกรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง F3 (โอเวอร์โวลต์รีเลย์) จะทำการตัดวงจรเพื่อป้องกันมอเตอร์และหลอดสัญญาณ H3 จะสว่างแสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

2. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับ ในการควบคุมมอเตอร์เรียงตามลำดับนั้น จะต้องให้มอเตอร์ตัวแรกทำงานก่อน และมอเตอร์ตัวที่สองถึงจะทำงานตามได้เมื่อต้องการหยุดการทำงาน สามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองตัวพร้อมกันได้ และเมื่อมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดทำงานเกินกำลังมอเตอร์ จะหยุดพร้อมกันทั้งสองตัวการที่นำการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเรียงลำดับ มาใช้งานเนื่องจากในขณะสาร์ทมอเตอร์จะกินกระแส 5-8 เท่าของกระแสเต็มพิกัด ถ้ามอเตอร์สาร์ทพร้อมกันครั้งละหลาย ๆ ตัวจะทำให้อุปกรณ์ป้องกันปลดวงจร เนื่องจากกระแสสูงการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับนี้ นิยมใช้กับงานสายพานลำเลียงหรืองานที่มี การควบคุมต่อเนื่องและหยุดพร้อมกัน ซึ่งการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับแบ่งการควบคุมได้แก่ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือและ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ โดยรายละเอียดวงจรการควบคุมและอุปกรณ์ที่ประกอบกันเป็นวงจรมีดังนี้

1) วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือ



(ก) วงจรกำลัง



(ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 7.13 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือ
ที่มา (ธนเจต สกรรัมย์, 2552:108)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด(Push Button Switch)ทำหน้าที่หยุดเดินมอเตอร์
- S2 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 1
- S3 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดินมอเตอร์ตัวที่ 2
- F11 ฟิวส์วงจรกำลัง (Power Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ 1
- F12 ฟิวส์วงจรกำลัง ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ 2
- F2 ฟิวส์วงจรควบคุม(Control Fuse))ทำหน้าที่ป้องกันวงจรควบคุม
- F3 โอเวอร์ โหลด รีเลย์(Overload Relay)ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลังตัวที่ 1
- F4 โอเวอร์ โหลด รีเลย์ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลังตัวที่ 2
- K1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำหน้าที่ต่อไฟเข้ามอเตอร์ตัวที่ 1
- K2 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำหน้าที่ต่อไฟเข้ามอเตอร์ตัวที่ 2
- H1 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน K1
- H2 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน K2
- H3 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส(3 Phase Induction Motor) ตัวที่ 1

M2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ตัวที่ 2

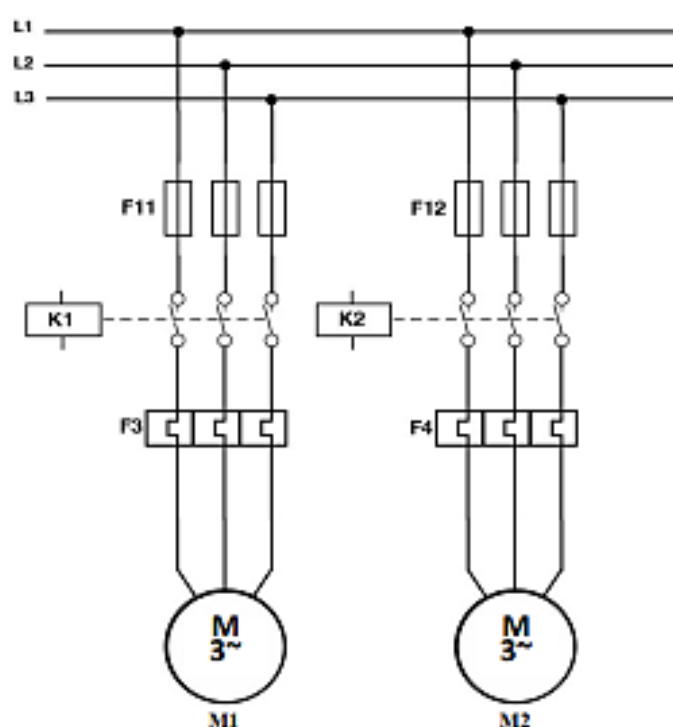
จากภาพที่ 7.13 (ข) เมื่อกดสวิตช์ S3 ขณะที่คอนแทกเตอร์ K1 ยังไม่ทำงานคอนแทกเตอร์ K2 จะไม่ทำงานเพราะคอนแทกช่วยปกติเปิดของ K1 ในแถว 3 ยังเปิดวงจรอยู่ และเมื่อกดสวิตช์ S2 ทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ในแถวที่ 1 ทำงานหลอดสัญญาณ H1 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 และหน้าสัมผัสคอนแทกเตอร์ช่วยปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 จะต่อวงจรทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงานตลอดเวลาและเป็นการต่อมอเตอร์ตัวที่ 1 ให้ทำงาน

เมื่อกด S3 ทำให้คอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 3 ทำงานหลอดสัญญาณ H2 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 และคอนแทกช่วยปกติเปิด K2 ชุดที่ 2 ในแถวที่ 4 หน้าสัมผัสปิดจะต่อวงจรทำให้ K2 ทำงานตลอดเวลาและเป็นการต่อมอเตอร์ตัวที่ 2 ให้ทำงาน

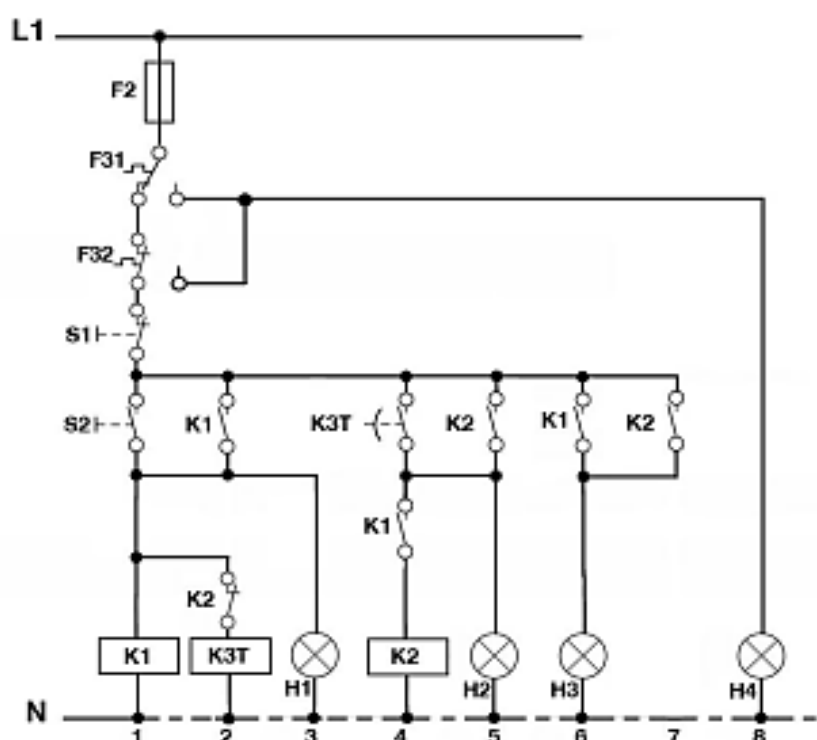
หากต้องการให้หยุดทำงานให้กด S1 คอนแทกเตอร์ K1 และคอนแทกเตอร์ K2 จะหยุดทำงาน มอเตอร์ตัวที่ 1 และ 2 หยุดหมุนและเมื่อเกิดสภาวะโอเวอร์โวลต์ที่ F3 หรือ F4 จะตัดวงจรคอนแทกเตอร์ K1 และ K2 ให้หยุดทำงานหลอดสัญญาณ H3 แสดงสถานะการทำงานสภาวะโอเวอร์โวลต์เมื่อต้องการให้มอเตอร์ทำงานใหม่อีกครั้งให้กดปุ่มรีเซ็ตและดำเนินการเหมือนขั้นตอนนี้ดังกล่าวข้างต้นต่อไป

2) ต่อวงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสทำงานเรียงลำดับ

อัตโนมัติ



(ก) วงจรกำลัง



(ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 7.14 วงจรการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ
ที่มา (บุญเลิศ โพธิ์ขำ, 2548:104)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด(Push Button Switch)ทำหน้าที่หยุดเดินมอเตอร์
- S2 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดินมอเตอร์
- F11 ฟิวส์วงจรกำลัง (Power Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ 1
- F12 ฟิวส์วงจรกำลัง ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ 2
- F2 ฟิวส์วงจรควบคุม(Control Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรควบคุม
- F31 โอเวอร์ โหลด รีเลย์(Overload Relay)ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลังตัวที่ 1
- F32 โอเวอร์ โหลด รีเลย์ ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลังตัวที่ 2
- K1 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ต่อไฟเข้ามอเตอร์ตัวที่ 1
- K2 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำหน้าที่ต่อไฟเข้ามอเตอร์ตัวที่ 2
- H1 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน K1
- H2 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน K2
- H3 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงาน K1 และ K2 พร้อมกัน
- H4 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (3 Phase Induction Motor) ตัวที่ 1

M2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ตัวที่ 2

จากภาพที่ 7.14 (ข) แสดงหลักการทำงานของวงจรควบคุม เมื่อกดสวิทช์ S2 ทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ในแถวที่ 1 และรีเลย์หน่วงเวลา K3T ในแถวที่ 2 ทำงานตลอดสัญญาณ H1 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K1 และหน้าสัมผัสสคอนแทกเตอร์ช่วยปกติเปิดของ K1 ในแถวที่ 2 จะต้องวงจรทำให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงานตลอดเวลาและเป็นการต่อมอเตอร์ตัวที่ 1 ให้ทำงาน

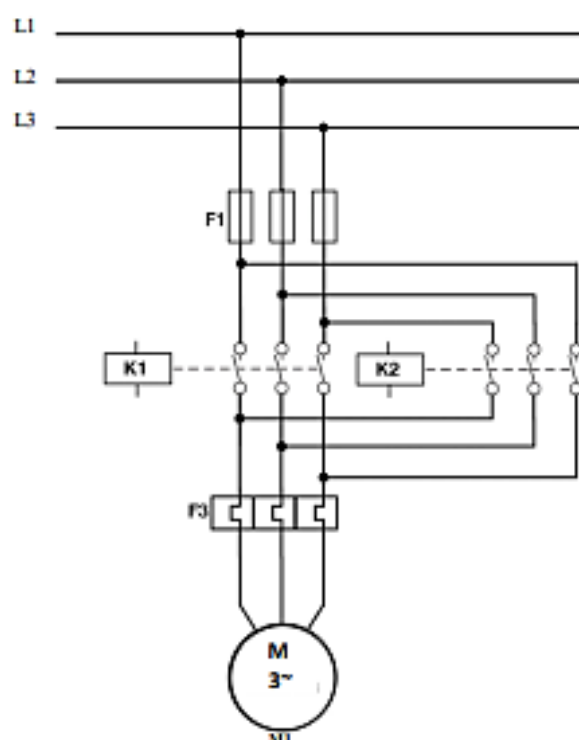
เมื่อถึงระยะเวลาที่รีเลย์หน่วงเวลาดังไว้หน้าสัมผัสปกติเปิดของรีเลย์หน่วงเวลา K3T ปิด ทำให้คอนแทกเตอร์ K2 ในแถวที่ 4 ทำงานตลอดสัญญาณ H2 แสดงสถานะการทำงานของคอนแทกเตอร์ K2 และคอนแทกช่วยปกติเปิด K2 ชุดที่ 2 ในแถวที่ 5 หน้าสัมผัสปิดจะต้องวงจรทำให้ K2 ทำงานตลอดเวลาและเป็นการต่อมอเตอร์ตัวที่ 2 ให้ทำงานโดยตลอดสัญญาณ H3 จะแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2

หากต้องการให้หยุดทำงานให้กด S1 คอนแทกเตอร์ K1 และคอนแทกเตอร์ K2 จะหยุดทำงาน มอเตอร์ตัวที่ 1 และ 2 หยุดหมุนและเมื่อเกิดสถานะโอเวอร์โหลดที่ F31 หรือ F32 จะตัดวงจรคอนแทกเตอร์ K1 และ K2 ให้หยุดทำงานตลอดสัญญาณ H4 แสดงสถานะการทำงานสถานะโอเวอร์โหลดเมื่อต้องการให้มอเตอร์ทำงานใหม่อีกครั้งให้กดปุ่มรีเซ็ตและดำเนินการเหมือนขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นต่อไป

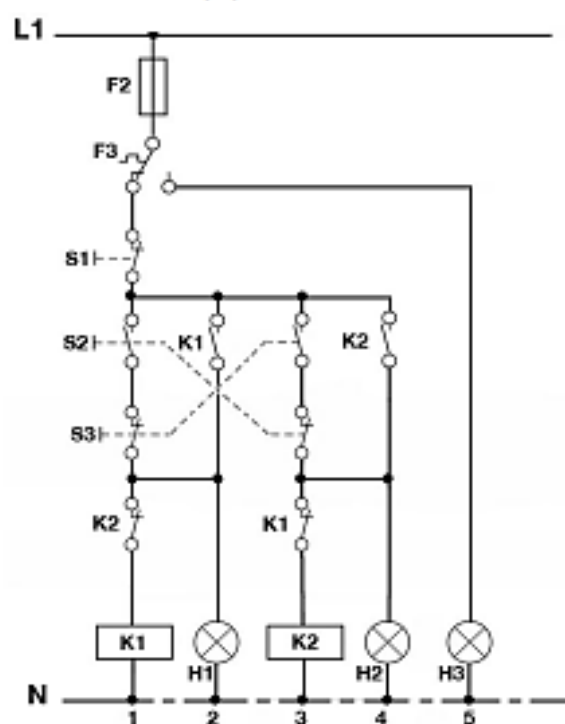
3. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสกลับทิศทางหมุนหลังจากหยุด

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีทั้งมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟสการกลับทางหมุนมอเตอร์ มีความจำเป็นอย่างหนึ่งที่ใช้ ในงานอุตสาหกรรมโดย มีการควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ทั้งมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ดังนั้นจึงมีวงจรในการควบคุมในการกลับทางหมุนมอเตอร์อยู่หลายแบบด้วยกันเช่นการกลับทางหมุนมอเตอร์ ได้ทันทีโดยไม่ต้องหยุด มอเตอร์หรืออาจเป็นการกลับทางหมุนมอเตอร์ แบบต้องหยุดมอเตอร์ก่อนเป็นต้นในการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการสลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่งที่ต่อเข้ามอเตอร์ส่วนอีกเส้นหนึ่งคือไว้คงเดิม การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ทำได้ 2 วิธีได้แก่การกลับทิศทางหมุนด้วยครีสวิทช์และการกลับทิศทางหมุนด้วยแมกเนติกคอนแทกเตอร์

ในที่นี้จะศึกษาถึงการกลับทิศทางหมุน ด้วยแมกเนติกคอนแทคเตอร์โดยวงจรที่จะศึกษาได้แก่ วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์หลังจากหยุดที่เรียกว่าวงจร Reversing After Stop ทั้งในภาค วงจรกำลังและวงจรควบคุมดังต่อไปนี้



(ก) วงจรกำลัง



(ข) วงจรควบคุม

ภาพที่ 7.15 วงจรการ กลับทิศทางหมุน หลังจากหยุด
ที่มา (วัชรชัย อัดฉวีบุลย์กุล, 2548:85)

รายการอุปกรณ์

- S1 สวิตช์ปุ่มกด(Push Button Switch)ทำหน้าที่หยุดเดินมอเตอร์
- S2 สวิตช์ปุ่มกด ทำหน้าที่เริ่มเดินโดยให้มอเตอร์หมุนขวา (Forward Start)
- S3 สวิตช์ปุ่มกดทำหน้าที่เริ่มเดินโดยให้มอเตอร์หมุนซ้าย (Reversing Start)
- F1 ฟิวส์วงจรกำลัง (Power Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรกำลัง
- F2 ฟิวส์วงจรควบคุม(Control Fuse)ทำหน้าที่ป้องกันวงจรควบคุม
- F3 โอเวอร์โหลด รีเลย์(Overload Relay)ทำหน้าที่ป้องกันมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- K1 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำหน้าที่ให้มอเตอร์หมุนขวา (Forward Contac)
- K2 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำหน้าที่ให้มอเตอร์หมุนซ้าย (Reverse Contac)
- H1 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K1 มอเตอร์จะหมุนซ้าย
- H2 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ K2 มอเตอร์จะหมุนขวา
- H3 หลอดสัญญาณทำหน้าที่แสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
- M1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor)

ภาพที่ 7.15 (ก) แสดงหลักการทำงานวงจรกำลัง (Power Circuit) การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ในการกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟสนั้นทำได้โดยการสลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่งเข้ามอเตอร์ ส่วนอีกเส้นหนึ่งต่อไว้ดังเดิมในการกลับทางหมุน ในงานควบคุมจำเป็นต้องเอาคอนแทคเตอร์มาช่วยในการสลับสายให้มอเตอร์กลับทางหมุนดังนี้คอนแทคเตอร์ K1 ต่อให้มอเตอร์หมุนขวาคอนแทคเตอร์ K2 ต่อให้มอเตอร์หมุนซ้ายในวงจรกำลังคอนแทคเตอร์สองตัวจะทำงานพร้อมกันไม่ได้ถ้าทำงานพร้อมกันจะเกิดการลัดวงจรระหว่าง L1 กับ L3 ดังนั้นคอนแทคเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งทำงานอยู่อีกตัวต้องหยุดทำงาน การป้องกันไม่ให้คอนแทคเตอร์ K1 และ K2 ทำงานพร้อมกัน ทำได้โดยต่อคอนแทคปกคิปิด ไว้ก่อนเข้าขลวดของคอนแทคเตอร์สลับกัน ซึ่งเรียกว่าInterlocked- Contac

ภาพที่ 7.15 (ข) แสดง การทำงานวงจรควบคุม (Control Circuit) เมื่อกดสวิตช์ S2 คอนแทคเตอร์ K1ทำงาน หลอดสัญญาณ H1แสดงสถานะการทำงานของคอนแทคเตอร์ K1 มอเตอร์จะหมุนขวา (Forward Contac)หน้าสัมผัสคอนแทคเตอร์ช่วยปกคิปิดของ K1 ในแถวที่ 3 ลัดวงจร ไม่ให้มีกระแสไหลไปยัง คอนแทคเตอร์ K2 คอนแทคเตอร์ K2 จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อคอนแทคเตอร์ K1 หยุดทำงานการกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์จากหมุนขวา เป็นหมุนซ้าย จะเปลี่ยนเลขไม่ได้ต้องทำการกดสวิตช์ S1 ก่อน เมื่อทำการกด S1 คอนแทคเตอร์ K1 หยุดการทำงาน จะทำให้มอเตอร์

หมุนซ้ายต้องทำการ กด S3 ให้คอนแทกเตอร์ K2 ทำงานหลอดสัญญาณ H2 แสดงสถานะการทำงานคอนแทกเตอร์ K2 มอเตอร์จะหมุนซ้ายน้ำสัมผัสคอนแทกเตอร์ช่วย K2 ปกติปิด ในแถวที่ 1 ดังจอร์ไม่ให้มีกระแสไหลไปยังคอนแทกเตอร์ K1 ถ้าจะให้คอนแทกเตอร์ K1 ทำงานต้องให้หยุดคอนแทกเตอร์ K2 ก่อนแล้วทำตามขั้นตอนเดิม ถ้าหากกดสวิทช์ S2 และ S3 พร้อมกัน ตัวคอนแทกเตอร์ตัวใดที่ได้รับกระแสก่อนจะทำงานก่อนคอนแทกเตอร์ทั้งสองไม่มีโอกาสทำงานพร้อมกันได้ เพราะมีคอนแทกช่วยสลับ กันดังที่เราเรียกว่ามี Interlock ซึ่งกันและกัน

ถ้าเกิดกรณีมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง F3 (โอเวอร์โหลดรีเลย์)จะทำการตัดวงจรเพื่อป้องกันมอเตอร์และหลอดสัญญาณ H3 จะสว่างแสดงสถานะมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๖
งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

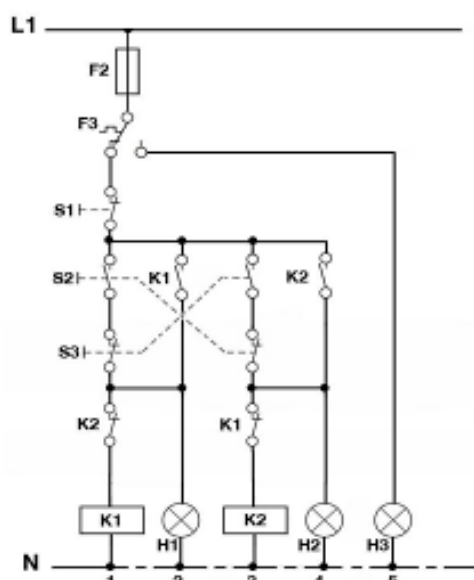
คำชี้แจง แบบทดสอบมี ๓ ตอน

ตอนที่ ๑ จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

ตอนที่ ๒ เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ ๓ เป็นการตอบคำถามต่อให้ถูกต้องสมบูรณ์

ตอนที่ ๑ จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด



จากรูปวงจรจงตอบคำถามข้อที่ 1-4

๑. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Reversing After Stop เมื่อกดสวิตช์ S๒ ผลการทำงานจะเป็นอย่างไร

- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนขวาตลอดสัญญาณ HI สว่าง
- ข. คอนแทคเตอร์ KI จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนซ้ายตลอดสัญญาณ HI สว่าง
- ค. คอนแทคเตอร์ K๒ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
- ง. คอนแทคเตอร์ K๒ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนขวาตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง

๒. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Revening ing Alhes Stop F๓ ทำหน้าที่อะไร

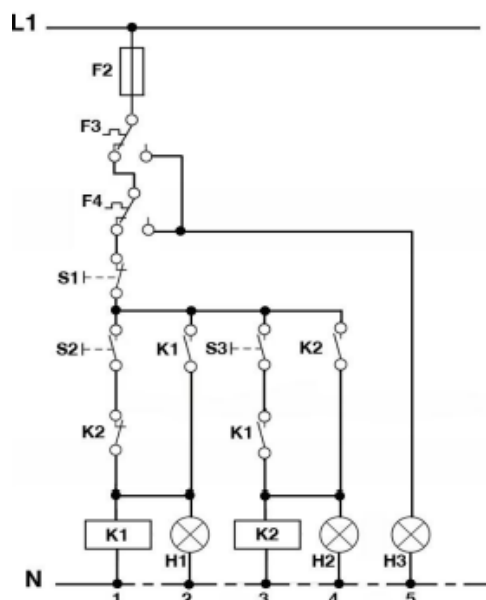
- ก. ป้องกันการลัดวงจรระบบกำลัง
- ข. เริ่มเดินมอเตอร์หมุนซ้าย
- ค. หยุดหมุนมอเตอร์ขณะที่หมุนขวา
- ง. ตัดวงจรเมื่อมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง

๓. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Reversing Affter Stop กดสวิตช์ S๓ ก่อน ที่จะกดสวิตช์ S๒ ผลการทำงานจะเป็นอย่างไร

- ก. คอนแทคเตอร์ KI ทำงานมอเตอร์หมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๑ สว่าง
- ข. คอนแทคเตอร์ K ๑ ทำงานมอเตอร์หมุนขวาตลอดสัญญาณ HI สว่าง
- ค. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์หมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง

- ง. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานมอเตอร์หมุนขวาตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
๔. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Reversing After Stop เมื่อกด S๒ และ S๓ พร้อมกันผลจะเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ และ K๒ ทำงานพร้อมกัน
- ข. คอนแทคเตอร์ KI ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่ทำงาน
- ค. คอนแทคเตอร์ KI ไม่ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน
- ง. ไม่มีคอนแทคเตอร์ตัวใดทำงานเลย

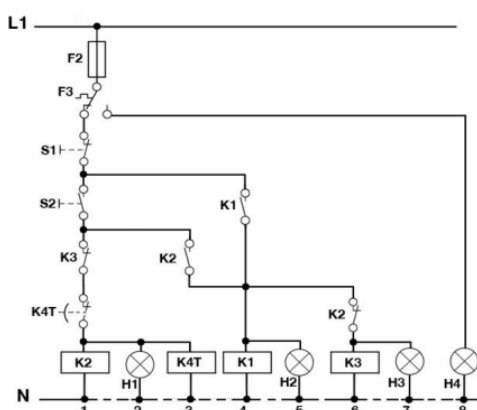
จากรูปวงจรข้างล่างจงตอบคำถามข้อที่ ๕-๑๓



๕. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ F๓ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ ๑
- ข. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ ๒
- ค. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงานเกินกำลัง
- ง. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานเกินกำลัง
๖. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ F๔ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ ๑
- ข. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ ๒
- ค. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงานเกินกำลัง
- ง. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานเกินกำลัง
๗. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับกดตัวรีเลย์ ก่อนที่จะกดสวิตช์ปุ่มกด S๒ การทำงานจะเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานทันทีที่ส่วนคอนแทคเตอร์ KI ยังไม่ทำงาน
- ข. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานก่อนแล้ว คอนแทคเตอร์ K๑ ทำงานตามทันที
- ค. คอนแทคเตอร์ KI ไม่ทำงานคอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานทันทีทันที
- ง. คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่สามารถทำงานได้ เพราะคอนแทคเตอร์ K๑ ยังไม่ทำงาน
๘. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับเมื่อกดสวิตช์ปุ่มกด S๒ การทำงานวงจรเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงาน
- ข. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน

- ค. คอนแทคเตอร์ KI ไม่ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ไม่ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน
 ง. คอนแทคเตอร์ KI ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน
๙. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่ทั้งสองตัว เมื่อเกิดสถานะโอเวอร์โวลต์ที่มอเตอร์ตัวที่ ๑ การทำงานของวงจรเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ KI และ คอนแทคเตอร์ K๒ หยุดทำงาน
 ข. คอนแทคเตอร์ KI และ คอนแทคเตอร์ K ๒ ยังทำงานอยู่
 ค. คอนแทคเตอร์ KI ทำงานอยู่ คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่ทำงาน
 ง. คอนแทคเตอร์ KI หยุดทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ยังคงทำงานอยู่
๑๐. หน้าสัมผัสปกติเปิด KI ในแถวที่ ๓ มีหน้าที่ทำอะไร
- ก. ทำหน้าที่ให้คอนแทคเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานตลอดเวลา
 ข. ทำหน้าที่ทำให้คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานตลอดเวลา
 ค. ทำหน้าที่ไม่ให้คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานก่อน K๑
 ง. ทำหน้าที่ทำให้คอนแทคเตอร์ K๑ และ คอนแทคเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานพร้อมกัน
๑๑. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ คอนแทคเตอร์ KI ในแถวที่ ๑ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันไม่ให้มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานก่อนตัวที่ ๑
 ง. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๑
๑๒. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ คอนแทคเตอร์ K๒ ในแถวที่ ๓ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ง. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๒
๑๓. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับขณะที่มอเตอร์ทั้งสองตัวกำลังหมุนอยู่ เกิดสถานะโอเวอร์โวลต์ที่มอเตอร์ตัวที่ ๒ วงจรไม่ทำงานมอเตอร์หยุดหมุนทั้งสองตัวถ้าต้องการให้วงจรทำงานใหม่ได้ต้องทำอะไร
- ก. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โวลต์ F๓ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๑
 ข. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โวลต์ F๓ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๒
 ค. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โวลต์ F๔ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๑
 ง. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โวลต์ F๔ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๒

จากรูปวงจรจงตอบคำถามข้อที่๑๔-๒๐



๑๔. จากรูปวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-รันแบบเคลค้ำส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ต่อขดลวดมอเตอร์แบบเคลค้ำ
- ก. รีเลย์หน่วงเวลา $K_{\Delta T}$ ข. คอนแทคเตอร์ K_{Δ}
 ค. คอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ ง. คอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 3}$
๑๕. แมคเนติกคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ ในวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำทำหน้าที่อะไร
- ก. ป้องกันมอเตอร์ลัดวงจร ข. ต่อขดลวดมอเตอร์แบบเคลค้ำ
 ค. ต่อขดลวดมอเตอร์แบบสตาร์ ง. ต่อระบบไฟฟ้าหลักเข้าสู่มอเตอร์
๑๖. แมคเนติกคอนแทคเตอร์ K_I ในวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำทำหน้าที่อะไร
- ก. ต่อขดลวดเป็นแบบวงจรปิด ข. ต่อระบบไฟฟ้าเข้าขั้วมอเตอร์
 ค. ต่อขดลวดแบบเคลค้ำ ง. ต่อขดลวดแบบสตาร์
๑๗. วงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำ $K_{\Delta T}$ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ตัดคอนแทคเตอร์ K_I ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
 ข. ตัดคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
 ค. ตัดคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 3}$ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
 ง. ตัดคอนแทคเตอร์ K_I และคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
๑๘. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำขณะที่สตาร์ทไปแล้วมอเตอร์หมุนปกติต้องการหยุดการทำงานต้องทำอย่างไร
- ก. ทำการกดสวิตช์ปุ่มกด $S_{\Delta 1}$ ข. ทำการกดปุ่มสวิตช์ปุ่มกด $S_{\Delta 1}$ แล้วกด $S_{\Delta 2}$ ตาม
 ค. ทำการกดสวิตช์ปุ่มกด $S_{\Delta 2}$ ง. ทำการกดปุ่มสวิตช์ปุ่มกด $S_{\Delta 1}$ และ $S_{\Delta 2}$ พร้อมกัน
๑๙. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่เกิดสภาวะมอเตอร์ทำงานเกินกำลังส่วนใดของวงจรทำหน้าที่หยุดการทำงานของมอเตอร์
- ก. หน้าสัมผัสปกติปิดของ $F_{\Delta 3}$ จะทำงาน เปิดวงจร หยุดการทำงานของมอเตอร์
 ข. หน้าสัมผัสปกติปิด $K_{\Delta T}$ จะทำงาน เปิดวงจร หยุดการทำงานของมอเตอร์
 ค. หน้าสัมผัสปกติปิดของคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ ในแถวที่ ๔ เปิดวงจรมอเตอร์หยุดการทำงาน
 ง. หน้าสัมผัสปกติปิดของคอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 3}$ ในแถวที่ ๑ เปิดวงจรมอเตอร์หยุดการทำงาน
๒๐. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เคลค้ำในสภาวะที่ตัวตั้งเวลาได้เวลาที่ตั้งไว้มอเตอร์รันแบบเคลค้ำคอนแทคเตอร์ตัวใดทำงานบ้าง
- ก. คอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 1}$ และ $K_{\Delta 2}$ ทำงาน ข. คอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 2}$ และ $K_{\Delta 3}$ ทำงาน
 ค. คอนแทคเตอร์ $K_{\Delta 1}$ และ $K_{\Delta 3}$ ทำงาน ง. คอนแทคเตอร์ K_I , $K_{\Delta 2}$ และ $K_{\Delta 3}$ ทำงาน

ตอนที่ ๒ จงทำเครื่องหมาย ✓ หรือ × ลงบนหน้าข้อต่อไปนี้

-๑. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมถ้าต้องการความเร็วต่ำกว่าความเร็วปกติใช้ความต้านทานปรับค่าได้ (Rheostat) ต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์
-๒. การใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าขณะสตาร์ท
-๓. วิธีแบ่งแยกกระแสในขดลวดขั้วแม่เหล็ก (Field Divertor) โดยนำความต้านทานปรับค่าได้ต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็ก ใช้ปรับความเร็ว เมื่อต้องการความเร็ว สูง กว่าความเร็วปกติของ
-๔. ชั้นต์มอเตอร์ มอเตอร์แบบนี้มีความเร็วปกติคงที่แต่ถ้าจะควบคุมความเร็วให้แตกต่างไปทำได้ ๒ วิธี
๑) ความเร็วมอเตอร์สูงกว่าปกติ ๒) ความเร็วมอเตอร์ต่ำกว่าปกติ
-๕. วงจรการ กลับทิศทางหมุน หลังจากหยุด (Reversing After Stop) ตัวคอนแทคเตอร์ตัวใดที่ได้รับกระแสก่อนจะทำงานก่อนคอนแทคเตอร์ทั้งสองไม่มีโอกาสทำงานพร้อมกันได้เพราะมีคอนแทคช่วยสลับ กันตัด
-๖. การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบสตาร์ท-เดลต้าอัตโนมัติเป็นการควบคุมการลดแรงดันขณะสตาร์ท
-๗. การสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบสตาร์ท-เดลต้าอัตโนมัติเป็นการสตาร์ทมอเตอร์ที่ไม่ต้องทำการกวดสวิตช์ป้อนกลให้มอเตอร์ทำงานแบบเบเบเดดตัวอีกเพราะ Timer Relay จะทำหน้าที่แทนแบบอัตโนมัติตามระยะเวลาที่ตั้งไว้
-๘. กระแสสตาร์ทมีค่าสูงมาก(กระแสสตาร์ทสูงประมาณ ๕ - ๘ เท่าของกระแสปกติของค่าฟักัดมอเตอร์)
-๙. วงจรมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับมอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดทำงานเกินกำลังมอเตอร์จะหยุดพร้อมกันทั้งสองตัว
-๑๐. การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทำได้ ๒ วิธีคือเปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าและกลับขั้วโรเตอร์

ตอนที่ ๓ จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

๑. จงอธิบายการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมและการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานมาพอสังเขป

.....

.....

๒. จงอธิบายการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสแบบสปลิตเฟสและการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสกลับทิศทางหมุนหลังจากหยุด(Reversing After Stop) มาพอเข้าใจ

.....

.....

๓. จงอธิบายการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบสตาร์ท-เดลต้าอัตโนมัติมาโดยละเอียด

.....

.....

๔. จงอธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือมาโดยละเอียด

.....

.....

๕. จงอธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสทำงานเรียงลำดับอัตโนมัติ มาโดยละเอียด

.....

.....

๗. เอกสารอ้างอิง (ชั้นหน้าใหม่)

หนังสือเรียนเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ของศูนย์หนังสือเมืองไทย

๘. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียนรู้ที่ ๖

งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

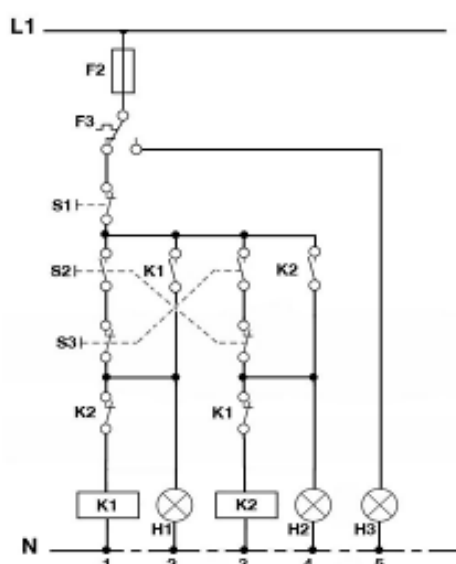
คำชี้แจง แบบทดสอบมี ๓ ตอน

ตอนที่ ๑ จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด

ตอนที่ ๒ เป็นแบบทดสอบแบบอ่านข้อความ แล้ววิเคราะห์ว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ ๓ เป็นการตอบคำถามต่อให้ถูกต้องสมบูรณ์

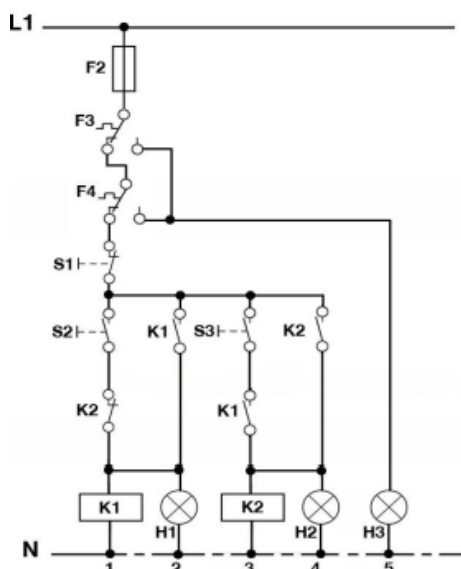
ตอนที่ ๑ จงทำเครื่องหมาย x ลงในข้อที่ถูกต้องที่สุด



จากรูปวงจรจงตอบคำถามข้อที่ 1-4

๑. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Reversing After Stop เมื่อกดสวิตช์ S๒ ผลการทำงานจะเป็นอย่างไร
 - ก. คอนแทคเตอร์ K๑ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนขวาตลอดสัญญาณ HI สว่าง
 - ข. คอนแทคเตอร์ KI จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนซ้ายตลอดสัญญาณ HI สว่าง
 - ค. คอนแทคเตอร์ K๒ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
 - ง. คอนแทคเตอร์ K๒ จะทำงานส่งผลให้มอเตอร์ทำงานหมุนขวาตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
๒. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Revening ing Alhes Stop F๓ ทำหน้าที่อะไร
 - ก. ป้องกันการลัดวงจรระบบกำลัง
 - ข. เริ่มเดินมอเตอร์หมุนซ้าย
 - ค. หยุดหมุนมอเตอร์ขณะที่หมุนขวา
 - ง. ตัดวงจรเมื่อมอเตอร์ทำงานเกินกำลัง
๓. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Revering Affter Stop กดสวิตช์ S๓ ก่อน ที่จะกดสวิตช์ S๒ ผลการทำงานจะเป็นอย่างไร
 - ก. คอนแทคเตอร์ KI ทำงานมอเตอร์หมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๑ สว่าง
 - ข. คอนแทคเตอร์ K ๑ ทำงานมอเตอร์หมุนขวาตลอดสัญญาณ HI สว่าง

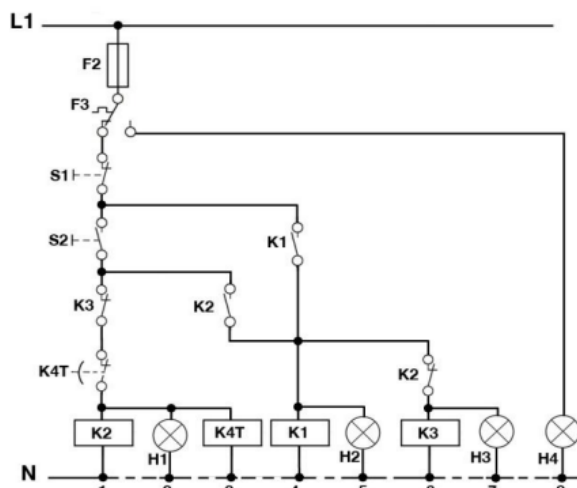
- ค. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์หมุนซ้ายตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
 ง. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานมอเตอร์หมุนขวาตลอดสัญญาณ H๒ สว่าง
๔. จากรูปวงจรการกลับทางหมุนแบบ Reversing After Stop เมื่อกด S๒ และ S๓ พร้อมกันผลจะเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ และ K๒ ทำงานพร้อมกัน
 ข. คอนแทคเตอร์ K๑ ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่ทำงาน
 ค. คอนแทคเตอร์ K๑ ไม่ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน
 ง. ไม่มีคอนแทคเตอร์ตัวใดทำงานเลย
- จากรูปวงจรข้างล่างจงตอบคำถามข้อที่ ๕-๑๓



๕. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ F๓ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรควบคุมมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงานเกินกำลัง
 ง. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานเกินกำลัง
๖. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ F๔ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ป้องกันการลัดวงจรของวงจรกำลังมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงานเกินกำลัง
 ง. ป้องกันมอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานเกินกำลัง
๗. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับกดตัวรีเลย์ ก่อนที่จะกดสวิตช์ปุ่มกด S๒ การทำงานจะเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานทันทีที่ส่วนคอนแทคเตอร์ K๑ ยังไม่ทำงาน
 ข. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานก่อนแล้ว คอนแทคเตอร์ K๑ ทำงานตามทันที
 ค. คอนแทคเตอร์ K๑ ไม่ทำงานคอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานทันทีทันที
 ง. คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่สามารถทำงานได้ เพราะคอนแทคเตอร์ K๑ ยังไม่ทำงาน
๘. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับเมื่อกดสวิตช์ปุ่มกด S๒ การทำงานวงจรเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงาน
 ข. คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน

- ค. คอนแทคเตอร์ KI ไม่ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ไม่ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน
 ง. คอนแทคเตอร์ KI ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๑ ทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงาน มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงาน
๙. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่ทั้งสองตัว เมื่อเกิดสภาวะโอเวอร์โหลดที่มอเตอร์ตัวที่ ๑ การทำงานของวงจรเป็นอย่างไร
- ก. คอนแทคเตอร์ KI และ คอนแทคเตอร์ K๒ หยุดทำงาน
 ข. คอนแทคเตอร์ KI และ คอนแทคเตอร์ K ๒ ยังทำงานอยู่
 ค. คอนแทคเตอร์ KI ทำงานอยู่ คอนแทคเตอร์ K๒ ไม่ทำงาน
 ง. คอนแทคเตอร์ KI หยุดทำงาน คอนแทคเตอร์ K๒ ยังคงทำงานอยู่
๑๐. หน้าสัมผัสปกติเปิด KI ในแถวที่ ๓ มีหน้าที่ทำอะไร
- ก. ทำหน้าที่ให้คอนแทคเตอร์ตัวที่ 1 ทำงานตลอดเวลา
 ข. ทำหน้าที่ทำให้คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานตลอดเวลา
 ค. ทำหน้าที่ไม่ให้คอนแทคเตอร์ K๒ ทำงานก่อน K๑
 ง. ทำหน้าที่ทำให้คอนแทคเตอร์ K๑ และ คอนแทคเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานพร้อมกัน
๑๑. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ คอนแทคเตอร์ KI ในแถวที่ ๑ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันไม่ให้มอเตอร์ตัวที่ ๒ ทำงานก่อนตัวที่ ๑
 ง. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๑
๑๒. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับ คอนแทคเตอร์ K๒ ในแถวที่ ๓ ทำหน้าที่อะไร
- ก. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ข. ต่อวงจรให้กับมอเตอร์ตัวที่ ๒
 ค. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๑
 ง. ป้องกันการทำงานเกินกำลังของมอเตอร์ตัวที่ ๒
๑๓. จากรูปวงจรการควบคุมมอเตอร์ทำงานเรียงตามลำดับขณะที่มอเตอร์ทั้งสองตัวกำลังหมุนอยู่ เกิดสภาวะโอเวอร์โหลดที่มอเตอร์ตัวที่ ๒ วงจรไม่ทำงานมอเตอร์หยุดหมุนทั้งสองตัวถ้าต้องการให้วงจรทำงานใหม่ได้ต้องทำอะไร
- ก. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โหลด F๓ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๑
 ข. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โหลด F๓ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๒
 ค. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โหลด F๔ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๑
 ง. กดปุ่มรีเซ็ตที่โอเวอร์โหลด F๔ แล้วกด สวิตช์ปุ่มกด S๒

จากรูปวงจรจงตอบคำถามข้อที่ ๑๔-๒๐



๑๔. จากรูปวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-รันแบบเดลต้าส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ต่อขลวดมอเตอร์แบบเดลต้า

- ก. รีเลย์หน่วงเวลา K๔T ข. คอนแทคเตอร์ K๑
ค. คอนแทคเตอร์ K๒ ง. คอนแทคเตอร์ K๓

๑๕. แมคเนติกคอนแทคเตอร์ K๒ ในวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าทำหน้าที่อะไร

- ก. ป้องกันมอเตอร์ลัดวงจร ข. ต่อขลวดมอเตอร์แบบเดลต้า
ค. ต่อขลวดมอเตอร์แบบสตาร์ ง. ต่อระบบไฟฟ้าหลักเข้าสู่ตู้มอร์

๑๖. แมคเนติกคอนแทคเตอร์ K1 ในวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าทำหน้าที่อะไร

- ก. ต่อขลวดเป็นแบบวงจรปิด ข. ต่อระบบไฟฟ้าเข้าขั้วมอเตอร์
ค. ต่อขลวดแบบเดลต้า ง. ต่อขลวดแบบสตาร์

๑๗. วงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า K๔T ทำหน้าที่อะไร

- ก. ตัดคอนแทคเตอร์ K1 ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
ข. ตัดคอนแทคเตอร์ K๒ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
ค. ตัดคอนแทคเตอร์ K๓ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้
ง. ตัดคอนแทคเตอร์ K1 และคอนแทคเตอร์ K๒ ออกจากวงจรเมื่อได้กำหนดเวลาที่ตั้งไว้

๑๘. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าขณะที่สตาร์ทไปแล้วมอเตอร์หมุนปกติต้องการหยุดการทำงานต้องทำอย่างไร

- ก. ทำการกดสวิตช์ปุ่มกด S๑ ข. ทำการกดปุ่มสวิตช์ปุ่มกด S๑ แล้วกด S๒ ตาม
ค. ทำการกดสวิตช์ปุ่มกด S๒ ง. ทำการกดปุ่มสวิตช์ปุ่มกด S๑ และ S๒ พร้อมกัน

๑๙. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่เกิดสภาวะมอเตอร์ทำงานเกินกำลังส่วนใดของวงจรทำหน้าที่หยุดการทำงานของมอเตอร์

- ก. หน้าสัมผัสปกติปิดของ F๓ จะทำงาน เปิดวงจร หยุดการทำงานของมอเตอร์
ข. หน้าสัมผัสปกติปิดของ K๔T จะทำงาน เปิดวงจร หยุดการทำงานของมอเตอร์
ค. หน้าสัมผัสปกติปิดของคอนแทคเตอร์ K๒ ในแถวที่ ๔ เปิดวงจรมอเตอร์หยุดการทำงาน
ง. หน้าสัมผัสปกติปิดของคอนแทคเตอร์ K๓ ในแถวที่ ๑ เปิดวงจรมอเตอร์หยุดการทำงาน

๒๐. จากวงจรการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้าในสภาวะที่ตัวตั้งเวลาได้เวลาที่ตั้งไว้มอเตอร์รันแบบเดลต้าคอนแทคเตอร์ตัวใดทำงานบ้าง

- ก. คอนแทคเตอร์ K๑ และ K๒ ทำงาน ข. คอนแทคเตอร์ K๒ และ K๓ ทำงาน
ค. คอนแทคเตอร์ K๑ และ K๓ ทำงาน ง. คอนแทคเตอร์ K1, K๒ และ K๓ ทำงาน

๒. จงอธิบายการกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสแบบสปลิตเฟสและการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสกลับทิศทางการหมุนหลังจากหยุด(Reversing After Stop) มาพอเข้าใจ

[illegible]

๓. จงอธิบายการสสารที่หมอดอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟสแบบสตาร์-เดลต้าอัตโนมัติมาโดยละเอียด

[illegible]

๔. จงอธิบายการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ๓ เฟส ทำงานเรียงลำดับด้วยมือมาโดยละเอียด

[illegible]

	ใบงาน ที่ ๖		หน่วยที่ ๖
	รหัสวิชา ๓๐๑๒๗-๒๐๐๖	ชื่อวิชาเทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า	สอนครั้งที่ ๑๒ - ๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		ทฤษฎี ๘ ชม. ปฏิบัติ ๑๒ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน	งานเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสดตรง		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ใช้งานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าวัด ทดสอบ ประกอบวงจร และประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๒.๑ มาตรฐานอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
อิเล็กทรอนิกส์ ระดับ ๔

- ๑) เกณฑ์การปฏิบัติงานแบบทดสอบข้อเขียน
- ๒) วิธีประเมินเลือกเครื่องมือวัดและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ในการวัดปริมาณไฟฟ้ากำลัง
- ๓) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)
- ๔) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

๒.๒ บุคลากรกลุ่มอาชีพ มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ รหัส ME๔๑, ME๔๒ อาชีพช่างเทคนิคการ
ทรอนิกส์ ระดับ ๔

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๓.๒ เลือกใช้การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้องและเหมาะสมกับงาน
- ๓.๓ วัดการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อหาอาการเสียได้ ๓ อาการ
- ๓.๔ แสดงพฤติกรรมมีความรับผิดชอบ ความประหยัด ความซื่อสัตย์สุจริต ความเป็นประชาธิปไตย และห่างไกลจากสิ่งเสพติด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

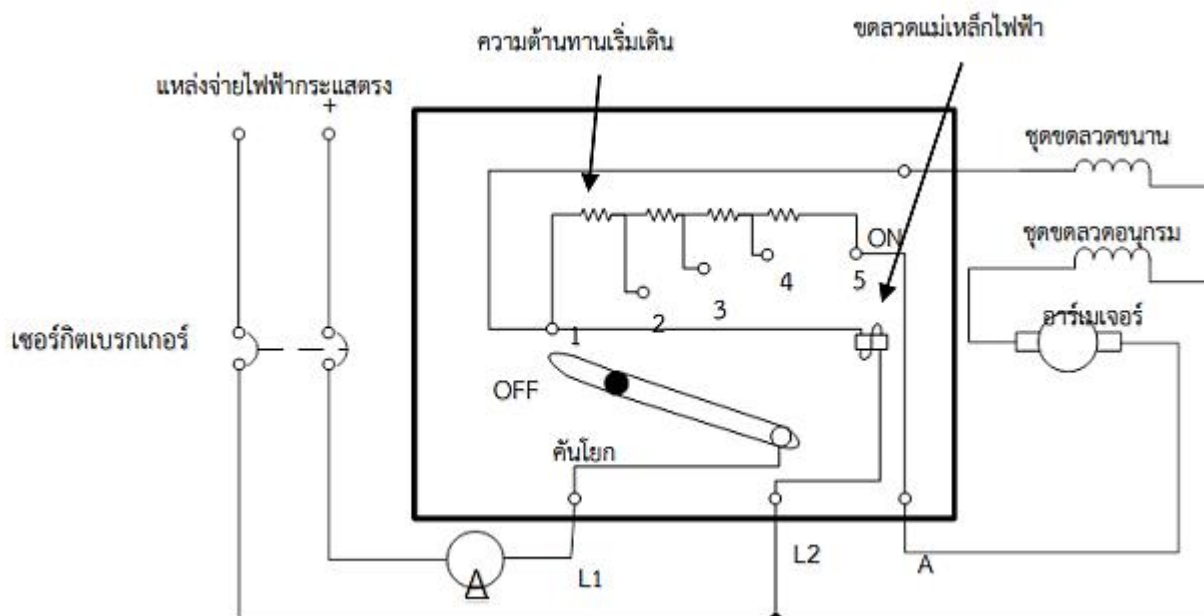
- ๔.๑ อธิบายโครงสร้างและสัญลักษณ์การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
- ๔.๒ เขียนโครงสร้างและสัญลักษณ์ของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๓ แกไขตรวจสอบการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยโอห์มมิเตอร์ได้ถูกต้อง
- ๔.๔ จำแนกอาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๕ แก้ไขปัญหาการเสียของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- ๔.๖ มีคุณธรรม จริยธรรมในงานอาชีพและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

๕. เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

๑. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ๒๒๐ โวลต์ ๑ ตัว
๒. กล่องสำหรับเริ่มเดินชนิด ๓ ขั้ว ๑ ตัว
๓. กล่องสำหรับเริ่มเดินชนิด ๔ ขั้ว ๑ ตัว
๔. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ๒๒๐ โวลต์ ๑ ตัว
๕. เซอร์กิตเบรกเกอร์ ๑ ตัว
๖. สายต่อวงจร ๒๐ เส้น
๗. มัลติมิเตอร์ ๑ ตัว

๗.๒ การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ด้วยกล่องเริ่มเดินชนิด ๔ ขั้ว

๗.๒.๑ ต่อดังต่อไปนี้ตามรูปที่ ๗.๒



รูปที่ ๗.๒ วงจรการเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมด้วยกล่องสลับสำหรับเริ่มเดินชนิด ๔ ขั้ว

๗.๒.๒ เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบ ๒๒๐ โวลต์ให้วงจร

๗.๒.๓ เลื่อนแขนของคันโยก (Handle) ไปตำแหน่งที่ ๑ สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์

และดูค่ากระแสไฟฟ้าขณะมอเตอร์เริ่มเดิน

๗.๒.๔ เลื่อนแขนของคันโยกไปตำแหน่งที่ ๒ สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์

๗.๒.๕ เลื่อนแขนของคันโยกไปตำแหน่งที่ ๓ สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์

๗.๒.๖ เลื่อนแขนของคันโยกไปตำแหน่งที่ ๔ สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์

๗.๒.๗ เลื่อนแขนของคันโยกไปตำแหน่งที่ ๕ สังเกตการณ์ทำงานของมอเตอร์ และดูค่า

กระแสไฟฟ้าขณะมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วตามพิกัดแล้ว

๗.๒.๘ ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์

๗.๒.๙ เขียนสรุปผลการปฏิบัติงาน

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๙. การประเมินผล

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน หน่วยที่ ๖

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

- ๑๐.๑ หนังสือเรียนเรื่อง เทคนิคการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ผู้แต่ง พันธุ์ศักดิ์ ศิริวรรณ คำภักดี และคณะ
- ๑๐.๒ สื่อสิ่งพิมพ์ สามารถสืบค้นได้ที่ห้องสมุด วท.บ้านค่าย
- ๑๐.๓ สื่อมัลติมีเดียต่างๆ