



แผนการจัดการเรียนรู้
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
กลุ่มอาชีพเครื่องกลและยานยนต์
สาขาวิชาเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
รหัส 30143-2006

นายวรินทร์ สายสกุล

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนและพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ในรหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ได้มีการวิเคราะห์และจัดทำหน่วยการเรียนรู้เพื่อให้เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 6 หน่วยการเรียนรู้

ผู้จัดทำได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับด้านความรู้ ทักษะ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ และประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ ตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา โดยมุ่งเน้นตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยจนนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้ในงานอาชีพได้

ทั้งนี้ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ครูผู้สอนจะนำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จตามหลักการของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ต่อไป

ลงชื่อ

(นายวรินทร์ สายสกุล)

ครูผู้สอน



สารบัญ

	หน้า
คำนำ	X
สารบัญ	X
หลักสูตรรายวิชา	X
มาตรฐานอาชีพ	X
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	X
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	X
ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	X
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 การควบคุมมอเตอร์ PMSM	X



หลักสูตรรายวิชา
หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567
ประเภทวิชา อุตสาหกรรม หมวดวิชา สมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะ วิชาชีพเฉพาะ
รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
ทฤษฎี.....1..... ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ.....4..... ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน.....3..... หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

1. มาตรฐานอาชีพ สาขายานยนต์ไฟฟ้า สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) รหัส 070102 อาชีพนักเทคนิค ซอฟต์แวร์และระบบสื่อสารของยานยนต์ไฟฟ้า ระดับ 3
2. มาตรฐานอาชีพ สาขายานยนต์ไฟฟ้า สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) รหัส 070103 อาชีพนักเทคนิค ซอฟต์แวร์และระบบสื่อสารของยานยนต์ไฟฟ้า ระดับ 3
3. มาตรฐานอาชีพ สาขายานยนต์ไฟฟ้า สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) รหัส 070104 อาชีพนักเทคนิค ซอฟต์แวร์และระบบสื่อสารของยานยนต์ไฟฟ้า ระดับ 3

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ออกแบบวงจรควบคุมและสัญลักษณ์ในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานต่างๆ การควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ BLDC และการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ Induction Motor การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ PMSM และ งานต่อ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่างๆ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่างๆ สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
2. สามารถต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแบบต่างๆ ได้
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน ประณีตรอบคอบ ประหยัด มีวินัยตรงต่อเวลาและปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัย
4. มีความสามารถประยุกต์ใช้การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า และวินิจฉัย แก้ปัญหา DCU/VCU และอินเวอร์เตอร์/คอนเวอร์เตอร์

สมรรถนะรายวิชา

1. ประมวลความรู้เกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบต่างๆ สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
2. ต่อวงจรควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแบบต่างๆได้ตามคู่มือที่กำหนด
3. ปรับตั้งควบคุมระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าตามคู่มือที่กำหนด
4. ประยุกต์ใช้การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า และวินิจฉัย แก้ปัญหา DCU/VCU และอินเวอร์เตอร์/คอนเวอร์เตอร์ตาม

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับอุปกรณ์ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า การต่อระบบการส่งกำลังทางกลด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า คุณสมบัติของโหลด การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า วงจรควบคุมเฟส ตัวปรับตั้งตัวควบคุมแบบพีไอดี แบบเวกเตอร์คอนโทรล การควบคุมความเร็วแบบหลายควอดแดรนต์ การควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยอินเวอร์เตอร์ การควบคุมความเร็วมอเตอร์ ชนิด PMSM อินตักชั่นระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า DCU/VCU และอินเวอร์เตอร์/คอนเวอร์เตอร์

รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 3 หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	ระดับความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวน ชั่วโมง ท/ป
	ความรู้						ทักษะ พิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ ใช้		
	รู้ จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์					
ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	3	3	3				5	5		19	2
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	2	2	2				5	5		16	8
อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	1	1	1				5	5		13	5
การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	1	1	1				5	5		13	20
การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	1	1	1				5	5		13	20
การควบคุมมอเตอร์ PMSM	2	2	2				5	5		16	15
รวมคะแนนระหว่างภาค (ร้อยละ)	10	10	10				30	30		30	5
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (ร้อยละ)											
รวมทั้งรายวิชา										100	

หน่วยการเรียนรู้

รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 3 หน่วยกิต

หน่วย ที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	2		2
2	สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	3	5	8
3	อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	1	4	5
4	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	2	18	20
5	การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	2	18	20
6	การควบคุมมอเตอร์ PMSM	1	14	15
	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา	5	-	5
รวม		16	59	75

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 1
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 0 ชม.
ชื่อเรื่อง ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายและปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบต่อการทำงานและเพื่อนร่วมงาน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพช่างยนต์ไฟฟ้า สาขายานยนต์ไฟฟ้า (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน)

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างซ่อมบำรุงยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างเทคนิคด้านระบบขับเคลื่อน EV

ช่างเทคนิคความปลอดภัยในงานไฟฟ้าแรงสูงยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 สวมใส่ชุด PPE ได้ถูกต้องตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้เรื่องความปลอดภัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เจื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

1.1 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE)

1.2 การปฏิบัติงานกับยานยนต์ไฟฟ้า EV

1.3 การซ่อมบำรุง ตรวจสอบ หรือ เปลี่ยนอุปกรณ์แรงดันสูง

1.4 อุบัติเหตุจากความเผลอของรถยนต์ไฟฟ้า

6. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูบรรยายและอภิปรายร่วมกับผู้เรียนเรื่อง “ความสำคัญของความปลอดภัยในการทำงาน”
2. ศึกษาวิดีโอกรณีอุบัติเหตุจากการละเมิดกฎความปลอดภัยในระบบ EV
3. ฝึกปฏิบัติการตรวจสอบอุปกรณ์และพื้นที่ทำงานก่อนเริ่มงานจริง
4. ฝึกใช้อุปกรณ์ PPE และทำกิจกรรม Lockout/Tagout จำลอง
5. สรุปผลการเรียนรู้และสะท้อนแนวทางการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชา “งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า”
2. วิดีโอสาธิตความปลอดภัยในระบบไฟฟ้าแรงสูง EV
3. ชุดอุปกรณ์ PPE, ป้ายเตือน, สายดิน, และชุด Lockout/Tagout

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี – ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่องสถาบันทางสังคม
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาคือส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป



	ใบความรู้	หน่วยที่ 1
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1
	ชื่อหน่วย ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 0 ชม.
ชื่อเรื่อง ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายและปฏิบัติตามหลักความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบต่อการทำงานและเพื่อนร่วมงาน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพช่างยนต์ไฟฟ้า สาขายานยนต์ไฟฟ้า (กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน)

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างซ่อมบำรุงยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างเทคนิคด้านระบบขับเคลื่อน EV

ช่างเทคนิคความปลอดภัยในงานไฟฟ้าแรงสูงยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 สวมใส่ชุด PPE ได้ถูกต้องตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้เรื่องความปลอดภัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เจื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

1.1 อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment - PPE) สำหรับช่างเทคนิค EV การปฏิบัติงานกับยานยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage - HV) จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าและป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าและ Arc Flash (การปะทุของกระแสไฟฟ้า) โดยเฉพาะ

อุปกรณ์ PPE	คุณสมบัติและความสำคัญ
ถุงมือป้องกันไฟฟ้า (Electrical Insulating Gloves)	เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงที่กำหนด ต้องสวม ถุงมือหนังงานไฟฟ้า (Leather Protector Gloves) ทับเพื่อป้องกันความเสียหายทางกลและป้องกัน Arc Flash
เสื้อผ้าป้องกันไฟฟ้า (Arc Flash Protective Clothing)	วัสดุทนไฟและมีระดับการป้องกัน Arc Flash ที่เหมาะสม ป้องกันผิวหนังจากการไหม้จากความร้อนสูง
หน้ากากป้องกัน Arc Flash (Arc Flash Face Shield)	ป้องกันใบหน้าและดวงตาจากแสงจ้า ความร้อน และแรงดันจากการเกิด Arc Flash
หมวกนิรภัย (Safety Helmet)	ควรเป็นชนิดป้องกันไฟฟ้า (Class E) เพื่อป้องกันศีรษะจากการกระแทกและการสัมผัสกับตัวนำไฟฟ้า
รองเท้าป้องกันไฟฟ้า (Electrical Insulating Shoes)	มีพื้นรองเท้าเป็นฉนวนไฟฟ้า ป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายลงสู่พื้น
ฉนวนปูพื้น/ฉนวนรองเท้า (Insulated Matting)	ใช้ปูบริเวณที่ปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มชั้นฉนวนระหว่างช่างกับพื้นดิน
แว่นตานิรภัย (Safety Glasses)	ป้องกันดวงตาจากเศษวัสดุหรือประกายไฟ

1.2 การปฏิบัติงานกับยานยนต์ไฟฟ้า EV

การทำงานกับ EV ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยจากไฟฟ้าแรงสูงเป็นหลัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นระบบ DC (กระแสตรง) ที่มีความเสี่ยงสูง
ขั้นตอนความปลอดภัยพื้นฐาน

1. การระบุและแยกแรงดันไฟฟ้า (De-energization/Lockout-Tagout - LOTO):

- การตัดการเชื่อมต่อแบตเตอรี่แรงดันสูง: ต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่ผู้ผลิตกำหนด ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการถอด Service Plug หรือ Safety Plug
- การตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ (Zero Voltage Check): ใช้ มัลติมิเตอร์ที่มีฉนวนและได้รับการจัดอันดับสำหรับแรงดันสูง (HV Rated) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าเหลืออยู่ในระบบ (ทั้งด้านแบตเตอรี่และด้านอินเวอร์เตอร์) ก่อนเริ่มงาน

2. การกั้นพื้นที่และป้ายเตือน:

- ใช้ป้ายเตือน "อันตราย แรงดันสูง" หรือ "ห้ามใช้งาน"
- กำหนดเขตพื้นที่ทำงานและใช้ฉนวนหุ้มหรือครอบส่วนที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่อาจสัมผัสได้

3. **การฝึกอบรม:** ช่างเทคนิคต้องได้รับการฝึกอบรมเฉพาะทางเกี่ยวกับระบบ EV และขั้นตอนความปลอดภัยของไฟฟ้าแรงสูง

1.3 การซ่อมบำรุง ตรวจสอบ หรือ เปลี่ยนอุปกรณ์แรงดันสูง

การซ่อมบำรุงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแรงดันสูง เช่น แบตเตอรี่ HV, อินเวอร์เตอร์, หรือสายเคเบิล HV ต้องทำด้วยความระมัดระวังสูงสุด:

- **เครื่องมือเฉพาะทาง:** ใช้เครื่องมือที่มี **ฉนวนไฟฟ้า** โดยเฉพาะ (Insulated Tools) เพื่อป้องกันการลัดวงจรและการสัมผัสกับตัวนำไฟฟ้าโดยตรง
- **การจัดการแบตเตอรี่ HV:**
 - ในการถอด/เปลี่ยนแบตเตอรี่ ต้องแน่ใจว่าได้ทำการ **De-energize** ระบบอย่างสมบูรณ์แล้ว
 - แบตเตอรี่มีน้ำหนักมาก ต้องใช้อุปกรณ์ยกที่เหมาะสมและบุคลากรที่ได้รับการฝึกฝนเพื่อป้องกันการบาดเจ็บทางกล
 - การทำงานกับเซลล์แบตเตอรี่ต้องเป็นไปตามขั้นตอนเฉพาะเพื่อหลีกเลี่ยงการลัดวงจร ซึ่งอาจนำไปสู่ความร้อนสูงเกินไปหรือไฟไหม้ได้
- **การเชื่อมต่อระบบ HV อีกครั้ง (Re-energization):** เมื่อซ่อมเสร็จ ต้องตรวจสอบความต้านทานของฉนวน (Insulation Resistance Test) และยืนยันว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าเหลืออยู่ก่อนเชื่อมต่อ Service Plug หรือ Switch เพื่อเปิดระบบ HV กลับมาทำงาน
- **การป้องกันความเสียหายทางกล:** ระวังเป็นพิเศษในการถอดหรือติดตั้งส่วนประกอบต่างๆ เพื่อไม่ให้สายเคเบิล HV หรือตัวเชื่อมต่อได้รับความเสียหาย

1.4 อุบัติเหตุจากความเจ็บของรถยนต์ไฟฟ้า

รถยนต์ไฟฟ้ามีความเจ็บกว่ารถยนต์สันดาปภายในมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วต่ำ (ต่ำกว่า 30 กม./ชม.) ซึ่งเป็นความเสี่ยงที่สำคัญต่อผู้ใช้งานกลุ่มเปราะบาง

กลุ่มเสี่ยง	ความเสี่ยงที่เกิดจากความเจ็บ
คนเดินถนน	อาจไม่ได้ยินเสียงรถที่กำลังเข้าใกล้ หรือประเมินระยะทาง/ความเร็วผิดพลาด
ผู้พิการทางสายตา	พึ่งพาเสียงยานพาหนะในการรับรู้และตัดสินใจข้ามถนน การที่รถเงียบทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งรถได้
นักปั่นจักรยาน	อาจไม่ได้ยินเสียงรถที่วิ่งมาจากด้านหลัง ทำให้เกิดการชนได้

มาตรการแก้ไขและกฎระเบียบ

- **ระบบเตือนเสียงรถยนต์ (Acoustic Vehicle Alerting System - AVAS):** เป็นระบบที่ถูกกำหนดให้ติดตั้งในรถยนต์ไฟฟ้าและรถไฮบริดในหลายประเทศ (เช่น สหภาพยุโรป กำหนดให้มีเสียงดังอย่างน้อย 56 เดซิเบล ที่ความเร็วต่ำ) เพื่อสร้างเสียงเทียมที่ช่วยให้คนเดินถนนรับรู้ถึงการมีอยู่ของรถ
- **การสร้างตระหนักรู้:** ทั้งผู้ขับขี่และคนเดินถนนต้องตระหนักถึงความเสี่ยงของ EV และเพิ่มความปลอดภัยเป็นพิเศษในเขตชุมชนหรือพื้นที่ที่มีคนเดินเท้าหนาแน่น

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 1

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. ข้อใดคือวัตถุประสงค์หลักของการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในงานไฟฟ้า

- ก. ลดต้นทุนการผลิต
- ข. เพิ่มความเร็วในการทำงาน
- ค. ป้องกันอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน
- ง. เพื่อให้ผู้บังคับบัญชาพอใจ

2. การทำงานกับระบบไฟฟ้าควรทำหลังจากขั้นตอนใดก่อนเสมอ

- ก. เปิดเบรกเกอร์หลัก
- ข. ตรวจสอบว่ามีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลือหรือไม่
- ค. เดินเครื่องทดสอบ
- ง. ต่อดึงเสริม

3. อุปกรณ์ใดใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดได้ดีที่สุด

- ก. ถุงมือยางกันไฟฟ้า
- ข. ถุงมือผ้า
- ค. ถุงมือหนัง
- ง. ถุงมือผ้าฝ้าย

4. การแต่งกายใด “ไม่เหมาะสม” สำหรับการปฏิบัติงานไฟฟ้า

- ก. เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว
- ข. รองเท้านิรภัย
- ค. ถุงมือฉนวน
- ง. รองเท้าแตะ

5. การตัดแหล่งจ่ายไฟก่อนทำงานควรทำเพื่ออะไร

- ก. ปรับค่าแรงดันไฟ
- ข. ป้องกันไฟฟ้าช็อต
- ค. ลดความร้อนในวงจร
- ง. ปรับสมดุลของมอเตอร์

6. การใช้เครื่องมือที่มีฉนวนเสื่อมสภาพอาจก่อให้เกิดผลใด

- ก. ไฟฟ้าดูด
- ข. เครื่องมือพังเร็ว
- ค. เสียงดัง
- ง. งานเสร็จช้า

7. เมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟฟ้าดูด ผู้พบเห็นควรทำสิ่งใดก่อน

- ก. รีบเข้าไปดึงผู้ถูกไฟฟ้าดูด
- ข. ดัดกระแสไฟก่อน
- ค. โทรแจ้งเพื่อน
- ง. ใช้มือจับผู้บาดเจ็บ

8. เครื่องหมาย “สายฟ้าในสามเหลี่ยมสีเหลือง” หมายถึงอะไร

- ก. ระวังของมีคม
- ข. ระวังอันตรายจากไฟฟ้า
- ค. ห้ามเข้าใกล้
- ง. ระวังพื้นลื่น

9. การทำงานในพื้นที่แคบที่มีไฟฟ้าแรงดันสูงควรทำอย่างไร

- ก. ใช้อุปกรณ์ป้องกันครบถ้วน
- ข. ถอดรองเท้า
- ค. ทำงานเร็วที่สุด
- ง. ใช้โทรศัพท์ขณะทำงาน

10. การตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้งานมีประโยชน์อย่างไร

- ก. เพื่อให้เกิดความชำนาญ
- ข. เพื่อป้องกันความเสียหายและอุบัติเหตุ
- ค. เพื่อประหยัดเวลา
- ง. เพื่อให้เครื่องมือดูใหม่

11. ข้อใด “ไม่ใช่” อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE)

- ก. หมวกนิรภัย
- ข. ถุงมือฉนวน
- ค. รองเท้านิรภัย
- ง. แว่นกันแดดแฟชั่น

12. การทำงานในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงควรมีคุณสมบัติอย่างไร

- ก. ผ่านการอบรมความปลอดภัยและได้รับอนุญาต
- ข. มีประสบการณ์ซ่อมไฟบ้าน
- ค. สวมถุงมือทั่วไป
- ง. มีเพื่อนช่วยถือเครื่องมือ

13. ข้อใดต่อไปนี้เป็นกรปฏิบัติตามหลัก “Lockout – Tagout”

- ก. ปิดสวิตช์แล้วทำงานเลย
- ข. ปิดเบรกเกอร์และติดป้ายห้ามเปิด
- ค. ปิดเบรกเกอร์เฉย ๆ
- ง. เปิดเบรกเกอร์ตรวจสอบไฟ

14. ถ้าพบสายไฟฉีกขาดในบริเวณทำงาน ควรทำอย่างไร

- ก. ใช้เทปธรรมดากันไว้
- ข. แจ้งผู้ควบคุมงานและงดใช้งาน
- ค. เดินข้ามไปเฉย ๆ
- ง. ใช้มือจับตรวจดู

15. การใช้เครื่องมือไฟฟ้าควรเชื่อมต่อกับสายดินเพราะเหตุใด

- ก. เพื่อความสวยงาม
- ข. ป้องกันไฟรั่วและไฟดูด
- ค. ทำให้เครื่องทำงานแรงขึ้น
- ง. ลดเสียงรบกวน

16. สภาพแวดล้อมใด “ไม่เหมาะสม” ต่อการทำงานไฟฟ้า

- ก. พื้นแห้ง
- ข. อากาศถ่ายเท
- ค. พื้นเปียกน้ำ
- ง. มีแสงสว่างเพียงพอ

17. การทำงานไฟฟ้าร่วมกับสารไวไฟต้องระวังอะไรเป็นพิเศษ

- ก. ประกายไฟ
- ข. เสียงดัง
- ค. ฝุ่นละออง
- ง. แรงสั่นสะเทือน

18. การช่วยเหลือผู้ถูกไฟฟ้าดูดหลังตัดกระแสไฟแล้ว ควรทำอย่างไร

- ก. เขย่าตัวแรง ๆ
- ข. ทำ CPR หากหมดสติ
- ค. พาไปนอนเฉย ๆ
- ง. ให้ดื่มน้ำทันที

19. หลังเสร็จงานไฟฟ้า ควรปฏิบัติสิ่งใดเป็นขั้นตอนสุดท้าย

- ก. เดินเครื่องทดสอบโดยไม่ตรวจ
- ข. ตรวจสอบความเรียบร้อยและเก็บเครื่องมือ
- ค. ปลดสายไฟทิ้งไว้
- ง. ถ่ายรูปลงโซเชียล

20. ข้อใดคือหลักการสำคัญของความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไฟฟ้า

- ก. รู้ – ระวัง – ป้องกัน
- ข. เร็ว – แรง – แม่น
- ค. เด่า – ทดลอง – แก้ไข
- ง. ปิด – เปิด – ทดสอบ

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 1

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. ข้อใดคือวัตถุประสงค์หลักของการปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยในงานไฟฟ้า

- ก. ลดต้นทุนการผลิต
- ข. เพิ่มความเร็วในการทำงาน
- ค. ป้องกันอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน
- ง. เพื่อให้ผู้บังคับบัญชาพอใจ

2. การทำงานกับระบบไฟฟ้าควรทำหลังจากขั้นตอนใดก่อนเสมอ

- ก. เปิดเบรกเกอร์หลัก
- ข. ตรวจสอบว่ามีแรงดันไฟฟ้าหลงเหลือหรือไม่
- ค. เดินเครื่องทดสอบ
- ง. ต่อวงจรเสริม

3. อุปกรณ์ใดใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าดูดได้ดีที่สุด

- ก. ถุงมือยางกันไฟฟ้า
- ข. ถุงมือผ้า
- ค. ถุงมือหนัง
- ง. ถุงมือผ้าฝ้าย

4. การแต่งกายใด “ไม่เหมาะสม” สำหรับการปฏิบัติงานไฟฟ้า

- ก. เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว
- ข. รองเท้านิรภัย
- ค. ถุงมือฉนวน
- ง. รองเท้าแตะ

5. การตัดแหล่งจ่ายไฟก่อนทำงานควรทำเพื่ออะไร

- ก. ปรับค่าแรงดันไฟ
- ข. ป้องกันไฟฟ้าช็อต
- ค. ลดความร้อนในวงจร
- ง. ปรับสมดุลของมอเตอร์

6. การใช้เครื่องมือที่มีฉนวนเสื่อมสภาพอาจก่อให้เกิดผลใด

- ก. ไฟฟ้าดูด
- ข. เครื่องมือพังเร็ว
- ค. เสียงดัง
- ง. งานเสร็จช้า

7. เมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟฟ้าดูด ผู้พบเห็นควรทำสิ่งใดก่อน

- ก. รีบเข้าไปดึงผู้ถูกไฟฟ้าดูด
- ข. ตัดกระแสไฟก่อน
- ค. โทรแจ้งเพื่อน
- ง. ใช้มือจับผู้บาดเจ็บ

8. เครื่องหมาย “สายฟ้าในสามเหลี่ยมสีเหลือง” หมายถึงอะไร

- ก. ระวังของมีคม
- ข. ระวังอันตรายจากไฟฟ้า
- ค. ห้ามเข้าใกล้
- ง. ระวังพื้นลื่น

9. การทำงานในพื้นที่แคบที่มีไฟฟ้าแรงดันสูงควรทำอย่างไร

- ก. ใช้อุปกรณ์ป้องกันครบถ้วน
- ข. ถอดรองเท้า
- ค. ทำงานเร็วที่สุด
- ง. ใช้โทรศัพท์ขณะทำงาน

10. การตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้งานมีประโยชน์อย่างไร

- ก. เพื่อให้เกิดความชำนาญ
- ข. เพื่อป้องกันความเสียหายและอุบัติเหตุ
- ค. เพื่อประหยัดเวลา
- ง. เพื่อให้เครื่องมือดูใหม่

11. ข้อใด “ไม่ใช่” อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE)

- ก. หมวกนิรภัย
- ข. ถุงมือฉนวน
- ค. รองเท้านิรภัย
- ง. แว่นกันแดดแฟชั่น

12. การทำงานในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงควรมีคุณสมบัติอย่างไร

- ก. ผ่านการอบรมความปลอดภัยและได้รับอนุญาต
- ข. มีประสบการณ์ซ่อมไฟฟ้า
- ค. สวมถุงมือทั่วไป
- ง. มีเพื่อนช่วยถือเครื่องมือ

13. ข้อใดต่อไปนี้เป็นหลักการปฏิบัติตามหลัก “Lockout – Tagout”

- ก. ปิดสวิตช์แล้วทำงานเลย
- ข. ปิดเบรกเกอร์และติดป้ายห้ามเปิด
- ค. ปิดเบรกเกอร์เฉย ๆ
- ง. เปิดเบรกเกอร์ตรวจสอบไฟ

14. ถ้าพบสายไฟฉีกขาดในบริเวณทำงาน ควรทำอย่างไร

- ก. ใช้เทปธรรมดากาวไว้
- ข. แจ้งผู้ควบคุมงานและงดใช้งาน
- ค. เดินข้ามไปเฉย ๆ
- ง. ใช้มือจับตรวจสอบดู

15. การใช้เครื่องมือไฟฟ้าควรเชื่อมต่อกับสายดินเพราะเหตุใด

- ก. เพื่อความสวยงาม
- ข. ป้องกันไฟรั่วและไฟดูด
- ค. ทำให้เครื่องทำงานแรงขึ้น
- ง. ลดเสียงรบกวน

16. สภาพแวดล้อมใด “ไม่เหมาะสม” ต่อการทำงานไฟฟ้า

- ก. พื้นแห้ง
- ข. อากาศถ่ายเท
- ค. พื้นเปียกน้ำ
- ง. มีแสงสว่างเพียงพอ

17. การทำงานไฟฟ้าร่วมกับสารไวไฟต้องระวังอะไรเป็นพิเศษ

- ก. ประกายไฟ
- ข. เสียงดัง
- ค. ฝุ่นละออง
- ง. แรงสั่นสะเทือน

18. การช่วยเหลือผู้ถูกไฟฟ้าดูดหลังตัดกระแสไฟแล้ว ควรทำอย่างไร

- ก. เขย่าตัวแรง ๆ
- ข. ทำ CPR หากหมดสติ
- ค. พาไปนอนเฉย ๆ
- ง. ให้ดื่มน้ำทันที

19. หลังเสร็จงานไฟฟ้า ควรปฏิบัติสิ่งใดเป็นขั้นตอนสุดท้าย

- ก. เดินเครื่องทดสอบโดยไม่ตรวจ
- ข. ตรวจสอบความเรียบร้อยและเก็บเครื่องมือ
- ค. ปลดสายไฟทิ้งไว้
- ง. ถ่ายรูปลงโซเชียล

20. ข้อใดคือหลักการสำคัญของความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไฟฟ้า

- ก. รู้ – ระวัง – ป้องกัน
- ข. เร็ว – แรง – แม่น
- ค. เด่า – ทดลอง – แก้ไข
- ง. ปิด – เปิด – ทดสอบ

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 2
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-2
	ชื่อหน่วย สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 5 ชม.
	ชื่อเรื่อง สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถระบุ อ่าน และตีความสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในงานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรควบคุม และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการอ่านแบบวงจรจริงของระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าได้

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้อง:

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้ายานยนต์

มาตรฐานอาชีพช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

ช่างตรวจสอบระบบไฟฟ้าในยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 อ่าน และเขียนสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 ประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในการอ่านวงจรควบคุมจริงของระบบขับเคลื่อน EV ได้

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

2.1 มาตรฐานของสัญลักษณ์ด้านไฟฟ้า

2.2 สัญลักษณ์ตามมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน:

- ครูยกตัวอย่างวงจรควบคุมมอเตอร์ในยานยนต์ EV และให้ผู้เรียนสังเกตสัญลักษณ์

ขั้นสอน:

- ครูอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าต่าง ๆ
- ผู้เรียนจับคู่ภาพอุปกรณ์จริงกับสัญลักษณ์ในแบบวงจร
- ฝึกอ่านวงจรควบคุมจากตัวอย่างจริงในเอกสารของยานยนต์ไฟฟ้า

ขั้นปฏิบัติ:

- ผู้เรียนฝึกวาดวงจรควบคุมมอเตอร์จากสัญลักษณ์มาตรฐาน
- ฝึกทดสอบการอ่านวงจรจริงจากบอร์ดฝึก

ขั้นสรุป:

- ครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปราย และสรุปแนวทางการใช้สัญลักษณ์ในงานอาชีพ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน “งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า”
2. PowerPoint แนะนำสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า
3. แผ่นภาพวงจรควบคุมมอเตอร์
4. ชุดฝึกวงจรควบคุมมอเตอร์ EV
5. คู่มือทางเทคนิคของผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้า (Toyota, Nissan, Tesla EV system manuals)

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 2

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี – ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่องสถาบันทางสังคม
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป



	ใบความรู้	หน่วยที่ 2
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-2
	ชื่อหน่วย สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี 3 ชม. ปฏิบัติ 5 ชม.
ชื่อเรื่อง สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถระบุ อ่าน และตีความสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในงานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เข้าใจหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรควบคุม และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการอ่านแบบวงจรจริงของระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าได้

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้อง:

มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้ายานยนต์

มาตรฐานอาชีพช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

ช่างตรวจสอบระบบไฟฟ้าในยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 อ่าน และเขียนสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 ประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในการอ่านวงจรควบคุมจริงของระบบขับเคลื่อน EV ได้

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

2.1 มาตรฐานของสัญลักษณ์ด้านไฟฟ้า

สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนอุปกรณ์หรือส่วนประกอบจริงในแผนภาพวงจรไฟฟ้า เนื่องจากจะช่วยลดความซับซ้อนในการวาดภาพ และสื่อสารความหมายระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้านไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและเป็นสากล มาตรฐานที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับใช้กันทั่วโลก มีดังนี้

มาตรฐาน	ชื่อเต็มและความสำคัญ	ลักษณะการใช้งานหลัก
IEC	International Electrotechnical Commission (คณะกรรมการมาตรฐานเทคนิคไฟฟ้าระหว่างประเทศ)	เป็นมาตรฐานสากลที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ในหลายประเทศ โดยเฉพาะในยุโรปและเอเชีย รวมถึงประเทศไทย (มีการแปลและเรียบเรียงจาก IEC) สัญลักษณ์มีความเป็นสากลและใช้ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ANSI	American National Standards Institute (สถาบันมาตรฐานแห่งชาติอเมริกา)	มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้ร่วมกับมาตรฐาน IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) และ NEMA (National Electrical Manufacturers Association) มักใช้ในงานอุตสาหกรรมในอเมริกา
DIN	Deutsches Institut für Normung (สถาบันมาตรฐานเยอรมัน)	มาตรฐานของประเทศเยอรมัน ซึ่งเคยเป็นที่นิยมอย่างมากในอดีต ปัจจุบันหลายส่วนถูกรวมหรือปรับให้สอดคล้องกับมาตรฐาน IEC
มอก.	มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	มาตรฐานประจำชาติของประเทศไทย ซึ่งหลายฉบับมีการอ้างอิงและปรับตามมาตรฐาน IEC

2.2 สัญลักษณ์ตามมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

งานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (โดยเฉพาะการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า) จะมีการออกแบบวงจรที่ใช้สวิตช์ รีเลย์ คอนแทคเตอร์ และอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงาน เช่น การเริ่มเดิน การหยุด การกลับทิศทางหมุน หรือการป้องกันโอเวอร์โหลด สัญลักษณ์ที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามมาตรฐาน (IEC หรือ ANSI) แม้ว่าจะแทนอุปกรณ์ชนิดเดียวกันก็ตาม

ตัวอย่างเปรียบเทียบสัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมหลัก (ตามมาตรฐาน IEC และ ANSI)

อุปกรณ์	การทำงาน/หน้าที่	สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC	สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน ANSI
หน้าสัมผัสปกติเปิด (N.O. Contact)	หน้าสัมผัสที่เปิดเมื่อไม่มีการทำงานของคอยล์หรือแรงกระทำ	\$	\$
หน้าสัมผัสปกติปิด (N.C. Contact)	หน้าสัมผัสที่ปิดเมื่อไม่มีการทำงานของคอยล์หรือแรงกระทำ	\$	\hspace{2mm} / \hspace{2mm}

อุปกรณ์	การทำงาน/หน้าที่	สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC	สัญลักษณ์ตามมาตรฐาน ANSI
ปุ่มกดปกติเปิด (Pushbutton N.O.)	กดแล้วต่อวงจร เมื่อปล่อยมือจะกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม	$\bigcirc$	
คอยล์ (Coil)	ขดลวดของคอนแทคเตอร์หรือรีเลย์ ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อสั่งงานหน้าสัมผัส	$\square$ (มีชื่อกำกับ K1, CR1)	$\bigcirc$ (มีชื่อกำกับ C, CR)
โอเวอร์โวลต์รีเลย์ (Thermal Overload Relay)	อุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์จากกระแสเกินเนื่องจากการใช้งานเกินพิกัด		
เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)	อุปกรณ์ตัดกระแสไฟฟ้าเพื่อป้องกันการลัดวงจรและกระแสเกิน		
มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor)	เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล (มักเป็นแบบ 3 เฟส)	$\bigcirc$ (มีตัว M กำกับอยู่ด้านใน)	$\bigcirc$ (มีตัว M กำกับอยู่ด้านใน)

ข้อสังเกตที่สำคัญ:

- ความแตกต่างหลัก: สัญลักษณ์ IEC มักจะเรียบง่ายและเป็นกราฟิกสากลมากกว่า (เช่น ใช้สี่เหลี่ยมแทนคอยล์) ในขณะที่สัญลักษณ์ ANSI มักจะมีรายละเอียดหรือความแตกต่างที่ชัดเจนกว่าสำหรับแต่ละชนิดของหน้าสัมผัส
- การระบุชื่ออุปกรณ์: ในแผนภาพวงจรจริง สัญลักษณ์จะถูกกำกับด้วยตัวอักษรและตัวเลข (เช่น K1, CR2, M1) เพื่อระบุว่าเป็นอุปกรณ์ชนิดใดและเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ควบคุมตัวใด เพื่อให้สามารถอ้างอิงถึงรายการอุปกรณ์จริงได้
- การสื่อสาร: การรู้ว่าแผนภาพนั้นถูกเขียนขึ้นตามมาตรฐานใด (IEC, ANSI/NEMA) เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับสัญลักษณ์เพียงเล็กน้อย อาจนำไปสู่การติดตั้งหรือการซ่อมบำรุงที่ผิดพลาดและเกิดอันตรายได้

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 2

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. สัญลักษณ์ทางไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่ออะไร

- ก. เพื่อให้วงจรดูสวยงาม
- ข. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรได้ตรงกัน
- ค. เพื่อประหยัดกระดาษในการเขียนวงจร
- ง. เพื่อใช้แทนการต่อวงจรจริง

2. มาตรฐานสัญลักษณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันทั่วโลกคือมาตรฐานใด

- ก. IEC
- ข. IEEE
- ค. TIS
- ง. ISO

3. มาตรฐาน IEC ย่อมาจากอะไร

- ก. International Electric Control
- ข. International Electrotechnical Commission
- ค. International Electronic Committee
- ง. International Energy Council

4. สัญลักษณ์ “วงกลมมีตัว X อยู่ภายใน” หมายถึงอุปกรณ์ใด

- ก. สวิตช์
- ข. หลอดไฟ
- ค. ฟิวส์
- ง. มอเตอร์

5. สัญลักษณ์ “เส้นตรงขาดตอนเป็นจุด” มักใช้แทนอะไรในวงจรไฟฟ้า

- ก. สายกราวด์
- ข. สายสัญญาณหรือการเชื่อมต่อภายในวงจร
- ค. สายไฟหลัก
- ง. ฟิวส์

6. สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทน “คอนแทกแม่เหล็ก (Magnetic Contactor)”

- ก. วงกลมมีตัว M อยู่ข้างใน
- ข. สี่เหลี่ยมมีตัวอักษร “MC” หรือ “KM”
- ค. เส้นโค้งคล้ายขดลวด
- ง. เครื่องหมายบวก

7. “รีเลย์ (Relay)” มีหน้าที่หลักในวงจรควบคุมคืออะไร

- ก. สร้างแรงดันไฟฟ้า
- ข. ควบคุมการเปิด-ปิดวงจรโดยใช้แรงดันต่ำควบคุมวงจรแรงดันสูง
- ค. ป้องกันกระแสเกิน
- ง. ลดแรงดันไฟฟ้า

8. สัญลักษณ์ “ขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า” มักแทนอุปกรณ์ใด

- ก. มอเตอร์
- ข. คอนแทคเตอร์
- ค. คอยล์ของรีเลย์
- ง. สวิตช์กด

9. สัญลักษณ์ใดใช้แทนอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าเกินในวงจร

- ก. สวิตช์
- ข. ฟิวส์
- ค. รีเลย์
- ง. คอนแทคเตอร์

10. การเขียนวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐานมีประโยชน์ข้อใดมากที่สุด

- ก. ลดเวลาการผลิต
- ข. ทำให้เข้าใจการต่อวงจรได้ง่ายและสื่อสารร่วมกันได้ทั่วโลก
- ค. ทำให้วงจรมีขนาดเล็กลง
- ง. ใช้แทนวงจรจริงได้ทันที

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 2

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. สัญลักษณ์ทางไฟฟ้ามีจุดประสงค์เพื่ออะไร

- ก. เพื่อให้วงจรดูสวยงาม
- ข. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของวงจรได้ตรงกัน
- ค. เพื่อประหยัดกระดาษในการเขียนวงจร
- ง. เพื่อใช้แทนการต่อวงจรจริง

2. มาตรฐานสัญลักษณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันทั่วโลกคือมาตรฐานใด

- ก. IEC
- ข. IEEE
- ค. TIS
- ง. ISO

3. มาตรฐาน IEC ย่อมาจากอะไร

ก. International Electric Control

ข. International Electrotechnical Commission

ค. International Electronic Committee

ง. International Energy Council

4. สัญลักษณ์ “วงกลมมีตัว X อยู่ภายใน” หมายถึงอุปกรณ์ใด

ก. สวิตช์

ข. หลอดไฟ

ค. ฟิวส์

ง. มอเตอร์

5. สัญลักษณ์ “เส้นตรงขาดตอนเป็นจุด” มักใช้แทนอะไรในวงจรไฟฟ้า

ก. สายกราวด์

ข. สายสัญญาณหรือการเชื่อมต่อภายในวงจร

ค. สายไฟหลัก

ง. ฟิวส์

6. สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทน “คอนแทกแม่เหล็ก (Magnetic Contactor)”

ก. วงกลมมีตัว M อยู่ข้างใน

ข. สี่เหลี่ยมมีตัวอักษร “MC” หรือ “KM”

ค. เส้นโค้งคล้ายขดลวด

ง. เครื่องหมายบวก

7. “รีเลย์ (Relay)” มีหน้าที่หลักในวงจรควบคุมคืออะไร

ก. สร้างแรงดันไฟฟ้า

ข. ควบคุมการเปิด-ปิดวงจรโดยใช้แรงดันต่ำควบคุมวงจรแรงดันสูง

ค. ป้องกันกระแสเกิน

ง. ลดแรงดันไฟฟ้า

8. สัญลักษณ์ “ขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า” มักแทนอุปกรณ์ใด

ก. มอเตอร์

ข. คอนแทคเตอร์

ค. คอยล์ของรีเลย์

ง. สวิตช์กด

9. สัญลักษณ์ใดใช้แทนอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าเกินในวงจร

ก. สวิตช์

ข. ฟิวส์

ค. รีเลย์

ง. คอนแทคเตอร์

10. การเขียนวงจรไฟฟ้าโดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐานมีประโยชน์ข้อใดมากที่สุด

ก. ลดเวลาการผลิต

ข. ทำให้เข้าใจการต่อวงจรได้ง่ายและสื่อสารร่วมกันได้ทั่วโลก

ค. ทำให้วงจรมีขนาดเล็กลง

ง. ใช้แทนวงจรจริงได้ทันที



	ใบงาน	หน่วยที่ 2
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-2
	ชื่อหน่วย สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี 3 ชม.
	ชื่อเรื่อง สัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ปฏิบัติ 5 ชม.

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกชื่อของสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าตามมาตรฐานงานไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. ระบุหน้าที่ของสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าตามมาตรฐานงานไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

1. โทรศัพท์มือถือในการสืบค้นข้อมูล
2. ดินสอ
3. ปากกา
4. ไม้บรรทัด

จงหาข้อมูลในรูปที่กำหนดให้ ให้ระบุชนิดอุปกรณ์ วาดสัญลักษณ์ และบอกหน้าที่ ลงในตารางตาราง

รูปที่กำหนดให้	ชื่ออุปกรณ์	สัญลักษณ์ DIN	ทำหน้าที่
			
			
			
			

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 3
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงาน หน้าที่ และประเภทของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รวมถึงสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ได้อย่างเหมาะสม ปลอดภัย และถูกต้องตามมาตรฐานงานยานยนต์ไฟฟ้า

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (สาขายานยนต์ไฟฟ้า)

2.1.2 สอดคล้องกับกลุ่มอาชีพช่างยนต์ไฟฟ้า / ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อน EV / ช่างเทคนิคระบบอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 เลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกประเภท

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้เรื่องความปลอดภัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เจื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

3.1 ชนิดของการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

3.3 การตรวจสอบอุปกรณ์

6. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูอธิบายหลักการและแสดงตัวอย่างอุปกรณ์จริง
2. นักเรียนศึกษาคู่มืออุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า
3. ศึกษาวงจรควบคุมมอเตอร์จากแบบฝึกในห้องปฏิบัติการ
4. ปฏิบัติการต่อวงจรควบคุมมอเตอร์แบบสตาร์ทตรง และแบบกลับทางหมุน
5. สรุปผลการเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียนและอภิปรายข้อผิดพลาดที่พบ
6. ทำแบบทดสอบหลังเรียนและแบบฝึกปฏิบัติรายบุคคล

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ชุดสื่อ PowerPoint และวิดีโอสาธิตวงจรควบคุมมอเตอร์
2. ห้องปฏิบัติการระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า
3. อุปกรณ์จริง เช่น คอนแทคเตอร์ รีเลย์ เซนเซอร์ อินเวอร์เตอร์
4. หนังสือ งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
5. เว็บไซต์แหล่งเรียนรู้ด้าน EV เช่น

www.evita.ac.th

www.thaiev.org

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 3
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 3

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 3

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี – ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่องสถาบันทางสังคม
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป



	ใบความรู้	หน่วยที่ 3
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 3
	ชื่อหน่วย อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 4 ชม.
ชื่อเรื่อง อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงาน หน้าที่ และประเภทของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า รวมถึงสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ได้อย่างเหมาะสม ปลอดภัย และถูกต้องตามมาตรฐานงานยานยนต์ไฟฟ้า

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (สาขายานยนต์ไฟฟ้า)

2.1.2 สอดคล้องกับกลุ่มอาชีพช่างยนต์ไฟฟ้า / ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อน EV / ช่างเทคนิคระบบอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 เลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้ถูกประเภท

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้เรื่องความปลอดภัยไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริง

4.4 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.4.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.4.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.4.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.4.5 เจื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.4.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.4.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.4.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

3.1 ชนิดของการควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า (Motor Control Types)

การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า หรือการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า คือการจัดการให้มอเตอร์ทำงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เช่น ควบคุมการเริ่มเดิน (Starting), ควบคุมความเร็ว (Speed), การกลับทิศทางหมุน (Reversing) และการหยุดทำงาน (Stopping) โดยสามารถแบ่งตามลักษณะการสั่งงานและการทำงานได้ 3 ชนิดหลัก ดังนี้

1. การควบคุมด้วยมือ (Manual Control)

เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยตรงด้วยแรงงานของผู้ปฏิบัติงาน โดยไม่มีวงจรควบคุมไฟฟ้าที่ซับซ้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง

- ลักษณะ: ผู้ใช้งานควบคุมระบบกลไกทางกลโดยตรง เช่น การโยกสวิตช์ หรือการหมุนจานควบคุม
- อุปกรณ์ตัวอย่าง: Toggle Switch (สวิตช์โยก), Safety Switch, Drum Switch (สวิตช์แบบดรัม) หรือเบรกเกอร์แบบมีคั่นโยก
- ข้อดี: ง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษาในวงจรที่ไม่ซับซ้อน
- ข้อเสีย: ไม่สามารถควบคุมมอเตอร์ที่มีกำลังสูงได้ และไม่มีควมยืดหยุ่นในการทำงานอัตโนมัติ

2. การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic Control)

เป็นการควบคุมโดยใช้ชุดอุปกรณ์ไฟฟ้า-แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Devices) เป็นตัวช่วยในการสั่งงาน ซึ่งอนุญาตให้สามารถควบคุมจากระยะไกล หรือมีการล็อกเงื่อนไขการทำงานได้

- ลักษณะ: ใช้ Magnetic Contactor (แมกเนติกคอนแทคเตอร์) และ Push Button Switch (สวิตช์ปุ่มกด) เข้ามาช่วยในการควบคุม โดยวงจรจะทำงานต่อเนื่องได้เองแม้จะปล่อยปุ่มกดแล้ว (เช่น วงจรควบคุมแบบ S3S สาย)
- อุปกรณ์ตัวอย่าง: คอนแทคเตอร์, รีเลย์, สวิตช์ปุ่มกด, โอเวอร์โวลต์รีเลย์
- ข้อดี: สามารถควบคุมมอเตอร์กำลังสูงจากระยะไกลได้ มีระบบป้องกันที่ดี และเป็นพื้นฐานในการต่อยอดไปสู่ระบบอัตโนมัติ
- ข้อเสีย: วงจรควบคุมมีความซับซ้อนมากกว่าการควบคุมด้วยมือ

3. การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)

เป็นการควบคุมที่ใช้ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือโปรแกรมเข้ามาทำหน้าที่สั่งการ ตัดสินใจ และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

- ลักษณะ: ใช้สัญญาณจากเซ็นเซอร์ (Sensors) หรือตัวตั้งเวลา (Timers) เพื่อให้ระบบทำงาน/หยุดทำงานด้วยตัวเอง หรือใช้ชุดควบคุมที่ซับซ้อน
- อุปกรณ์ตัวอย่าง: PLC (Programmable Logic Controller), Microcontroller, Timer Relay (รีเลย์ตั้งเวลา), Limit Switch (สวิตช์จำกัดระยะ), Proximity Sensor
- ข้อดี: แม่นยำสูง ยืดหยุ่น สามารถทำงานได้ซ้ำๆ และปรับเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานได้ง่าย เหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรม
- การควบคุมพิเศษ (Specialized Control):
 - Inverter/VFD (Variable Frequency Drive): ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ AC
 - Servo Motor and Drive: ควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว และแรงบิดของมอเตอร์อย่างแม่นยำสูง

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

อุปกรณ์ในระบบควบคุมมอเตอร์แบ่งออกเป็น วงจรกำลัง (Power Circuit) และ วงจรควบคุม (Control Circuit)

A. อุปกรณ์ในวงจรกำลัง (Power Circuit Components)

ทำหน้าที่ตัดต่อและป้องกันกระแสไฟฟ้าหลักที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดยตรง

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) หรือฟิวส์ (Fuse):
 - หน้าที่: ป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit) และกระแสเกิน (Overcurrent) ในวงจรกำลัง
- แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor: MC):
 - หน้าที่: ทำหน้าที่เป็นสวิตช์แม่เหล็กในการ ตัดและต่อกระแสไฟฟ้าหลัก (Main Power) ไปยังมอเตอร์ โดยถูกสั่งงานจากคอยล์ในวงจรควบคุม คอนแทคเตอร์จะมีพิกัดกระแสที่สูงกว่ารีเลย์ทั่วไป
- โอเวอร์โวลต์รีเลย์ความร้อน (Thermal Overload Relay: OLR):
 - หน้าที่: ป้องกันมอเตอร์จาก กระแสเกิน (Overload) ที่เกิดจากการใช้งานเกินพิกัด หรือการทำงานแบบผิดปกติ โดยเมื่อเกิดกระแสเกิน ตัวรีเลย์จะทำการสั่งตัดวงจรควบคุม

B. อุปกรณ์ในวงจรควบคุม (Control Circuit Components)

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอยล์คอนแทคเตอร์และรีเลย์ โดยใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ

- สวิตช์ปุ่มกด (Push Button Switch):
 - Start/N.O. (Normally Open): กดเพื่อเริ่มการทำงาน (ต่อวงจร)
 - Stop/N.C. (Normally Closed): กดเพื่อหยุดการทำงาน (ตัดวงจร)
- รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay: CR):
 - หน้าที่: ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ขนาดเล็กเพื่อสร้างเงื่อนไขการทำงานที่ซับซ้อน หรือแยกแรงดันระหว่างวงจรควบคุม
- รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay: TR):
 - หน้าที่: หน่วงเวลาการทำงานของหน้าสัมผัสตามเวลาที่ตั้งไว้ มีทั้งแบบหน่วงเวลาเปิด (On-Delay) และหน่วงเวลาปิด (Off-Delay)
- สวิตช์จำกัดระยะ (Limit Switch: LS):
 - หน้าที่: ใช้ตรวจจับตำแหน่งหรือจำกัดระยะทางเชิงกล (Mechanical Position) โดยการสัมผัสกับวัตถุ

3.3 การตรวจสอบอุปกรณ์ช่วย (Troubleshooting)

การตรวจสอบอุปกรณ์ในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าเป็นขั้นตอนสำคัญในการบำรุงรักษาและแก้ไขปัญหา โดยส่วนใหญ่จะใช้ มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เพื่อวัดค่าทางไฟฟ้า และการสังเกตสภาพทางกายภาพ

อุปกรณ์	วิธีการตรวจสอบ	ผลลัพธ์ที่ปกติ
ฟิวส์/เบรกเกอร์ (Fuse/CB)	วัดความต่อเนื่อง (Continuity Test) เมื่ออยู่ในตำแหน่ง 'ON' หรือถอดฟิวส์ออกมา	มีความต่อเนื่อง (วัดค่าความต้านทานได้ ≈ 0 โอห์ม)
สวิตช์ปุ่มกด N.O.	วัดความต่อเนื่อง ขณะปล่อยมือ และขณะกดปุ่ม	ปล่อยมือ: ∞ (ไม่มีความต่อเนื่อง), กดปุ่ม: ≈ 0 โอห์ม

อุปกรณ์	วิธีการตรวจสอบ	ผลลัพธ์ที่ปกติ
คอยล์ (Contactor/Relay Coil)	วัดความต้านทาน (Resistance Test) ที่ขั้วคอยล์	มีค่าความต้านทานตามสเปค (มักจะหลาย สิบถึงหลายร้อยโอห์ม) หากได้ ∞ คือขาด, หากได้ ≈ 0 คือลัดวงจร
หน้าสัมผัส (N.O. Contact) หลัก	วัดความต่อเนื่อง โดยกดวงจร กำลังออกและป้อนไฟให้คอยล์ ทำงาน	คอยล์ไม่ทำงาน: ∞ , คอยล์ทำงาน: ≈ 0 โอห์ม
โอเวอร์โวลต์รีเลย์ (OLR)	วัดความต่อเนื่อง ที่หน้าสัมผัส N.C. ของ OLR (มักจะต่อ อนุกรมในวงจร Stop)	ในสภาวะปกติ (ไม่ทริป): ≈ 0 โอห์ม, เมื่อกดปุ่ม Test หรือทริป: ∞

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 3

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. การควบคุมแบบ Closed-loop (ปิดวง) แตกต่างจาก Open-loop (เปิดวง) อย่างไร

- ก. Closed-loop ไม่มีเซ็นเซอร์
- ข. Closed-loop ใช้ฟีดแบ็กเพื่อนำผลลัพธ์มาปรับการทำงาน
- ค. Open-loop ปรับปรุงการทำงานอัตโนมัติได้เอง
- ง. Open-loop ใช้ตัวควบคุม PID เท่านั้น

2. การควบคุมแบบให้ผู้ปฏิบัติงานกดสวิทช์เพื่อสตาร์ทมอเตอร์เรียกว่าอะไร

- ก. การควบคุมอัตโนมัติ
- ข. การควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- ค. การควบคุมแบบแมนนวล (Manual control)
- ง. การควบคุมแบบซีเควนซ์

3. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่ตัดต่อวงจรพาวเวอร์ (power) ให้กับมอเตอร์แบบซ้ำ ๆ ด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

- ก. ฟิวส์
- ข. คอนแทคเตอร์
- ค. รีเลย์ที่เป็นแค่สัญญาณ
- ง. เบรกเกอร์ MCCB

4. อุปกรณ์ใดนิยมใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ AC แบบสลับความถี่ (variable frequency)

- ก. รีเลย์เวลา
- ข. อินเวอร์เตอร์ (VFD)
- ค. คอนแทคเตอร์ธรรมดา
- ง. ฟิวส์

5. อุปกรณ์ใดใช้ตรวจจับตำแหน่งหรือการมี/ไม่มีวัตถุโดยไม่สัมผัสชิ้นงานในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

- ก. เทอร์มิสเตอร์
- ข. โปรximity proximity sensor
- ค. เทอร์มอคัปเปิล
- ง. ฟิวส์

6. อุปกรณ์ใดใช้ป้องกันมอเตอร์จากกระแสเกินอย่างต่อเนื่อง (overload)

- ก. ฟิวส์
- ข. รีเซ็ตเบรกเกอร์
- ค. เครื่องตัดเกิน (overload relay)
- ง. คอนแทคเตอร์

7. ในการตรวจสอบคอยล์คอนแทคเตอร์ (contactor coil) วิธีใดเหมาะสมที่สุดเพื่อหาความต่อเนื่องของขดลวด

- ก. วัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์ (ohm)
- ข. วัดแรงดันโดยตรง
- ค. ตรวจสอบด้วยเมกเกอร์ที่ 5 kV
- ง. ตรวจสอบด้วยกล้องความร้อน

8. ก่อนจะเริ่มตรวจสอบวงจรควบคุมไฟฟ้า ขั้นตอนใดเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก

- ก. เปิดเครื่องทดสอบทันที
- ข. ปฏิบัติ Lockout-Tagout (LOTO) เพื่อแยกแหล่งจ่ายไฟ
- ค. ดึงฟิวส์ทั้งหมดออก
- ง. ปิดไฟเฉพาะสวิตช์หลัก

9. ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของวงจรควบคุม ควรทำการใดเป็นประจำ (เลือกข้อที่รวมหลายกิจกรรม)

- ก. ตรวจสอบความแน่นของขั้ว, ตรวจสอบฉนวน, ตรวจสอบการทำงานของรีเลย์และคอนแทคเตอร์
- ข. เปลี่ยนคอยล์คอนแทคเตอร์ทุกเดือน
- ค. เปลี่ยนสายไฟใหม่ทั้งหมด
- ง. ปิดระบบแล้วเปิดใหม่ทันที

10. ข้อใดเป็นลำดับการตรวจสอบที่ถูกต้องก่อนทดสอบการจ่ายไฟให้วงจรควบคุมจริงหลังซ่อมเสร็จ

ก. ตรวจสอบความแน่นของการเชื่อมต่อ → ตรวจฉนวน → ล้างฝุ่น → ป้อนไฟทดสอบซ้ำ ๆ (soft start)

ข. ป้อนไฟทันที → ตรวจฉนวน → ตรวจสอบการเชื่อมต่อ

ค. ล้างฝุ่น → ป้อนไฟเต็มที่เลย

ง. ตรวจฉนวน → ป้อนไฟเต็มที่โดยไม่ตรวจสอบการเชื่อมต่อ

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 3

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบ

1. การควบคุมแบบ Closed-loop (ปิดวง) แตกต่างจาก Open-loop (เปิดวง) อย่างไร

ก. Closed-loop ไม่มีเซ็นเซอร์

ข. Closed-loop ใช้ฟีดแบ็กเพื่อนำผลลัพธ์มาปรับการทำงาน

ค. Open-loop ปรับปรุงการทำงานอัตโนมัติได้เอง

ง. Open-loop ใช้ตัวควบคุม PID เท่านั้น

2. การควบคุมแบบให้ผู้ปฏิบัติงานกดสวิทช์เพื่อสตาร์ทมอเตอร์เรียกว่าอะไร

ก. การควบคุมอัตโนมัติ

ข. การควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ค. การควบคุมแบบแมนนวล (Manual control)

ง. การควบคุมแบบซีเคนซ์

3. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่ตัดต่อวงจรพาวเวอร์ (power) ให้กับมอเตอร์แบบซ้ำ ๆ ด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

ก. ฟิวส์

ข. คอนแทคเตอร์

ค. รีเลย์ที่เป็นแค่สัญญาณ

ง. เบรกเกอร์ MCCB

4. อุปกรณ์ใดนิยมใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ AC แบบสลับความถี่ (variable frequency)

ก. รีเลย์เวลา

ข. อินเวอร์เตอร์ (VFD)

ค. คอนแทคเตอร์ธรรมดา

ง. ฟิวส์

5. อุปกรณ์ใดใช้ตรวจจับตำแหน่งหรือการมี/ไม่มีวัตถุโดยไม่สัมผัสชิ้นงานในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า

- ก. เทอร์มิสเตอร์
- ข. โปรximity proximity sensor
- ค. เทอร์มอคัปเปิล
- ง. ฟิวส์

6. อุปกรณ์ใดใช้ป้องกันมอเตอร์จากกระแสเกินอย่างต่อเนื่อง (overload)

- ก. ฟิวส์
- ข. รีเลย์เบรกเกอร์
- ค. เครื่องตัดเกิน (overload relay)
- ง. คอนแทคเตอร์

7. ในการตรวจสอบคอยล์คอนแทคเตอร์ (contactor coil) วิธีใดเหมาะสมที่สุดเพื่อหาความต่อเนื่องของขดลวด

- ก. วัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์ (ohm)
- ข. วัดแรงดันโดยตรง
- ค. ตรวจสอบด้วยเมกเกอร์ที่ 5 kV
- ง. ตรวจสอบด้วยกล้องความร้อน

8. ก่อนจะเริ่มตรวจสอบวงจรควบคุมไฟฟ้า ขั้นตอนใดเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก

- ก. เปิดเครื่องทดสอบทันที
- ข. ปฏิบัติ Lockout-Tagout (LOTO) เพื่อแยกแหล่งจ่ายไฟ
- ค. ดึงฟิวส์ทั้งหมดออก
- ง. ปิดไฟเฉพาะสวิตช์หลัก

9. ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของวงจรควบคุม ควรทำการใดเป็นประจำ (เลือกข้อที่รวมหลายกิจกรรม)

- ก. ตรวจสอบความแน่นของขั้ว, ตรวจสอบฉนวน, ตรวจสอบการทำงานของรีเลย์และคอนแทคเตอร์
- ข. เปลี่ยนคอยล์คอนแทคเตอร์ทุกเดือน
- ค. เปลี่ยนสายไฟใหม่ทั้งหมด
- ง. ปิดระบบแล้วเปิดใหม่ทันที

10. ข้อใดเป็นลำดับการตรวจสอบที่ถูกต้องก่อนทดสอบการจ่ายไฟให้วงจรควบคุมจริงหลังซ่อมเสร็จ

- ก. ตรวจสอบความแน่นของการเชื่อมต่อ → ตรวจสอบฉนวน → ล้างฝุ่น → ป้อนไฟทดสอบช้า ๆ (soft start)
- ข. ป้อนไฟทันที → ตรวจสอบฉนวน → ตรวจสอบการเชื่อมต่อ
- ค. ล้างฝุ่น → ป้อนไฟเต็มที่เลย
- ง. ตรวจสอบฉนวน → ป้อนไฟเต็มที่โดยไม่ตรวจสอบการเชื่อมต่อ

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4-7
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างถูกต้อง ระบุและอธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงได้ ปฏิบัติงานควบคุมการหมุน ทิศทาง และความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงได้อย่างปลอดภัย ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ตามหลักวิชาชีพ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพอ้างอิง:

สาขาเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

มาตรฐานสมรรถนะอาชีพ สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง / ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

หน่วยสมรรถนะ: ติดตั้ง ตรวจสอบ และควบคุมระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

หน่วยสมรรถนะ: ปฏิบัติงานทางไฟฟ้าอย่างปลอดภัยในระบบแรงดันต่ำ

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างควบคุมระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

ช่างซ่อมระบบมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ช่างไฟฟ้ายานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อย่างจร และควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ DC ในระบบขับเคลื่อนจริงของยานยนต์ไฟฟ้า

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ่มเฟือย และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

- 4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.3 การเริ่มเดินของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.5 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 การหยุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

- ครูอภิปรายร่วมกับผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้มอเตอร์ DC ในรถยนต์ไฟฟ้า
- ชมวิดีโอตัวอย่างการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ DC ด้วย PWM

ขั้นสอนเนื้อหา

- ครูอธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ DC และวงจรตัวอย่าง
- นักเรียนศึกษาภาพวงจรการกลับทิศทางของมอเตอร์
- ทำแบบฝึกหัดเขียนวงจรควบคุม

ขั้นปฏิบัติ

- นักเรียนต่อวงจรควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์ DC
- วัดค่าแรงดัน กระแส และตรวจสอบทิศทางการหมุน

ขั้นสรุปและประเมินผล

- ครูสรุปหลักการและเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้
- ทำแบบทดสอบหลังเรียน 10 ข้อ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ชุดวงจรทดลองควบคุมมอเตอร์ DC
2. มัลติมิเตอร์, เพาเวอร์ซัพพลาย DC
3. แผ่นพับ/โปสเตอร์แสดงวงจรการควบคุม
4. วิดีโอสาธิตจาก YouTube (เช่น DC Motor Speed Control using PWM)

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 4
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 4

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 4

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี – ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่องสถาบันทางสังคม
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

	ใบความรู้	หน่วยที่ 4
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4-7
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างถูกต้อง ระบุและอธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงได้ ปฏิบัติงานควบคุมการหมุน ทิศทาง และความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงได้อย่างปลอดภัย ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ตามหลักวิชาชีพ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 มาตรฐานอาชีพอ้างอิง:

สาขาเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

มาตรฐานสมรรถนะอาชีพ สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง / ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

หน่วยสมรรถนะ: ติดตั้ง ตรวจสอบ และควบคุมระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

หน่วยสมรรถนะ: ปฏิบัติงานทางไฟฟ้าอย่างปลอดภัยในระบบแรงดันต่ำ

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างควบคุมระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

ช่างซ่อมระบบมอเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ช่างไฟฟ้ายานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อย่างจร และควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ DC ในระบบขับเคลื่อนจริงของยานยนต์ไฟฟ้า

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ่มเฟือย และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราช

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

4.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Components of DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และ ส่วนที่หมุนได้ (Rotor หรือ Armature)

1. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) ประกอบด้วย

1. โครงมอเตอร์ (Yoke / Frame)

ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของมอเตอร์ ใช้ยึดส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และเป็นทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก

2. ขั้วแม่เหล็ก (Field Poles)

เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ที่สร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจเกิดจาก

- ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Winding) หรือ
- แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet)

3. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Winding)

พันอยู่บนขั้วแม่เหล็ก ใช้สร้างสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

2. ส่วนที่หมุนได้ (Rotor หรือ Armature)

1. แกนโรเตอร์ (Armature Core)

ทำจากเหล็กซิลิคอนบาง ๆ ซ้อนกันเพื่อลดการสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current Loss)

2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

เป็นขดลวดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพื่อสร้างแรงบิดหมุน

3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

ทำหน้าที่สลับทิศทางกระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้ถูกต้องในแต่ละรอบหมุน

4. แปรงถ่าน (Carbon Brush)

ใช้ส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างส่วนหมุน (คอมมิวเตเตอร์) กับส่วนคงที่ (วงจรรภายนอก)

5. เพลา (Shaft)

รับแรงหมุนจากโรเตอร์และถ่ายทอดไปยังโหลด

4.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Working Principle of DC Motor)

หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงอาศัย แรงแม่เหล็ก (Magnetic Force) ที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของ

กระแสไฟฟ้าในขดลวด และ สนามแม่เหล็ก

1. เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงกระทำบนตัวนำตามกฎของฟาราเดย์และกฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming's Left-Hand Rule)

2. แรงที่เกิดขึ้นในตัวนำแต่ละเส้นรวมกันกลายเป็น แรงบิด (Torque) ทำให้โรเตอร์หมุน

3. คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ สลับทิศทางกระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์ ทุกครึ่งรอบ เพื่อให้แรงบิดหมุนไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา

สรุป:

แรงหมุนในมอเตอร์ DC เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก และคอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่สลับทิศทางกระแสให้การหมุนต่อเนื่องในทิศทางเดียว

4.3 การเริ่มเดินของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Starting of DC Motor)

เมื่อต้องการเริ่มเดินมอเตอร์ DC หากจ่ายแรงดันตรงทันที กระแสเริ่มต้นจะสูงมาก เนื่องจากความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์มีค่าน้อย

จึงต้องใช้ ตัวต้านทานเริ่มเดิน (Starting Resistor) เพื่อลดกระแสเริ่มต้น

วิธีการเริ่มเดินที่นิยมใช้:

1. ใช้ตัวต้านทานเริ่มเดิน (Starter Rheostat)
 - ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ในขณะเริ่มเดิน
 - เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนและเกิดแรงดันกลับ (Back EMF) ค่อย ๆ ลดค่าตัวต้านทานลง
2. การใช้คอนแทคเตอร์ควบคุมอัตโนมัติ
 - ใช้ในระบบควบคุมสมัยใหม่ โดยอาจควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือ PLC

4.4 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Speed Control of DC Motor)

ความเร็วของมอเตอร์ DC มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$N \propto \frac{V - I_a R_a}{\Phi}$$

โดยที่

- N = ความเร็วรอบของมอเตอร์
- V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์
- I_a = กระแสอาร์เมเจอร์
- R_a = ความต้านทานอาร์เมเจอร์
- Φ = ฟลักซ์แม่เหล็ก

วิธีการควบคุมความเร็ว

1. การเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ (Armature Voltage Control)
 - นิยมใช้มาก โดยเฉพาะในระบบ PWM (Pulse Width Modulation)
2. การเปลี่ยนฟลักซ์สนามแม่เหล็ก (Field Control Method)
 - โดยการปรับกระแสในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Winding)
3. การเพิ่มความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ (Armature Resistance Control)
 - วิธีนี้สูญเสียพลังงานสูง ใช้เฉพาะมอเตอร์ขนาดเล็ก

4.5 การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Reversing the Direction)

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ DC ทำได้โดย สลับขั้วของวงจรส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้น คือ

1. สลับขั้วของขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Reversal) หรือ
2. สลับขั้วของขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Reversal)

หมายเหตุ: ห้ามสลับทั้งสองส่วนพร้อมกัน เพราะจะทำให้ทิศทางการหมุนเหมือนเดิม

ในระบบยานยนต์ไฟฟ้า มักใช้ วงจร H-Bridge หรือ Inverter ในการกลับทิศทางโดยอัตโนมัติ ผ่านการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอนโทรลเลอร์ของมอเตอร์

4.6 การหยุดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Braking of DC Motor)

การหยุดมอเตอร์ DC มีหลายวิธีตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. การหยุดแบบปล่อยอิสระ (Coasting Stop)
 - ตัดวงจรไฟฟ้าออกจากมอเตอร์ ปล่อยให้หมุนช้าลงเองตามแรงเสียดทาน
2. การหยุดแบบปฏิกิริยาแม่เหล็กไฟฟ้า (Dynamic Braking)
 - ตัดแหล่งจ่ายออก แล้วต่อโหลด (ตัวต้านทาน) เข้ากับอาร์เมเจอร์
 - มอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตแรงดันต้านการหมุน
3. การหยุดแบบย้อนกระแส (Plugging / Reverse Current Braking)
 - สลับขั้วแรงดันให้ตรงข้ามกับทิศทางเดิมของการหมุน
 - ทำให้แรงบิดที่เกิดขึ้นต้านทิศทางการหมุนเดิม (ต้องระวังความร้อนสูง)
4. การหยุดด้วยเบรกกลไก (Mechanical Brake)
 - ใช้เบรกผ้า เบรกจาน หรือระบบแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อหยุดการหมุนโดยตรง

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 4

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ทำงานบนหลักการใด

- ก. การเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในขดลวด
- ข. การทำงานร่วมกันของสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า
- ค. การหมุนของโรเตอร์ด้วยแรงลม
- ง. การเปลี่ยนเฟสของไฟฟ้ากระแสสลับ

2. มอเตอร์กระแสตรงชนิดใดให้แรงบิดเริ่มต้นสูงที่สุด

- ก. Shunt Motor
- ข. Series Motor
- ค. Compound Motor
- ง. Permanent Magnet Motor

3. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ DC สามารถทำได้โดยวิธีใด

- ก. การเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์
- ข. การเปลี่ยนความถี่ของไฟฟ้า
- ค. การเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็ก
- ง. การต่อโหลดเพิ่ม

4. ถ้าต้องการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ DC ต้องทำอย่างไร

- ก. เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น
- ข. สลับขั้วแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์
- ค. เปลี่ยนขนาดของโรเตอร์
- ง. ลดค่าแรงดันลงครึ่งหนึ่ง

5. หลักการของการควบคุมความเร็วแบบ PWM คืออะไร

- ก. การควบคุมโดยปรับแรงดันตรง
- ข. การควบคุมโดยปรับช่วงเวลาการเปิด-ปิดของสัญญาณไฟฟ้า
- ค. การควบคุมโดยเปลี่ยนค่าโหลด
- ง. การควบคุมโดยใช้ตัวเก็บประจุ

6. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดกระแสไฟในวงจรมอเตอร์ DC

- ก. รีเลย์
- ข. พิวส์
- ค. ตัวต้านทาน
- ง. มัลติมิเตอร์

7. หากต้องการควบคุมมอเตอร์ DC ให้ทำงานอัตโนมัติ ควรใช้อุปกรณ์ใด

- ก. คอนแทคเตอร์
- ข. เบรกเกอร์
- ค. พิวส์
- ง. ไทมเมอร์

8. สาเหตุที่มอเตอร์ DC หมุนช้าอาจเกิดจากข้อใด

- ก. แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายต่ำกว่ากำหนด
- ข. พิวส์ขาด
- ค. สายไฟหนาเกินไป
- ง. ตัวต้านทานสูงเกินไป

9. ข้อใดคือมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับมอเตอร์ DC

- ก. ต่อดวงจรก่อนตรวจสอบแรงดัน
- ข. ตรวจสอบขั้วต่อและแรงดันก่อนต่อดวงจร
- ค. ใช้สายไฟที่ชำรุดได้หากแรงดันต่ำ
- ง. ห้ามสวมถุงมือขณะทำงาน

10. การควบคุมมอเตอร์ DC ในยานยนต์ไฟฟ้า มักใช้วิธีใดเป็นหลัก

- ก. การปรับแรงดันด้วยตัวต้านทาน
- ข. การควบคุมแบบ PWM
- ค. การเปลี่ยนทิศทางขดลวด
- ง. การใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 4

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ทำงานบนหลักการใด

- ก. การเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในขดลวด
- ข. การทำงานร่วมกันของสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า
- ค. การหมุนของโรเตอร์ด้วยแรงลม
- ง. การเปลี่ยนเฟสของไฟฟ้ากระแสสลับ

2. มอเตอร์กระแสตรงชนิดใดให้แรงบิดเริ่มต้นสูงที่สุด

- ก. Shunt Motor
- ข. Series Motor
- ค. Compound Motor
- ง. Permanent Magnet Motor

3. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ DC สามารถทำได้โดยวิธีใด

- ก. การเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์
- ข. การเปลี่ยนความถี่ของไฟฟ้า
- ค. การเพิ่มจำนวนขั้วแม่เหล็ก
- ง. การต่อโหลดเพิ่ม

4. ถ้าต้องการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ DC ต้องทำอย่างไร

- ก. เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น
- ข. สลับขั้วแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์
- ค. เปลี่ยนขนาดของโรเตอร์
- ง. ลดค่าแรงดันลงครึ่งหนึ่ง

5. หลักการของการควบคุมความเร็วแบบ PWM คืออะไร

- ก. การควบคุมโดยปรับแรงดันตรง
- ข. การควบคุมโดยปรับช่วงเวลาการเปิด-ปิดของสัญญาณไฟฟ้า
- ค. การควบคุมโดยเปลี่ยนค่าโหลด
- ง. การควบคุมโดยใช้ตัวเก็บประจุ

6. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดกระแสไฟในวงจรมอเตอร์ DC

ก. รีเลย์

ข. ฟิวส์

ค. ตัวต้านทาน

ง. มัลติมิเตอร์

7. หากต้องการควบคุมมอเตอร์ DC ให้ทำงานอัตโนมัติ ควรใช้อุปกรณ์ใด

ก. คอนแทคเตอร์

ข. เบรกเกอร์

ค. ฟิวส์

ง. ไทมเมอร์

8. สาเหตุที่มอเตอร์ DC หมุนช้าอาจเกิดจากข้อใด

ก. แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายต่ำกว่ากำหนด

ข. ฟิวส์ขาด

ค. สายไฟหนาเกินไป

ง. ตัวต้านทานสูงเกินไป

9. ข้อใดคือมาตรการความปลอดภัยในการทำงานกับมอเตอร์ DC

ก. ต่อดังจระก่อก่อนตรวจสอบแรงดัน

ข. ตรวจสอบขั้วต่อและแรงดันก่อนต่อดังจระ

ค. ใช้สายไฟที่ชำรุดได้หากแรงดันต่ำ

ง. ห้ามสวมถุงมือขณะทำงาน

10. การควบคุมมอเตอร์ DC ในยานยนต์ไฟฟ้า มักใช้วิธีใดเป็นหลัก

ก. การปรับแรงดันด้วยตัวต้านทาน

ข. การควบคุมแบบ PWM

ค. การเปลี่ยนทิศทางการไหล

ง. การใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

	ใบงาน	หน่วยที่ 4
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4-7
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ปฏิบัติต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานได้ถูกต้อง
2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานได้
3. ปฏิบัติการต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

เครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

1. ชุดควบคุม มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) 1 ชุด



2. ชุดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 1 เครื่อง



3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซันต์ 1 เครื่อง



4. มัลติมิเตอร์ของชุดฝึก 2 เครื่อง



5. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

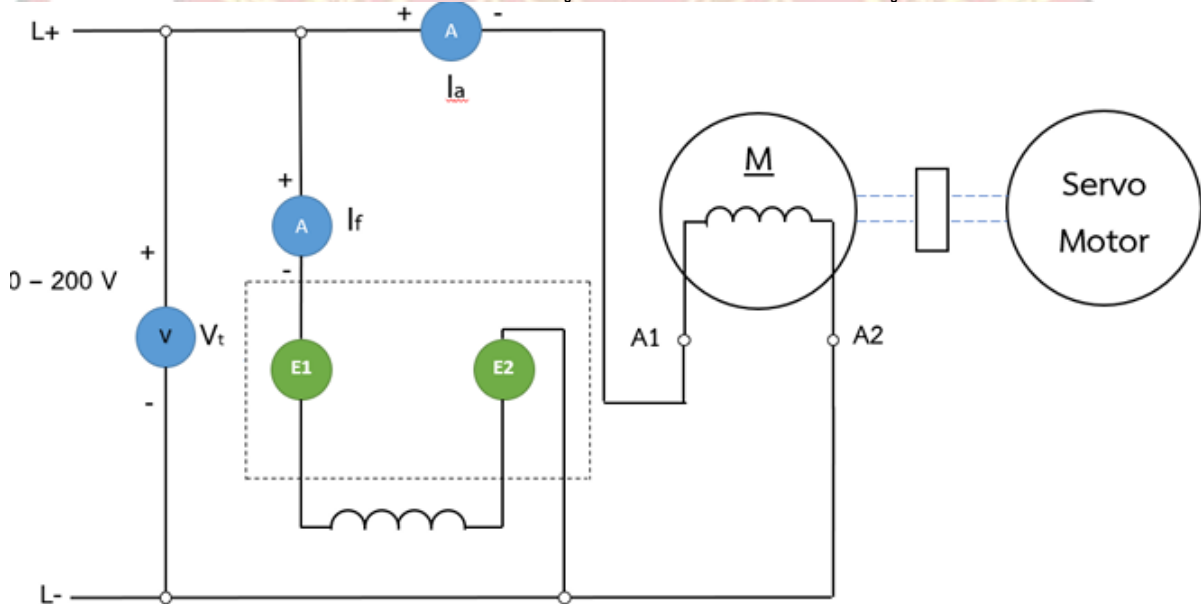


6. สายตัวนำต่อวงจร 20 เส้น



ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ดังรูปที่ 1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 1

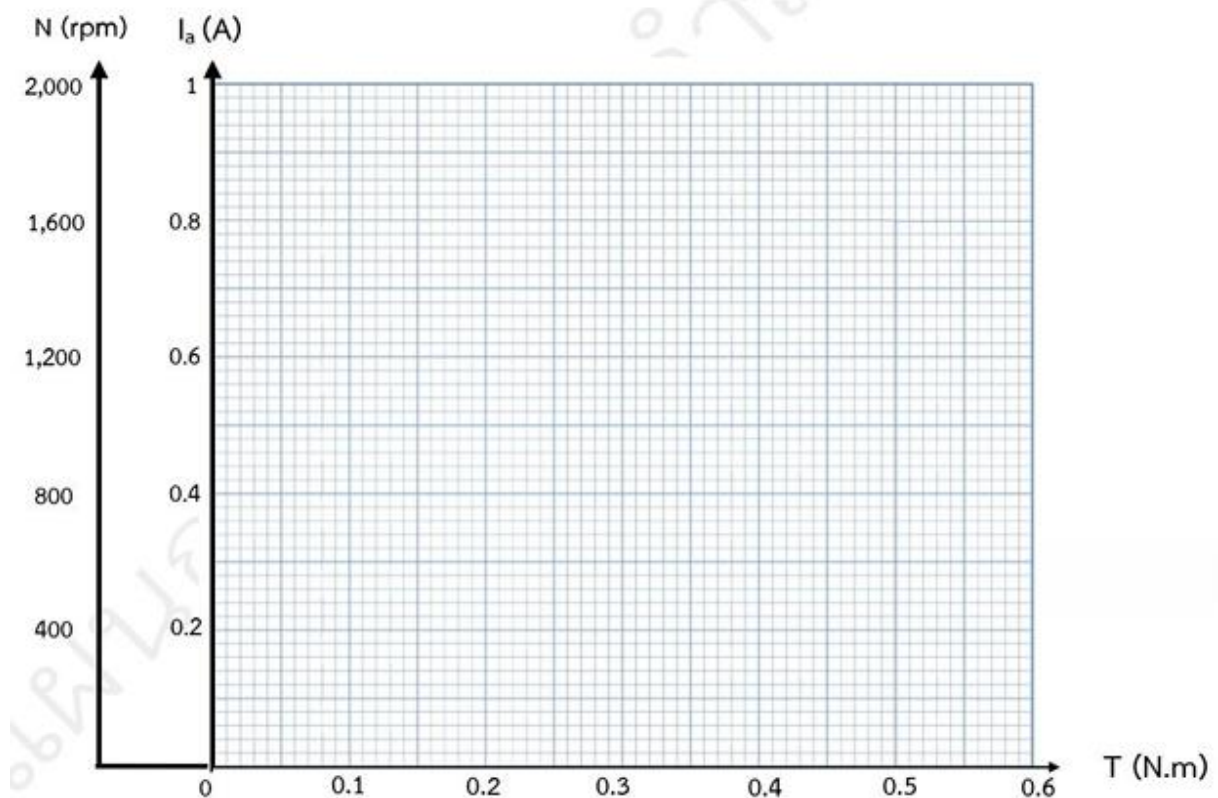
2. ปรับโหมดการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ Torque Control
3. ค่อย ๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ให้ได้แรงดัน (V_t) 200V แล้วรักษาให้คงที่
4. ปรับค่าแรงบิดที่ชุดควบคุม มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 1 บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (I_t) กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) ความเร็วรอบ (N)
5. ปรับแรงบิด ให้มีค่าน้อยลงให้มีค่าเท่ากับศูนย์
6. ปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ให้มีค่าน้อยลงให้มีค่าเท่ากับศูนย์

V_t (V)	I_f (A)	T (N.m)	I_a (A)	I_t (A)	N (rpm)
200		0			
200		0.1			
200		0.2			
200		0.3			
200		0.4			

สูตรการคำนวณค่าต่าง ๆ

$$I_t = I_f + I_a$$

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากตารางที่ 1



คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนไดอะแกรมการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

สรุปผลการทดลอง



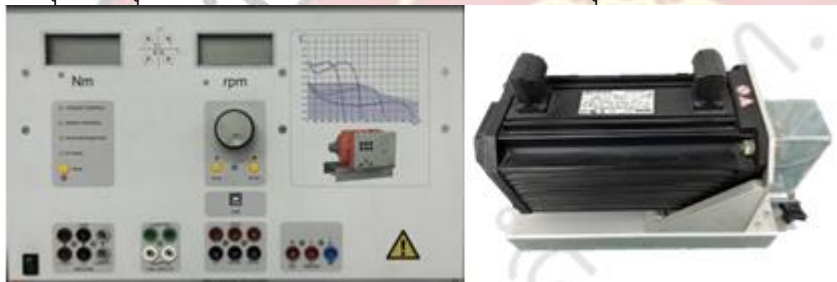
	ใบงาน	หน่วยที่ 4
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4-7
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ต่อกวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมในสภาวะมีโหลด
2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม
3. ปฏิบัติการต่อกวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

เครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

1. ชุดควบคุม มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) 1 ชุด



2. ชุดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 1 เครื่อง



3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชัณฑ์ 1 เครื่อง



4. มัลติมิเตอร์ของชุดฝึก 2 เครื่อง



5. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

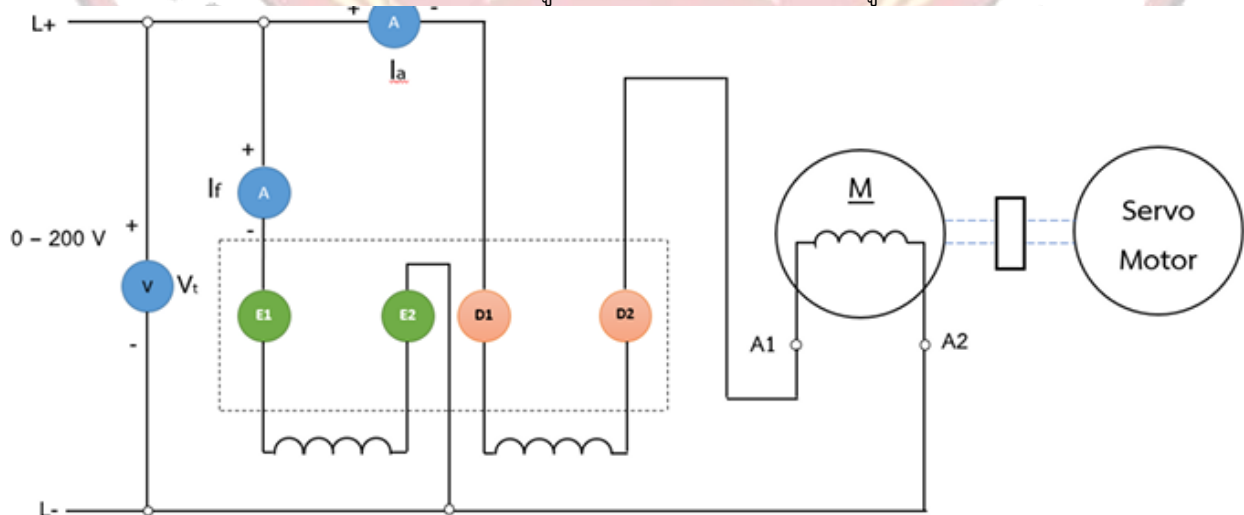


6. สายตัวนำต่อวงจร 20 เส้น



ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

1. ต่อวงจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ดังรูปที่ 1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 1

2. ปรับโหมดการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ไปที่ Torque Control

3. ค่อย ๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ให้ได้แรงดัน (V_t) 200 V แล้วรักษาให้คงที่

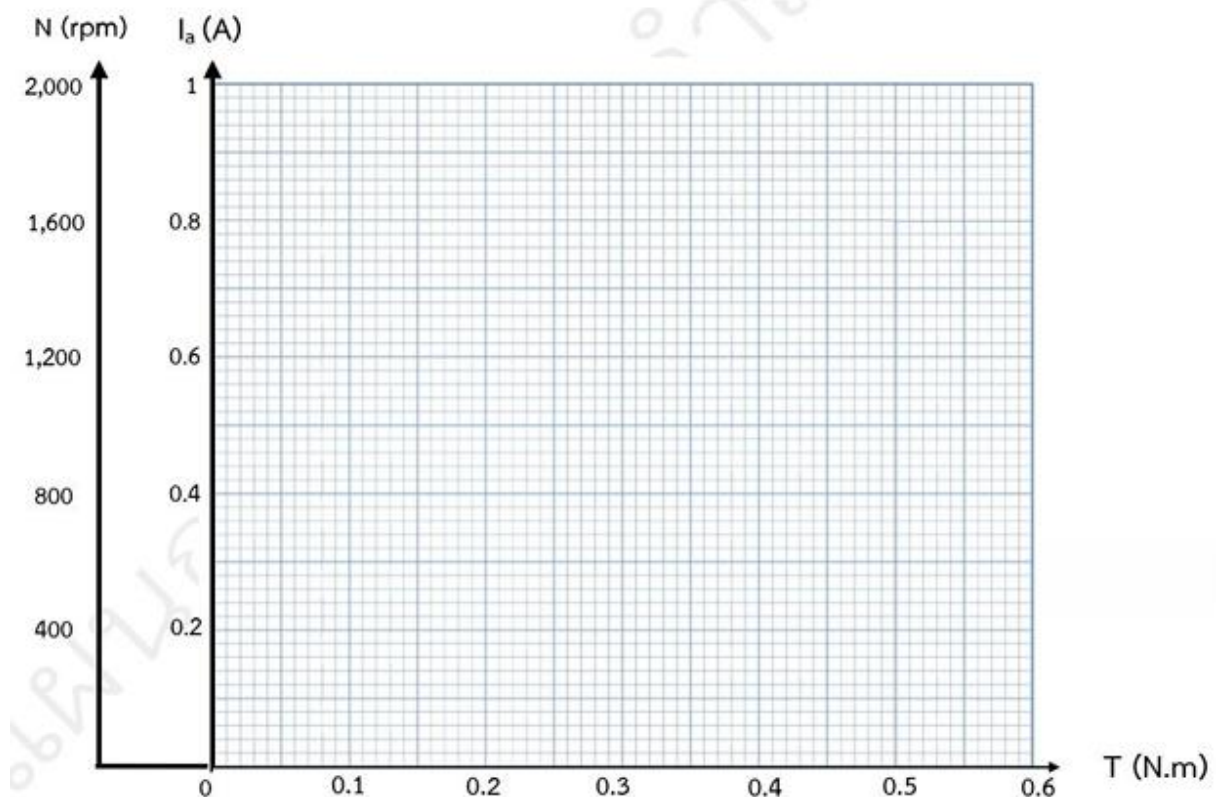
4. ปรับค่าแรงบิดที่ชุดควบคุม มอเตอร์เซอร์โว (Servo motor) เพิ่มขึ้นตามตารางที่ 1 บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (I_t) กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) ความเร็วรอบ (N)
5. ปรับแรงบิด ให้มีค่าน้อยลงให้มีค่าเท่ากับศูนย์

V_t (V)	I_f (A)	T (N.m)	I_a (A)	I_t (A)	N (rpm)
200		0			
200		0.1			
200		0.2			
200		0.3			
200		0.4			

สูตรการคำนวณค่าต่าง ๆ

$$I_t = I_f + I_a$$

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากตารางที่ 1



คำถามท้ายการทดลอง

1. จงเขียนไดอะแกรมการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมที่ทดลอง

สรุปผลการทดลอง



	ใบงาน	หน่วยที่ 4
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 4-7
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง		

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ต่อบังคับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านได้ถูกต้อง
2. วัดค่า ค่ากระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแบบไร้แปรงถ่านได้ถูกต้อง
3. ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านได้ถูกต้อง
4. นักเรียนมีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงาน มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

เครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

1. ชุดฝึกปฏิบัติควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบไร้แปรงถ่าน



2. ชุดแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 1 เครื่อง



3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซันด์ 1 เครื่อง



4. มัลติมิเตอร์ของชุดฝึก 2 เครื่อง



5. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

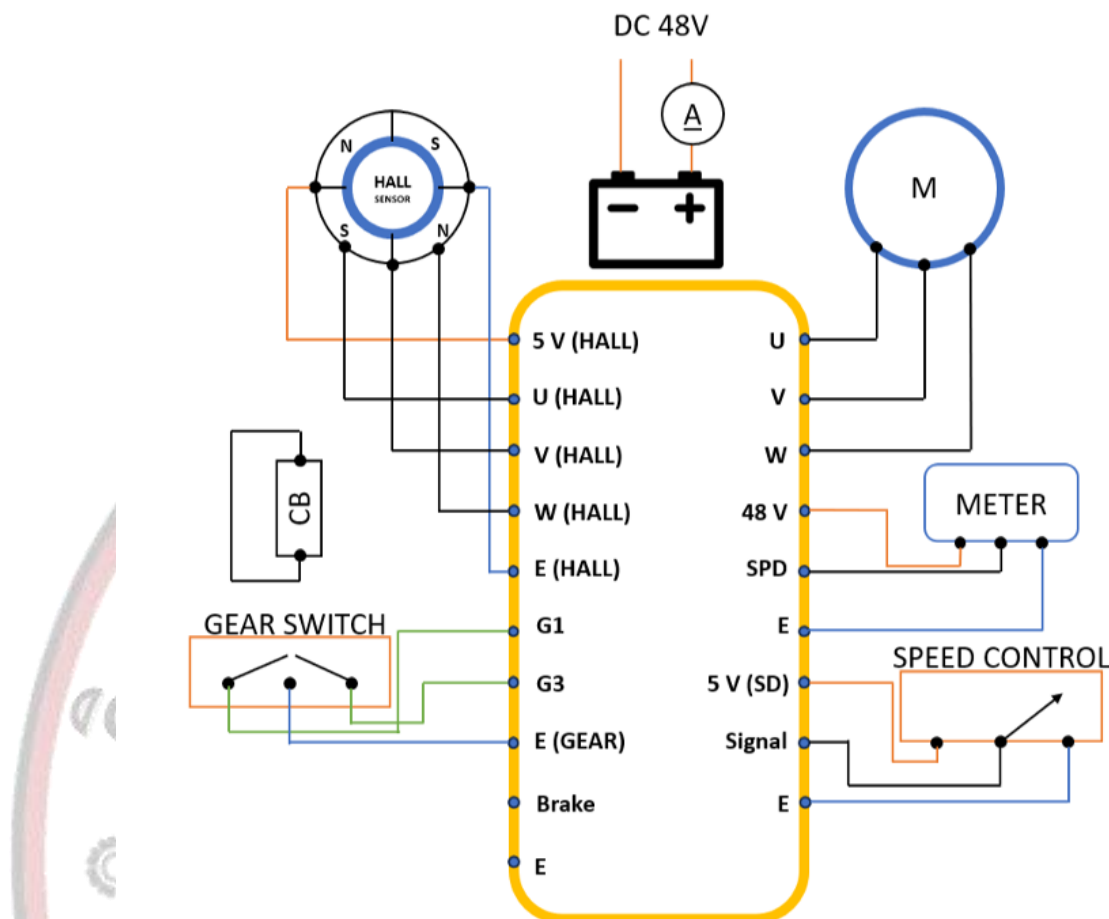


6. สายตัวนำต่อวงจร 20 เส้น



ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

1. ต่อยางจรมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแบบไร้แปรงถ่าน ดังรูปที่ 1 พร้อมตรวจสอบความถูกต้อง



รูปที่ 1

2. โยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปที่ ON
3. ค่อยๆปิดคันเร่ง (SPEED CONTROL) จากความเร็ว 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนถึง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถึง บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าลงในตารางที่ 1
4. ปรับคันเร่ง (SPEED CONTROL) ให้มีค่าน้อยลงให้มีค่าเท่ากับกิโลเมตรต่อชั่วโมง
5. โยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ไปที่ OFF 5. ปรับแรงบิด ให้มีค่าน้อยลงให้มีค่าเท่ากับศูนย์

ความเร็ว กิโลเมตร ต่อชั่วโมง	I (A)
0	
10	
20	
30	
40	
50	

สรุปผลการทดลอง



	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 5
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8-11
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์หรือคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบต่อการทำงาน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 อ้างอิงมาตรฐานอาชีวศึกษา: สาขาวิชาช่างยนต์ / ช่างไฟฟ้ายานยนต์ (สอศ.)

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

วิศวกรควบคุมมอเตอร์และระบบขับเคลื่อน

ช่างระบบควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อดึงจร เดินสายไฟ และควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบต่างๆได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการควบคุมมอเตอร์กับระบบขับเคลื่อนจริงได้

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ดีงาม สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

- 5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบเหนี่ยวนำ
- 5.2 การต่อชุดทดลองตัวอยู่กับที่ของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 3 เฟสแบบเหนี่ยวนำ
- 5.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
- 5.4 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

6. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูอธิบายและอภิปรายหลักการควบคุมมอเตอร์ AC พร้อมสื่อภาพ / วิดีโอ
2. ผู้เรียนศึกษาวงจรอินเวอร์เตอร์และจำลองการควบคุมด้วยโปรแกรมจำลอง (Simulation)
3. ฝึกปฏิบัติการเชื่อมต่อวงจรควบคุมมอเตอร์จริงในห้องปฏิบัติการ
4. วิเคราะห์การตอบสนองของมอเตอร์เมื่อเปลี่ยนค่าควบคุมต่าง ๆ
5. สรุปและนำเสนอผลการทดลองพร้อมอภิปรายปัญหา
6. ครูประเมินผลงานจากการปฏิบัติจริงและการอธิบายผล

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. แผ่นภาพแสดงวงจรควบคุมมอเตอร์ AC
2. วิดีโอสาธิตการทำงานของอินเวอร์เตอร์
3. ชุดทดลองมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ / คอนโทรลเลอร์ EV
4. โปรแกรมจำลอง เช่น MATLAB/Simulink, Proteus
5. เอกสารประกอบการสอน “งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า”
6. แหล่งเรียนรู้เพิ่มเติม: ศูนย์ฝึกอบรมยานยนต์ไฟฟ้า, โรงงานประกอบรถ EV

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 5
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 5

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 5

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี - ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน เรื่องสถาบันทางสังคม
- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

	ใบความรู้	หน่วยที่ 5
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8-11
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยวงจรอินเวอร์เตอร์หรือคอนโทรลเลอร์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบต่อการทำงาน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 อ้างอิงมาตรฐานอาชีวศึกษา: สาขาวิชาช่างยนต์ / ช่างไฟฟ้ายานยนต์ (สอศ.)

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า (EV Technician)

ช่างซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

วิศวกรควบคุมมอเตอร์และระบบขับเคลื่อน

ช่างระบบควบคุมและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้ เกี่ยวกับการ การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อดึงจร เดินสายไฟ และควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบต่างๆได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการควบคุมมอเตอร์กับระบบขับเคลื่อนจริงได้

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

5.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบเหนี่ยวนำ (Three-Phase Induction Motor — Overview)

1) พื้นฐานและโครงสร้าง

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ประกอบด้วยสองส่วนหลัก: ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) และ ส่วนที่หมุนได้ (Rotor)
 - Stator: มีขดลวด 3 เฟส วางเป็นขั้ว (poles) ตามจำนวนขั้วที่ออกแบบ ให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่มีความถี่ f (Hz)
 - Rotor: มีสองแบบหลักคือ Squirrel-cage rotor (กรงกระรอก) และ Wound rotor (มีขดลวดและแปรง/วงแหวน)
- ไม่มีแหล่งจ่ายภายนอกให้ rotor โดยตรง — กระแสใน rotor เกิดจากการเหนี่ยวนำ (induced current)

2) หลักการทำงาน (หลักการเหนี่ยวนำ)

- เมื่อจ่ายแรงดัน 3 เฟส ให้กับ stator จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนด้วยความเร็วที่เรียกว่า ความเร็วสนามซิงโครนัส (synchronous speed, n_s)
 - $n_s = \frac{120 \times f}{P}$ (หน่วย rpm)
 - f = ความถี่จ่าย (Hz)
 - P = จำนวนขั้ว (poles) ของมอเตอร์
- Rotor จะหมุนช้ากว่าความเร็วสนามซิงโครนัสเสมอ ในสภาพทำงานจริง ความเร็วก่อนแรงบิด (torque) เกิดจากการไถ่ตามของ rotor กับสนาม — ความแตกต่างนี้เรียกว่า สลิป (slip, s)
 - $s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$ (เป็นเศษส่วนหรือร้อยละ)
 - ตัวอย่าง: ถ้า $n_s = 1500 \text{ rpm}$ และ $n_r = 1450 \text{ rpm} \rightarrow s = \frac{50}{1500} = 0.0333 (3.33\%)$

3) คุณสมบัติทางไฟฟ้าและเชิงกล

- ลักษณะแรงบิด-ความเร็ว (Torque-Speed curve): แรงบิดเริ่มจาก 0 เมื่อความเร็ว = 0 (start) เพิ่มขึ้นจนถึง peak (pull-out torque) แล้วลดเมื่อเข้าใกล้ n_s
- การตอบสนองโหลด: แรงบิดแปรตามสลิป — โหลดเพิ่ม $\rightarrow s$ เพิ่ม $\rightarrow$ กระแส rotor เพิ่ม $\rightarrow$ แรงบิดเพิ่มจนสมดุล
- ประสิทธิภาพและกำลัง: มอเตอร์เหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพสูงที่โหลดเต็ม แต่สลิปและการสูญเสีย (stator copper, rotor copper, iron loss, mechanical loss) ส่งผลต่อประสิทธิภาพ

4) ประเภทและการประยุกต์ใช้

- Squirrel-cage: ใช้งาน ทนทาน บำรุงรักษาน้อย นิยมในยานยนต์ไฟฟ้ารุ่นบางรูปแบบ (โดยเฉพาะระบบอุตสาหกรรม)
- Wound-rotor: ใช้เมื่อจำเป็นต้องปรับแรงบิด/ความเร็วด้วยการต่อภายนอก (น้อยใน EV ทันสมัย)
- PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) ต่างจาก induction แต่บางกรณีถูกนำมาเปรียบเทียบ — PMSM ต้องการการควบคุมตามตำแหน่งแบบซิงโครนัส

5) ข้อดี-ข้อจำกัด

- ข้อดี: โครงสร้างเรียบง่าย ทนทานสูง ไม่ต้องมีแปรง/วงแหวน (squirrel cage)

- ข้อจำกัด: เริ่มต้นด้วยกระแสสูงถ้าไม่มีวิธีลดกระแสเริ่มต้น และต้องการอุปกรณ์ควบคุม (inverter/VFD) หากต้องการควบคุมความเร็วอย่างแม่นยำ

5.2 การต่อชุดขดลวดตัวอยู่กับที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบเหนี่ยวนำ (Stator Winding Connections)

1) ชนิดการต่อ (Wiring configurations)

- การต่อแบบดาว (Star, Y)
 - ขดลวดทั้งสามเฟสต่อมุมหนึ่งของแต่ละเฟสเข้าด้วยกันเป็นจุดกลาง (neutral) และเอาหัวอีกด้านออกเป็น U1, V1, W1
 - แรงดันเฟสต่อเฟส (line-to-line) ใน Y: $V_{LL} = \sqrt{3} V_{ph}$
 - ใช้เมื่อต้องการแรงดันเฟสต่ำกว่าหรือเพื่อการสตาร์ทแบบลดแรงดัน (star-delta start)
- การต่อแบบสามเหลี่ยม (Delta, Δ)
 - ขดลวดต่อเป็นวงปิด: ปลายของเฟสหนึ่งต่อเข้ากับต้นเฟสถัดไป (U1→V2, V1→W2, W1→U2)
 - แรงดันเฟส = แรงดันสาย (Line)
 - ให้แรงบิดเริ่มต้นสูงกว่า Y (โดยปกติการต่อ Δ ให้แรงบิดและกระแสสูงกว่า Y ประมาณ $\sqrt{3}$ เท่าเมื่อเทียบกับที่แรงดันสายเดียวกัน)

2) การต่อเพื่อการสตาร์ท (Star-Delta starter)

- การสตาร์ทแบบ Star-Delta เริ่มจากต่อเป็น Y เพื่อลดแรงดันเฟส — ลดกระแสเริ่ม (ประมาณ 1/3 ของ DOL) — หลังจากรอบหนึ่งหรือสองวินาทีสลับเป็น Δ เพื่อให้มอเตอร์ทำงานเต็มแรง
- ข้อควรระวัง: เหมาะกับโหลดที่แรงบิดเริ่มต้นไม่สูงเกินไป การสับสวิตช์ต้องมีการออกแบบเวลาสลับให้ปลอดภัย

3) การต่อแบบคู่เฟส (Parallel winding) และการเชื่อมต่อพิเศษ

- ในมอเตอร์ที่มีหลายชุดขดลวด (multiple winding groups) อาจต่อเพื่อเปลี่ยนอัตราส่วนแรงดัน/ความเร็ว เช่น สำหรับมอเตอร์ 6-lead ที่รองรับการต่อ Y หรือ Δ
- มอเตอร์บางชนิดมีการต่อแบบ double-star หรือ series/parallel เพื่อปรับแรงดันและพลังงาน

4) การระบุสายและการตรวจสอบ

- ป้ายมอเตอร์บอกข้อมูลสำคัญ: แรงดัน, กระแส, P, P.F., จำนวนขั้ว, การต่อที่แนะนำ (Y/ Δ)
- ก่อนการสตาร์ทต้องตรวจสอบความต่อเนื่อง (continuity) และความต้านทานขดลวด (stator winding resistance) เพื่อตรวจหาขดลวดช็อตหรือเปิด

5) ตัวอย่างการวางสาย (6-lead motor)

- สำหรับมอเตอร์ 6-lead: U1, V1, W1 (ปลายเริ่ม) และ U2, V2, W2 (ปลายสุด)
 - Star: ต่อ U2-V2-W2 เป็นจุดกลาง แล้วต่อสายจ่ายไปยัง U1, V1, W1
 - Delta: ต่อ U1→W2, V1→U2, W1→V2 แล้วต่อสายจ่ายไปยังจุดเชื่อมต่อทั้งสาม

5.3 การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (Starting Methods)

1) ปัญหาเริ่มต้นทั่วไป

- มอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อเริ่ม (จากหยุด) จะดึงกระแสเริ่ม (inrush/start current) สูง (5–8 เท่าของ I_n) และแรงบิดเริ่มต้นอาจไม่เพียงพอกับโหลดบางชนิด → ต้องควบคุมการสตาร์ทเพื่อลดกระแสและเพิ่มความนุ่มนวล

2) วิธีการเริ่ม (รายการหลัก)

1. Direct On Line (DOL)

- ต่อมอเตอร์ตรงกับแหล่งจ่ายเต็มแรงดัน
- เหมาะกับมอเตอร์ขนาดเล็กหรือโหลดที่ยอมรับกระแสสตาร์ทสูงได้
- ข้อดี: เรียบง่าย ต้นทุนต่ำ
- ข้อเสีย: กระแสเริ่มสูง ผลกระทบต่อระบบจ่ายไฟ

2. Star-Delta Starter

- เริ่มในโหมด Y เพื่อลดแรงดันเฟส → ลดกระแสเริ่ม $\sim 1/3$ เมื่อเทียบกับ DOL
- หลังจากรอบเวลาที่กำหนด สลับเป็น Δ เพื่อทำงานเต็มแรง
- ข้อจำกัด: แรงบิดเริ่มต้น Y ต่ำ — ไม่เหมาะกับโหลดแรงบิดสูง

3. Autotransformer Starter

- ใช้โอโตทรานส์ฟอร์มเมอร์ลดแรงดันเริ่ม แล้วเปลี่ยนไปจ่ายแรงดันเต็ม
- ให้การควบคุมแรงดันเริ่มในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ → ลดกระแสเริ่มโดยยังได้แรงบิดมากกว่า star-delta ในระดับเดียวกัน

4. Primary Resistance/Reactance Starter (สำหรับ wound-rotor)

- ใส่ความต้านทานภายนอกที่ rotor เพื่อเพิ่มแรงบิดเริ่มและลดกระแส — ใช้กับ wound rotor

5. Soft Starter (Electronic)

- ใช้อุปกรณ์คอนโทรล (thyristor/IGBT) ควบคุมแรงดันขึ้นอย่างนุ่มนวล (voltage ramp) ทำให้กระแสเริ่มลดลงและแรงบิดถูกควบคุม
- เหมาะกับงานที่ต้องการเริ่มนุ่มนวล เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าบางระบบหรืออุปกรณ์ต่อพ่วง

6. Variable Frequency Drive (VFD / Inverter)

- ควบคุมทั้งความถี่และแรงดัน จึงสามารถสตาร์ทที่ความถี่/แรงดันต่ำ สตาร์ทด้วยแรงบิดที่ต้องการได้โดยไม่ต้องใช้กระแสสูง
- ให้การควบคุมความเร็วที่แม่นยำและฟังก์ชันป้องกันในตัว — เป็นวิธีที่นิยมใน EV (controller/inverter ในรถยนต์ไฟฟ้า)

7. Plugging / Reversing (ไม่แนะนำสำหรับสตาร์ท)

- วิธีนี้ใช้สลับเฟสเพื่อต้านการหมุน — เป็นการหยุดฉุกเฉิน ไม่ใช่วิธีปกติสำหรับสตาร์ท

3) การออกแบบเลือกวิธีสตาร์ท

- พิจารณา: ขนาดมอเตอร์, ประเภทยานยนต์ (inertia, starting torque), ข้อจำกัดของแหล่งจ่ายไฟ, ความต้องการความนุ่มนวล, ต้นทุน
- ในยานยนต์ไฟฟ้า: มักเลือกใช้ inverter/VFD (รวมฟังก์ชันสตาร์ท/ควบคุม/เบรก) เพื่อความแม่นยำและขนาดกะทัดรัด

4) ตัวอย่างขั้นตอนสตาร์ทด้วย VFD

1. ตรวจสอบการเชื่อมต่อและค่าเริ่มต้น (parameter) ของ VFD (แรงดัน, ความถี่, rpm)
2. ตั้ง ramp-up time และแรงบิดเริ่มต้น (start torque)
3. สั่งให้ VFD ให้ความถี่เริ่มต้นต่ำ (เช่น 0–10 Hz) แล้วค่อย ๆ เพิ่มความถี่ไปยังค่าทำงาน
4. ตรวจสอบกระแส, แรงบิด, อุณหภูมิขณะสตาร์ท

5.4 การหยุดหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (Stopping & Braking Methods)

1) รูปแบบการหยุดพื้นฐาน

- Coast to stop (ปล่อยให้หมุนจนหยุดตามความเฉื่อย)
 - ตัดวงจรจ่ายไฟให้มอเตอร์ แล้วให้มอเตอร์หยุดตามแรงเสียดทานและโหลด
 - ข้อดี: ไม่ทำให้เกิดสไตรฟ์ (stress) สูงต่อระบบไฟฟ้า
 - ข้อเสีย: เวลาเบรกยาว ถ้ามี inertia สูงอาจไม่ปลอดภัย
- Controlled deceleration via VFD (ramp-down)
 - ลดความถี่แบบค่อยเป็นค่อยไปตามค่า ramp เพื่อหยุดอย่างนุ่มนวล
 - ใช้ป้องกัน mechanical shock และลดแรงดึงกระชากของโหลด

2) วิธีเบรก (Braking techniques)

1. Dynamic braking (DC injection / plugging)
 - DC injection (DC braking): ฉีดกระแส DC ลงใน stator เพื่อสร้างสนามคงที่ที่ทำให้เกิดแรงต้านหมุน → หยุดเร็วขึ้น (ใช้เวลาเล็กน้อย)
 - Plugging (reverse connection): สลับเฟสเพื่อให้อุปกรณ์พยายามหมุนกลับ ทำให้เกิดเบรก แต่จะมีการสูญเสียพลังงานสูงและไม่เหมาะกับการใช้งานบ่อย ๆ
2. Regenerative braking
 - หมุนมอเตอร์เป็นเจนเนอเรเตอร์แล้วส่งพลังงานกลับเข้าแบตเตอรี่หรือโครงข่าย (ในระบบ EV นิยมมาก)
 - ข้อดี: ประหยัดพลังงาน เพิ่มระยะทาง (range) ของ EV
 - ข้อจำกัด: ต้องมีระบบจัดการพลังงานและแบตเตอรี่ที่ยอมรับการชาร์จทันที
3. Plugging with current limiting
 - การ reverse เฟสพร้อมควบคุมกระแสเพื่อป้องกันกระแสสูงเกินไป — หยุดเร็ว แต่มี stress ต่อระบบ (ไม่ค่อยใช้บ่อย)
4. Mechanical braking
 - เบรกแบบลม/ไฮดรอลิก/ดิสก์ (เหมือนเบรก รถทั่วไป) ใช้เมื่อการเบรกไฟฟ้าไม่พอหรือเป็นมาตรการความปลอดภัยสุดท้าย
 - ในยานยนต์ไฟฟ้า: มักใช้ร่วมกับ regenerative braking (blended braking)

3) การเลือกวิธีหยุดสำหรับแอปพลิเคชันต่าง ๆ

- ถ้าต้องการ หยุดเร็วและคืนพลังงาน → ใช้ regenerative braking (ถ้าระบบแบตเตอรี่ รองรับ)
- ถ้าต้องการ หยุดเร็วโดยไม่ต้องคืนพลังงาน → ใช้ DC injection หรือ plugging (ต้องระวังความร้อน)
- ถ้าต้องการ หยุดนุ่มนวล → ใช้ ramp-down ผ่าน VFD
- ในระบบยานยนต์ไฟฟ้า: มักผสมผสาน regenerative (primary) + mechanical (secondary/emergency)

4) การป้องกันและเกณฑ์ความปลอดภัย

- ต้องมีการตรวจสอบอุณหภูมิของมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ขณะเบรก เนื่องจากการแปลงพลังงาน/การฉีก DC อาจเพิ่มความร้อน
- ตั้งค่าป้องกันกระแสเกิน (overcurrent), ป้องกันแรงดันย้อน, ฟิวส์ และรีเลย์ตามมาตรฐานความปลอดภัย
- ในระบบ regenerative ต้องมีอุปกรณ์จัดการพลังงาน (charger/inverter) เพื่อรับพลังงานกลับไปยังแบตเตอรี่ หรือต้านทานโหลด (dump resistor) ในกรณีเบตเต็ม

ปฏิบัติการ/ตัวอย่างเชิงปฏิบัติ (Practical Notes & Checklists)

ตรวจสอบก่อนสตาร์ท

1. ตรวจสอบการต่อขดลวด (Y/ Δ) ถูกต้องตามป้ายมอเตอร์
2. ตรวจสอบความต่อเนื่องและความต้านทานของขดลวด (should be similar across phases)
3. ตรวจสอบการต่อกราวด์ (PE) และระบบป้องกัน
4. ตั้งพารามิเตอร์ VFD/soft starter ให้เหมาะสม (ramp time, start current, torque limit)

ขั้นตอนการสตาร์ทแบบปลอดภัย (ตัวอย่าง VFD)

1. ตรวจสอบพารามิเตอร์พื้นฐาน (แรงดัน, ความถี่, polarity)
2. ตั้งค่า ramp-up time (เช่น 1–5 s ขึ้นอยู่กับโหลด)
3. สังเกตการพร้อมตรวจกระแสเริ่มและแรงบิด
4. ตรวจสอบอุณหภูมิและแรงสั่นสะเทือน

การหยุดอย่างปลอดภัย (ตัวอย่าง regenerative + mechanical)

1. สั่งให้ VFD ลดความถี่ตามโปรไฟล์ regenerative braking เพื่อชาร์จแบตเตอรี่
2. ถ้าแบตเตอรี่ไม่รับพลังงานหรือจำเป็นต้องหยุดทันที ให้สั่ง mechanical brake (ยัดเบรก)
3. ตรวจสอบระบบหลังหยุด (อุณหภูมิ, กระแส, ข้อผิดพลาด)

ปัญหาที่พบบ่อยและการแก้ไข

- มอเตอร์ไม่สตาร์ท / ไม่หมุน: ตรวจสอบไฟเลี้ยง, สายต่อ, ฟิวส์, รีเลย์สตาร์ท
- กระแสเริ่มสูงเกิน: พิจารณาเปลี่ยนมาใช้ soft starter หรือ VFD, หรือลดโหลดเริ่มต้น
- เสียงดัง/สั่นผิดปกติ: ตรวจสอบการบาลานซ์, แบร็ง, การต่อเฟสย้อนเฟส (phasing)
- ความร้อนสูง: ตรวจสอบการระบายความร้อน, การระบายอากาศ, โหลดเกินพิกัด

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 5

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบ

1. ส่วนใดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กหมุน

- ก. โรเตอร์ (Rotor)
- ข. สเตเตอร์ (Stator)
- ค. แบริ่ง (Bearing)
- ง. ชุดเฟือง (Gear set)

2. หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสอาศัยหลักการใด

- ก. การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต
- ค. การเหนี่ยวนำเชิงกล
- ง. การเหนี่ยวนำความร้อน

3. ค่าความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) ของมอเตอร์ 4 ขั้ว ที่ความถี่ 50 Hz คือเท่าใด

- ก. 1500 rpm
- ข. 3000 rpm
- ค. 750 rpm
- ง. 1000 rpm

4. สลิป (Slip) หมายถึงอะไร

- ก. ความเร็วรอบของโรเตอร์
- ข. ความแตกต่างระหว่างความเร็วสนามกับโรเตอร์
- ค. การสูญเสียทางไฟฟ้า
- ง. การหมุนย้อนของมอเตอร์

5. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบกรงกระรอก (Squirrel Cage) มีข้อดีข้อใด

- ก. ให้แรงบิดเริ่มต้นสูงมาก
- ข. ต้องการบำรุงรักษามาก
- ค. โครงสร้างเรียบง่ายและทนทาน
- ง. มีแปรงถ่านและวงแหวนเลื่อน

6. การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบ “ดาว (Star)” จะมีลักษณะอย่างไร

- ก. ขดลวดต่อเข้ากันทั้งหมดเป็นจุดศูนย์กลาง
- ข. ขดลวดต่อเป็นวงปิด
- ค. ต่อขนานกันทุกเฟส
- ง. ต่อแบบสลับเฟส

7. ในการต่อแบบ “สามเหลี่ยม (Delta)” แรงดันที่ขดลวดได้รับจะเป็นอย่างไร

- ก. น้อยกว่าแรงดันสาย $\sqrt{3}$ เท่า
- ข. เท่ากับแรงดันสาย
- ค. มากกว่าแรงดันสาย $\sqrt{3}$ เท่า
- ง. ครึ่งหนึ่งของแรงดันสาย

8. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับการสตาร์ทแบบ Star-Delta

- ก. ให้แรงบิดเริ่มต้นสูงสุด
- ข. ใช้กับโหลดเบาเพื่อลดกระแสเริ่ม
- ค. ไม่ต้องสับสวิตช์ระหว่างการทำงาน
- ง. ใช้ได้เฉพาะมอเตอร์ 2 ขั้ว

9. การสตาร์ทแบบ DOL (Direct On Line) เหมาะกับมอเตอร์ชนิดใด

- ก. มอเตอร์ขนาดใหญ่
- ข. มอเตอร์โหลดหนัก
- ค. มอเตอร์ขนาดเล็ก
- ง. มอเตอร์ที่ต้องการแรงบิดเริ่มสูง

10. อุปกรณ์ควบคุมการสตาร์ทที่สามารถปรับแรงดันให้เพิ่มขึ้นอย่างนุ่มนวลคือข้อใด

- ก. ออโตทรานส์ฟอร์มเมอร์
- ข. รีเลย์
- ค. ซอฟต์สตาร์ทเตอร์ (Soft Starter)
- ง. ฟิวส์

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 5

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบ

1. ส่วนใดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กหมุน

- ก. โรเตอร์ (Rotor)
- ข. สเตเตอร์ (Stator)
- ค. แบริ่ง (Bearing)
- ง. ชุดเฟือง (Gear set)

2. หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสอาศัยหลักการใด

- ก. การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต
- ค. การเหนี่ยวนำเชิงกล
- ง. การเหนี่ยวนำความร้อน

3. ค่าความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) ของมอเตอร์ 4 ขั้ว ที่ความถี่ 50 Hz คือเท่าใด

- ก. 1500 rpm
- ข. 3000 rpm
- ค. 750 rpm
- ง. 1000 rpm

4. สลิป (Slip) หมายถึงอะไร

- ก. ความเร็วรอบของโรเตอร์
- ข. ความแตกต่างระหว่างความเร็วสนามกับโรเตอร์
- ค. การสูญเสียทางไฟฟ้า
- ง. การหมุนย้อนของมอเตอร์

5. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบกรงกระรอก (Squirrel Cage) มีข้อดีข้อใด

- ก. ให้แรงบิดเริ่มต้นสูงมาก
- ข. ต้องการบำรุงรักษามาก
- ค. โครงสร้างเรียบง่ายและทนทาน
- ง. มีแปรงถ่านและวงแหวนเลื่อน

6. การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบ “ดาว (Star)” จะมีลักษณะอย่างไร

- ก. ขดลวดต่อเข้ากันทั้งหมดเป็นจุดศูนย์กลาง
- ข. ขดลวดต่อเป็นวงปิด
- ค. ต่อขนานกันทุกเฟส
- ง. ต่อแบบสลับเฟส

7. ในการต่อแบบ “สามเหลี่ยม (Delta)” แรงดันที่ขดลวดได้รับจะเป็นอย่างไร

- ก. น้อยกว่าแรงดันสาย $\sqrt{3}$ เท่า
- ข. เท่ากับแรงดันสาย
- ค. มากกว่าแรงดันสาย $\sqrt{3}$ เท่า
- ง. ครึ่งหนึ่งของแรงดันสาย

8. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับการสตาร์ทแบบ Star-Delta

- ก. ให้แรงบิดเริ่มต้นสูงสุด
- ข. ใช้กับโหลดเบาเพื่อลดกระแสเริ่ม
- ค. ไม่ต้องสับสวิตช์ระหว่างการทำงาน
- ง. ใช้ได้เฉพาะมอเตอร์ 2 ขั้ว

9. การสตาร์ทแบบ DOL (Direct On Line) เหมาะกับมอเตอร์ชนิดใด

- ก. มอเตอร์ขนาดใหญ่
- ข. มอเตอร์โหลดหนัก
- ค. มอเตอร์ขนาดเล็ก
- ง. มอเตอร์ที่ต้องการแรงบิดเริ่มสูง

10. อุปกรณ์ควบคุมการสตาร์ทที่สามารถปรับแรงดันให้เพิ่มขึ้นอย่างนุ่มนวลคือข้อใด

- ก. ออโตทรานส์ฟอร์มเมอร์
- ข. รีเลย์
- ค. ซอฟต์สตาร์ทเตอร์ (Soft Starter)
- ง. ฟิวส์

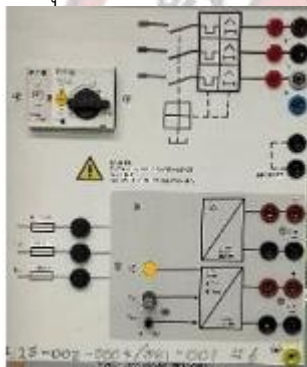
	ใบงาน	หน่วยที่ 5
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 8-11
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 18 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ		

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สามารถต่อวงจรการทดลองการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก แบบรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มพิกัด และแบบสตาร์ – เดลตา ได้
2. สามารถวัดค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในขณะที่เริ่มเดินได้
3. สามารถต่อวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสได้

เครื่องมือ/วัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน

1. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า 1 ชุด



2. ชุดมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก 1 ชุด



3. ชุดโหลดเซอร์โวมอเตอร์(โหลดแรงบิด) 1 ชุด



4. ซีล็คเตอร์สวิตช์ 1 ชุด



5. ซีเล็คเตอร์สวิตซ์สตาร์-เดลต้า 1 ชุด



6. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง



7. สายตัวนำต่อวงจร 20 เส้น



ขั้นตอนในการปฏิบัติงาน

1. บันทึกค่าพื้นฐานที่ป้ายชื่อมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก

1.1 กำลังไฟฟ้ามอเตอร์(P)W

1.2 แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทนได้เมื่อต่อวงจรแบบสตาร์V

1.3 แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทนได้เมื่อต่อวงจรแบบเดลต้าV

1.4 กระแสมอเตอร์เมื่อต่อวงจรแบบสตาร์A

1.5 กระแสมอเตอร์เมื่อต่อวงจรแบบเดลต้าA

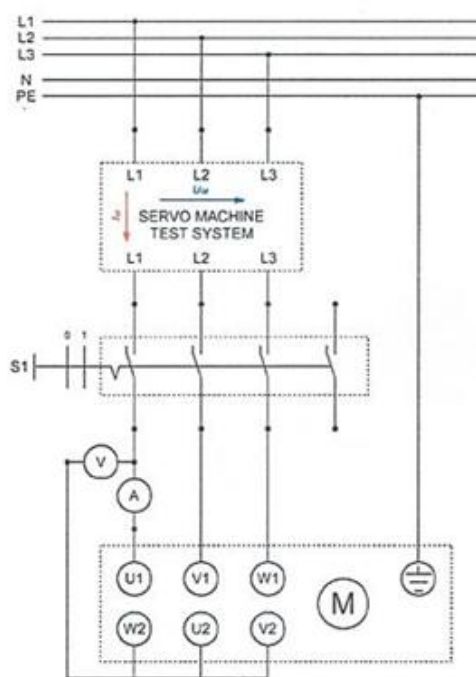
1.6 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์($\cos \phi$)

1.7 พิกัดความเร็วมอเตอร์(Speed)rpm

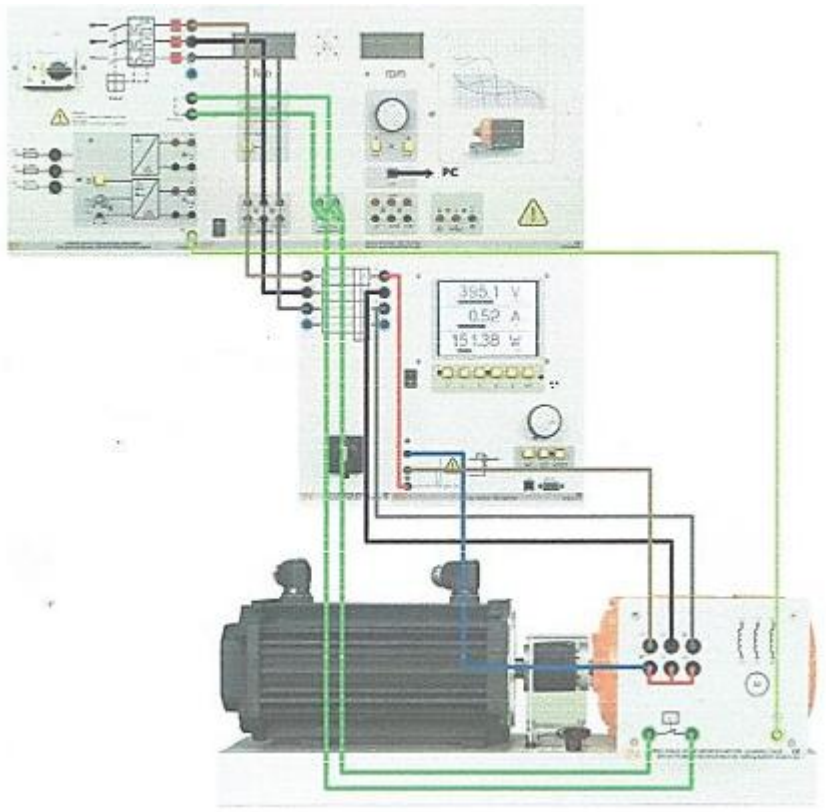
1.8 ความถี่ระบบไฟฟ้า(Frequency)Hz

2. ต่อวงจรตามรูปที่ 1,2 โดยที่ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ขั้ว U2, V2 และ W2ต่อเป็นแบบสตาร์และต่อขั้ว U1, V1 และ W1 เข้ากับซีเล็กเตอร์สวิตช์ที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส 380 V และมีโวลต์มิเตอร์ต่อคร่อมเพื่อ

วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต และแอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์



รูปที่ 1 วงจรการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบสตาร์

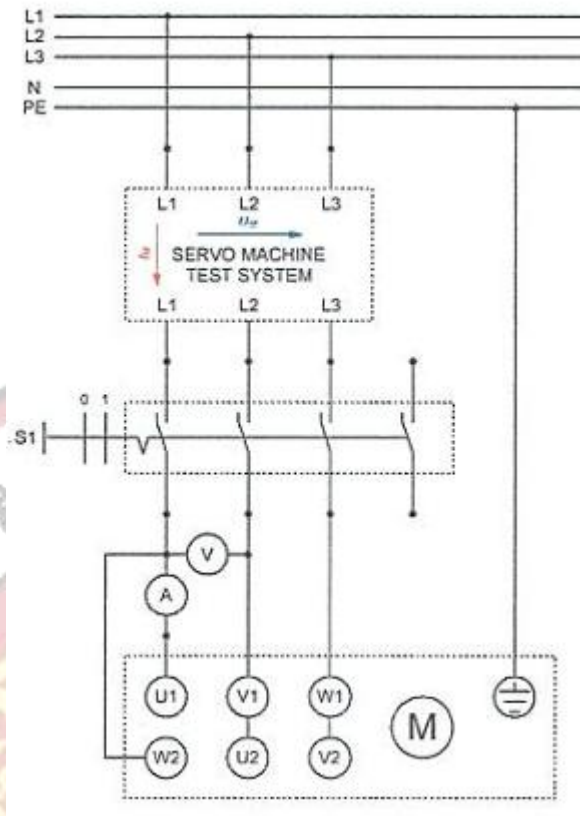


รูปที่ 2 วงจรเสมือนจริงการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบสตาร์

3. ตั้งโหมดการทำงานของชุดโพลดเซอร์โวมอเตอร์เป็นโหมดแรงบิด(Torque Control)
4. ปิดซีเล็กเตอร์สวิตช์(ON)เพื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์
5. ปรับค่าแรงบิด(Torque) ตามตารางที่ 1 บันทึกค่าความเร็วรอบของมอเตอร์(Speed) ค่าแรงดันตกคร่อมขดลวด(V phase) และกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์(I Phase) ลงในตาราง

M(Nm)	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
N(rpm)						
V phase(V)						
I phase(A)						

6. ปิดซีเล็กเตอร์สวิตช์ (OFF) เพื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ปิดแหล่งจ่ายไฟ
7. ต่อดังตามรูปที่ 3, 4 โดยต่อขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เป็นแบบเดลต้า



รูปที่ 3 วงจรการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบเดลต้า

8. ตั้งโหมดการทำงานของชุดโหลดเซอร์โวมอเตอร์เป็นโหมดแรงบิด(Torque Control)
9. ปิดซีเล็กเตอร์สวิตช์(ON)เพื่อย้ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์
10. ปรับค่าแรงบิด(Torque) ตามตารางที่ 2 บันทึกค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (Speed) ค่าแรงดันตก ครอบขดลวด (V phase) และกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ (I Phase) ลงในตาราง ตารางที่ 2 M(Nm) 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 25 N(rpm) V phase(V) I phase(A)

M(Nm)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	25
N(rpm)						
V phase(V)						
I phase(A)						

11. ปิดซีเล็กเตอร์สวิตช์(OFF)เพื่อยุติการจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ปิดแหล่งจ่ายไฟ
12. ต่อวงจรตามรูปที่ 5, 6 โดยที่ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์ขั้ว U1,V1,W1, U2,V2และW2 ต่อเข้ากับ สวิตช์สตาร์-เดลต้า ที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส 380 V และมีโวลต์มิเตอร์ต่อคร่อมเพื่อวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า อินพุต และแอมมิเตอร์ต่ออนุกรมเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์
13. ตั้งโหมดการทำงานของชุดโหลดเซอร์โวมอเตอร์เป็นโหมดแรงบิด (Torque Control) ปรับแรงบิดที่ 0 Nm
14. ปิดสวิตช์สตาร์-เดลต้าที่สตาร์ บันทึกแรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์
V phase.....V I phase.....A
15. ปิดสวิตช์สตาร์-เดลต้าที่เดลต้า บันทึกแรงเคลื่อนไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์
V phase.....V I phase.....A

16. ปิดสวิทช์สตาร์-เดลต้า(OFF)เพื่อหยุดจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ปิดแหล่งจ่ายไฟ
17. สลับขั้วสายไฟที่แหล่งจ่ายไปยังสวิทช์สตาร์-เดลต้า ตามรูปวงจรที่ 7
18. เปิดแหล่งจ่ายไฟ ปิดสวิทช์สตาร์-เดลต้าที่สตาร์ สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ o หมุนทางเดิม o กลับทิศทางหมุน
19. ปิดแหล่งจ่ายไฟ ถอดสายต่อและอุปกรณ์จัดเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12-14
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ PMSM	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 14 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ PMSM		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ PMSM และการควบคุมความเร็ว-แรงบิดได้ วิเคราะห์วงจรควบคุมมอเตอร์ PMSM ทั้งแบบ Sine-wave และ Field Oriented Control (FOC) ใช้เครื่องมือวัดและซอฟต์แวร์ทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์ PMSM ได้อย่างถูกต้อง และปฏิบัติงานติดตั้งและทดสอบการควบคุม PMSM สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 อ้างอิงมาตรฐานอาชีวศึกษา:

สาขาวิชาไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ไฟฟ้า

สมรรถนะหลักด้านการควบคุมระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

ตามกรอบคุณวุฒิวิชาชีพ (สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ) หมวด “งานซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อน EV”

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างควบคุมระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

วิศวกรควบคุมระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

ช่างบริการระบบ EV

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับการ ควบคุมมอเตอร์ PMSM

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับการ ควบคุมมอเตอร์ PMSM

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อย่างจร เดินสายไฟ และ ควบคุมมอเตอร์ PMSM ได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ DC ในระบบขับเคลื่อนจริงของยานยนต์ไฟฟ้า

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. สารการเรียนรู้

- 6.1 พื้นฐานและความรู้เบื้องต้น PMSM
- 6.2 ชนิดและประเภทของ PMSM
- 6.3 คุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้า PMSM
- 6.4 การควบคุมมอเตอร์ PMSM
- 6.5 การเชื่อมต่อและการทดสอบ
- 6.6 การใช้งานจริง
- 6.7 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

6. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาคลิปวิดีโอและเอกสารเกี่ยวกับการทำงานของมอเตอร์ PMSM
2. อภิปรายเปรียบเทียบระหว่าง PMSM และ BLDC
3. วิเคราะห์วงจรควบคุมแบบ FOC จากแผ่นวงจรจำลอง
4. ปฏิบัติการต่อวงจรทดสอบ PMSM บนชุดฝึก EV Trainer
5. ใช้ Oscilloscope ตรวจสอบรูปคลื่นแรงดันและกระแส
6. สรุปผลการทดลองและอภิปรายข้อผิดพลาด

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ชุดฝึกมอเตอร์ PMSM สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
2. ซอฟต์แวร์จำลอง MATLAB/Simulink, Proteus
3. Oscilloscope / Multimeter
4. วิดีโอการควบคุม PMSM จากผู้ผลิต (เช่น TI, Infineon, STMicro)
5. เอกสารจากสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพด้าน EV

8. หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 6
2. ผลการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน หน่วยที่ 6

หลักฐานการปฏิบัติงาน

1. ผลการตรวจคำถามท้ายบทเรียน หน่วยที่ 6

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

9. การวัดและประเมินผล

9.1 เกณฑ์การปฏิบัติงาน

1. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปถือว่าผ่านเกณฑ์
2. ประพฤติตนตามหลักพอเพียงและคุณธรรมอย่างสม่ำเสมอ ระดับ ดี - ดีเยี่ยม

9.2 วิธีการประเมิน

1. แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

- สังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

9.3 เครื่องมือประเมิน

- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

- แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไข้ปัญหา

1) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....



	ใบความรู้	หน่วยที่ 6
	รหัส 30143-2006 ชื่อวิชา งานมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 12-14
	ชื่อหน่วย การควบคุมมอเตอร์ PMSM	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 14 ชม.
ชื่อเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ PMSM		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์ PMSM และการควบคุมความเร็ว-แรงบิดได้ วิเคราะห์วงจรควบคุมมอเตอร์ PMSM ทั้งแบบ Sine-wave และ Field Oriented Control (FOC) ใช้เครื่องมือวัดและซอฟต์แวร์ทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์ PMSM ได้อย่างถูกต้อง และปฏิบัติงานติดตั้งและทดสอบการควบคุม PMSM สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างปลอดภัย

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1.1 อ้างอิงมาตรฐานอาชีวศึกษา:

สาขาวิชาไฟฟ้า/อิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ไฟฟ้า

สมรรถนะหลักด้านการควบคุมระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

ตามกรอบคุณวุฒิวิชาชีพ (สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ) หมวด “งานซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อน EV”

2.1.2 เชื่อมโยงกับอาชีพ เช่น

ช่างเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า

ช่างควบคุมระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

วิศวกรควบคุมระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

ช่างบริการระบบ EV

3. สมรรถนะประจำหน่วย

3.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับการ ควบคุมมอเตอร์ PMSM

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4.1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับการ ควบคุมมอเตอร์ PMSM

4.2 ด้านทักษะ

4.2.1 ต่อย่างจร เดินสายไฟ และ ควบคุมมอเตอร์ PMSM ได้ตามคู่มือ

4.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

4.3.1 แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจ ความปลอดภัย และแบ่งปันความร่วมมือ

4.4 ด้านประยุกต์ใช้และความรับผิดชอบ

4.4.1 นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ DC ในระบบขับเคลื่อนจริงของยานยนต์ไฟฟ้า

4.5 การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

4.5.1. ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

4.5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

4.5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

4.5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

4.5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

- ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ้งเฟ้อ และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

- ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

- ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

- ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

4.5.7. ศาสตร์ด้านการพัฒนา

- ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

- ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

- ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

4.5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

- มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

- มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

- เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

5. เนื้อหาสาระ

6.1 พื้นฐานและความรู้เบื้องต้นของ PMSM (Fundamentals)

- ความหมาย: PMSM คือมอเตอร์ซิงโครนัสที่ใช้แม่เหล็กถาวรฝังหรือยึดไว้ที่โรเตอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กถาวร (field). เมื่อป้อนไฟฟ้า 3 เฟสให้กับสเตเตอร์ จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนที่มีความถี่เดียวกับแหล่งจ่าย และโรเตอร์จะหมุนซิงโครนัสกับสนามนั้น (ไม่มีสลิปแบบ induction motor ในภาวะซิงโครนัสปกติ)
- หลักการทำงาน: สนามหมุนของสเตเตอร์ (สร้างโดยกระแสสเตเตอร์) พยายามจัดแนวกับสนามแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์ ทำให้เกิดแรงบิด (electromagnetic torque). แรงบิดในเชิงตัวเลขมาจากการผสมกันของ flux จากแม่เหล็กถาวรและกระแสแกน q (i_q) ของสเตเตอร์
- สมการแรงบิด (เชิงแนวคิด): แรงบิดโดยรวม $\propto \text{flux_linkage} \times i_q$ (สำหรับแบบ non-salient rotor แบบ SPM). (ไม่จำเป็นต้องท่องสูตรยากเกินไป แต่ควรเข้าใจว่าแรงบิดถูกควบคุมผ่านกระแสแกน q)
- องค์ประกอบหลัก: Stator (ขดลวดสามเฟส), Rotor (แม่เหล็กถาวร — SPM หรือ IPM), Inverter/Controller (แปลง DC $\rightarrow$ AC ที่ความถี่/เฟสเหมาะสม), เซนเซอร์ตำแหน่ง (encoder, resolver) หรือเทคนิค sensorless

6.2 ชนิดและประเภทของ PMSM (Types)

1. ตามการวางแม่เหล็กบนโรเตอร์
 - Surface-mounted PMSM (SPM)
 - แม่เหล็กถาวรถูกยึด/ติดอยู่บนผิวหน้าของโรเตอร์
 - ข้อดี: โครงสร้างเรียบง่าย ผลิตง่าย กำลังออกแบบสูงที่รอบกลาง-สูง
 - ข้อจำกัด: แรงบิดเชิงแปลผิว (saliency) น้อยกว่า IPM, แม่เหล็กต้องยึดแน่น (ใช้วัสดุติดยึด/ชุบ)
 - Interior PMSM (IPM)
 - แม่เหล็กถูกฝังอยู่ภายในตัวโรเตอร์ (มีช่อง/ร่อง)
 - ข้อดี: มีความแข็งแรงเชิงกลสูงกว่า, มี saliency ทำให้ได้ reluctance torque เพิ่มเติม $\rightarrow$ แรงบิดต่อมวลสูง เหมาะสำหรับ traction motor
 - ข้อจำกัด: การออกแบบซับซ้อนกว่า
2. ตามลักษณะสนาม (Salient vs Non-salient)
 - Non-salient (cylindrical rotor) — มักเป็น SPM
 - Salient (saliency present) — มักเป็น IPM ซึ่งมี inductance ต่างกันในแกน d และ q
3. ตามข้อจำกัดเซนเซอร์
 - Sensor-based PMSM — ใช้ encoder/resolver/Hall สำหรับ feedback ตำแหน่ง
 - Sensorless PMSM — ใช้อัลกอริทึมประเมินตำแหน่งจาก back-EMF หรือการสังเกตกระแส/แรงดัน (ใช้ประโยชน์จากเซนเซอร์หรือในสภาพแวดล้อมที่เซนเซอร์เสียหายได้ยาก)
4. ตามรูปแบบใช้งาน
 - Traction motors (EV/HEV) — มอเตอร์กำลังสูง โดนามิกสูง (มักเป็น IPM)
 - Servo/Precision motors — เน้นการควบคุมตำแหน่ง/แรงบิดแม่นยำ
 - Appliance/Industrial PMSM — ใช้ในปั๊ม พัดลม คอมเพรสเซอร์ ฯลฯ

6.3 คุณสมบัติและข้อดี-ข้อเสียของ PMSM (Characteristics, Advantages & Limitations)

ข้อดี (Advantages)

- ความหนาแน่นพลังงานสูง: ให้กำลังต่อมวล/ขนาดมากกว่า induction motor ในหลายกรณี
- ประสิทธิภาพสูง: สูญเสียต่ำเพราะ rotor ไม่มีกระแสเหนี่ยวนำ → ประหยัดพลังงานโดยเฉพาะที่รอบใช้งานยาว
- แรงบิดต่อน้ำหนักดี: เหมาะกับงาน traction ที่ต้องการกำลังสูงแต่ขนาดเล็ก
- การตอบสนองไดนามิกดี: เหมาะกับการเร่ง-เบรกบ่อย ๆ และการควบคุมความเร็ว/ตำแหน่งอย่างแม่นยำ
- รองรับ regenerative braking ได้ดี (เหมาะสำหรับ EV)

ข้อจำกัด (Limitations)

- ต้องการตัวควบคุม (inverter + control algorithm) ที่ซับซ้อน (เช่น FOC) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง
- แม่เหล็กถาวรมีต้นทุนสูง (โดยเฉพาะ rare-earth NdFeB) และบางครั้งอาจมีปัญหาด้านอุปทานราคา
- เสี่ยงต่อการลดสมบัติเข้าแม่เหล็ก (demagnetization) หากถูกความร้อนหรือกระแสน้ำย้อนแรง ๆ
- การจัดการสนามแม่เหล็กแรง: ต้องระมัดระวังการจัดการระหว่างการประกอบ/ซ่อม เพราะแม่เหล็กแรงมากและเปราะ
- ต้องออกแบบระบบระบายความร้อนและการป้องกัน ให้ดีเมื่อใช้งานหนัก/ต่อเนื่อง

6.4 การควบคุมมอเตอร์ PMSM (Control Methods)

หลักการทั่วไป

- PMSM ต้องการการควบคุมทั้งในเชิงความถี่และเฟสเพื่อให้ rotor ตามสนามสเตเตอร์แบบซิงโครนัส → ใช้ inverter ที่ผลิตสัญญาณ sinusoidal ที่มีมเฟสและความถี่เหมาะสม
- การควบคุมมักแบ่งเป็นการควบคุมระดับแรงบิด/กระแส (inner loop) และการควบคุมความเร็ว/ตำแหน่ง (outer loop)

วิธีควบคุมหลัก ๆ

1. Sine-wave drive (Trapezoidal/Sine for BLDC vs PMSM)
 - ให้อุปกรณ์ sinusoidal ที่แต่ละเฟส → ลดริบเบิลแรงบิด ใช้สำหรับงานที่ต้องการราบเรียบ
2. Field Oriented Control (FOC) / Vector Control
 - แนวคิด: แปลงสัญญาณ 3 เฟส → ค่าในแกน d-q (Clarke & Park transform) เพื่อแยกกระแสเป็นแกนแรงบิด (q-axis) และแกน flux (d-axis)
 - ควบคุมกระแส I_d , I_q ผ่านวงปิด (current regulators) แล้วแปลงกลับเป็นการสั่ง PWM ให้ inverter
 - ข้อดี: ควบคุมแรงบิดได้แม่นยำ ตอบสนองเร็ว ประสิทธิภาพสูง
3. Sensorless Control
 - ประเมินตำแหน่ง rotor จาก back-EMF หรือ observer (เช่น Extended Kalman Filter, Sliding Mode Observer)
 - ข้อดี: ลดต้นทุนและปัญหาเซนเซอร์ แต่เริ่มต้นที่ความเร็วต่ำยากกว่า ต้องออกแบบ algorithm เพิ่มเติม
4. Direct Torque Control (DTC)

- ควบคุมแรงบิดและ flux โดยตรงจากการเลือกเวกเตอร์แรงดันของอินเวอร์เตอร์ → ตอบสนองเร็ว แต่ควบคุมริบเบิลได้ยากกว่า FOC

องค์ประกอบของระบบควบคุม

- Inverter (IGBT/MOSFET) สำหรับแปลง DC → AC (PWM)
- Controller/MCU/DSP รันอัลกอริทึม FOC/DTC และ PID loops
- Current sensors, voltage sensors, position sensors (encoder/resolver)
- Protection functions: Overcurrent, Overvoltage, Overtemperature, Position/Speed limits

6.5 การเชื่อมต่อและการทดสอบ (Wiring & Testing)

การเชื่อมต่อพื้นฐาน

- การต่อไฟฟ้า: DC bus (จากแบตเตอรี่) → Inverter → 3 เฟสออกไปยัง Stator (U,V,W)
- เซนเซอร์: Encoder/Resolver ติดตั้งที่เพลลาของมอเตอร์ → สายสัญญาณต่อเข้าคอนโทรลเลอร์
- การกราวด์และการป้องกัน: เชื่อมต่อ PE, ติดตั้งฟิวส์/รีเลย์, บอร์ดควบคุมแรงดันสูงต้องมี isolation

การตรวจเช็กก่อนทดสอบ

1. ตรวจสอบสายไฟและการต่อ: U,V,W, DC+, DC- ถูกต้อง ไม่มีลัดวงจร
2. วัดความต่อเนื่อง (continuity) และความต้านทานขดลวด (should be balanced across phases)
3. Insulation Resistance Test (Megger) เพื่อตรวจฉนวน (megohm ควรสูงตามสเปค)
4. ตรวจสอบการหมุน and coupling (ไม่มีสิ่งขัดขวาง)

ขั้นตอนการทดสอบเบื้องต้น (Recommended test sequence)

- No-load test (แรงฟรี)
 1. สตาร์ท inverter ด้วยพารามิเตอร์เริ่มต้น (ความถี่ต่ำ/แรงดันต่ำ)
 2. เพิ่มความถี่/แรงดันจนมอเตอร์หมุน และสังเกตกระแส, แรงดัน, เสียงและความสั่น
 3. ตรวจวัด back-EMF เพื่อยืนยัน constant flux
- Locked-rotor / Start-up test (ระวังความปลอดภัย)
 - ทดสอบแรงบิดเริ่มต้นโดยให้โหลดจำลอง แต่ระวังกระแสสูงและความร้อน — มักใช้เฉพาะในห้องแล็บหรือใช้ soft-start/VFD
- Load test (โหลดจริง)
 - ต่อ dynamometer หรือโหลดจำลอง เปรียบเทียบแรงบิด-ความเร็ว vs สเปค
 - ทดสอบ regenerative braking (ถ้ามี) ดูว่าพลังงานถูกคืนไปยังแบตเตอรี่/ต้านทาน dump ตามที่ควร
- Parameter identification
 - วัด R_s (stator resistance), L_d , L_q (inductances), flux linkage (ψ_f) — ใช้ในการปรับพารามิเตอร์ FOC เพื่อประสิทธิภาพสูงสุด
- เซนเซอร์ alignment
 - ตรวจสอบ and align encoder/resolver zero position กับเฟสของ inverter เพื่อให้ตำแหน่งถูกต้อง

การใช้เครื่องมือ

- Multimeter, LCR meter (วัด inductance), Oscilloscope (ดู PWM, current ripple, back-EMF), Power analyzer (วัดประสิทธิภาพ), Megger (insulation)

6.6 การใช้งานจริง (Applications & Practical Considerations)

ตัวอย่างการใช้งาน

- Traction in Electric Vehicles (EVs/HEVs) — เป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันหลัก โดยเฉพาะ IPM เพราะให้แรงบิดต่อมวลดีและรองรับ regenerative braking
- Servo systems / Robotics — ใช้ในระบบที่ต้องการความแม่นยำตำแหน่ง/แรงบิดสูง
- อุตสาหกรรม — ปัมป์ คอมเพรสเซอร์ พัดลมที่ต้องการประสิทธิภาพสูงและการควบคุมความเร็ว
- อุปกรณ์ทางการแพทย์ / เครื่องมือแม่นยำ — เมื่อจำเป็นต้องมีการควบคุมละเอียด

ประเด็นการออกแบบเชิงระบบ (System-level)

- การจัดการพลังงาน: Inverter ต้องจัดการ regenerative energy — คืนกลับไปยังแบตเตอรี่หรือดัมพ์ในกรณีเบรกเต็ม
- การระบายความร้อน: ออกแบบ cooling system (air cooling / liquid cooling) โดยเฉพาะสำหรับ traction motor
- การป้องกัน EMC / EMI: การสวิตชิงของ inverter สร้างสัญญาณรบกวน ต้องออกแบบกราวด์และกรองสัญญาณ
- Integration กับ BMS (Battery Management System) และ ECU ของรถ — เพื่อจัดการแรงดัน กระแส และโหมดการขับเคลื่อน

6.7 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษา (Safety & Maintenance)

ความปลอดภัย (Safety)

- ปิด/ล็อกสวิตช์ (Lockout–Tagout) ก่อนซ่อมบำรุง — ตัด DC bus และ discharge capacitors (คาปาซิเตอร์ของ inverter เก็บประจุได้)
- การเตรียม PPE: ถุงมือฉนวน, แว่นตานิรภัย, รองเท้า绝缘 (ตามระดับแรงดัน)
- ระวังสนามแม่เหล็กแรง: แม่เหล็ก NdFeB แรงมาก — หลีกเลี่ยงการให้โลหะชิ้นเล็ก ๆ ตกเข้าใกล้จะทำให้บาดเจ็บและทำให้แม่เหล็กเสียหาย
- การป้องกันไฟช็อตแรงดันสูง: แผงอินเวอร์เตอร์/แบตเตอรี่แรงดันสูงต้องมีฉนวนและสัญลักษณ์เตือน
- การจัดทำคู่มือการทำงานปลอดภัย (SOP) สำหรับการทดสอบและการเข้าถึงส่วนที่มีแรงดันสูง

การบำรุงรักษา (Maintenance)

- ตรวจสอบสภาพทั่วไปเป็นระยะ: สายไฟ, ขั้วต่อ, ฉนวน, แบตเตอรี่, การสั่นหรือของ coupling
- ตรวจสอบอุณหภูมิ: ตรวจสอบอุณหภูมิของมอเตอร์และ inverter ขณะการทำงาน (ใช้ thermal sensors หรือ thermal camera)
- ตรวจสอบวัดและบันทึกสัญญาณสม่ำเสมอ: current, voltage, vibration เพื่อวิเคราะห์สภาพ (condition monitoring)
- การดูแลแม่เหล็ก: หลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงเกิน spec (demagnetization risk) และการกระแทกทางกล
- การหล่อลื่นแบร์ริง: ตามคู่มือผู้ผลิต — แบร์ริงสำคัญต่ออายุการใช้งาน
- การทำความสะอาดและป้องกันความชื้น: ป้องกันการกัดกร่อนและการลัดวงจรจากความชื้น/ฝุ่น

- ทดสอบหลังการซ่อม: หลังการถอดประกอบ/เปลี่ยนชิ้นส่วน ต้องทดสอบ insulation, continuity, และ alignment ก่อนใช้งานจริง

แนวทางการนำเนื้อหาไปใช้ในห้องเรียน/ห้องแล็บ

- ทำ สไลด์ สรุปหลักการ + รูปตัดขวางของ SPM vs IPM
- จัด แล็บปฏิบัติ: ต่อมอเตอร์ PMSM ขนาดทดลองกับ inverter พร้อม encoder — ให้ผู้เรียนทำ no-load test, ramp-up/ramp-down, และอ่านค่ากระแส/แรงบิด
- มอบ ใบงาน ให้วัด R, L, back-EMF, และคำนวณพารามิเตอร์สำหรับ FOC
- สาธิต regenerative braking และ sensorless startup (ถ้ามีชุดทดลองรองรับ)
- จัด กิจกรรมความปลอดภัย เช่น การถอด/ประกอบแม่เหล็กด้วยคู่มือความปลอดภัย

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบที่ 6

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบ

1. มอเตอร์ PMSM มีหลักการทำงานแบบใด

- ก. เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. สนามแม่เหล็กโรเตอร์หมุนซิงโครนัสกับสนามสเตเตอร์
- ค. ใช้แปรงถ่านส่งกระแสไฟ
- ง. กระตุ้นสนามด้วยขดลวด

2. ส่วนประกอบหลักของ PMSM คืออะไร

- ก. Rotor แบบกรงกระรอก
- ข. Rotor แบบแม่เหล็กถาวร
- ค. Rotor แบบขดลวดกระตุ้น
- ง. Rotor แบบเหนี่ยวนำ

3. การควบคุมแบบ FOC มีข้อดีใด

- ก. ราคาถูก
- ข. ควบคุมแรงบิดได้แม่นยำ
- ค. ใช้กับระบบไม่มีเซนเซอร์เท่านั้น
- ง. ใช้แรงดันคงที่

4. การแปลงพิกัด Clarke–Park ใช้เพื่ออะไร

- ก. แปลงแรงดันเป็นกำลัง
- ข. แปลงสัญญาณ 3 เฟสให้เป็น 2 แกน dq
- ค. คำนวณแรงบิดโดยตรง
- ง. วัดความเร็วรอบ

5. เซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ใน PMSM

- ก. LDR
- ข. Resolver / Encoder
- ค. Thermistor
- ง. Proximity Sensor

6. การควบคุม PMSM แบบไม่มีเซนเซอร์เรียกว่า

- ก. Sensorless Control
- ข. Manual Control
- ค. Auto Relay Control
- ง. Passive Control

7. การปรับความเร็ว PMSM ทำได้โดย

- ก. เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็ก
- ข. เปลี่ยนความถี่ของไฟฟ้าจ่าย
- ค. เพิ่มแรงดันไฟตรง
- ง. ปรับแรงบิดกลไก

8. ในระบบยานยนต์ไฟฟ้า PMSM มักควบคุมด้วยอุปกรณ์ใด

- ก. รีเลย์ไฟฟ้า
- ข. คอนโทรลเลอร์อินเวอร์เตอร์ (VFD/MCU)
- ค. คอนแทคเตอร์
- ง. มอเตอร์สตาร์ทเตอร์

9. ข้อใดเป็นข้อดีของ PMSM เมื่อเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

- ก. ราคาถูกกว่า
- ข. ประสิทธิภาพสูงกว่าและแรงบิดคงที่
- ค. ต้องบำรุงรักษาบ่อย
- ง. ใช้กระแสเริ่มสูงกว่า

10. การทำงานผิดปกติของ PMSM อาจเกิดจากอะไร

- ก. เซนเซอร์เสียหรือสัญญาณเฟสขาด
- ข. ฟิวส์ละลาย
- ค. ความร้อนจากโหลดกลไก
- ง. การต่อสายดินผิด

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบที่ 6

คำชี้แจง : จงเลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบ

1. มอเตอร์ PMSM มีหลักการทำงานแบบใด

- ก. เหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า
- ข. สนามแม่เหล็กโรเตอร์หมุนซึ่งโครนส์กับสนามสเตเตอร์
- ค. ใช้แปร่งถ่านส่งกระแสไฟ
- ง. กระตุ้นสนามด้วยขดลวด

2. ส่วนประกอบหลักของ PMSM คืออะไร

- ก. Rotor แบบกรงกระรอก
- ข. Rotor แบบแม่เหล็กถาวร
- ค. Rotor แบบขดลวดกระตุ้น
- ง. Rotor แบบเหนี่ยวนำ

3. การควบคุมแบบ FOC มีข้อดีใด

- ก. ราคาถูก
- ข. ควบคุมแรงบิดได้แม่นยำ
- ค. ใช้กับระบบไม่มีเซนเซอร์เท่านั้น
- ง. ใช้แรงดันคงที่

4. การแปลงพิกัด Clarke-Park ใช้เพื่ออะไร

- ก. แปลงแรงดันเป็นกำลัง
- ข. แปลงสัญญาณ 3 เฟสให้เป็น 2 แกน dq
- ค. คำนวณแรงบิดโดยตรง
- ง. วัดความเร็วรอบ

5. เซนเซอร์ใดใช้ตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์ใน PMSM

- ก. LDR
- ข. Resolver / Encoder
- ค. Thermistor
- ง. Proximity Sensor

6. การควบคุม PMSM แบบไม่มีเซนเซอร์เรียกว่า

- ก. Sensorless Control
- ข. Manual Control
- ค. Auto Relay Control
- ง. Passive Control

7. การปรับความเร็ว PMSM ทำได้โดย

- ก. เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็ก
- ข. เปลี่ยนความถี่ของไฟฟ้าจ่าย
- ค. เพิ่มแรงดันไฟตรง
- ง. ปรับแรงบิดกลไก

8. ในระบบยานยนต์ไฟฟ้า PMSM มักควบคุมด้วยอุปกรณ์ใด

- ก. รีเลย์ไฟฟ้า
- ข. คอนโทรลเลอร์อินเวอร์เตอร์ (VFD/MCU)
- ค. คอนแทคเตอร์
- ง. มอเตอร์สตาร์ทเตอร์

9. ข้อใดเป็นข้อดีของ PMSM เมื่อเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

- ก. ราคาถูกกว่า
- ข. ประสิทธิภาพสูงกว่าและแรงบิดคงที่
- ค. ต้องบำรุงรักษาบ่อย
- ง. ใช้กระแสเริ่มสูงกว่า

10. การทำงานผิดปกติของ PMSM อาจเกิดจากอะไร

- ก. เซนเซอร์เสียหรือสัญญาณเฟสขาด
- ข. พิวส์ละลาย
- ค. ความร้อนจากโหลดกลไก
- ง. การต่อสายดินผิด