



แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

สาขาวิชาช่างไฟฟ้า

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 20104-2003 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

จัดทำโดย

นายธนรักษ์ นิลนะมะ

วิทยาลัยการอาชีวศึกษาบ้านฝื่อ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะเล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารประกอบการเรียนการสอน รายวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ รหัสวิชา 20104-2003 (1-3-2) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้า กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เนื้อหาภายในประกอบด้วย หลักสูตรรายวิชา มาตรฐานอาชีพ ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ สมรรถนะประจำหน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบความรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้จัดทำได้วิเคราะห์เนื้อหาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 เพื่อนำมาออกแบบ แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย สารสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อ และแหล่งการเรียนรู้ หลักฐานการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และบันทึกหลังการสอน

ทั้งนี้ผู้จัดทำหวังว่า แผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้จะเป็นแผนประกอบการสอบสอนที่เหมาะสม หากมีความ ผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธนรักษ์ นิลนะมะ

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	๗
หลักสูตรรายวิชา	1
มาตรฐานอาชีพ	3
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	7
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	10
หน่วยการเรียนรู้	11
หน่วยที่ 1 เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	12
แผนการจัดการเรียนรู้	12
ใบความรู้	17
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	23
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	24
หน่วยที่ 2 เรื่อง ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	25
แผนการจัดการเรียนรู้	25
ใบความรู้	30
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	37
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	38
หน่วยที่ 3 เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน	39
แผนการจัดการเรียนรู้	39
ใบความรู้	44
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	51
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	52
หน่วยที่ 4 เรื่อง รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์	53
แผนการจัดการเรียนรู้	53
ใบความรู้	58
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	64
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	65
หน่วยที่ 5 เรื่อง R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	66
แผนการจัดการเรียนรู้	66
ใบความรู้	71
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	78

สารบัญ (ต่อ)

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	79
หน่วยที่ 6 เรื่อง RL และ RC ในวงจรอนุกรม	80
แผนการจัดการเรียนรู้	80
ใบความรู้	85
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	92
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	93
หน่วยที่ 7 เรื่อง RLC ในวงจรอนุกรม	94
แผนการจัดการเรียนรู้	94
ใบความรู้	99
แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน	105
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	106

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ พลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า

รหัส 20104-2003 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)
2. มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน สาขาช่างไฟฟ้าในอาคาร ระดับ 1

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ต่อวงจร วัดค่าทางไฟฟ้า ทดลอง และคำนวณหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับกฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. มีทักษะเกี่ยวกับการต่อ การวัด ทดลอง และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. มีความสามารถในการประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ทดสอบค่าทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วิเคราะห์และสรุปรายงานผลการทดลอง
4. ประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการกำเนิดคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ การคำนวณ วัดค่า Peak Average RMS ของรูปคลื่นไซน์ สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม เฟสเซอร์ไดอะแกรม การคำนวณปริมาณเชิงซ้อน งานต่อวงจร R-L-C แบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม วงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรม แบบขนาน กำลังไฟฟ้าและ ตัวประกอบกำลัง

กระแสน้ำ 2 เฟส 3 เฟส การต่อระบบสตาร์-เดลต้า เฟสเซอร์ไดอะแกรม วงจรไฟฟ้า กระแสน้ำ 3 เฟส ใน
สภาวะโหลดสมดุลและไม่สมดุล

มาตรฐานอาชีพ

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพ กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ
อาชีพ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1

หน่วยสมรรถนะ	ชื่อโมดูลการฝึก	ผลลัพธ์การเรียนรู้	ระยะเวลา (ชั่วโมง : นาที)	
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ
บอกหลักความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานไฟฟ้า	(09215101) ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานไฟฟ้า	1. บอกกฎและข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยในการทำงานได้ 2. บอกความหมายของสัญลักษณ์ความปลอดภัยได้ 3. บอกวิธีใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลได้ 4. อธิบายอันตรายของไฟฟ้าได้ 5. อธิบายวิธีป้องกันและช่วยเหลือผู้ถูกกระแไฟฟ้าดูดได้ 6. อธิบายวิธีปฐมพยาบาลผู้ถูกกระแสไฟฟ้าดูดได้	2:30	-
ใช้ บำรุงเครื่องมือวัด และทดสอบงานไฟฟ้าและเครื่องมืออุปกรณ์ส่วนบุคคล	(09215201) การใช้ บำรุงเครื่องมือวัด และทดสอบงานไฟฟ้าและเครื่องมืออุปกรณ์ส่วนบุคคล	1. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้าได้ 2. อธิบายวิธีการใช้ การวัด การอ่านค่าต่าง ๆ ของเครื่องวัดไฟฟ้าได้ 3. นำเครื่องมือวัดไปใช้ในการวัดและทดสอบค่าต่าง ๆ ได้ 4. อธิบายวิธีการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดและทดสอบงานไฟฟ้าได้ 5. อธิบายวิธีการใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ส่วนบุคคลได้ 6. เลือกใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ส่วนบุคคลได้	3:30	8:00
อธิบายทฤษฎีไฟฟ้า	(09215202) ทฤษฎีไฟฟ้า	1. อธิบายเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าได้ 2. บอกหน่วยวัดทางไฟฟ้าได้	3:00	-

		3. อธิบายการอ่านและเขียนสัญลักษณ์ของหน่วยวัดทางไฟฟ้าได้ 4. บอกเกี่ยวกับตัวนำฉนวน ความต้านทาน และตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าได้ 5. คำนวณไฟฟ้าเบื้องต้นด้วยกฎของโอห์มได้ 6. คำนวณหาค่าตามกฎของโอห์มจากวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ได้		
อ่านแบบ-เขียนแบบวงจรไฟฟ้าอุตสาหกรรม	(09215203) การอ่านแบบ-เขียนแบบวงจรไฟฟ้าอุตสาหกรรม	1. อธิบายการอ่านและเขียนสัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ได้ 2. อ่านและเขียนสัญลักษณ์ไฟฟ้าในงานควบคุมมอเตอร์ได้ 3. อธิบายการทำงานของวงจรแต่ละแบบที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด 4. อ่านแบบแสดงการติดตั้งอุปกรณ์และตู้ควบคุมได้ตามแบบที่กำหนด 5. อ่านแบบไฟฟ้าแสงสว่างในโรงงานได้ตามแบบที่กำหนด 6. อ่านและเขียนแบบวงจรที่ใช้ในงานควบคุมมอเตอร์ได้	2:00	4:00
อธิบายหลักการการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามาตรฐานสายไฟฟ้าข้อกำหนดในการติดตั้งและการเดินสายไฟฟ้า	(09215204) หลักการการทำงานของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ามาตรฐานสายไฟฟ้าข้อกำหนดในการติดตั้งและการเดินสายไฟฟ้า	1. อธิบายชนิด คุณสมบัติ หลักการทำงาน และข้อกำหนดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าได้ 2. อธิบายอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องป้องกันกระแสเกินได้ 3. อธิบายหลักการการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ และสวิตช์ถ่ายโอนได้ 4. อธิบายการเลือกชนิดและขนาดของสายไฟฟ้าได้ 5. อธิบายข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้	4:30	-
ต่อสายไฟฟ้า	(09215205) การต่อสายไฟฟ้า	1. บอกวิธีต่อสายไฟฟ้าแบบเดี่ยวและสายตีเกลียวได้ 2. ต่อสายไฟฟ้าแบบเดี่ยวและสายตีเกลียวได้	2:00	9:00

		3. บอกวิธีการใช้อุปกรณ์เข้าขั้วสายด้วยหางปลาและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 4. ใช้อุปกรณ์เข้าขั้วสายด้วยหางปลาและอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องวิธี 5. บอกวิธีการบัดกรีและการพันฉนวนได้ 6. บัดกรีและพันฉนวนได้ 7. บอกวิธีการตรวจสอบและการกำหนดขั้วมอเตอร์ได้ 8. ตรวจสอบและกำหนดขั้วมอเตอร์ได้		
เดินสายร้อยท่อโลหะ และท่อพีวีซี	(09215206) การเดินสายร้อยท่อ โลหะ และท่อพีวีซี	1. อธิบายกฎข้อบังคับมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของประเทศไทยได้ (การเดินสายร้อยท่อโลหะและท่อพีวีซี) 2. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเดินสายร้อยท่อได้ 3. เลือกใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมกับงานเดินสายร้อยท่อ 4. บอกวิธีตัดท่อโลหะและท่อพีวีซีได้ 5. ตัดท่อโลหะและท่อพีวีซีได้ตามแบบที่กำหนด 6. บอกวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบและการร้อยสายไฟฟ้าได้ 7. ติดตั้งและเดินสายร้อยท่อโลหะและท่อพีวีซีเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามแบบที่กำหนด	2:30	17:00
เดินสายภายในตู้ควบคุม	(09215301) การเดินสายภายในตู้ควบคุม	1. เดินสายควบคุมมอเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด 2. วางตำแหน่งอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมได้ตามแบบที่กำหนด 3. เดินสายวงจรควบคุมไฟฟ้าภายในตู้ควบคุมของมอเตอร์ได้ตามแบบที่กำหนด	-	20:00
รวมทั้งสิ้น			20:00	58:00
			78:00	

วิธีประเมินผล

เป็นการทดสอบภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติของผู้รับการฝึก เพื่อประเมินความรู้ ความสามารถ ตามเกณฑ์ที่กำหนดดังนี้

1. ทดสอบภาคทฤษฎีต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70
2. ทดสอบภาคปฏิบัติต้องได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job) ต่อบัณฑิต วิศวกรไฟฟ้า ทดลอง และคำนวณหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ	
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)
1. การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	1.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1.2 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแส 1.3 ค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1.4 ตัวนำเมื่อเคลื่อนที่ในแนวเฉียง 1.5 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1.6 การเกิดรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 1.7 ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ 1.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ
2. ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	2.1 ความหมายและวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น 2.2 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ 2.4 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ 2.5 ค่าที่วัดได้ 2.6 การคำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์ 2.7 ความหมายของฟอร์มแฟกเตอร์
3. จำนวนเชิงซ้อน	3.1 จำนวนจริง 3.2 จำนวนจินตภาพ 3.3 ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน 3.4 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน 3.5 การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน 3.6 การคำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job) ต่อดวงจร วัดค่าทางไฟฟ้า ทดลอง และคำนวณหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ	
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)
4. รูปลักษณ์ สมการ เฟสเซอร์	4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์ 4.2 เฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรม 4.3 การคำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม 4.4 การนำหน้าและล่าหลังของเฟสเซอร์ไดอะแกรม 4.5 การบวกรูปลักษณ์และเฟสเซอร์ 4.6 การคำนวณหาผลบวกของเฟสเซอร์
5. R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้า กระแสสลับ	5.1 รูปลักษณ์ สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัว ด้านทานเพียงอย่างเดียว 5.2 อิมพีแดนซ์ของวงจรตัวด้านทานเพียงอย่างเดียว 5.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวด้านทาน 5.4 รูปลักษณ์ สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัว เหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว 5.5 รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ 5.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำ 5.7 รูปลักษณ์ สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวเก็บ ประจุเพียงอย่างเดียว 5.8 รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุ 5.9 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวเก็บประจุ
6. RL และ RC ในวงจรอนุกรม	6.1 รูปลักษณ์ สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RL อนุกรม 6.2 อิมพีแดนซ์ของวงจร RL อนุกรม 6.3 มุมเฟสของวงจร RL อนุกรม 6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RL อนุกรม 6.5 รูปลักษณ์ สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RC อนุกรม

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job)	
ต่อวงจร วัดค่าทางไฟฟ้า ทดลอง และคำนวณหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้ กฎวิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ	
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)
	6.6 อิมพีแดนซ์ของวงจร RC อนุกรม 6.7 มุมเฟสของวงจร RC อนุกรม 6.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RC อนุกรม
7. RLC ในวงจรอนุกรม	7.1 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RLC อนุกรม 7.2 อิมพีแดนซ์ของวงจร RLC อนุกรม 7.3 มุมเฟสของวงจร RLC อนุกรม 7.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรม

หน่วยการเรียนรู้

รหัส 20104-2003 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
 ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

หน่วย ที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	1	1	2
2	ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	20	0	20
3	จำนวนเชิงซ้อน	10	0	10
4	รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์	2	3	5
5	R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	5	5	10
6	RL และ RC ในวงจรอนุกรม	5	0	5
7	RLC ในวงจรอนุกรม	10	0	10
	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา	0	10	10
รวม		53	19	72

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 1		
	รหัสวิชา	20104-2003	ชื่อวิชา	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 1-2
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้		การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ		ทฤษฎี 4 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ					ปฏิบัติ 4 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
- 1.2 ปฏิบัติการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและการใช้ออสซิลโลสโคป

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)
- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1
สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
- ปฏิบัติการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและการใช้ออสซิลโลสโคป

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- ใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรได้อย่างถูกต้อง
- ปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย
- คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับได้

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก
- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- แสดงการ เลือกเตรียม อุปกรณ์ในการต่อวงจรได้อย่างถูกต้อง
- แสดงการใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องกับการใช้ออสซิลโลสโคป
- แสดงการการคำนวณค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับได้

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- ระบุหรืออธิบายการใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรอย่างถูกวิธี
- ระบุหรืออธิบายการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้
- ระบุหรืออธิบายทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสได้

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 4.2 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแส
- 4.3 ค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 4.4 ตัวนำเมื่อเคลื่อนที่ในแนวเฉียง
- 4.5 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
- 4.6 การเกิดรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.7 ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

5. สารการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ 2. อธิบายทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสได้ 3. บอกค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ 4. อธิบายตัวนำเมื่อเคลื่อนที่ในแนวเฉียงได้ 5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ 6. อธิบายการเกิดรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 7. อธิบายค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับได้ 8. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแส สลับได้	1. ต่อย่างจระและวัดรูปคลื่นไฟฟ้ากระแส สลับรูปคลื่นไซน์ด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไซน์จากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อนองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวຍงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 อธิบายเรื่องการกำเนิดไฟฟ้ากระแส สลับ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูชักถามปัญหาข้อสงสัย 4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจสอบผลงานของนักศึกษา 5. ขั้นการประเมินผล 5.1 แจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 1 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน 6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป 7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น 3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ 4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ 5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 1 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน 6.1 รับมอบหมายงาน 7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1. คำถามประจำหน่วย 1. power point หน่วยที่ 1 2. คำถามหน่วยที่ 1 1. ใบสรุปหน่วยที่ 1 1. ใบตรวจกาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1 1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 1. ใบมอบงานหน่วยที่ 1 1. ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 1
4. ใบมอบหมายงานที่ 1

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 1

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 1
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

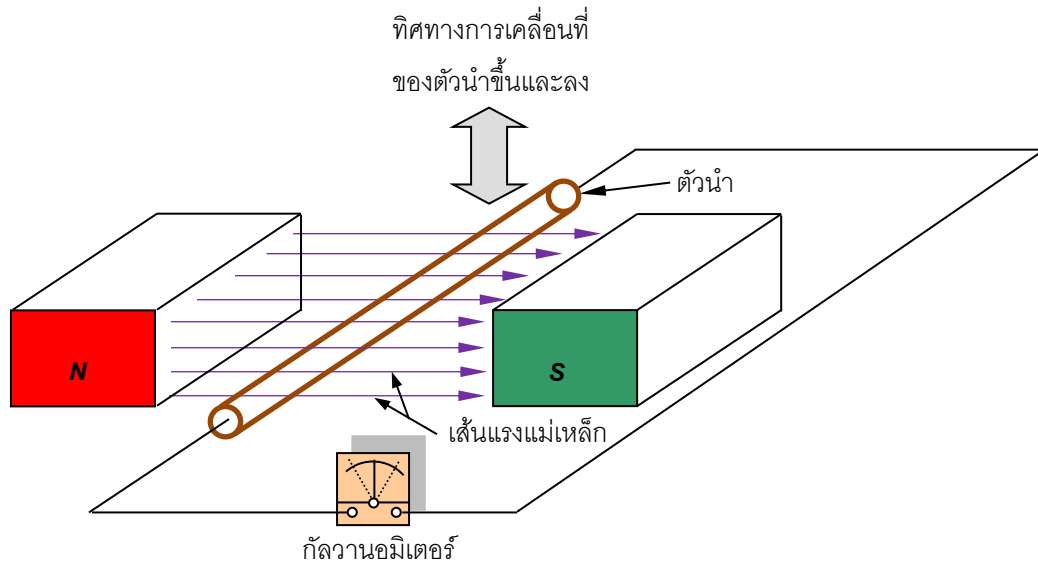
1) ผลการแก้ไขปัญหาคือผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ใบความรู้
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

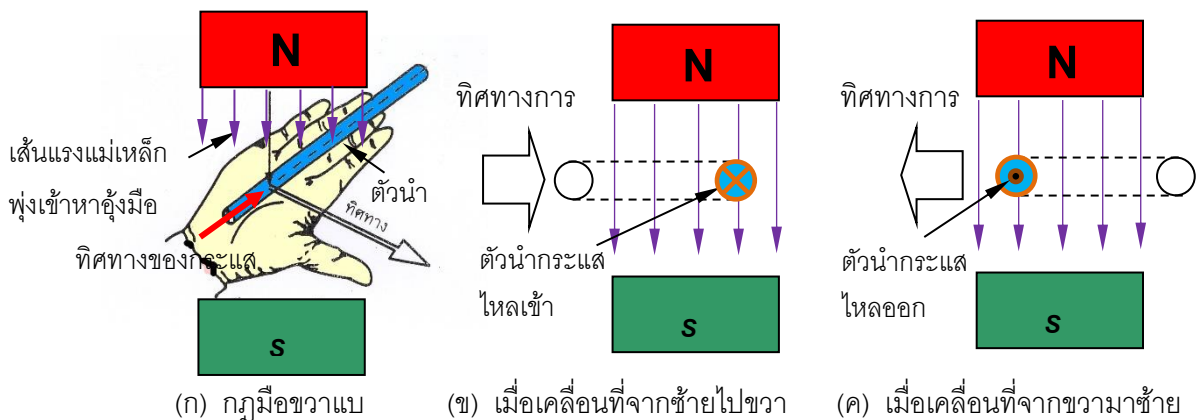
1.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากกฎของฟาราเดย์ เมื่อเคลื่อนที่ตัวนำตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กหรือมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำวางอยู่ ย่อมทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นบนตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ กับการวางขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน



1.2 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแส

การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะใช้กฎมือขวา โดยกางมือขวาออกและให้นิ้วหัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ ถ้ากำหนดให้เส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) พุ่งเข้าหาขั้วมือ และนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางของการเคลื่อนที่ของตัวนำ ดังนั้น นิ้วทั้งสี่จะชี้ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ถ้านิ้วทั้งสี่ชี้เข้าจะแทนด้วยกระแสไหลเข้า และถ้านิ้วทั้งสี่ชี้ออกจะแทนด้วยกระแสไหลออก



1.3 ค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1.1 แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีความมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าดังนี้

1.3.1 ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B)

1.3.2 ความยาวของตัวนำ (ℓ)

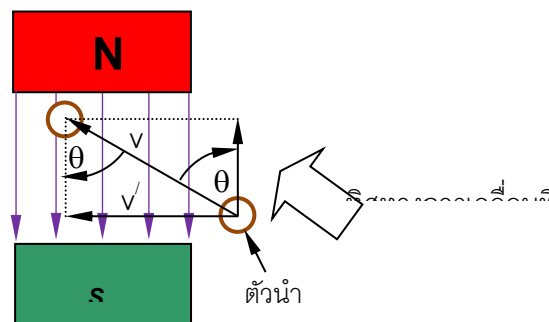
1.3.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ (v)

จากผลทั้ง 3 ข้อที่กล่าวมาจึงสรุปได้ว่า

$$e = B\ell v$$

1.4 ตัวนำเมื่อเคลื่อนที่ในแนวเฉียง

ถ้าตัวนำนั้นตัดในแนวเฉียงขึ้นเป็นมุม θ ทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีขนาดลดลงจากเดิมเมื่อเทียบกับตัดในแนวตั้งฉาก



รูปที่ 1.3 ตัวนำเคลื่อนที่ในแนวเฉียง

$$e = B\ell v \sin \theta$$

เมื่อ θ คือ มุมของตัวนำที่เคลื่อนที่ในแนวเฉียงตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก (deg)

1.5 การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ตัวอย่างที่ 1.1 ตัวนำเส้นหนึ่งยาว 40 cm เคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กที่มีความหนาแน่น 0.15 Wb/m^2 ด้วยความเร็ว 50 m/s จงหาคำนวนแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ในแนวเฉียงทำมุมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่มุม 0° , 60° , 90° , 150° และที่ 180° ตามลำดับ

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้ $\ell = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$

$$B = 0.15 \text{ Wb/m}^2 \text{ และ } v = 50 \text{ m/s}$$

$$\theta = 0^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 150^\circ \text{ และ } 180^\circ$$

จากสมการ

$$e = B\ell v \sin \theta$$

ที่มุม 0°

$$\begin{aligned} e &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \sin 0^\circ \\ &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \times 0 \\ e &= 0 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มุม 0° มีค่าเท่ากับ

0 V

ตอบ

ที่มุม 60°

$$\begin{aligned} e &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \sin 60^\circ \\ &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \times 0.866 \\ e &= 2.598 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มุม 60° มีค่าเท่ากับ

2.598 V

ตอบ

มุม 90°

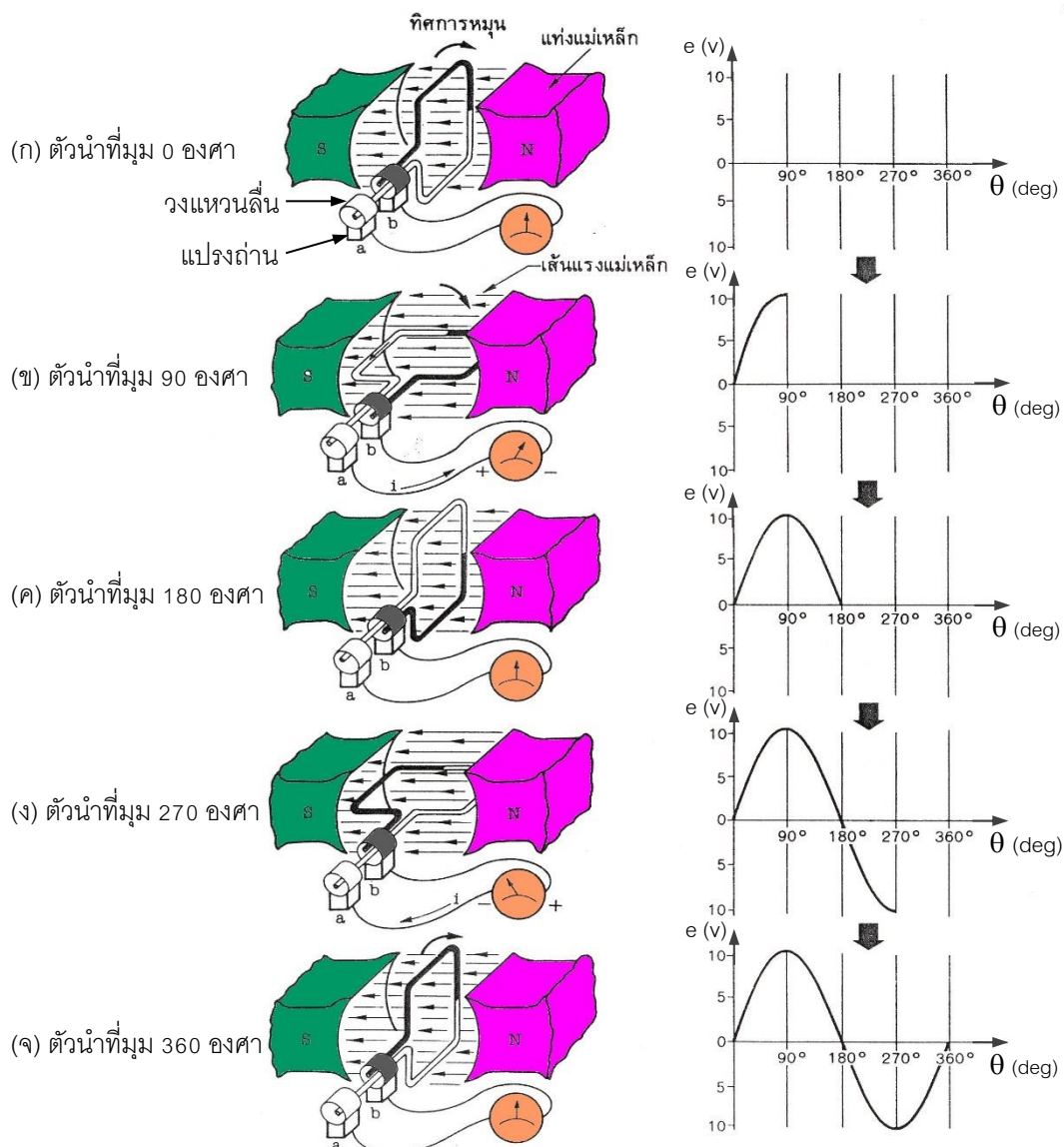
$$\begin{aligned} e &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \sin 90^\circ \\ &= 0.15 \times 0.4 \times 50 \times 1 \\ e &= 3 \text{ V} \end{aligned}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มุม 90° มีค่าเท่ากับ

3 V

ตอบ

1.6 การเกิดรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ



ซึ่งช่วงมุม θ มากกว่าศูนย์ องศาและน้อยกว่า 180 องศา ทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของตัวนำแถบสีขาวเป็นกระแสไหลออกจะมีศักย์เป็นบวก หรือเรียกว่า **ช่วงการเปลี่ยนแปลงครึ่งไซเคิลบวก** และ เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ต่อไปอีก ช่วงมุม θ มากกว่า 180 องศาและน้อยกว่า 360 องศา จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลักษณะเดียวกันเพียงแต่มีทิศทางแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของตัวนำแถบสีขาวเป็นกระแสไหลเข้าจะมีศักย์เป็นลบหรือเรียกว่า **ช่วงการเปลี่ยนแปลงครึ่งไซเคิลลบ** ซึ่งทำให้รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงครบ 1 รอบ หรือ 360 องศาพอดี จากการเปลี่ยนแปลงครบหนึ่งรอบพอดีจะทำให้ได้รูปคลื่นออกมา **ไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์**

จากการเปลี่ยนแปลงครบหนึ่งรอบพอดีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของมุม θ ไปด้วย จึงทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ ดังนี้

$$e = E_m \sin \theta$$

และเมื่อเป็นกระแสไฟฟ้า

$$i = I_m \sin \theta$$

1.7 ค่าต่าง ๆ ที่ควรทราบของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

1.7.1 ค่าชั่วขณะ (Instantaneous value) หมายถึง ค่าที่เวลาใด ๆ ของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าสลับ ซึ่งมีทั้งค่าบวกและค่าลบ

1.7.2 ค่าสูงสุด (Maximum value) หมายถึง ค่าสูงสุดของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าสลับ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ค่า คือค่าสูงสุดทางบวก ($+E_m$) กับค่าสูงสุดทางลบ ($-E_m$) จากรูปที่ 1.5 จะได้ค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าทางบวกที่มุม 90° ค่าสูงสุดทางลบที่มุม 270°

1.7.3 รอบ (Cycle) หมายถึง ช่วงการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าสลับของช่วงบวกและช่วงลบใน 1 ครั้ง หรือการเปลี่ยนแปลงครบ 360°

1.7.4 ความถี่ (Frequency) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นไฟฟ้าสลับตั้งแต่ 1 รอบ ขึ้นไปภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที หรือ เฮิร์ตซ์ (Hz) ใช้ f เป็นอักษรกำกับ ซึ่งค่าที่มีผลต่อความถี่ของ รูปคลื่นไฟฟ้าสลับ มีดังนี้

1. ความเร็วรอบในการหมุน (Revolution)
2. จำนวนคู่ขั้วแม่เหล็ก (Pair of pole)

จากสมการ (1.7) ส่วนมากแล้วขั้วแม่เหล็กกำหนดมาเป็นจำนวนขั้วและความเร็วรอบกำหนดมาเป็นรอบต่อวินาที ดังนั้นจะได้ว่า

$$f = \frac{Pn}{120}$$

1.7.5 ระยะเวลาของช่วงคลื่น (Time period) หมายถึง ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นไฟฟ้าสลับเพียง 1 รอบ มีหน่วยเป็นวินาที (s) ใช้ T เป็นอักษรกำกับ

$$\text{ความถี่ } f \text{ รอบ ใช้เวลา} = 1 \text{ วินาที}$$

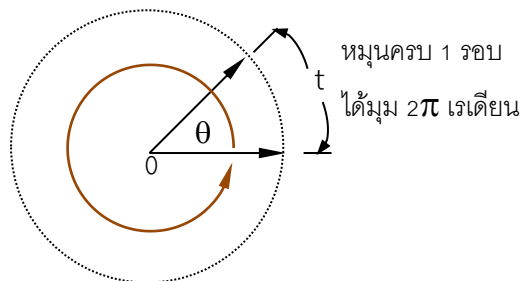
ความถี่ 1 รอบ ใช้เวลา = $\frac{1}{f}$ วินาที

$$T = \frac{1}{f}$$

1.7.6 ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity) หมายถึง ค่าของมุมที่รัศมีของวงกลมที่หมุนครบ 1 รอบต่อวินาที มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/s) ใช้ ω (อ่านว่า โอเมกา) เป็นสัญลักษณ์กำกับ

การเคลื่อนที่ 1 รอบ ได้มุม = 2π เรเดียน
 และ การเคลื่อนที่ 1 รอบต่อวินาที ได้ความเร็วเชิงมุม = 2π เรเดียนต่อวินาที
 ดังนั้น การเคลื่อนที่ f รอบต่อวินาที ได้ความเร็วเชิงมุม = $2\pi f$ เรเดียนต่อวินาที

$$\omega = 2\pi f$$



จากความหมายของความเร็วเชิงมุมได้สมการว่า

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

ดังนั้น

$$\theta = \omega t$$

จากสมการ

$$e = E_m \sin \theta$$

แทนค่า $\theta = \omega t$ ลงในสมการจะได้

$$e = E_m \sin \omega t$$

1.8 การคำนวณค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างที่ 1.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีจำนวนขั้วแม่เหล็ก 12 ขั้ว หมุนด้วยความเร็ว 500 r/min ความถี่มีค่าเท่าไร

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่า $P = 12$ ขั้ว และ $n = 500$ r/min

$$f = \frac{Pn}{120} = \frac{12 \times 500}{120} = 50 \text{ Hz}$$

ความถี่มีค่าเท่ากับ

50 Hz

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.3 จากสมการ $e = 50 \sin 377t$ ที่กำหนดให้ จงคำนวณหา

ก. ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด

ข. ความเร็วเชิงมุม

ค. ความถี่

ง. ระยะเวลาของช่วงคลื่น

จ. แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา 1 ms และ 14 ms

วิธีทำ จากสมการ $e = E_m \sin \omega t$
แต่โจทย์กำหนดให้ $e = 50 \sin 377t$

ก. ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 50 V **ตอบ**

ข. ความเร็วเชิงมุมมีค่าเท่ากับ 377 rad/s **ตอบ**

ค. ความถี่

จากสมการ

$$\omega = 2\pi f$$

ดังนั้น

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{377}{2 \times 3.1416}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

ความถี่มีค่าเท่ากับ 60 Hz **ตอบ**

ง. ระยะเวลาของช่วงคลื่น

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60}$$

$$T = 0.0166 \text{ s}$$

ระยะเวลาของช่วงคลื่นมีค่าเท่ากับ 0.0166 s **ตอบ**

จ. แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา 1 ms และ 14 ms

ที่เวลา $t = 1 \text{ ms}$

$$e = 50 \sin 377t$$

$$e = 50 \sin(377 \times 1 \times 10^{-3})$$

$$= 50 \sin(0.377 \text{ rad})$$

$$= 50 \times 0.368 = 18.4 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่ $t = 1 \text{ ms}$ มีค่าเท่ากับ 18.4 V **ตอบ**

ที่เวลา $t = 14 \text{ ms}$

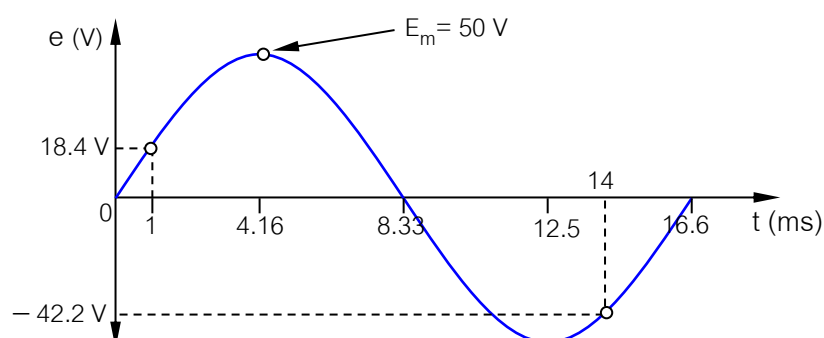
$$e = 50 \sin 377t$$

$$e = 50 \sin(377 \times 14 \times 10^{-3})$$

$$= 50 \sin(5.278 \text{ rad})$$

$$= 50 \times (-0.844) = -42.2 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่ $t = 14 \text{ ms}$ มีค่าเท่ากับ -42.2 V **ตอบ**



แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่	รายการประเมิน	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ สัปดาห์ที่ 1-2

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 20-18 คะแนน = ดีมาก
- 17-14 คะแนน = ดี
- 13-10 คะแนน = พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20104-2003	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 3-4
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	ทฤษฎี 8 ชม. ปฏิบัติ 0 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น			

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น
- 1.2 ปฏิบัติหาค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)
- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1
สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น
- ปฏิบัติหาค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- คำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่
- คำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์
- คำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก
- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- แสดงความรู้เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น
- ปฏิบัติหาค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- บอกความหมายและอธิบายวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นได้
- คำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่ได้
- คำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ได้
- อธิบายค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ได้

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 ความหมายและวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น
- 4.2 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่
- 4.3 ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์
- 4.4 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์
- 4.5 ค่าที่วัดได้
- 4.6 การคำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์
- 4.7 ความหมายของฟอร์มแฟกเตอร์

5. สาระการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกความหมายและอธิบายวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นได้ 2. คำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่ได้ 3. อธิบายค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ได้ 4. คำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ได้ 5. อธิบายค่าที่วัดได้ได้ 6. คำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์ได้ 7. บอกความหมายของฟอร์มแฟกเตอร์ได้	1. วัดและอ่านค่าแรงดันสูงสุดจากออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 2. วัดแรงดันที่วัดได้ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ได้ถูกต้อง 3. วัดกระแสที่วัดได้ด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ได้ถูกต้อง 4. คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าสูงสุดจากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่องานของตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่ สบายงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	1. คำถามประจำหน่วย
2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่องค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น โดยใช้สื่อประกอบ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 1 2. คำถามหน่วยที่ 2
3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่ท้าย	1. ใบสรุปหน่วยที่ 2
4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจสอบผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2
5. ขั้นการประเมินผล 5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 2 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 2 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1
6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 2
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 2
4. ใบมอบหมายงานที่ 2

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 2

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนรู้หน่วยที่ 2
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ใบความรู้

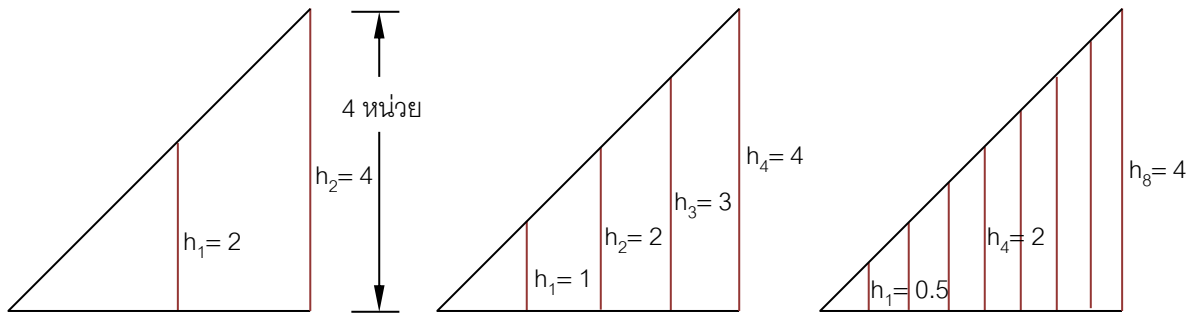
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น

2.1 ความหมายและวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น

ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น หมายถึง ขนาดความสูงเฉลี่ยของรูปคลื่นใด ๆ ให้มีขนาดเท่ากันตลอดระยะเวลาช่วงคลื่น หรือเฉลี่ยให้พื้นที่เท่ากันตลอดระยะเวลาของช่วงคลื่น มีวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น ดังนี้

2.1.1 วิธีแบ่งส่วน โดยนำความสูงของแต่ละส่วนมารวมกันแล้วหารด้วยส่วนที่แบ่ง เมื่อแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้ความสูง h_1 และ h_2 ดังรูป (ก) เมื่อแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้ความสูง h_1, h_2, h_3 และ h_4 ดังรูป (ข) และเมื่อแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้ความสูง $h_1, h_2, h_3, h_4, \dots, h_8$ ดังรูป (ค)



(ก) แบ่งออก 2 ส่วน

(ข) แบ่งออก 4 ส่วน

(ค) แบ่งออก 8 ส่วน

จากรูป ถ้ากำหนดให้ความสูงเท่ากับ 4 หน่วย จะได้ค่าความสูงเฉลี่ย (H_{av}) ดังนี้

$$\text{แบ่ง 2 ส่วน} \quad H_{av} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{2 + 4}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ หน่วย}$$

$$\begin{aligned} \text{แบ่ง 4 ส่วน} \quad H_{av} &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} = \frac{1 + 2 + 3 + 4}{4} \\ &= \frac{10}{4} = 2.5 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แบ่ง 8 ส่วน} \quad H_{av} &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_8}{8} = \frac{0.5 + 1 + 1.5 + \dots + 4}{8} \\ &= \frac{18}{8} = 2.25 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แบ่ง 16 ส่วน} \quad H_{av} &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_{16}}{16} = \frac{0.25 + 0.5 + 1.75 + \dots + 4}{16} \\ &= \frac{34}{16} = 2.125 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แบ่ง 32 ส่วน} \quad H_{av} &= \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_{32}}{32} = \frac{0.125 + 0.25 + \dots + 4}{32} \\ &= \frac{66}{32} = 2.0625 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

จะเห็นว่ายิ่งแบ่งส่วนออกมากหรือละเอียดเท่าไร จะทำให้ได้ค่าความสูงเฉลี่ยถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.1.2 วิธีพื้นที่ การหาค่าความสูงเฉลี่ยวิธีนี้จะใช้มากับรูปคลื่นที่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต

$$\text{ความสูงเฉลี่ย (H}_{av}\text{)} = \frac{\text{พื้นที่ของรูปคลื่น}}{\text{ความยาวฐานหรือระยะเวลาช่วงคลื่น}}$$

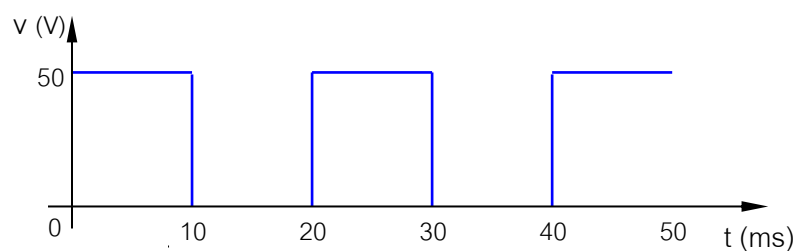
จากรูปถ้าให้ความยาวฐานเท่ากับ 4 หน่วย

$$H_{av} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{ฐาน} \times \text{สูง}}{4} = \frac{\frac{1}{2} \times 4 \times 4}{4} = 2$$

$$H_{av} = 2 \text{ หน่วย}$$

2.2 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่

ตัวอย่างที่ 2.1 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ามีลักษณะดังรูป จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย



วิธีทำ

$$V_{av} = \frac{\text{พื้นที่ของรูปคลื่น}}{\text{ระยะเวลาช่วงคลื่น}}$$

จากรูประยะเวลาช่วงคลื่นเท่ากับ 20 mS หรือ $20 \times 10^{-3} \text{ s}$

$$V_{av} = \frac{50 \times 10 \times 10^{-3} \text{ s}}{20 \times 10^{-3} \text{ s}}$$

$$V_{av} = 25 \text{ V}$$

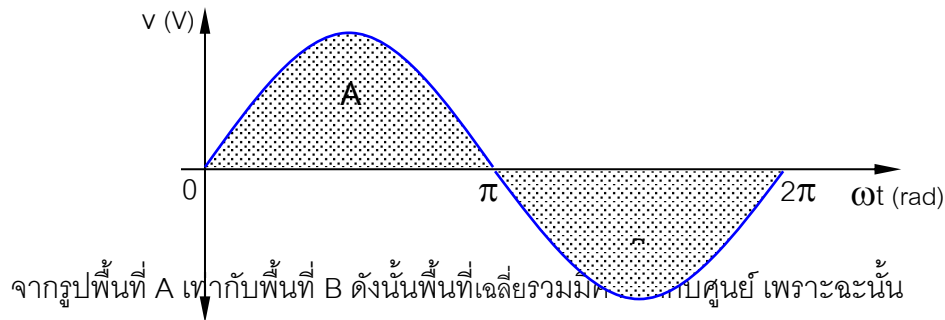
แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ

25 V

ตอบ

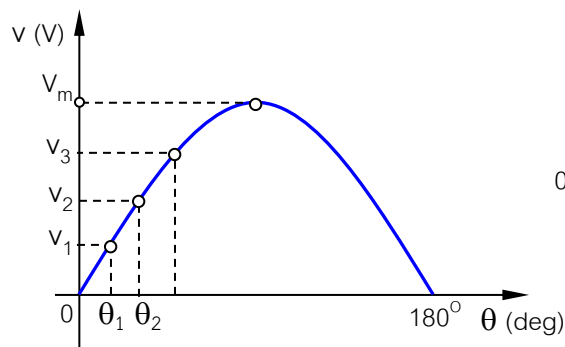
2.3 ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์

2.3.1 ค่าเฉลี่ยรูปคลื่นไซน์เต็มรูปคลื่น ดังรูปจะเห็นว่าพื้นที่แรงแบบ A เป็นรูปคลื่นไซน์ของครึ่งไซเคิลบวก และพื้นที่แรงแบบ B เป็นครึ่งไซเคิลลบ ดังนั้นพื้นที่เฉลี่ยรวมของรูปคลื่นจะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยเต็มรูปคลื่นไซน์มีค่าเท่ากับศูนย์

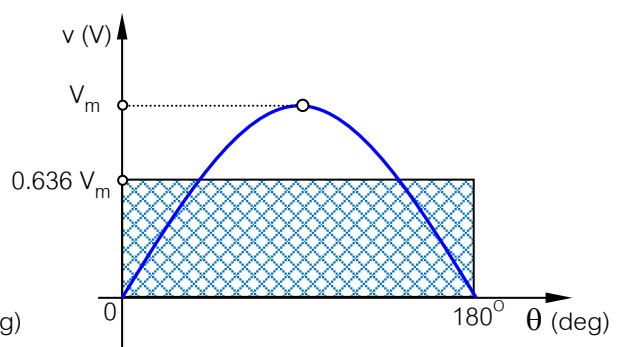


$$V_{av} = 0$$

2.3.2 ค่าเฉลี่ยรูปคลื่นไซน์ครึ่งรูปคลื่น เนื่องจากค่าเฉลี่ยไซน์เต็มรูปคลื่นมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นโดยทั่วไปจะทำการเฉลี่ยครึ่งรูปคลื่น และหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีการแบ่งส่วน ดังรูป



(ก) วิธีการแบ่งส่วน



(ข) รูปคลื่นเมื่อเฉลี่ยแล้ว

จากรูป (ก) ค่าของ v_1 , v_2 และ v_3 เป็นค่าชั่วขณะของแรงดันที่มุม θ_1 , θ_2 และ θ_3 ตามลำดับ หากแบ่งส่วนของรูปคลื่นไซน์เป็นส่วนย่อยจากมุม 0° ถึง 180° ออกเป็น n ส่วน ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

กรณีเป็นแรงดันไฟฟ้า

$$V_{av} = 0.636 V_m$$

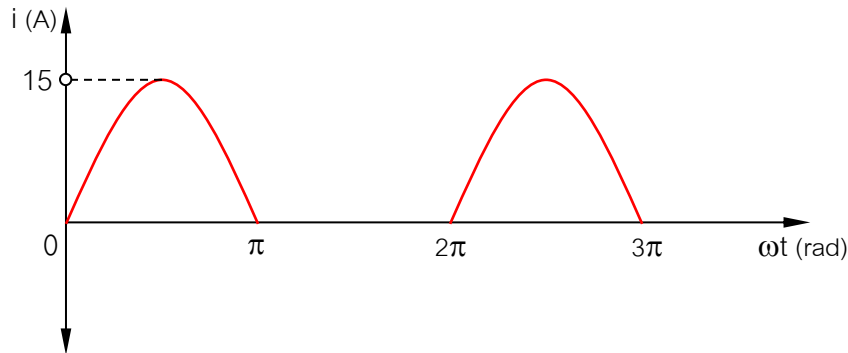
กรณีเป็นกระแสไฟฟ้า

$$I_{av} = 0.636 I_m$$

จากรูป (ข) พื้นที่แรงแบบเป็นพื้นที่ทำการเฉลี่ยแล้ว โดยมีความสูงเฉลี่ยมีค่าเท่ากันทั้งหมดตั้งแต่มุม θ เท่ากับ 0° ถึง 180° ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.636 ของค่าสูงสุด

2.4 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์

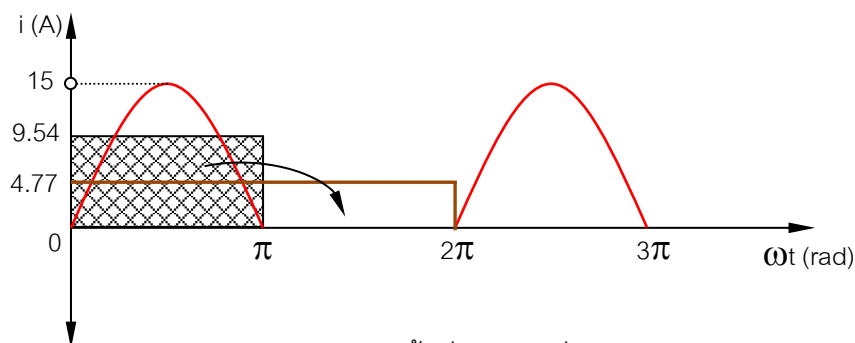
ตัวอย่างที่ 2.3 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้ามีลักษณะดังรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย



วิธีทำ จากรูปเมื่อทำการเฉลี่ยครึ่งรูปคลื่น (0 ถึง π)

$$\begin{aligned} I_{av} &= 0.636 I_m \\ &= 0.636 \times 15 \\ &= 9.54 \end{aligned}$$

แต่ระยะเวลาช่วงคลื่นเท่ากับ 2π ดังนั้นจึงต้องทำการเฉลี่ยพื้นที่ ที่แรเงาอีกครั้งหนึ่งดังรูป



ดังนั้น

$$I_{av} = \frac{\text{พื้นที่ของรูปคลื่นแรเงา}}{\text{ระยะเวลาช่วงคลื่น}}$$

$$\begin{aligned} I_{av} &= \frac{9.54 \times \pi}{2\pi} \\ I_{av} &= 4.77 \text{ A} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ

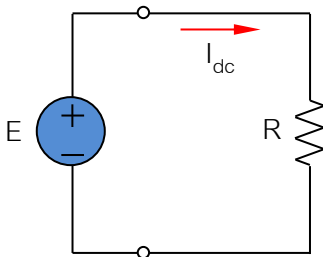
4.77 A

ตอบ

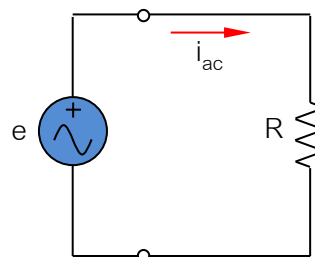
2.5 ค่าที่วัดได้

ค่าที่วัดได้ หรือ **ค่าประสิทธิผล** (Effective value) หมายถึง ค่าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำให้เกิดปริมาณความร้อนหรือกำลังไฟฟ้าที่ไหลเท่ากับปริมาณความร้อนหรือกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากไฟฟ้ากระแสตรงจากรูป (ก) เมื่อนำตัวต้านทานต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรง ทำให้เกิดกระแสไฟตรงไหลผ่านตัวต้านทานไปใน

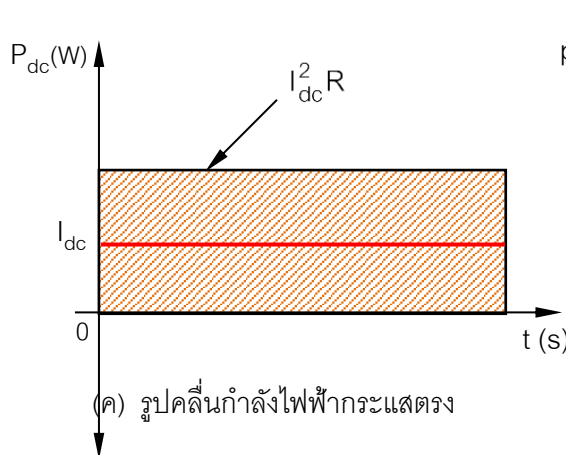
ทิศทางเดียว และจากรูปที่ (ข) เมื่อนำตัวต้านทานต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟสลับ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านตัวต้านทานไปในทิศทางไปและกลับ



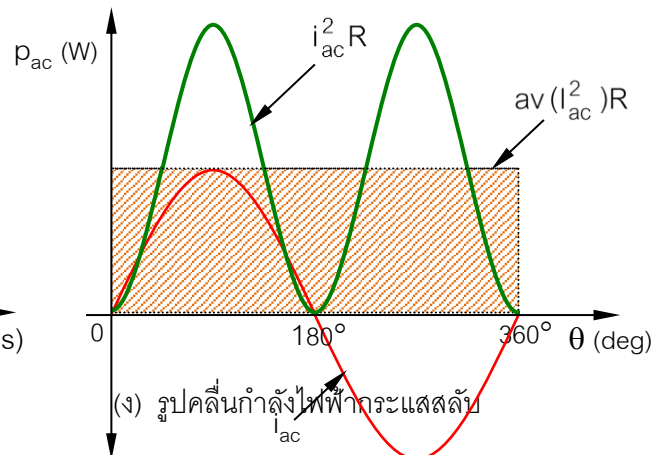
(ก) ตัวต้านทานเมื่อต่อเข้ากับไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) ตัวต้านทานเมื่อเข้ากับไฟฟ้ากระแสสลับ



(ค) รูปคลื่นกำลังไฟฟ้ากระแสตรง



(ง) รูปคลื่นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

จากรูปที่ กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเท่ากันตลอด แต่กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากไฟฟ้ากระแสสลับได้จากการเฉลี่ย $i_{ac}^2 R$ ให้เท่ากันตลอดตามพื้นที่แรเงา โดยกำหนดให้เป็น $av(i_{ac}^2)$

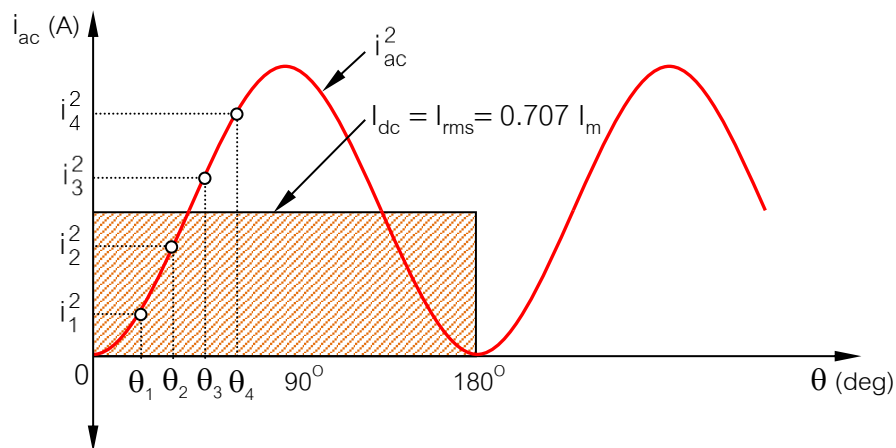
$$I_{dc}^2 R = av(I_{ac}^2) R$$

$$I_{dc}^2 = av(I_{ac}^2)$$

$$I_{dc} = \sqrt{av(I_{ac}^2)} = I_{rms}$$

จากสมการค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ของไฟฟ้ากระแสสลับได้จากการถอดรากที่ 2 ของค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง ซึ่งเรียกว่า **root mean square (rms)**

ในการหาค่าที่วัดได้ต้องทำการเฉลี่ยรูปคลื่น i_{ac}^2 ดังรูป ซึ่งค่าของกระแส i_1^2, i_2^2, i_3^2 , และ i_4^2 เป็นช่วงของกระแสไฟฟ้าที่มุม $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ และ θ_4 ตามลำดับ หากแบ่งส่วนของรูปคลื่น i_{ac}^2 เป็นส่วนย่อย จากมุม 0° ถึง 180° ออกเป็น n ส่วน โดยกำหนด n ออกเป็น 36 ส่วน จะได้ θ ส่วนละ 5°



จากค่าที่วัดได้ของไฟฟ้ากระแสสลับได้จากการถอดรากที่ 2 ของค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง หาได้ดังนี้

ดังนั้น

$$I_{dc} = I_{rms} = 0.707 I_m \quad \text{.....(2.6)}$$

ตัวอักษรที่ใช้กับค่าที่วัดได้

V, V_{rms}, V_{eff} กรณีนีเป็นแรงดันไฟฟ้า

I, I_{rms}, I_{eff} กรณีนีเป็นกระแสไฟฟ้า

เพราะฉะนั้น

$$V = 0.707 V_m \quad \text{.....(2.7)}$$

$$I = 0.707 I_m \quad \text{.....(2.8)}$$

เมื่อ V = แรงดันไฟฟ้าใช้งานหรือแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ (V)

I = กระแสไฟฟ้าใช้งานหรือกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (A)

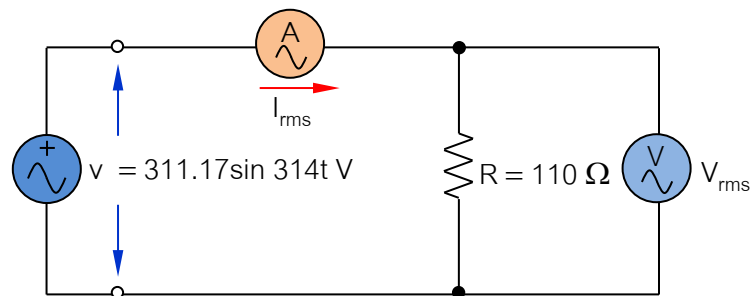
V_m = แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V)

I_m = กระแสไฟฟ้าสูงสุด (A)

ค่าที่วัดได้บางครั้งเรียกว่า **ค่าที่ใช้งาน** เพราะค่านี้เป็นค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดโดยตรง เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ ซึ่งจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา นั้นหมายความว่า เครื่องวัดไฟฟ้า คือ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ จะอ่านค่าได้เป็น 0.707 เท่า ของค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดและกระแสไฟฟ้าสูงสุดของรูปคลื่นไซน์

2.6 การคำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์

ตัวอย่างที่ 2.4 จากวงจรโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์จะอ่านค่าได้เท่าใด



วิธีทำ จากสมการที่กำหนดให้จะได้ $V_m = 311.17 \text{ V}$

$$V_{\text{rms}} = 0.707 V_m = 0.707 \times 311.17$$

$$V_{\text{rms}} = 220 \text{ V}$$

โวลต์มิเตอร์อ่านค่าได้เท่ากับ

220 V

ตอบ

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = \frac{220}{110}$$

$$I_{\text{rms}} = 2 \text{ A}$$

แอมมิเตอร์อ่านค่าได้เท่ากับ

2 A

ตอบ

2.7 ความหมายของฟอร์มแฟกเตอร์

ฟอร์มแฟกเตอร์ (Form Factor) หมายถึง ค่าอัตราส่วนของค่าใช้งานต่อค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น นั่นคือ

$$\begin{aligned} \text{ฟอร์มแฟกเตอร์ (FF)} &= \frac{\text{ค่าใช้งาน}}{\text{ค่าเฉลี่ย}} \\ &= \frac{0.707 V_m}{0.636 V_m} \\ &= 1.11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ ฟอร์มแฟกเตอร์ (FF)} &= \frac{0.707 I_m}{0.636 I_m} \\ &= 1.11 \end{aligned}$$

ดังนั้น ไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์ค่าฟอร์มแฟกเตอร์จึงมีค่าคงที่ซึ่งเท่ากับ 1.11 เสมอ ซึ่งการนำไปใช้งานจะใช้เป็นตัวคูณของค่าที่มิเตอร์ซึ่งวัดออกมาเป็นค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ออกมาเป็นค่าใช้งานหรือค่าที่วัดได้ แต่มิเตอร์จะต้องเป็นแบบวงจรเรียงกระแส

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่น สัปดาห์ที่ 3-4

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 20-18 คะแนน = ดีมาก
- 17-14 คะแนน = ดี
- 13-10 คะแนน = พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา	20104-2003	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนเชิงซ้อน	
ชื่อเรื่อง/งาน จำนวนเชิงซ้อน			ทฤษฎี 8 ชม. ปฏิบัติ 0 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน

1.2 ปฏิบัติการคำนวณหาค่าจำนวนเชิงซ้อน

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)

- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1

สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน

- ปฏิบัติการคำนวณหาค่าจำนวนเชิงซ้อน

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- จำนวนจริง

- จำนวนจินตภาพ

- ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน

- การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก

- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- เขียนตำแหน่งจำนวนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง

- เปลี่ยนรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- บอกความหมายของจำนวนจริงได้

- บอกความหมายของจำนวนจินตภาพได้

- บอกความหมายของจำนวนเชิงซ้อนได้

- อธิบายรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้

- อธิบายการเปลี่ยนรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้

- คำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ได้

2.2 บูรณาการกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 บอกความหมายและอธิบายวิธีการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นได้
- 4.2 คำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีแบ่งส่วนและวิธีพื้นที่ใต้
- 4.3 อธิบายค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ได้
- 4.4 คำนวณหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์
- 4.5 อธิบายค่าที่วัดได้
- 4.6 การคำนวณหาค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นไซน์
- 4.7 บอกความหมายของฟอร์มแฟกเตอร์

5. ตารางการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกความหมายของจำนวนจริงได้ 2. บอกความหมายของจำนวนจินตภาพได้ 3. บอกความหมายของจำนวนเชิงซ้อนได้ 4. อธิบายรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้ 5. อธิบายการเปลี่ยนรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้ 6. คำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ได้	1. เขียนตำแหน่งจำนวนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง 2. เปลี่ยนรูปแบบจำนวนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง 3. คำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่องานของตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สุภาพ 6. ทำงานด้วยความตั้งใจ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของจำนวนเชิงซ้อน	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของจำนวนเชิงซ้อน	1. คำถามประจำหน่วย
2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่องของจำนวนเชิงซ้อนโดยใช้สื่อประกอบ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับของจำนวนเชิงซ้อน	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 2. คำถามหน่วยที่ 3
3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 3
4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 4 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3
5. ขั้นการประเมินผล 5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3
6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับของจำนวนเชิงซ้อน ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 3
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 3
4. ใบมอบหมายงานที่ 3

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 3

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 3
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาคือผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ใบความรู้
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3
 เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน

3.1 จำนวนจริง

จำนวนจริง (Real numbers) หมายถึง ค่าที่สามารถนับจำนวนได้ว่ามีจำนวนมากน้อยเท่าไร ซึ่งยังสามารถแบ่งออกได้เป็นอีก 2 จำนวน คือ

3.1.1 จำนวนตรรกยะ (Rational numbers) หมายถึง เลขที่เป็นจำนวนเต็ม หรือจำนวนเศษส่วน หรือเลขทศนิยมที่มีค่าคงที่และจำนวนแน่นอน

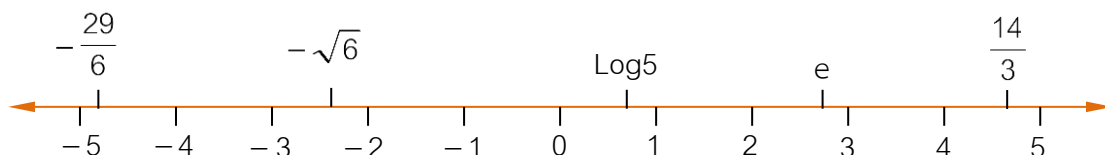
3.1.2 จำนวนอตรรกยะ (Irrational numbers) หมายถึง เลขที่ไม่สามารถหาค่าได้ถูกต้องโดยเลขที่ได้นั้น จะเป็นเพียงประมาณค่าขึ้นมา เช่น

$\log 5$ มีค่าประมาณ 0.69897...

$\sqrt{2}$ มีค่าประมาณ 1.41421...

$\sqrt[3]{5}$ มีค่าประมาณ 1.70997...

จากเลขทั้งสองจำนวนสามารถนำไปบวก ลบ คูณ หาร ทางคณิตศาสตร์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถถอดราก (Root) ของเลขที่มีค่าเป็นบวกได้ เมื่อนำจำนวนเลขค่าเหล่านี้ กำหนดลงบนเส้นตรงจะเรียกแนวเส้นตรงนี้ว่า **แนวเส้นจำนวนจริง (Real numbers line)** จากค่าศูนย์ไปทางขวามือเป็นค่าจำนวนจริงทางบวกเพิ่มขึ้น และจากค่าศูนย์ไปทางซ้ายมือเป็นค่าจำนวนจริงทางลบเพิ่มขึ้น



3.2 จำนวนจินตภาพ

จำนวนจินตภาพ (Imaginary numbers) หมายถึง ค่าที่ไม่สามารถทราบจำนวนค่าว่ามีจำนวนมากน้อยเท่าไร ได้แก่ ค่าที่ถอดรากที่สองของเลขจำนวนจริงที่ติดลบ ได้แก่ $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-2}$, $\sqrt{-7}$ เป็นต้น

ถ้ากำหนดให้ $j = \sqrt{-1}$ ดังนั้น สามารถแทนค่าของตัวเลขอื่น ๆ จะได้ ดังนี้

$$\sqrt{-1} = j$$

$$\sqrt{-2} = \sqrt{-1 \times 2} = \sqrt{-1} \times \sqrt{2} = j\sqrt{2}$$

$$\sqrt{-4} = \sqrt{-1 \times 4} = \sqrt{-1} \times \sqrt{4} = j2$$

$$\sqrt{-28} = \sqrt{-1 \times 28} = \sqrt{-1} \times \sqrt{28} = j5.2915$$

จากที่กำหนดให้

$$j = \sqrt{-1} \quad \text{ดังนั้น} \quad j^2 = -1$$

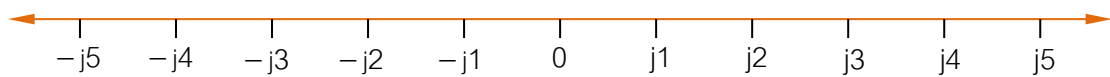
$$j^3 = j^2 \times j = (-1) \times j = -j$$

$$j^4 = j^2 \times j^2 = (-1) \times (-1) = 1$$

$$j^5 = j^4 \times j = (1) \times j = j$$

$$j^6 = j^5 \times j = j \times j = j^2 = -1$$

จากเลขจำนวนจินตภาพที่กล่าวมา ก็สามารถกำหนดลงบนเส้นตรงได้เช่นเดียวกัน เรียกว่า **แนวเส้นจำนวนจินตภาพ** (Imaginary numbers line) จากค่าศูนย์ไปทางขวามือเป็นค่าจำนวนจินตภาพ ทางบวกเพิ่มขึ้น และจากค่าศูนย์ไปทางซ้ายมือเป็นค่าจำนวนจินตภาพทางลบเพิ่มขึ้น



3.3 ความหมายของจำนวนเชิงซ้อน

จำนวนเชิงซ้อน (Complex numbers) หมายถึง การนำเลขที่เป็นจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพ มาเขียนรวมกัน ซึ่งจะใช้อักษรตัว z เป็นอักษรกำกับ โดยมีรูปแบบพื้นฐานดังนี้

$$z = x + jy$$

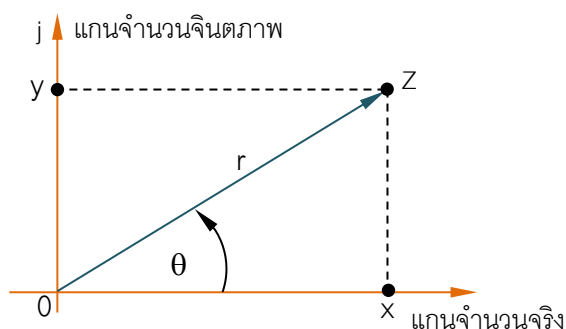
เมื่อ

x เรียกว่า ส่วนที่เป็นจำนวนจริง

jy เรียกว่า ส่วนที่เป็นจำนวนจินตภาพ

3.4 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน

จากรูปแบบพื้นฐานของจำนวนเชิงซ้อน $z = x + jy$ ซึ่งเรียกรูปแบบนี้ว่า แบบเรกแทงกูลาร์ (Rectangular form) และยังสามารถแปลงเป็นรูปแบบอื่นได้อีก จากรูป ตำแหน่งของ z ประกอบด้วยจำนวนจริงเท่ากับ x จำนวนจินตภาพเท่ากับ y นอกจากนี้ตำแหน่งของ z ยังมีค่าเท่ากับความยาวของเส้นจากจุด 0 ไปยัง z (ความยาวของ r) และทำมุม θ กับแกนจำนวนจริง



จากรูปสามารถคำนวณค่าของ x และ y ได้ตามลำดับดังนี้

$$x = r \cos \theta$$

และ

$$y = r \sin \theta$$

จากสมการ

$$z = x + jy$$

สมการนี้เป็นรูปแบบเรกแทนกูลาร์ และเมื่อแทนค่า x และ y จะได้

$$z = r \cos \theta + jr \sin \theta$$

$$z = r (\cos \theta + j \sin \theta)$$

เป็นรูปแบบตรีโกณมิติ (Trigonometric form)

จากทฤษฎีของพีทาโกรัสเกี่ยวกับสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$z = r \angle \theta$$

เป็นรูปแบบโพลาร์ (Polar form)

จากกฎของออยเลอร์ (Euler's formula) จะได้

$$e^{j\theta} = (\cos \theta + j \sin \theta)$$

$$z = r e^{j\theta}$$

ตารางที่ 3.1 รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนและรูปแบบของสมการ

รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน	รูปแบบของสมการ
1. แบบเรกแทนกูลาร์	$z = x + jy$
2. แบบตรีโกณมิติ	$z = r (\cos \theta + j \sin \theta)$
3. รูปแบบโพลาร์	$z = r \angle \theta$
4. รูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล	$z = r e^{j\theta}$

3.5 การเปลี่ยนรูปแบบของจำนวนเชิงซ้อน

รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนมี 4 รูปแบบ สามารถเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบใดก็ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3.1 จงเปลี่ยน $4 + j3$ ให้อยู่ในรูปของตรีโกณมิติ เอกซ์โพเนนเชียล และโพลาร์

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้ $x = 4$ และ $y = 3$

จากสมการ	$r = \sqrt{x^2 + y^2}$ และ $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$	
แทนค่า	$r = \sqrt{(4^2 + 3^2)} = \sqrt{(16+9)}$	
	$r = \sqrt{25} = 5$	
และ	$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = \tan^{-1} 0.75$	
	$\theta = 36.87^\circ$	
จากรูปแบบตรีโกณมิติ	$z = r(\cos \theta + j \sin \theta)$	
แทนค่า	$z = 5(\cos 36.87^\circ + j \sin 36.87^\circ)$	
รูปแบบตรีโกณมิติมีค่าเท่ากับ	$5(\cos 36.87^\circ + j \sin 36.87^\circ)$	ตอบ
จากรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล	$z = r e^{j\theta}$	
แทนค่า	$z = 5 e^{j36.87^\circ}$	
รูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลมีค่าเท่ากับ	$5 e^{j36.87^\circ}$	ตอบ
จากรูปแบบโพลาร์	$z = r \angle \theta$	
แทนค่า	$z = 5 \angle 36.87^\circ$	
รูปแบบโพลาร์มีค่าเท่ากับ	$5 \angle 36.87^\circ$	ตอบ

3.6 การคำนวณจำนวนเชิงซ้อนด้วยวิธีต่าง ๆ

3.6.1 การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อน การบวกและลบจำนวนเชิงซ้อนนี้จะต้องทำให้อยู่ในรูปแบบของเรกเทงกูลาร์เสมอ เพราะมีความสะดวกและง่ายต่อการวิเคราะห์ นั่นคือจะนำค่าจำนวนจริงมาบวกหรือลบกับจำนวนจริง และนำค่าจำนวนจินตภาพมาบวกหรือลบกับจำนวนจินตภาพ

ตัวอย่างที่ 3.3 กำหนดให้ $z_1 = 4 + j6$ และ $z_2 = 3 + j2$

จงหา ก. $z_1 + z_2$

ข. $z_1 - z_2$

วิธีทำ

ก. $z_1 + z_2$ $z_1 + z_2 = (4 + j6) + (3 + j2)$

$$= (4 + 3) + (j6 + j2)$$

$$z_1 + z_2 = 7 + j8$$

$z_1 + z_2$ มีค่าเท่ากับ $7 + j8$ **ตอบ**

ข. $z_1 - z_2$ $z_1 - z_2 = (4 + j6) - (3 + j2)$

$$= (4 - 3) + (j6 - j2)$$

$$z_1 - z_2 = 1 + j4$$

$z_1 - z_2$ มีค่าเท่ากับ $1 + j4$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 3.4 กำหนดให้ $z_1 = 2 - j5$, $z_2 = -3 + j8$, $z_3 = 6$ และ $z_4 = -j9$ จงหาผลบวกของจำนวนเชิงซ้อน

วิธีทำ

$$\begin{aligned} z_T &= z_1 + z_2 + z_3 + z_4 \\ &= (2 - j5) + (-3 + j8) + (6 + j0) + (0 - j9) \\ &= (2 - 3 + 6) + (-j5 + j8 - j9) \\ z_T &= 5 - j6 \end{aligned}$$

ผลบวกของจำนวนเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ

$$5 - j6$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.5 กำหนดให้ $z_1 = 6 - j8$ และ $z_2 = 7.07 \angle -45^\circ$ จงหาผลบวกของจำนวนเชิงซ้อน

วิธีทำ เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบโพลาร์ให้อยู่ในรูปแบบเรกแทนกูลาร์

$$\begin{aligned} x_2 &= r_2 \cos \theta_2 = 7.07 \cos(-45^\circ) = 5 \\ y_2 &= r_2 \sin \theta_2 = 7.07 \sin(-45^\circ) = -5 \\ z_T &= z_1 + z_2 \\ &= (6 - j8) + (5 - j5) \\ &= (6 + 5) + (-j8 - j5) \\ &= 11 - j13 \end{aligned}$$

ผลบวกของจำนวนเชิงซ้อนมีค่าเท่ากับ

$$11 - j13$$

ตอบ

3.6.2 การคูณจำนวนเชิงซ้อน วิธีการคูณจำนวนเชิงซ้อนนี้ ส่วนมากจะกระทำได้ 3 รูปแบบ โดยการคูณกันนี้ถ้าจำนวนเชิงซ้อนต่างรูปแบบกันจะต้องเปลี่ยนให้เป็นรูปแบบเดียวกันเสียก่อน จึงนำมาคูณกัน

ตัวอย่างที่ 3.6 กำหนดให้ $z_1 = 5 \angle 25^\circ$ และ $z_2 = 3 \angle -70^\circ$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} z_1 \times z_2 &= r_1 \times r_2 \angle (\theta_1 + \theta_2) \\ &= (5 \times 3) \angle 25^\circ + (-70^\circ) \\ z_1 \times z_2 &= 15 \angle -45^\circ \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

$$15 \angle -45^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.7 กำหนดให้ $z_1 = 2 - j3$ และ $z_2 = 4 + j3$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 z_1 \times z_2 &= (x_1 + jy_1) \times (x_2 + jy_2) \\
 &= (2 - j3) \times (4 + j3) \\
 &= 8 - j12 + j6 - j^2 9 \\
 &= 8 - j12 + j6 - (-1)9 \\
 z_1 \times z_2 &= 17 - j6
 \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

17 - j6

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.8 กำหนดให้ $z_1 = 3.606 \angle 56.31^\circ$ และ $z_2 = 5 + j6$ จงหา $z_1 \times z_2$

วิธีทำที่ 1 เปลี่ยน z_1 จากรูปแบบโพลาร์ให้อยู่ในรูปแบบเรกแทนกูลาร์

$$\begin{aligned}
 x_1 &= r_1 \cos \theta_1 = 3.606 \cos (56.31^\circ) = 2 \\
 y_1 &= r_1 \sin \theta_1 = 3.606 \sin (56.31^\circ) = 3 \\
 z_1 \times z_2 &= (2 + j3) \times (5 + j6) = 10 + j15 + j12 + j^2 18 \\
 &= 10 + j15 + j12 + (-1)18 \\
 z_1 \times z_2 &= -8 + j27
 \end{aligned}$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

-8 + j27

ตอบ

วิธีทำที่ 2 เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบเรกแทนกูลาร์ให้อยู่ในรูปแบบโพลาร์

$$\begin{aligned}
 z_2 &= \sqrt{(5^2 + 6^2)} \angle \tan^{-1}\left(\frac{6}{5}\right) = 7.81 \angle 50.19^\circ \\
 z_1 \times z_2 &= r_1 \times r_2 \angle (\theta_1 + \theta_2) \\
 &= (3.606 \times 7.81) \angle (56.31^\circ + 50.19^\circ) \\
 z_1 \times z_2 &= 28.163 \angle 106.5^\circ
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนค่า $28.163 \angle 106.5^\circ$ จากรูปแบบโพลาร์ไปเป็นรูปแบบเรกแทนกูลาร์ จะได้

$$\begin{aligned}
 x &= 28.163 \cos(106.5^\circ) = 28.163 \times (-0.284) \\
 &= -8 \\
 y &= 28.163 \sin(106.5^\circ) = 28.163 \times (0.959) \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$z_1 \times z_2 = x + jy = -8 + j27$$

$z_1 \times z_2$ มีค่าเท่ากับ

-8 + j27

ตอบ

หมายเหตุ จากคำตอบทั้ง 2 วิธี ถ้าเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งก็ทำให้ได้คำตอบเท่ากัน

3.6.3 การหารจำนวนเชิงซ้อน วิธีการหารจำนวนเชิงซ้อนจะมีรูปแบบและวิธีการเช่นเดียวกันกับวิธีการคูณซึ่งพิจารณาได้ดังนี้

การคอนจูเกต หมายถึง การทำเครื่องหมายในส่วนจินตภาพให้เป็นเครื่องหมายตรงข้าม

ตัวอย่างที่ 3.9 กำหนดให้ $z_1 = 20 \angle -30^\circ$ และ $z_2 = 5 \angle -75^\circ$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\frac{z_1}{z_2} &= \frac{r_1}{r_2} \angle (\theta_1 - \theta_2) \\ &= \frac{20}{5} \angle (-30^\circ) - (-75^\circ) \\ &= 4 \angle 45^\circ\end{aligned}$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$$4 \angle 45^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.10 กำหนดให้ $z_1 = 4 - j2$ และ $z_2 = 3 + j2$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\frac{z_1}{z_2} &= \frac{4 - j2}{3 + j2} \times \frac{3 - j2}{3 - j2} \\ &= \frac{12 - j8 - j6 + j^2 4}{9 - j6 + j6 - j^2 4} \\ &= \frac{8 - j14}{9 + 4} = \frac{8}{13} - j\frac{14}{13} \\ &= 0.615 - j1.077\end{aligned}$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$$0.615 - j1.077$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3.11 กำหนดให้ $z_1 = 15 e^{j53.13^\circ}$ และ $z_2 = 3 - j1$ จงหา $\frac{z_1}{z_2}$

วิธีทำ เปลี่ยน z_1 จากรูปแบบเอกโพเนนเชียลให้อยู่รูปแบบโพลาร์ โดย $r_1 = 15$ และ $\theta_1 = 53.13^\circ$

$$z_1 = r_1 \angle \theta_1 = 15 \angle 53.13^\circ$$

เปลี่ยน z_2 จากรูปแบบเรกแทงกูลาร์ให้อยู่รูปแบบโพลาร์

$$\begin{aligned}z_2 &= \sqrt{3^2 + (-1)^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-1}{3}\right) \\ &= \sqrt{(9+1)} \angle \tan^{-1}(-0.333) \\ &= 3.162 \angle -18.41^\circ\end{aligned}$$

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{15}{3.162} \angle 53.13^\circ - (-18.41^\circ)$$

$$\frac{z_1}{z_2} = 4.743 \angle 71.54^\circ$$

$\frac{z_1}{z_2}$ มีค่าเท่ากับ

$$4.743 \angle 71.54^\circ$$

ตอบ

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย จำนวนเชิงซ้อน

ที่	รายการประเมิน	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1	เขียนตำแหน่งเชิงซ้อนถูกต้อง	6		
2	การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของจำนวนเชิงซ้อน	10		
4	การทำความสะอาดห้องเรียนและห้องปฏิบัติงาน	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของ การเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน สัปดาห์ที่ 5-6

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 20-18 คะแนน = ดีมาก
- 17-14 คะแนน = ดี
- 13-10 คะแนน = พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 4		
	รหัสวิชา	20104-2003 ชื่อวิชา	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ		
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้		รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์		
ชื่อเรื่อง/งาน		รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์		ทฤษฎี	6 ชม.
				ปฏิบัติ	6 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

- 1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับ รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์
- 1.2 ปฏิบัติการวัด รูปคลื่น การเขียนสมการ และการเขียนเฟสเซอร์

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)
- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1
สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับ รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์
- ปฏิบัติการวัด รูปคลื่น การเขียนสมการ และการเขียนเฟสเซอร์

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- ความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์
- เฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรม
- การคำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก
- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- ต่อบางวงจรทดลองได้อย่างถูกต้อง
- วัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่างๆ ของวงจรด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์ได้
- อธิบายเฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้
- คำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้
- อธิบายการนำหน้าและล่าช้าของเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้
- คำนวณหาผลบวกของเฟสเซอร์ได้

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์ได้
- 4.2 อธิบายเฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้
- 4.3 คำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้
- 4.4 อธิบายการนำหน้าและล่าช้าของเฟสเซอร์ไดอะแกรม
- 4.5 อธิบายการบวกรูปคลื่นและเฟสเซอร์ได้
- 4.6 คำนวณหาผลบวกของเฟสเซอร์ได้

5. สาระการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์ได้ 2. อธิบายเฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ 3. คำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ 4. อธิบายการนำหน้าและล่าช้าของเฟสเซอร์ไดอะแกรมได้ 5. อธิบายการบวกรูปคลื่นและเฟสเซอร์ได้ 6. คำนวณหาผลบวกของเฟสเซอร์ได้	1. ต่องจรการทดลองได้อย่างถูกต้อง 2. วัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่างๆของวงจรด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรจากการทดลองได้ 4. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจรจากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่องานตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สุภาพงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของ รูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของ รูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์	1. คำถามประจำหน่วย
2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่องรูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์ โดยใช้สื่อประกอบ 2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับ รูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 4 2. คำถามหน่วยที่ 4
3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จัดบททักย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 4
4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจสอบผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4
5. ขั้นการประเมินผล 5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 4 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 4 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4
6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าที่วัดได้ของรูปคลื่นที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 4
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 4
4. ใบมอบหมายงานที่ 4

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 4

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 4
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

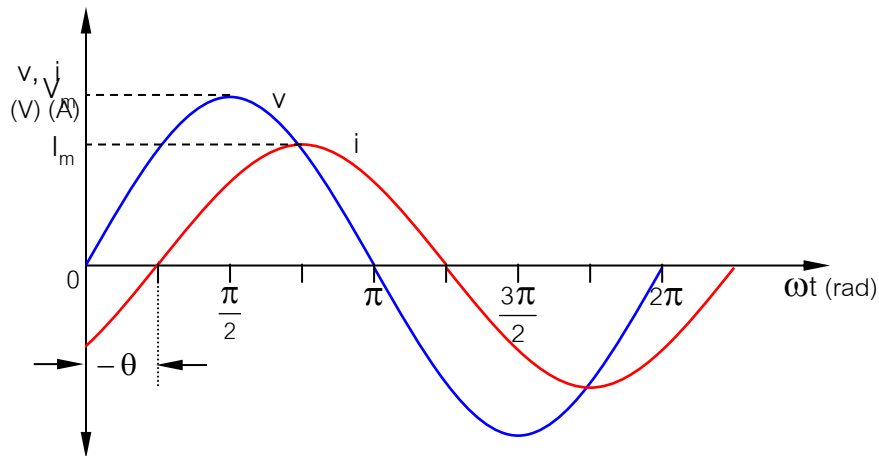
1) ผลการแก้ไขปัญหาคือส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ใบความรู้
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4
 เรื่อง รูปคลื่น สมการ เฟสเซอร์

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์

เมื่อพิจารณาดังรูปซึ่งเป็นรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (v) และกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ (i) ของรูปคลื่นไซน์ โดยให้รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ามีจุดเริ่มต้นที่ศูนย์ ($\theta = 0^\circ$) และรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้ามีเฟสล้าหลัง



จากรูปเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$v = V_m \sin(\omega t + 0^\circ)$$

$$i = I_m \sin(\omega t - \theta)$$

สามารถเขียนอยู่ในรูปของเฟสเซอร์ ซึ่งสมการเฟสเซอร์จะเขียนอยู่ในรูปแบบของโพลาร์ เขียนสมการได้ดังนี้

$$V = V_m \angle 0^\circ$$

$$I = I_m \angle -\theta$$

เฟสเซอร์ส่วนมากจะนิยมใช้ขนาดของค่าที่วัดได้ (หรือค่าใช้งาน) เพราะว่าค่าที่วัดได้นี้จะมีค่าคงที่ ดังนั้นเขียนเป็นสมการเฟสเซอร์ได้ดังนี้

$$V = V \angle 0^\circ$$

$$I = I \angle -\theta$$

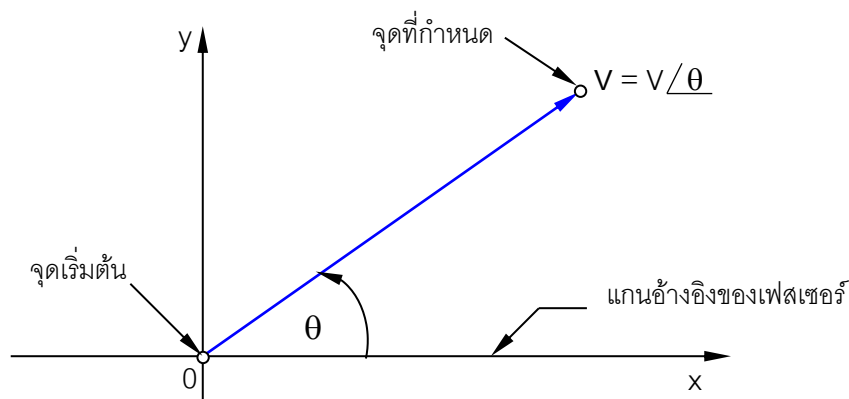
- เมื่อ
- V, I = เฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
 - V, I = ขนาดของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
 - θ = มุมเฟสของรูปคลื่นเทียบกับแกนอ้างอิง

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบสมการชั่วขณะกับสมการเฟสเซอร์

สมการชั่วขณะ		สมการเฟสเซอร์
$v = V_m \sin(\omega t + 0^\circ)$		$V = V \angle 0^\circ$
$i = I_m \sin(\omega t - \theta^\circ)$		$I = I \angle -\theta$

4.2 เฟสเซอร์และเฟสเซอร์ไดอะแกรม

เฟสเซอร์ไดอะแกรม (Phasor diagram) โดยเฟสเซอร์ไดอะแกรมนั้นจะเขียนเทียบกับแกนอ้างอิง (Reference) เสมอ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าขนาดของเฟสเซอร์มีมุมเท่าไรเมื่อเทียบกับแกนอ้างอิง



4.3 การคำนวณหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหาเฟสเซอร์ของสมการชั่วขณะต่อไปนี้

ก. $v = 141.43 \sin(500t - 35^\circ) \text{ V}$

ข. $i = 7.08 \sin(200t + 150^\circ) \text{ A}$

วิธีทำ

ก. สมการเฟสเซอร์ของ V $V = 0.707 V_m \angle -35^\circ$
 $= 0.707 \times 141.43 \angle -35^\circ$
 $V = 100 \angle -35^\circ \text{ V}$

สมการเฟสเซอร์ของ V มีค่าเท่ากับ $100 \angle -35^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ข. สมการเฟสเซอร์ของ I $I = 0.707 I_m \angle 150^\circ$
 $= 0.707 \times 7.08 \angle 150^\circ$
 $I = 5 \angle 150^\circ \text{ A}$

สมการเฟสเซอร์ของ I มีค่าเท่ากับ $5 \angle 150^\circ \text{ A}$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 4.2 จงหาเฟสเซอร์และเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรม จากสมการชั่วขณะต่อไปนี้

ก. $v_1 = 42.44 \sin(314t + 210^\circ) \text{ V}$

ข. $v_2 = 28.29 \sin(314t - 45^\circ) \text{ V}$

ค. $v_3 = 14.15 \cos(314t - 30^\circ) \text{ V}$

วิธีทำ

ก. สมการเฟสเซอร์ของ V_1

$$V_1 = 0.707V_{1m} \angle 210^\circ$$

$$= 0.707 \times 42.44 \angle 210^\circ$$

$$V_1 = 30 \angle 210^\circ \text{ V}$$

สมการเฟสเซอร์ของ V_1 มีค่าเท่ากับ $30 \angle 210^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ข. สมการเฟสเซอร์ของ V_2

$$V_2 = 0.707V_{2m} \angle -45^\circ$$

$$= 0.707 \times 28.29 \angle -45^\circ$$

$$V_2 = 20 \angle -45^\circ \text{ V}$$

สมการเฟสเซอร์ของ V_2 มีค่าเท่ากับ $20 \angle -45^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ค. สมการเฟสเซอร์ของ V_3 เนื่องจากสมการที่กำหนดมาให้เป็นฟังก์ชัน $\cos$ ดังนั้นต้องเปลี่ยนให้เป็นฟังก์ชัน $\sin$ ได้ดังนี้

$$v_3 = 14.15 \sin(314t - 30^\circ + 90^\circ)$$

$$= 14.15 \sin(314t + 60^\circ)$$

$$V_3 = 0.707V_{3m} \angle 60^\circ$$

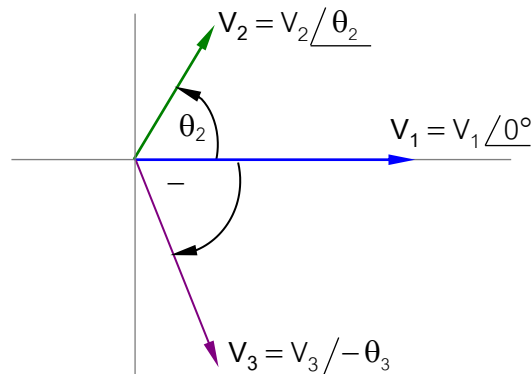
$$= 0.707 \times 14.15 \angle 60^\circ$$

$$V_3 = 10 \angle 60^\circ \text{ V}$$

เฟสเซอร์ของสมการ V_3 มีค่าเท่ากับ $10 \angle 60^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

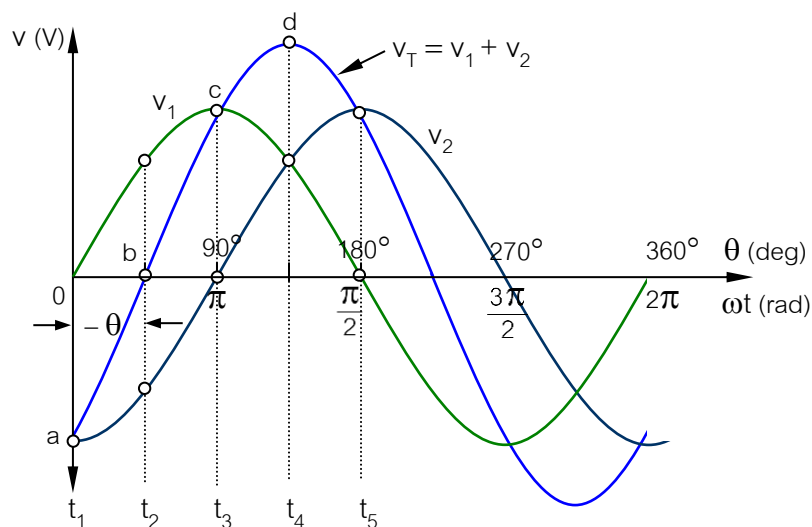
4.4 การนำหน้าและล้าหลังของเฟสเซอร์ไดอะแกรม

จากการเคลื่อนที่หมุนของเฟสเซอร์ ถ้าเฟสเซอร์นั้นเคลื่อนที่หมุนจากแกนอ้างอิงไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะได้มุมเฟสเป็นมุมบวก (+) และถ้าเฟสเซอร์นั้นเคลื่อนที่หมุนจากแกนอ้างอิงไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะได้มุมเฟสเป็นมุมลบ (-) ดังรูป เฟสเซอร์ V_2 หมุนทวนเข็มนาฬิกาจากแกนอ้างอิง จะได้มุมเฟสเป็นมุมบวก ($+\theta_2$) และเฟสเซอร์ V_3 นั้นเคลื่อนที่หมุนจากแกนอ้างอิงไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะได้มุมเฟสเป็นมุมลบ ($-\theta_3$)



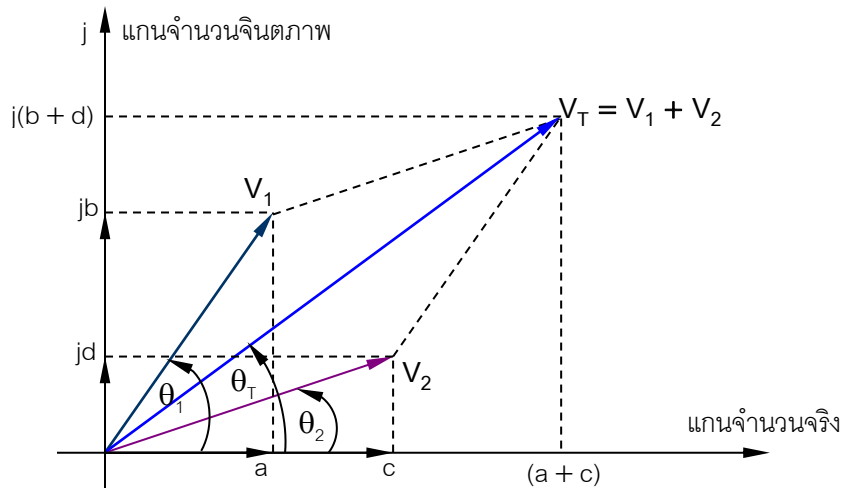
4.5 การบวกรูปคลื่นและเฟสเซอร์

4.5.1 การบวกรูปคลื่น รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 2 รูปคลื่นขึ้นไป สามารถนำรูปคลื่นมาบวกทางพีชคณิตได้ โดยการนำขนาดของค่าชั่วขณะทีบนแกนเวลาเดียวกันมาบวกกัน ดังนั้นจะทำให้ได้รูปคลื่นใหม่ขึ้นมา โดยมีขนาดและมุมเฟสเปลี่ยนไป แต่คาบเวลาจะไม่เปลี่ยนแปลง (ถ้ากำหนดให้รูปคลื่นทั้งสองมีคาบเวลาเท่ากัน) โดยคาบเวลาจะเท่ากับรูปคลื่นทั้งสอง



4.5.2 การบวกเฟสเซอร์ สมการเฟสเซอร์นั้นส่วนมากจะเขียนอยู่ในรูปแบบโพลาร์ จึงเป็นการง่าย เมื่อนำระบบจำนวนเชิงซ้อนมาประยุกต์ใช้ โดยการจำแนกค่าของเฟสเซอร์แต่ละเฟสเซอร์ให้เป็นค่าของจำนวนจริง

กับจำนวนจินตภาพ โดยผลรวมของเฟสเซอร์จะเท่ากับผลบวกของจำนวนจริงกับผลบวกของจำนวนจินตภาพ ดังรูปโดยเฟสเซอร์ V_1 จำแนกเป็นจำนวนจริง คือ a และจำนวนจินตภาพ คือ jb ส่วนเฟสเซอร์ V_2 จำแนกเป็นจำนวนจริง คือ c และจำนวนจินตภาพ คือ jd โดยผลรวมของเฟสเซอร์ V_T ได้จากผลรวมของเฟสเซอร์ V_1 กับ V_2



จากรูปที่ 4.7 จะจำแนกเฟสเซอร์ V_1 และ V_2 ได้ดังนี้

$$V_1 = a + jb$$

$$V_2 = c + jd$$

$$V_T = V_1 + V_2 = (a + c) + j(b + d)$$

และขนาดของมุมเฟส

$$\theta_T = \tan^{-1}\left(\frac{b+d}{a+c}\right)$$

ดังนั้น

$$V_T = V_T \angle \theta_T$$

4.6 การคำนวณหาผลบวกของเฟสเซอร์

ตัวอย่างที่ 4.3 จงหาผลบวกของแรงดันไฟฟ้า $V_1 = 80 \angle 0^\circ$ V กับ $V_2 = 100 \angle 60^\circ$ V

วิธีทำ จำแนกเฟสเซอร์ V_1 และ V_2

$$V_1 = 80 + j0$$

$$V_2 = 50 + j86.6$$

$$\begin{aligned} V_1 + V_2 &= (80 + 50) + j(0 + 86.6) \\ &= 130 + j86.6 \end{aligned}$$

$$V_1 + V_2 = 156.2 \angle 33.67^\circ \text{ V}$$

ผลบวกของแรงดันไฟฟ้า V_1 กับ V_2 มีค่าเท่ากับ $156.2 \angle 33.67^\circ$ V **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 4.4 จงหาผลบวกของกระแสไฟฟ้า $I_1 = 10 \angle 120^\circ$ A กับ $-I_2 = 8 \angle -150^\circ$ A

วิธีทำ จำแนกเฟสเซอร์ I_1 และ I_2 จะได้

$$I_1 = -5 + j8.66 \text{ และ } I_2 = -6.93 - j4$$

$$I_1 + (-I_2) = (-5 + j8.66) + \{-(-6.93 - j4)\}$$

$$= -5 + j8.66 + 6.93 + j4$$

$$= 1.93 + j12.66$$

$$I_1 + (-I_2) = 12.8 \angle 81.33^\circ \text{ A}$$

ผลบวกของกระแสไฟฟ้า I_1 กับ $-I_2$ มีค่าเท่ากับ $12.8 \angle 81.33^\circ$ A **ตอบ**

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย รูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์

ที่	รายการประเมิน	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รูปคลื่น สมการ และเฟสเซอร์ สัปดาห์ที่ 7-9

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 20-18 คะแนน = ดีมาก
- 17-14 คะแนน = ดี
- 13-10 คะแนน = พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา	20104-2003 ชื่อวิชา	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	
ชื่อเรื่อง/งาน R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ			สอนครั้งที่ 10 ทฤษฎี 2 ชม. ปฏิบัติ 2 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับ R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2 ปฏิบัติวงจร R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)

- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1

สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับ R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

- ปฏิบัติวงจร R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

- อิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

- การคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

- รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก

- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- ต่อวงจรตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุได้อย่างถูกต้อง

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ เฟสเซอร์ไดอะแกรม ของตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้

- อธิบายการหาอิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้

- คำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวต้านทานได้

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้
- 4.2 อธิบายการหาค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้
- 4.3 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้
- 4.4 เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว
- 4.5 อธิบายการหาค่ารีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ

5. สาระการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ เฟสเซอร์ไดอะแกรม ของตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้ 2. อธิบายการหาค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้ 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวต้านทานได้ 4. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ เฟสเซอร์ไดอะแกรม ของตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียวได้ 5. อธิบายการหาค่ารีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำได้ 6. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำได้ 7. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ เฟสเซอร์ไดอะแกรม ของตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียวได้ 8. อธิบายการหาค่ารีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุได้	1. ต่วงจรตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ ตัวเก็บประจุได้อย่างถูกต้อง 2. วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง 3. วัดหามุมต่างเฟสระหว่างแรงดันกับกระแสด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรจากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อนตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สุภาพงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 5
4. ใบมอบหมายงานที่ 5

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 5

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 5
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

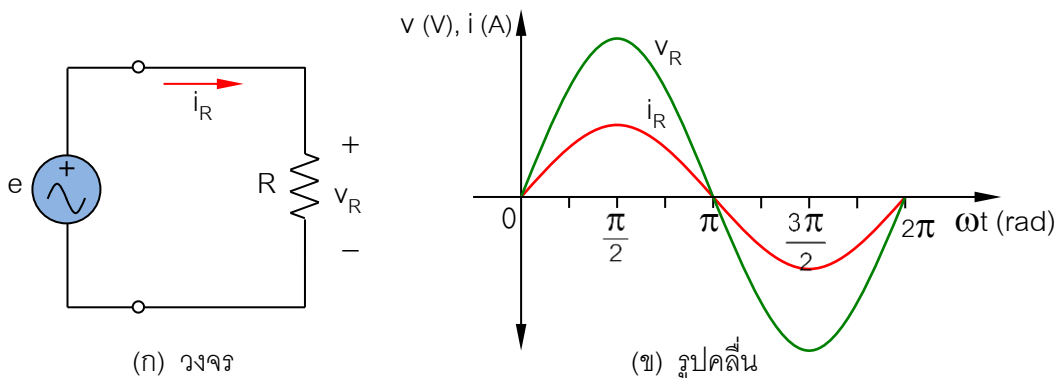
ใบความรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5

เรื่อง R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

5.1 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าสลับจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน (i_R) และทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน (v_R) ดังรูป



สมการชั่วขณะ

$$v_R = V_{Rm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ V}$$

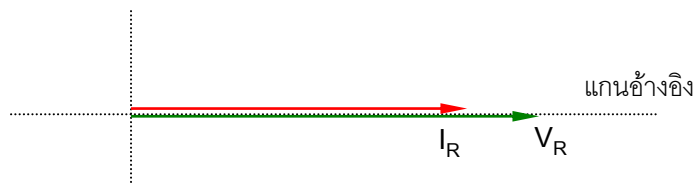
$$i_R = I_{Rm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ A}$$

สมการเฟสเซอร์

$$V_R = V_R \angle 0^\circ$$

$$I_R = I_R \angle 0^\circ$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม



5.2 อิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

อิมพีแดนซ์ (Impedance) หมายถึง ความต้านทานทางวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้ Z เป็นอักษรกำกับ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) ซึ่งอิมพีแดนซ์ของวงจรได้จาก

$$Z = \frac{V}{I}$$

เมื่อ

Z = อิมพีแดนซ์ของวงจร (Ω)

V = เฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ (V)

I = เฟสเซอร์ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร (A)

ดังนั้น ในวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

$$\begin{aligned} Z &= \frac{V_R}{I_R} = \frac{V_R \angle 0^\circ}{I_R \angle 0^\circ} \\ &= R \angle 0^\circ = R \end{aligned}$$

5.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างที่ 5.1 จ่ายแรงดันต้นไฟฟ้า $v_R = 84.87 \sin(400t + 45^\circ)$ V ให้กับตัวต้านทานค่า 15Ω จงคำนวณหา กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R

วิธีทำ

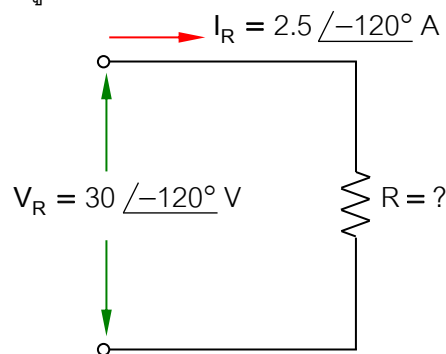
$$\begin{aligned} I_R &= \frac{V_R}{R} = \frac{0.707 V_{R_{\max}} \angle 45^\circ}{15 \angle 0^\circ} \\ &= \frac{0.707 \times 84.87 \angle 45^\circ}{15 \angle 0^\circ} \\ &= \frac{60}{15} \angle 45^\circ - 0^\circ = 4 \angle 45^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R มีค่าเท่ากับ

$$4 \angle 45^\circ \text{ A}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 5.2 วงจรดังรูปจงคำนวณหาค่าความต้านทาน



วิธีทำ

$$\begin{aligned} I_R &= \frac{V_R}{R} \quad \text{ดังนั้น} \quad R = \frac{V_R}{I_R} \\ R &= \frac{30 \angle -120^\circ}{2.5 \angle -120^\circ} = \frac{30}{2.5} \angle -120^\circ - (-120^\circ) \\ R &= 12 \angle 0^\circ \Omega \end{aligned}$$

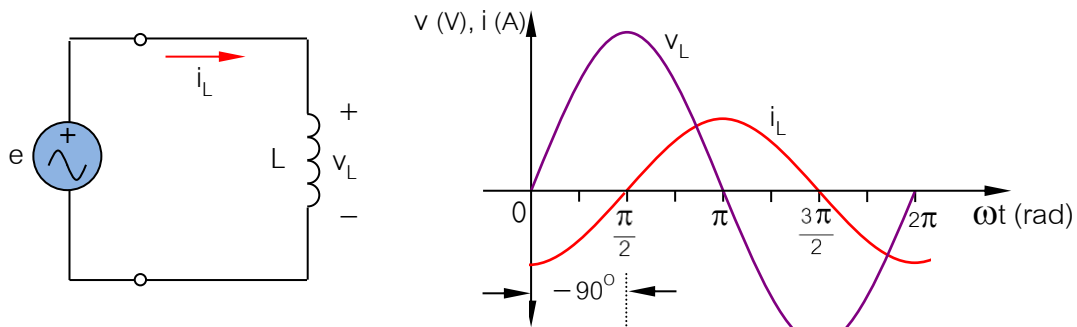
ความต้านทานมีค่าเท่ากับ

$$12 \angle 0^\circ \Omega$$

ตอบ

5.4 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว

เมื่อนำตัวเหนี่ยวนำ มาต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับผลจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ (i_L) และทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (v_L) ดังรูป



สมการชั่วขณะ

$$v_L = V_{Lm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ V}$$

$$i_L = I_{Lm} \sin(\omega t - 90^\circ) \text{ A}$$

สมการเฟสเซอร์

$$V_L = V_L \angle 0^\circ$$

$$I_L = I_L \angle -90^\circ$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม



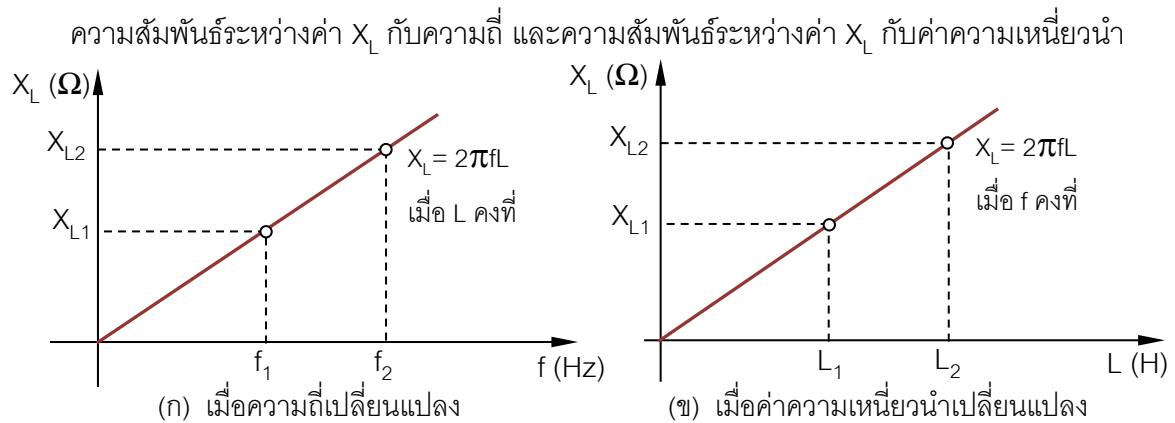
5.5 รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ

รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ (Inductive reactance) หมายถึง ความต้านทานทางไฟฟ้ากระแส สลับ ของตัวเหนี่ยวนำ ใช้ X_L เป็นอักษรกำกับ มีหน่วยเป็นโอห์ม

$$X_L = \frac{V_L}{I_L}$$

นอกจากนี้ค่าของ X_L ยังแปรค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่และความเหนี่ยวนำ หาได้ดังนี้

$$X_L = 2\pi fL = \omega L$$



5.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวเหนี่ยวนำเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างที่ 5.3 จ่ายแรงดันไฟฟ้า $v_L = 84.87 \sin(200t + 30^\circ)$ V ให้กับตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าความเหนี่ยวนำ 75 mH จงคำนวณหา

- รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ
- รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำ

$$X_L = \omega L = 200 \times 75 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 15 \, \Omega$$

รีแอกแตนซ์เชิงตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

$$15 \, \Omega$$

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

$$V_L = 0.707 V_{Lm} = 0.707 \times 84.87 \angle 30^\circ$$

$$= 60 \angle 30^\circ$$

$$I_L = \frac{V_L}{jX_L} = \frac{60 \angle 30^\circ}{j15} = \frac{60 \angle 30^\circ}{15 \angle 90^\circ}$$

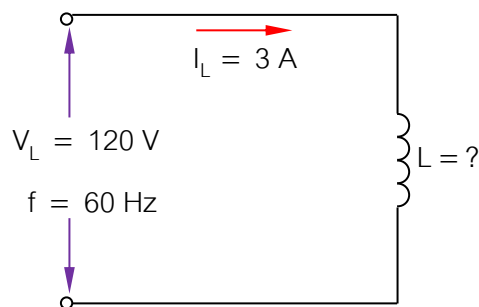
$$I_L = 4 \angle -60^\circ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

$$4 \angle -60^\circ \text{ A}$$

ตอบ

ตัวอย่าง 5.4 วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ



วิธีทำ จากสมการ $I_L = \frac{V_L}{X_L}$

ดังนั้น $X_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{120}{3} = 40 \, \Omega$

จากสมการ $X_L = 2\pi fL$

ดังนั้น $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{40}{2 \times 3.1416 \times 60}$

$L = 0.106 \, \text{H}$

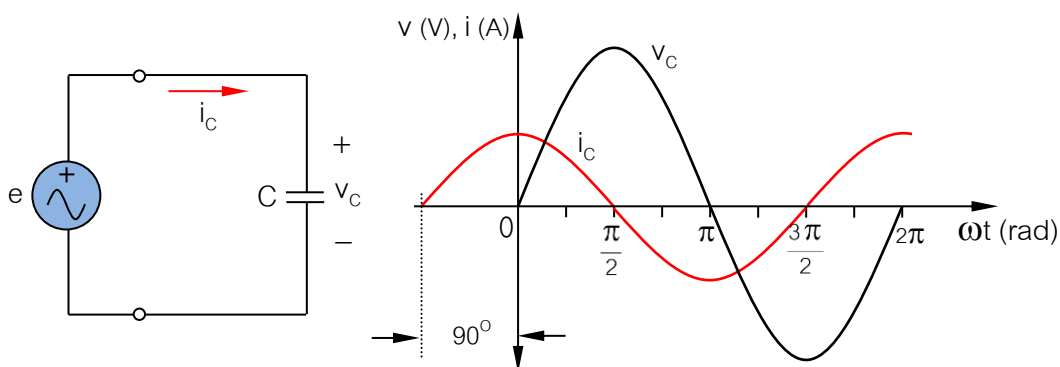
ความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

0.106 H

ตอบ

5.7 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจรตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียว

เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าสลับ ผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไปประจุให้กับตัวเก็บประจุ (i_C) และทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ (v_C) ดังรูป



(ก) วงจร

(ข) รูปคลื่น

สมการชั่วขณะ

$$v_C = V_{Cm} \sin(\omega t + 0^\circ) \, \text{V}$$

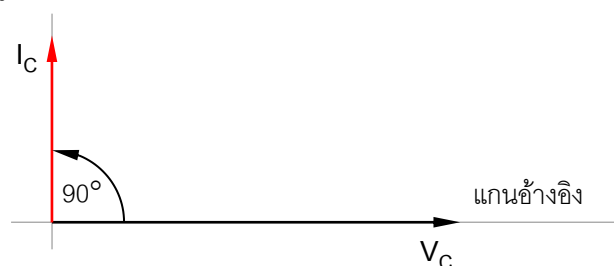
$$i_C = I_{Cm} \sin(\omega t + 90^\circ) \, \text{A}$$

สมการเฟสเซอร์

$$V_C = V_C \angle 0^\circ$$

$$I_C = I_C \angle 90^\circ$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม



5.8 รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุ

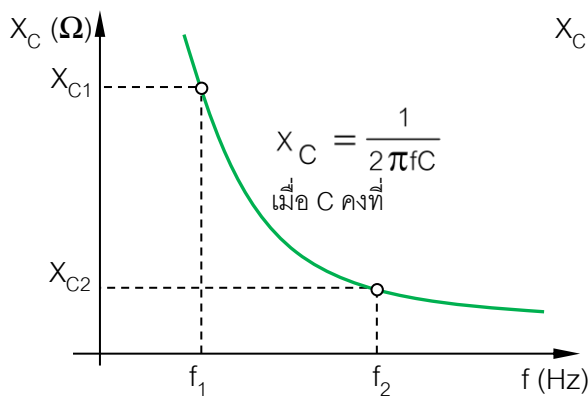
รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุ (Capacitive reactance) หมายถึง ความต้านทานทางไฟฟ้า กระแสสลับของตัวเก็บประจุ ใช้ X_C เป็นอักษรกำกับ มีหน่วยเป็นโอห์ม

$$X_C = \frac{V_C}{I_C}$$

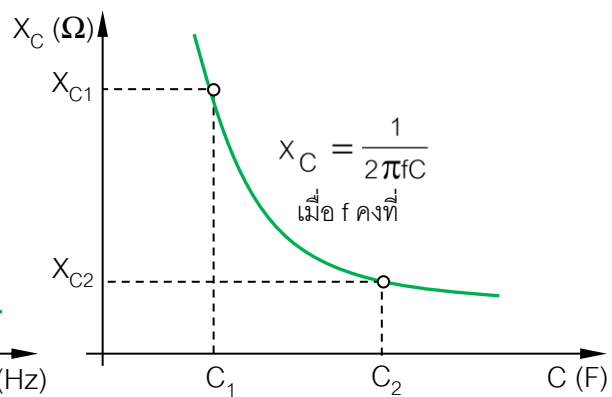
นอกจากนี้ค่าของ X_C ยังแปรค่าเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าความถี่และค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) หมายความว่าถ้าความถี่เพิ่มขึ้นหรือค่าความจุไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ผลให้ค่าของ X_C ลดลง ซึ่งหาได้จากสมการดังนี้

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C}$$

ดังรูป (ก) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_C กับความถี่ ส่วนรูป (ข) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า X_C กับค่าความจุไฟฟ้า



(ก) เมื่อความถี่เปลี่ยนแปลง



(ข) เมื่อค่าความจุไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

5.9 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรตัวเก็บประจุเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างที่ 5.5 จ่ายแรงดันไฟฟ้า $v_C = 28.29 \sin(1250t - 110^\circ)$ V ให้กับตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุไฟฟ้า $10 \mu\text{F}$ จงคำนวณหา

ก. รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุ

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ

วิธีทำ

ก. รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุ

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1250 \times 10 \times 10^{-6}}$$

$$X_C = 80 \Omega$$

รีแอกแตนซ์เชิงตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ

$80 \, \Omega$

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ

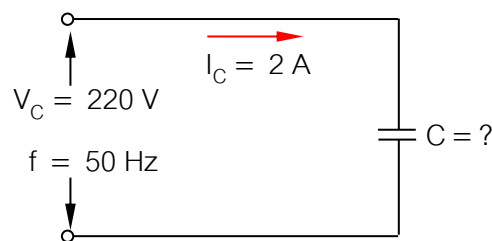
$$\begin{aligned} V_C &= 0.707 V_{Cm} = 0.707 \times 28.29 \angle -110^\circ \\ &= 20 \angle -110^\circ \\ I_C &= \frac{V_C}{-jX_C} = \frac{20 \angle -110^\circ}{-j80} = \frac{20 \angle -110^\circ}{80 \angle -90^\circ} \\ I_C &= 0.25 \angle -20^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ

$0.25 \angle -20^\circ \text{ A}$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 5.6 วงจรดังรูปจงคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้า



วิธีทำ

จากสมการ

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}$$

ดังนั้น

$$X_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{220}{2} = 110 \, \Omega$$

จากสมการ

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

ดังนั้น

$$C = \frac{1}{2\pi fX_C} = \frac{1}{2 \times 3.1416 \times 50 \times 110}$$

$$C = 28.94 \times 10^{-6} \text{ F}$$

ความจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ

$28.94 \, \mu\text{F}$

ตอบ

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่	รายการประเมิน	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง R, L และ C เพียงอย่างเดียวในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ สัปดาห์ที่ 10

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

- 20-18 คะแนน = ดีมาก
- 17-14 คะแนน = ดี
- 13-10 คะแนน = พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 6	
	รหัสวิชา	20104-2003 ชื่อวิชา	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 11-15
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้		RL และ RC ในวงจรอนุกรม	ทฤษฎี 20 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน RL และ RC ในวงจรอนุกรม			ปฏิบัติ 0 ชม.	

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับ RL และ RC ในวงจรอนุกรม

1.2 ปฏิบัติวงจร RL และ RC ในวงจรอนุกรม

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)

- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1
สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับ RL และ RC ในวงจรอนุกรม

- ปฏิบัติวงจร RL และ RC ในวงจรอนุกรม

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RL อนุกรม

- อิมพีแดนซ์ของวงจร RL อนุกรม

- มุมเฟสของวงจร RL อนุกรม

- การคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจร RL อนุกรม

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก

- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- ต่อวงจร RL และ RC อนุกรมได้อย่างถูกต้อง

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ และเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RL อนุกรมได้- อธิบาย

การหาค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรตัวต้านทานเพียงอย่างเดียวได้

- อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RL อนุกรมได้

- บอกความหมายและสูตรมุมเฟสของวงจร RL อนุกรมได้

2.2 บุคลากรกลุ่มอาชีพ

3. สมรรถนะประจำหน่วย

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RL อนุกรมได้
- 4.2 อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RL อนุกรมได้
- 4.3 บอกความหมายและสูตรมุมเฟสของวงจร RL อนุกรมได้
- 4.4 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RL อนุกรมได้
- 4.5 เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RC อนุกรมได้

5. สารการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ และเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RL อนุกรมได้ 2. อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RL อนุกรมได้ 3. บอกความหมายและสูตรมุมเฟสของวงจร RL อนุกรมได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RL อนุกรมได้ 5. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ และเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RC อนุกรมได้ 6. อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RC อนุกรมได้ 7. บอกความหมายและสูตรมุมเฟสของวงจร RC อนุกรมได้ 8. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RC อนุกรมได้	1. ต่วงจร RL และ RC อนุกรมได้อย่างถูกต้อง 2. วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง 3. วัดหามุมต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรจากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อนตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าที่สุภาพงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 6
4. ใบมอบหมายงานที่ 6

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 6

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 6
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

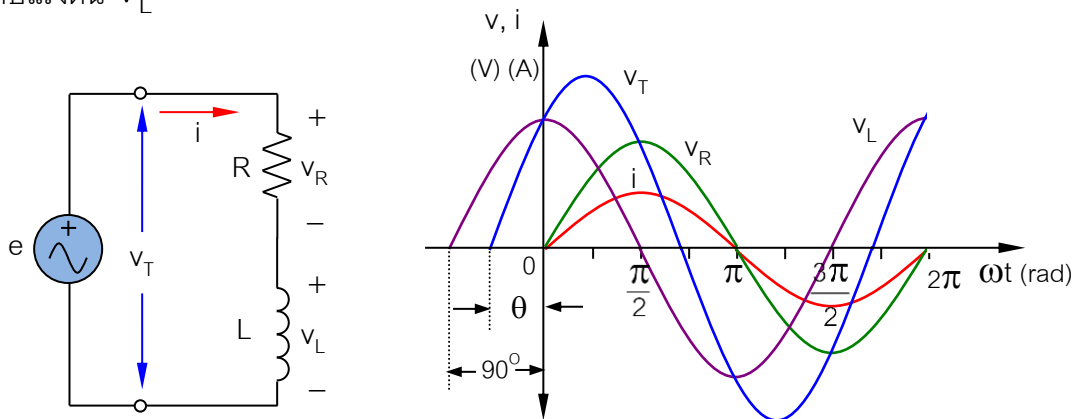
ใบความรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6

เรื่อง RL และ RC ในวงจรอนุกรม

6.1 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RL อนุกรม

เมื่อนำตัวต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำมาต่ออนุกรมกัน แล้วมาต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับ ผลจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานและตัวเหนี่ยวนำตามลำดับ และทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน (v_R) และแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (v_L) ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ (v_T) ได้จากแรงดัน v_R รวมกับแรงดัน v_L



สมการชั่วขณะ

$$i = I_m \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ A}$$

$$v_R = V_{Rm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ V}$$

$$v_L = V_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ V}$$

$$v_T = v_R + v_L$$

$$v_T = V_{Tm} \sin(\omega t + \theta) \text{ V}$$

สมการเฟสเซอร์

$$I = I \angle 0^\circ$$

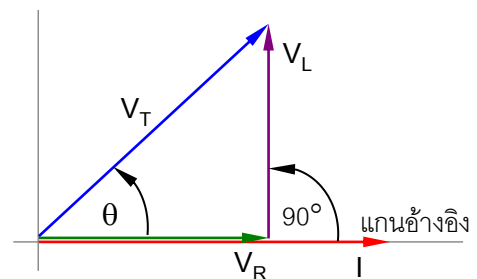
$$V_R = V_R \angle 0^\circ$$

$$V_L = V_L \angle 90^\circ$$

$$V_T = V_R + V_L$$

$$V_T = V_T \angle \theta$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม

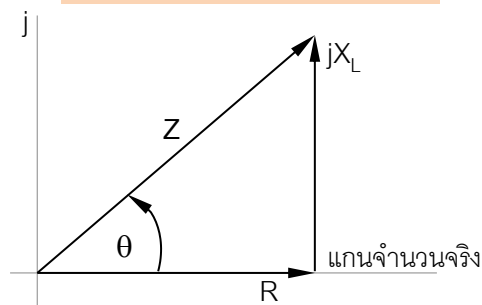


6.2 อิมพีแดนซ์ของวงจร RL อนุกรม

จากหน่วยที่ 5 อิมพีแดนซ์ของวงจร ได้จากค่าของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้หารด้วยค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ดังนั้นในวงจร RL อนุกรมก็หาเช่นเดียวกัน นั่นคือ

$$Z = \frac{V_T}{I}$$

$$Z = R + jX_L$$



6.3 มุมเฟสของวงจร RL อนุกรม

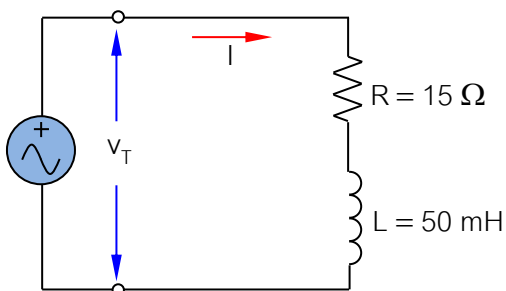
มุมเฟส หมายถึง มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร หรือมุมของอิมพีแดนซ์

$$\tan \theta = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} = \frac{X_L}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

6.4 การคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจร RL อนุกรม

ตัวอย่างที่ 6.1 ถ้าแรงดันไฟฟ้า $v_T = 106.09 \sin(400t + 110^\circ)$ V จ่ายให้กับวงจรจงคำนวณหา



- ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร
- ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร
- ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน
- ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ
- จ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

วิธีทำ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

$$X_L = \omega L = 400 \times 50 \times 10^{-3} = 20 \, \Omega$$

$$Z = R + jX_L = 15 + j20$$

$$Z = 25 \angle 53.13^\circ \Omega$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$$25 \angle 53.13^\circ \Omega \quad \text{ตอบ}$$

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{0.707V_{Tmax} \angle 110^\circ}{25 \angle 53.13^\circ}$$

$$= \frac{0.707 \times 106.09 \angle 110^\circ}{25 \angle 53.13^\circ} = \frac{75 \angle 110^\circ}{25 \angle 53.13^\circ}$$

$$I = 3 \angle 56.87^\circ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ

$$3 \angle 56.87^\circ \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$V_R = IR = 3 \angle 56.87^\circ \times 15 \angle 0^\circ$$

$$V_R = 45 \angle 56.87^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ

$$45 \angle 56.87^\circ \text{ V} \quad \text{ตอบ}$$

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

$$V_L = I(jX_L) = 3 \angle 56.87^\circ \times 20 \angle 90^\circ$$

$$V_L = 60 \angle 146.87^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

$$60 \angle 146.87^\circ \text{ V} \quad \text{ตอบ}$$

จ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

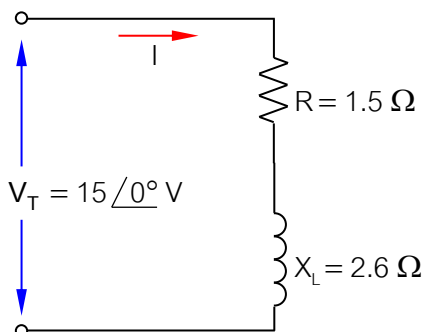
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{20}{15}\right)$$

$$\theta = 53.13^\circ$$

มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I มีค่าเท่ากับ 53.13°

ตอบ

ตัวอย่างที่ 6.2 วงจรดังรูปจงคำนวณหา



ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

$$Z = R + jX_L = 1.5 + j2.6$$

$$Z = 3 \angle 60^\circ \Omega$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$$3 \angle 60^\circ \Omega$$

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{15 \angle 0^\circ}{3 \angle 60^\circ}$$

$$I = 5 \angle -60^\circ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ

$$5 \angle -60^\circ \text{ A}$$

ตอบ

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$V_R = IR = 5 \angle -60^\circ \times 1.5 \angle 0^\circ$$

$$V_R = 7.5 \angle -60^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ

$$7.5 \angle -60^\circ \text{ V}$$

ตอบ

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

$$V_L = I(jX_L) = 5 \angle -60^\circ \times 2.6 \angle 90^\circ$$

$$V_L = 13 \angle 30^\circ \text{ V}$$

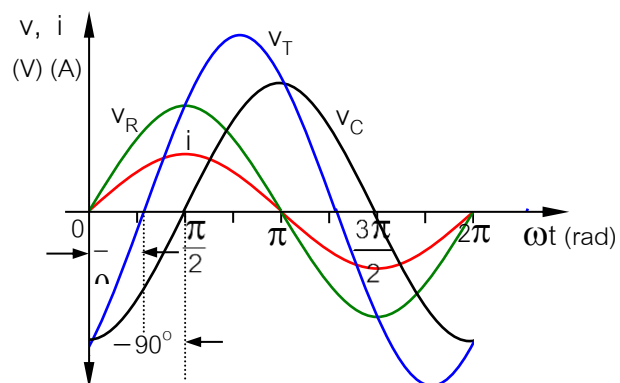
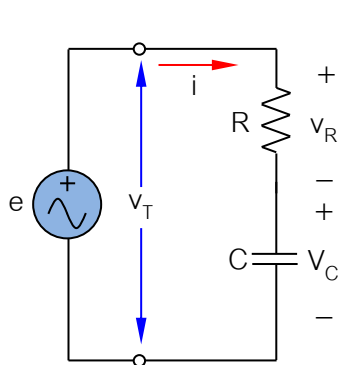
แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

$$13 \angle 30^\circ \text{ V}$$

ตอบ

6.5 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RC อนุกรม

เมื่อนำตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุมาต่ออนุกรมกัน แล้วมาต่อเข้ากับแรงดันไฟสลับจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานและตัวเก็บประจุตามลำดับและทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน (v_R) และแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ (v_C) ส่วนแรงดัน v_T ได้จากแรงดัน v_R รวมกับแรงดัน v_C



สมการชั่วขณะ

$$i = I_m \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ A}$$

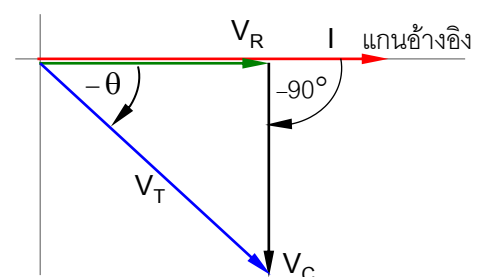
$$v_R = V_{Rm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ V}$$

สมการเฟสเซอร์

$$I = I \angle 0^\circ$$

$$V_R = V_R \angle 0^\circ$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม



$$v_C = V_{Cm} \sin(\omega t - 90^\circ) \text{ V} \quad V_C = V_C \angle -90^\circ$$

$$V_T = V_R + V_C \quad V_T = V_R + V_C$$

$$v_T = V_{Tm} \sin(\omega t - \theta) \text{ V} \quad V_T = V_T \angle -\theta$$

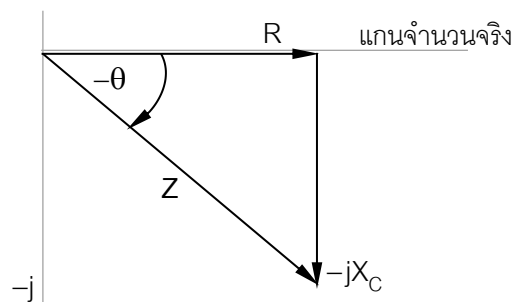
6.6 อิมพีแดนซ์ของวงจร RC อนุกรม

จากหน่วยที่ 5 อิมพีแดนซ์ของวงจร ได้จากค่าของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้หารด้วยค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ดังนั้นในวงจร RC อนุกรมก็หาเช่นเดียวกัน นั่นคือ

$$Z = \frac{V_T}{I}$$

จากสมการ

$$Z = R - jX_C$$



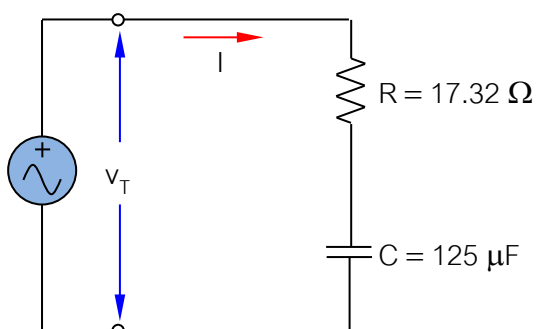
6.7 มุมเฟสของวงจร RC อนุกรม

มุมเฟส หมายถึง มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร หรือมุมของอิมพีแดนซ์

$$\tan \theta = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} = \frac{X_C}{R}$$

6.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RC อนุกรม

ตัวอย่างที่ 6.3 ถ้าแรงดันไฟฟ้า $v_T = 22.64 \sin(800t - 50^\circ) \text{ V}$ จ่ายให้กับวงจรจงคำนวณหา



ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{800 \times 125 \times 10^{-6}} = 10 \Omega$

$$Z = R - jX_C = 17.32 - j10$$

$$Z = 20 \angle -30^\circ \Omega$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ $20 \angle -30^\circ \Omega$ **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{0.707 \times 22.64 \angle -50^\circ}{20 \angle -30^\circ} = \frac{16 \angle -50^\circ}{20 \angle -30^\circ}$$

$$I = 0.8 \angle -20^\circ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ $0.8 \angle -20^\circ \text{ A}$ **ตอบ**

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$V_R = IR = 0.8 \angle -20^\circ \times 17.32 \angle 0^\circ$$

$$V_R = 13.856 \angle -20^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ $13.856 \angle -20^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

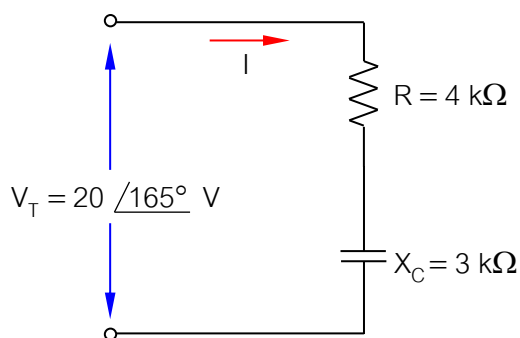
ง. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

$$V_C = I(-jX_C) = 0.8 \angle -20^\circ \times 10 \angle -90^\circ$$

$$V_C = 8 \angle -110^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ $8 \angle -110^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 6.4 วงจรดังรูปที่ 6.13 จงคำนวณหา



ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

วิธีทำ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

$$Z = R - jX_C = (4 - j3) \text{ k}\Omega$$

$$Z = 5 \angle -36.87^\circ \text{ k}\Omega$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ $5 \angle -36.87^\circ \text{ k}\Omega$ **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{20 \angle 165^\circ}{5 \times 10^3 \angle -36.87^\circ}$$

$$I = 4 \times 10^{-3} \angle 201.87^\circ \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ $4 \angle 201.87^\circ \text{ mA}$ **ตอบ**

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$V_R = IR = (4 \times 10^{-3} \angle 201.87^\circ) \times (4 \times 10^3 \angle 0^\circ)$$

$$V_R = 16 \angle 201.87^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ $16 \angle 201.87^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

$$V_C = I(-jX_C) = (4 \times 10^{-3} \angle 201.87^\circ) \times (3 \times 10^3 \angle -90^\circ)$$

$$V_C = 12 \angle 111.87^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ $12 \angle 111.87^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

จ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right)$$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{3k}{4k}\right)$$

$$\theta = 36.87^\circ$$

มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I มีค่าเท่ากับ 36.87° **ตอบ**

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย RL และ RC ในวงจรอนุกรม

ที่	รายการประเมิน	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง RL และ RC ในวงจรอนุกรม สัปดาห์ที่ 11-15

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

- 5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ
- 4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง
- 3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง
- 2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

20-18 คะแนน = ดีมาก

17-14 คะแนน = ดี

13-10 คะแนน = พอใช้

ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง

	แผนการจัดการเรียนรู้		หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา	20104-2003 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	สอนครั้งที่ 16-18
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ RLC ในวงจรอนุกรม		ทฤษฎี 12 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน RLC ในวงจรอนุกรม			ปฏิบัติ 0 ชม.

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

1.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม

1.2 ปฏิบัติวงจร RLC ในวงจรอนุกรม

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

2.1 มาตรฐานอาชีพ

- มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 (วสท. 022001-22)

- มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างไฟฟ้าอุตสาหกรรม ระดับ 1

สมรรถนะย่อย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม

- ปฏิบัติวงจร RLC ในวงจรอนุกรม

1) เกณฑ์การปฏิบัติงาน

- รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RLC อนุกรม

- อิมพีแดนซ์ของวงจร RLC อนุกรม

- มุมเฟสของวงจร RLC อนุกรม

- การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรม

2) วิธีประเมิน

- ประเมินภาคความรู้ด้วยข้อสอบข้อเขียนแบบตัวเลือก

- ประเมินภาคความสามารถด้วยการคำนวณ

3) หลักฐานการปฏิบัติงาน (Performance Evidence)

- ต่อวงจร RLC อนุกรมได้อย่างถูกต้อง

- วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง

4) หลักฐานความรู้ (Knowledge Evidence)

- เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ของวงจร RLC อนุกรมได้

- อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RLC อนุกรมได้

- อธิบายมุมเฟสของวงจร RLC อนุกรมได้
- คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรมได้

2.2 บุรณาการกลุ่มอาชีพ

-

3. สมรรถนะประจำหน่วย

-

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 4.1 เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RLC อนุกรมได้
- 4.2 อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RLC อนุกรมได้
- 4.3 อธิบายมุมเฟสของวงจร RLC อนุกรมได้
- 4.4 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรมได้

5. สาระการเรียนรู้

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. เขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ของวงจร RLC อนุกรมได้ 2. อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RLC อนุกรมได้ 3. อธิบายมุมเฟสของวงจร RLC อนุกรมได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรมได้	1. ต่วงจร RLC อนุกรมได้อย่างถูกต้อง 2. วัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าด้วยดิจิทัลดัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง 3. วัดหามุมต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าด้วยออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรจากการทดลองได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อนตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของ RLC ในวงจรอนุกรม	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของ RLC ในวงจรอนุกรม	1. คำถามประจำหน่วย
2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่อง RLC ในวงจรอนุกรม ใช้สื่อประกอบ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 2. คำถามหน่วยที่ 7
3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่ท้าย	1. ใบสรุปหน่วยที่ 7
4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจสอบผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7
5. ขั้นการประเมินผล 5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 7 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 7 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7
6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 7
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		

7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย
---	---	--------------------------

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้แต่ง สุธน แก่นตัน บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 7
4. ใบมอบหมายงานที่ 7

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 หลักฐานความรู้

- คะแนนจากการทำแบบทดสอบ
- ผลจากแบบแบบสังเกตพฤติกรรมการตอบคำถามระหว่างเรียน

8.2 หลักฐานการปฏิบัติงาน

- คะแนนจากการปฏิบัติงานตามใบมอบงาน

9. การวัดและประเมินผล

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 7

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 7
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไข้ปัญหา

1) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้้ปัญหาในครั้งต่อไป

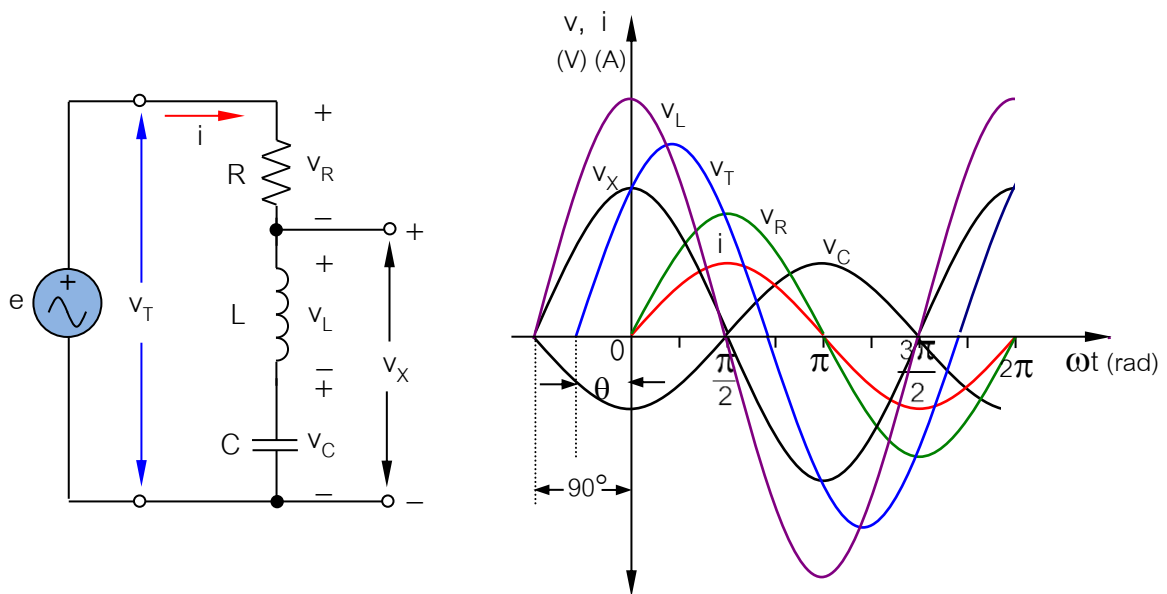
.....

.....

ใบความรู้
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7
 เรื่อง RLC ในวงจรอนุกรม

7.1 รูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ ของวงจร RLC อนุกรม

เมื่อนำ R, L และ C มาต่ออนุกรมกันแล้วมาต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้าสลับ จะทำให้กระแสไฟฟ้า i ไหลผ่าน R, L และ C และมีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ และแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ



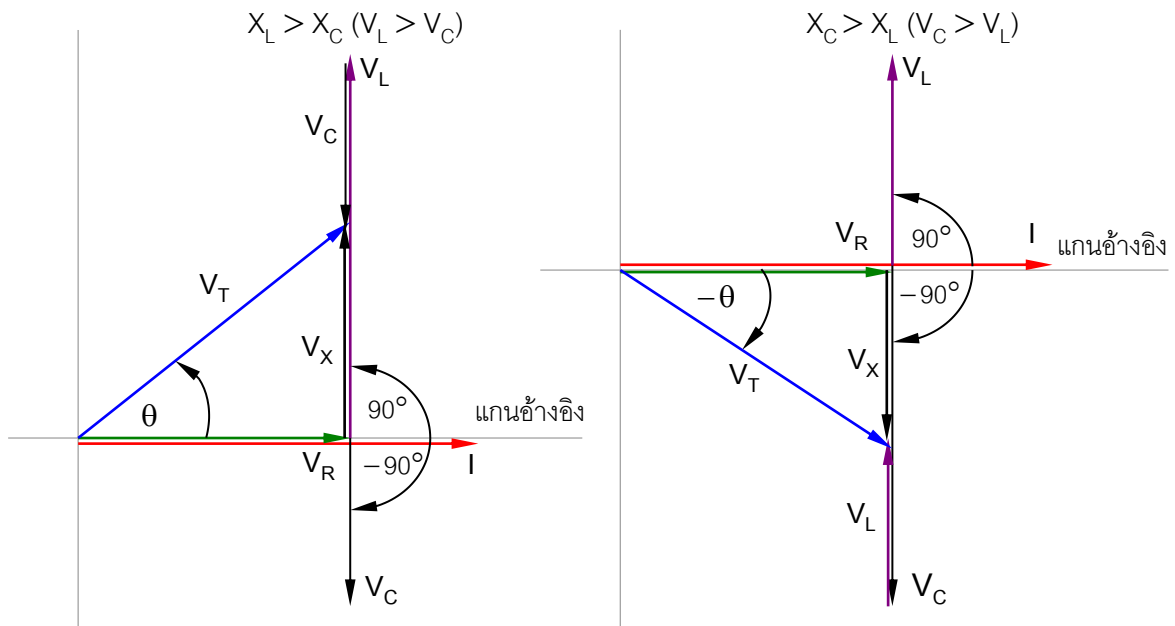
สมการชั่วขณะ

$$\begin{aligned} i &= I_m \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ A} \\ v_R &= V_{Rm} \sin(\omega t + 0^\circ) \text{ V} \\ v_L &= V_{Lm} \sin(\omega t + 90^\circ) \text{ V} \\ v_C &= V_{Cm} \sin(\omega t - 90^\circ) \text{ V} \\ v_T &= V_{Tm} \sin(\omega t + \theta) \text{ V} \end{aligned}$$

สมการเฟสเซอร์

$$\begin{aligned} I &= I \angle 0^\circ \\ V_R &= V_R \angle 0^\circ \\ V_L &= V_L \angle 90^\circ \\ V_C &= V_C \angle -90^\circ \\ V_T &= V_T \angle \theta \end{aligned}$$

เฟสเซอร์ไดอะแกรม



7.2 อิมพีแดนซ์ของวงจร RLC อนุกรม

จากหน่วยที่ 5 และหน่วยที่ 6 อิมพีแดนซ์ของวงจรได้จากค่าของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้หารด้วยค่าของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น ในวงจร RLC อนุกรมก็หาเช่นเดียวกัน ดังนั้น

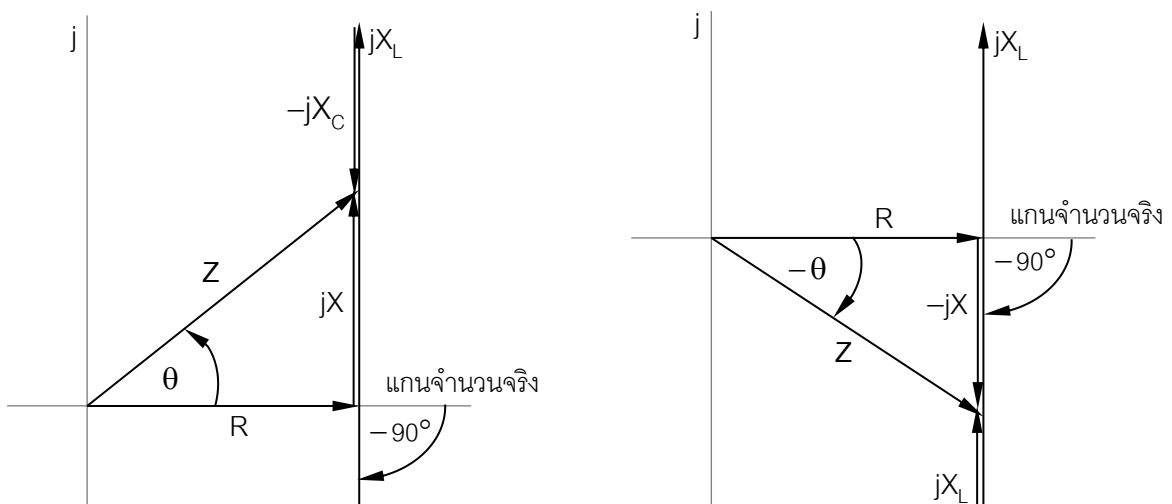
$$Z = \frac{V_T}{I}$$

7.2.1 เมื่อ $X_L > X_C$

$$Z = R + jX$$

7.2.2 เมื่อ $X_C > X_L$

$$Z = R - jX$$



(ก) เมื่อ $X_L > X_C$ (ข) เมื่อ $X_C > X_L$

7.3 มุมเฟสของวงจร RLC อนุกรม

มุมเฟส หมายถึง มุมต่างเฟสระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร หรือมุมของอิมพีแดนซ์ ซึ่งพิจารณาได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

7.3.1 เมื่อ $X_L > X_C$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

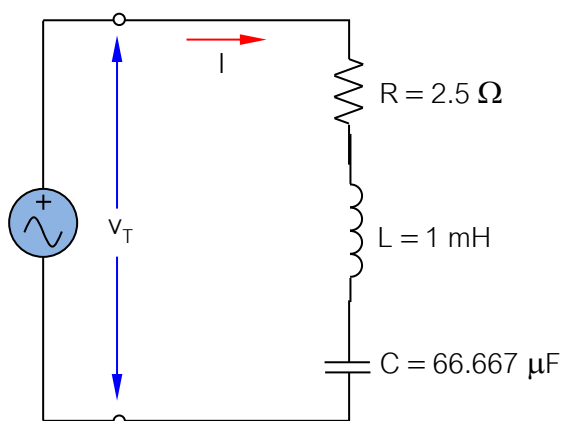
7.3.2 เมื่อ $X_C > X_L$

$$\tan\theta = \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} = \frac{X}{R}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_C - X_L}{R}\right)$$

7.4 การคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรม

ตัวอย่างที่ 7.1 ถ้าแรงดันไฟฟ้า $v_T = 11.32 \sin(3000t + 0^\circ)$ V จ่ายให้กับวงจรจงคำนวณหา



- ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร
- ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร
- ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน
- ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ
- จ. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ
- ฉ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

วิธีทำ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

$$X_L = \omega L = 3000 \times 1 \times 10^{-3}$$

$$X_L = 3 \Omega$$

$$\begin{aligned}
 X_C &= \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3000 \times 66.667 \times 10^{-6}} \\
 &= 5 \, \Omega \\
 Z &= R - jX_C + jX_L \\
 &= 2.5 - j5 + j3 = 2.5 - j2 \\
 Z &= 3.2 \angle -38.66^\circ \, \Omega
 \end{aligned}$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$3.2 \angle -38.66^\circ \, \Omega$ **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V_T}{Z} = \frac{0.707 V_{Tmax} \angle 0^\circ}{3.2 \angle -38.66^\circ} \\
 &= \frac{0.707 \times 11.32 \angle 0^\circ}{3.2 \angle -38.66^\circ} \\
 &= \frac{8 \angle 0^\circ}{3.2 \angle -38.66^\circ} \\
 I &= 2.5 \angle 38.66^\circ \, A
 \end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ

$2.5 \angle 38.66^\circ \, A$ **ตอบ**

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$\begin{aligned}
 V_R &= IR = 2.5 \angle 38.66^\circ \times 2.5 \angle 0^\circ \\
 V_R &= 6.25 \angle 38.66^\circ \, V
 \end{aligned}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ

$6.25 \angle 38.66^\circ \, V$ **ตอบ**

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

$$\begin{aligned}
 V_L &= I(jX_L) = 2.5 \angle 38.66^\circ \times 3 \angle 90^\circ \\
 V_L &= 7.5 \angle 128.66^\circ \, V
 \end{aligned}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ

$7.5 \angle 128.66^\circ \, V$ **ตอบ**

จ. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

$$\begin{aligned}
 V_C &= I(-jX_C) = 2.5 \angle 38.66^\circ \times 5 \angle -90^\circ \\
 V_C &= 12.5 \angle -51.34^\circ \, V
 \end{aligned}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ

$12.5 \angle -51.34^\circ \, V$ **ตอบ**

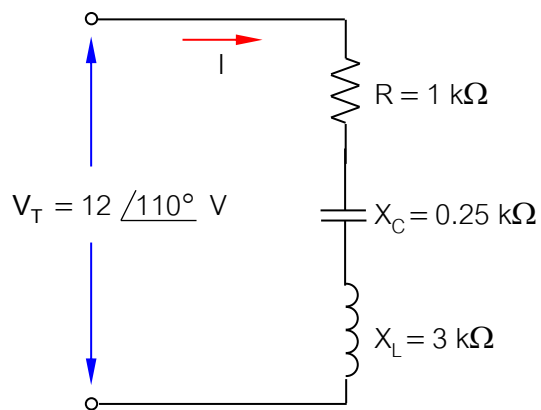
ฉ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{X_C - X_L}{R}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{5-3}{2.5}\right) \\ \theta &= 38.66^\circ\end{aligned}$$

มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I มีค่าเท่ากับ 38.66°

ตอบ

ตัวอย่างที่ 7.2 วงจรดังรูปจงคำนวณหา



ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

จ. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

ฉ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

วิธีทำ

ก. อิมพีแดนซ์ของวงจร

$$\begin{aligned}Z &= R - jX_C + jX_L \\ &= (1 - j0.25 + j3) \text{ k}\Omega \\ Z &= 2.92 \angle 70^\circ \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

อิมพีแดนซ์ของวงจรมีค่าเท่ากับ

$$2.92 \angle 70^\circ \text{ k}\Omega$$

ตอบ

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

$$\begin{aligned}I &= \frac{V_T}{Z} \\ &= \frac{12 \angle 110^\circ}{2.92 \times 10^3 \angle 70^\circ} \\ I &= 4.109 \times 10^{-3} \angle 40^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ

$$4.109 \angle 40^\circ \text{ mA}$$

ตอบ

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

$$V_R = IR$$

$$= (4.109 \times 10^{-3} \angle 40^\circ) \times (1 \times 10^3 \angle 0^\circ)$$

$$V_R = 4.109 \angle 40^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ $4.109 \angle 40^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ง. แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ

$$V_L = I(jX_L) = (4.109 \times 10^{-3} \angle 40^\circ) \times (3 \times 10^3 \angle 90^\circ)$$

$$V_L = 12.327 \angle 130^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ $12.327 \angle 130^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

จ. แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ

$$V_C = I(-jX_C)$$

$$= (4.109 \times 10^{-3} \angle 40^\circ) \times (0.25 \times 10^3 \angle -90^\circ)$$

$$V_C = 1.027 \angle -50^\circ \text{ V}$$

แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ $1.027 \angle -50^\circ \text{ V}$ **ตอบ**

ฉ. มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{3 \text{ k} - 0.25 \text{ k}}{1 \text{ k}} \right)$$

$$= 70^\circ$$

มุมต่างเฟสระหว่างแรงดัน V_T กับกระแส I มีค่าเท่ากับ 70° โดยมีกระแสล้าหลังแรงดัน ทั้งนี้เพราะว่าผล

ของ $X_L > X_C$ **ตอบ**

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

รหัสวิชา 20104-2003

ชื่อหน่วย RLC ในวงจรอนุกรม

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าต่าง ๆ	3 4		
2	ผลของการทดลอง (4 คะแนน) 2.1 ค่าต่าง ๆ ในตารางถูกต้อง 2.2 รูปคลื่นบนจอจำลองของออสซิลโลสโคปถูกต้อง	2 2		
3	การประเมินผลท้ายการทดลอง	5		
4	การเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	2		
5	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุง
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง RLC ในวงจรอนุกรม สัปดาห์ที่ 16-18

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ความตั้งใจในการทำงาน	ความรับผิดชอบ	การตรงต่อเวลา	ความสะอาดเรียบร้อย	ผลสำเร็จของงาน	คะแนนที่ได้	คะแนนเต็ม
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25
								25

เกณฑ์การให้คะแนน

(คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผ่านเกณฑ์ คือระดับพอใช้ขึ้นไป)

5 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ

4 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง

3 คะแนน = ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง

2 คะแนน = หรือแสดงพฤติกรรมน้อยครั้ง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

20-18 คะแนน = ดีมาก

17-14 คะแนน = ดี

13-10 คะแนน = พอใช้

ต่ำกว่า 10 คะแนน = ปรับปรุง