แผนการจัดการเรียนรูมุงเนนสมรรถนะ

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-1002 ทฤษฎี 2 ปฏิบัติ 3 หนวยกิต 3

☐

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง

จัดทำโดย

นางสาววรัญญา พรหมสาขา ณ สกลนคร

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

หลักสูตรรายวิชา

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา **30104-1002** ทฤษฎี 2 ปฏิบัติ 3 หนวยกิต 3

☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ☐ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สาขางานช่างไฟฟ้ากำลัง

จุดประสงครายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการและทฤษฎีวงจรไฟฟ้า
2. เพื่อให้คำนวณหาค่าความต้านทาน กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และตรวจสอบแก้ไขหาข้อบกพร่องของวงจร
3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎ ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
2. คำนวณและวัดปริมาณต่างๆ ของระบบไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
3. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติองค์ประกอบของวงจร วงจรแบบตัวต้านทาน แหล่งกำเนิดแบบอิสระและไม่อิสระ วิเคราะห์วงจรด้วยกฎของเคอร์ซอฟฟ์ ด้วยวิธีโนดและเมช ทฤษฎีการวางซ้อน ทฤษฎีของเทวินินและนอร์ตันวงจรออปแอมป์ คาปาซิเตอร์ และอินดักเตอร์ วงจรลำดับที่หนึ่งและวงจรลำดับที่สอง ผลตอบสนองในสภาวะทรานเซียนต์ต่อแรงดันกระแสตรง วงจรแม่เหล็กไฟฟ้า ความเหนี่ยวนำร่วม วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และแผนผังเฟสเซอร์ อิมพีแดนซ์ แอดมิตแตนซ์ วงจรเรโซแนนซ์ โลกัสไดอะแกรม กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าหนึ่งเฟสและหลายเฟส การวัดกำลังฟฟ้า การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

รหัส 30104-1002 วิชา วงจรไฟฟ้า จำนวน 3 หน่วยกิต

ชั้น ปวส. สาขาวิชา/กลุ่มวิชา ไฟฟ้ากำลัง

พฤติกรรมการเรียนรู้ / ชื่อหน่วยการสอน/การเรียนรู้	ด้านพุทธิพิสัย						ด้านทักษะพิสัย(5)	ด้านจิตพิสัย(5)	รวม(40)	ลำดับความสำคัญ	จำนวนชั่วโมง
	ความรู้ (5)	ความเข้าใจ(5)	นำไปใช้(5)	วิเคราะห์(5)	สังเคราะห์(5)	ประเมินค่า(5)					
1.ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	5	4	2	1	1	1			14		10
2.การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	3	4	5	4	2	2			20		10
3.การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	2	3	5	5	3	2			20	1	10
4.การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่างๆ	2	3	5	5	4	3			22	2	10
5.ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซี ออปแอมป์	4	4	3	3	2	2			18		10
6.วงจรอันดับหนึ่ง	2	3	4	4	2	1			16		10
7.วงจรอันดับสอง	2	3	4	5	3	2			19		10
8.วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์	3	5	5	4	3	2			22		15
รวมคะแนน											
ลำดับความสำคัญ											

<u>คำอธิบาย</u> 5 หมายถึง ระดับความสำคัญของแต่ละรายการมี 5 ระดับ คือ 1, 2, 3, 4, 5

หน่วยการเรียนรู้

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	สัปดาห์ที่
1	ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	10	1-2
2	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	10	3-4
3	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยโนดและวิธีลูป	10	5-6
4	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่างๆ	10	7-8
5	ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	10	9-10
6	วงจรอันดับหนึ่ง	10	11-12
7	วงจรบบริดจ์	10	13-14
8	วงจรไฟฟ้ากรัแสสลับรูปคลีนไซน์และเฟสเซอร์	15	15-17
	สอบปลายภาค	5	18
	รวม	**90**	

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 1
	ชื่อวิชาวงจรไฟฟ้า 1	รวม 10 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วยความคิดรวบยอดพื้นฐาน	สอนครั้งที่ 1-2
ชื่อเรื่องความคิดรวบยอดพื้นฐาน		จำนวน 10 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

การได้ทราบนิยามความหมายของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งความแตกต่างระหว่างไฟฟ้ากระแสตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับ การจำแนกองค์ประกอบวงจรออกเป็นอุปกรณ์พาสซีฟ (อุปกรณ์เฉื่อยงาน) และอุปกรณ์แอกทีฟ (อุปกรณ์ไวงาน) อุปกรณ์ทั้งสองนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็นแบบอิสระและแบบไม่อิสระ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้จะเป็นงานพื้นฐานที่จะใช้ศึกษาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับระบบของหน่วย ปริมาณพื้นฐาน องค์ประกอบวงจรและวงจรแบบตัวต้านทาน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกระบบของหน่วยในระบบ SI ได้
2 .อธิบายปริมาณประจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานได้
3. จำแนกองค์ประกอบวงจรแบบแอกทีฟและแบบพาสซีฟได้
4. อธิบายแหล่งกำเนิดอิสระและแหล่งกำเนิดไม่อิสระได้
5. อธิบายการให้สัญลักษณ์เครื่องหมายแบบพาสซีฟได้
6. บอกความต้านทานสมมูลของวงจรโดยพื้นฐานทั้ง 3 ชนิดได้

4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

1.1 ระบบของหน่วย (System of Units)

ระบบของหน่วยใช้หาค่าปริมาณที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลข ระบบของหน่วยที่เป็นสากลที่มีความสำคัญและใช้มากคือ ระบบของหน่วยนานาชาติ (international system of units: SI) ประกอบด้วยหน่วยพื้นฐาน เมตร (meter: m), กิโลกรัม (kilogram: kg), วินาที (second: s), แอมแปร์ (ampere: A), องศาเคลวิน (degree kelvin: K) และแคลเดลา (candela: cd)

1.2 ปริมาณพื้นฐาน (Basic Quantities)

ปริมาณพื้นฐานที่ธรรมดาที่สุดในการวิเคราะห์วงจรคือ ประจุไฟฟ้า โดยเบื้องต้นประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุบวกจะเกี่ยวข้องกับโปรตอน และประจุลบจะเกี่ยวข้องกับอิเล็กตรอน การเคลื่อนที่ของประจุมีความสำคัญที่ใช้ศึกษาให้เข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ เนื่องจากประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่มีผลต่อการถ่ายโอนพลังงาน และปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของประจุถูกจำกัดขอบเขตเป็นเส้นทางปิด ซึ่งการเคลื่อนที่ของประจุนี้เองเป็นตัวบ่งบอกถึงการไหลของกระแสไฟฟ้า ในระบบ SI หน่วยของปริมาณประจุคือ คูลอมบ์ (coulomb: C) โดยประจุไฟฟ้า 1 C ได้จากการวัดปริมาณประจุในสายไฟฟ้าที่มีขนาดกระแสไฟฟ้า 1 A ในเวลา 1 s หรือกระแสไฟฟ้า 1 A = 1 C/s (ประจุ 1 C มีอิเล็กตรอนจำนวน $1/(1.602 \times 10^{-19}) = 6.24 \times 10^{18}$ ตัว)

1.3 องค์ประกอบวงจร (Circuit Elements)

1.3.1 แหล่งกำเนิดอิสระ (Independent Sources: IS)

1.3.2 แหล่งกำเนิดไม่อิสระ (Dependent Sources: DS)

1. แหล่งกำเนิดแรงดันแปรตามแรงดันควบคุม (voltage–controlled voltage source: VCVS)

2. แหล่งกำเนิดแรงดันแปรตามกระแสควบคุม (current–controlled voltage source: CCVS)

3. แหล่งกำเนิดกระแสแปรตามแรงดันควบคุม (voltage–controlled current source: VCCS)

4. แหล่งกำเนิดกระแสแปรตามกระแสควบคุม (current–controlled current source: CCCS)

1.4 วงจรแบบตัวต้านทาน (Resistor Circuits)

1.4.1 วงจรอนุกรม

1.4.2 วงจรขนาน

1.4.3 วงจรผสม

5. การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับจุดประสงค์ สมรรถนะและคำอธิบายรายวิชา การวัดผลและประเมินผลการเรียน คุณลักษณะนิสัยที่ต้องการให้เกิดขึ้น และข้อตกลงในการเรียน

2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1

3. แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน และครูให้หนังสือเรียน

4. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน

5. ครูสอนเนื้อหาสาระ

6. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม

7. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัด (บางข้อ) และมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดที่เหลือเป็นการบ้าน

8. ครูให้นักศึกษาศึกษาโปรแกรมจำลองวงจร

9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 1

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 1	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 1	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	**หน่วยการเรียนรู้ที่ 2**
	ชื่อวิชาวงจรไฟฟ้า 1	**รวม 10 ชั่วโมง**
	ชื่อหน่วยการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	**สอนครั้งที่ 3-4**
ชื่อเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์		**จำนวน 10 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

กฎของโอห์มและกฎของเคอร์ชอฟฟ์ เป็นกฎพื้นฐานที่ใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า สำหรับวงจรที่มีลูปเดียว (วงจรอนุกรม) มีกฎที่เกี่ยวข้องคือ กฎการแบ่งแรงดันและประยุกต์กฎอื่น สำหรับวงจรที่มีคู่ โนดเดียว (วงจรขนาน) มีกฎที่เกี่ยวข้องคือ กฎการแบ่งกระแสและประยุกต์กฎอื่น ส่วนวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระเป็นวงจรที่มีแหล่งกำเนิดที่แปรตามการควบคุมซึ่งใช้สร้างแบบจำลองอุปกรณ์เชิงฟิสิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ วงจรที่มีลูปเดียว วงจรที่มีคู่ โนดเดียวและวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ประยุกต์ใช้กฎของโอห์มหาค่าในวงจรไฟฟ้าได้
2. ประยุกต์ใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์หาค่าในวงจรไฟฟ้าได้
3. วิเคราะห์วงจรที่มีลูปเดียวโดยใช้กฎการแบ่งแรงดันและกฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้
4. วิเคราะห์วงจรที่มีคู่ โนดเดียว โดยใช้กฎการแบ่งกระแสและกฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้
5. วิเคราะห์วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระได้

4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

2.1 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

กฎของโอห์ม กล่าวว่า แรงดันตกคร่อมความต้านทานจะแปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานนั้น มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม (ohm: Ω)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ตามกฎของโอห์ม เป็นไปตามสมการที่ 2.1

$$v(t) = R \times i(t), \quad \text{เมื่อ } R \geq 0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ 2.1}$$

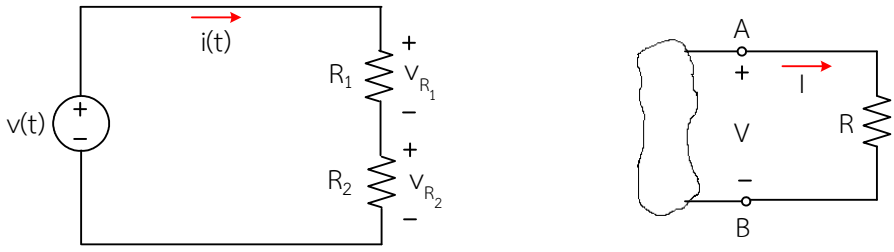
2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Laws)

2.2.1 กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law)

2.2.2 กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law)

2.3 วงจรที่มีลูปเดียว (Single–Loop Circuits)

2.3.1 การแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Division) การประยุกต์ใช้กฎที่กล่าวมาเพื่อการวิเคราะห์วงจรที่มีเส้นทางปิดเดียวหรือลูปเดียวขององค์ประกอบวงจร วงจรที่มีลูปเดียวกระแสที่ไหลผ่านองค์ ประกอบทุกตัวมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า "วงจรที่มีลูปเดียวคือวงจรอนุกรม" และสามารถประยุกต์ใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ร่วมกับกฎของโอห์มเพื่อหาค่าปริมาณต่าง ๆ ในวงจร ดังรูป



ก) วงจรที่มีลูปเดียวหรือวงจรอนุกรม ข) อธิบายการให้เครื่องหมาย +, – (V = IR)

รูป วงจรที่มีลูปเดียวหรือวงจรอนุกรมและอธิบายการให้เครื่องหมาย

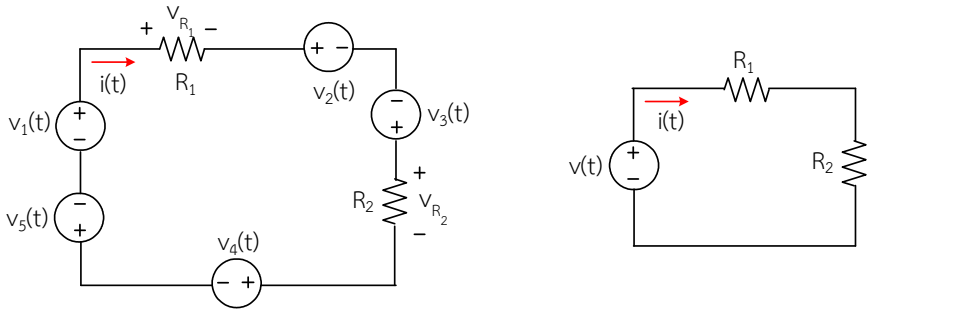
2.3.2 วงจรหลายแหล่งกำเนิดและหลายตัวต้านทาน การวิเคราะห์วงจรที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันหลายตัวและตัวต้านทานหลายตัว ต่อแบบเรียงลำดับหรือต่ออนุกรม ดังรูป ถ้าสมมติให้กระแส i(t) ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและใช้ KVL ในวงจรได้เป็น

$$+v_{R_1} + v_2(t) - v_3(t) + v_{R_2} + v_4(t) + v_5(t) - v_1(t) = 0$$

หรือใช้กฎของโอห์ม ได้เป็น

$$(R_1 + R_2)i(t) = v_1(t) - v_2(t) + v_3(t) - v_4(t) - v_5(t)$$

เขียนใหม่ได้เป็น $(R_1 + R_2)i(t) = v(t)$

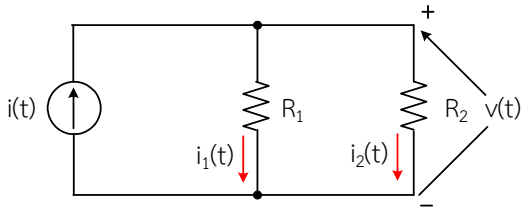


ก) วงจรที่มีหลายแหล่งกำเนิด ข) วงจรสมมูลของรูป ก)

รูป วงจรที่มีหลายแหล่งกำเนิดและหลายตัวต้านทาน

2.4 วงจรที่มีคู่ โนดเดียว (Single–Node–Pair Circuits)

2.4.1 การแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Division) ความสำคัญของวงจรที่มีคู่ โนดเดียวคือเป็นวงจรที่มีแรงดันตกคร่อมองค์ประกอบวงจรเท่ากันทุกสาขา จึงเรียกได้ว่าเป็น “วงจรขนาน” จะประยุกต์ใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์และกฎของโอห์ม เพื่อหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่าในวงจร ดังรูป ประกอบด้วยแหล่ง กำเนิดกระแสอิสระต่อขนานด้วยตัวต้านทาน 2 ตัว



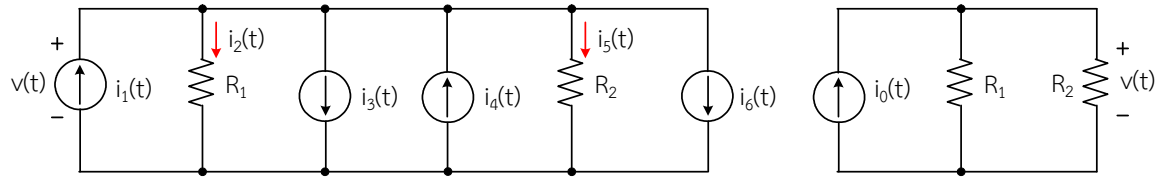
รูป วงจรขนาน

2.4.2 วงจรหลายแหล่งกำเนิดและหลายตัวต้านทาน เมื่อวิเคราะห์วงจรที่มีแหล่งกำเนิดกระแสหลายตัวและตัวต้านทานหลายตัวต่อขนานกัน ดังรูป ก) สมมติให้โนดบน คือ +v(t) เมื่อเทียบกับโนดล่าง เมื่อประยุกต์ใช้ KCL ที่โนดบน ได้เป็น

$$i_1(t) - i_2(t) - i_3(t) + i_4(t) - i_5(t) - i_6(t) = 0$$

หรือ

$$i_1(t) - i_3(t) + i_4(t) - i_6(t) = i_2(t) + i_5(t)$$



ก) ข) วงจรสมมูลของรูป ก

ข) รูป วงจรที่มีแหล่งกำเนิดกระแสและตัวต้านทานหลายตัวต่อขนานและวงจรสมมูล

2.5 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ (Circuits with Dependent Source)

แหล่งกำเนิดที่แปรตามการควบคุมนี้มีความ สำคัญอย่างยิ่ง เพราะใช้สร้างแบบจำลองอุปกรณ์เชิงฟิสิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ (bipolar junction transistors: BJTs) ชนิด npn และ pnp และทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า (field–effect transistors: FETs) เช่น มอสเฟต (metal–oxide–semiconductor field–effect transistors: MOSFETs) โครงสร้างพื้นฐานของอุปกรณ์เหล่านี้ได้ใช้ในอุปกรณ์แอนะล็อกและดิจิทัล ชนิดของอุปกรณ์แอนะล็อกที่ใช้คือ ออปแอมป์ (operational amplifier: OP–Amp) ชนิดของอุปกรณ์ดิจิทัล คือ แรม (random access memories: RAMs), รอม (read–only memories: ROMs) และไมโครโปรเซสเซอร์

5. การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2
3. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน
4. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
5. ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด (บางข้อ) เป็นกลุ่ม ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. นักศึกษาลงฝึกปฏิบัติจำลองการทำงานวงจรในแบบฝึกหัด (เลือกกลุ่มละข้อ) ด้วยโปรแกรม
8. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2

6. **สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้**

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 2

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 2	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2/เลือกแบบฝึกหัดจำลองโปรแกรม	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 2	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 3
	ชื่อวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า	รวม 10 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วยการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	สอนครั้งที่ 5-6
ชื่อเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป		จำนวน 10 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและด้วยวิธีลูปเป็นวิธีวิเคราะห์วงจรข่ายอีกวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยวิธีโนดจะหาค่าแรงดันโนดและใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) ส่วนวิธีลูปจะใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) หาค่ากระแสในวงจรกับวงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดอิสระและวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดได้
2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูปได้
3. วิเคราะห์วงจรที่มีออปแอมป์ได้

4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

3.1 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนด (Nodal Analysis)

3.1.1 วงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดกระแสอิสระ

3.1.2 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดกระแสไม่อิสระ

3.1.3 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดแรงดันอิสระ

3.2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูป (Loop Analysis)

3.2.1 วงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดแรงดันอิสระ

3.2.2 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดกระแสอิสระ

3.2.3 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

3.3 วงจรที่มีออปแอมป์ (Circuit with Operational Amplifiers)

3.3.1 โครงสร้างภายนอก สัญลักษณ์ และขาของออปแอมป์

3.3.2 วงจรขยายกลับเฟส (Inverting Amplifi3er)

3.3.3 วงจรขยายไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier)

3.3.4 วงจรขยายผลบวก (Summing Amplifier)

3.3.5 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier)

5. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน

2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3

3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน

4. ครูสอนเนื้อหาสาระ

5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นคนละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน

6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ

7. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน ทำการจำลองวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

8. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 3

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 3	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัด (ข้อที่เลือกใช้จำลองด้วยโปรแกรม)	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 2	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	**หน่วยการเรียนรู้ที่ 4**
	ชื่อวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า	**รวม 10 ชั่วโมง**
	ชื่อหน่วยการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ	**สอนครั้งที่ 7-8**
ชื่อเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ		**จำนวน 10 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

ทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นทฤษฎีที่นำมาใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้ามาก การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนสามารถทำได้ง่ายขึ้นโดยการแทนที่ส่วนที่เหลือของวงจรให้อยู่ในรูปวงจรสมมูลแบบง่ายแล้วเลือกวิธีวิเคราะห์ที่สะดวกที่สุด

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน และทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับได้
2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทของเทวินินได้
3. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทของนอร์ตันได้
4. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

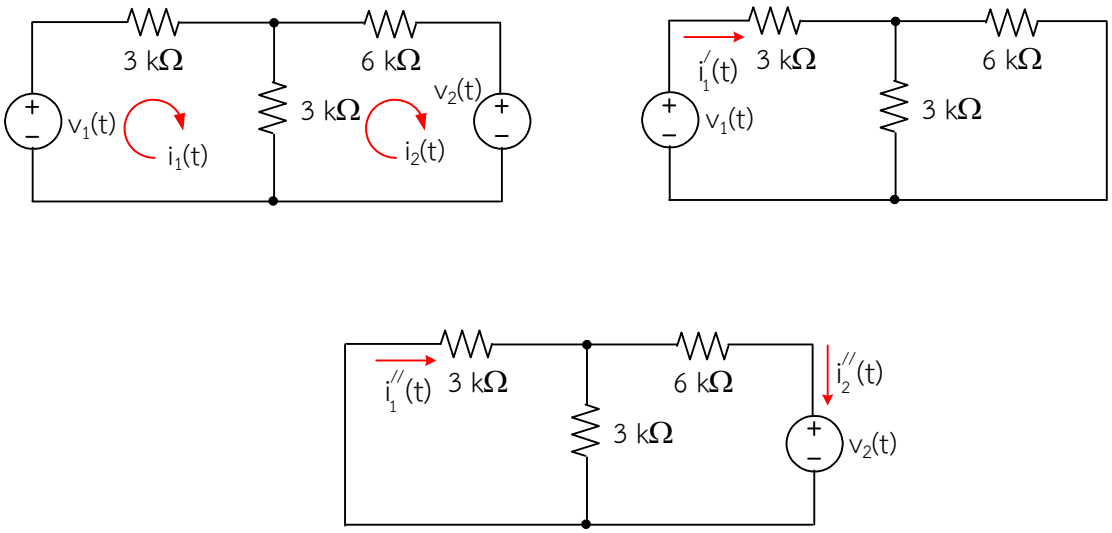
4.1 บทนำ (Introduction)

4.1.1 การสมมูล (Equivalent)

4.1.2 ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)

4.2 ทฤษฎีบทการซ้อนทับ (Superposition Theorem)

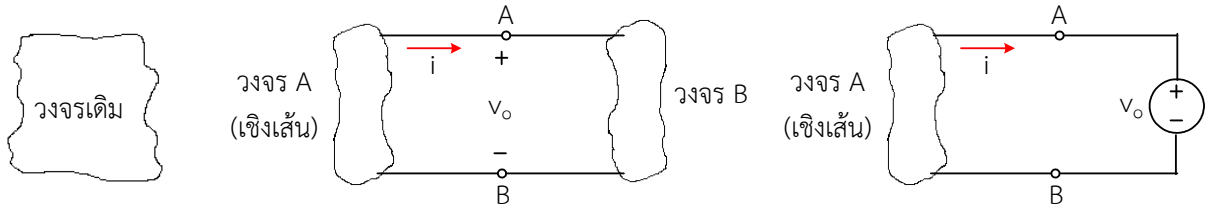
หลักการของทฤษฎีบทการซ้อนทับ (the principle of superposition theorem)[1] กล่าวว่า “ผลตอบสนองของกระแสหรือแรงดันของวงจรเชิงเส้นที่มีแหล่งกำเนิดอิสระมากกว่า 1 ตัว สามารถหาได้จากการรวมผลตอบสนองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอิสระแต่ละตัว



4.3 ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน (Thevenin's and Norton's Theorem)

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่เป็นวงจรเชิงเส้นอีก 2 ทฤษฎีให้ง่ายขึ้น ทฤษฎีแรกตั้งชื่อตาม M.L. Thevenin วิศวกรชาวฝรั่งเศส ทำงานด้านการสื่อสารผ่านสายส่ง ได้เผยแพร่เมื่อปี ค.ศ. 1883 เรียกสิ่งที่ค้นพบว่า ทฤษฎีบทของเทวินิน (Thevenin's theorem)[2] และอีกทฤษฎีหนึ่งค้นพบโดยผลของทฤษฎีบทของเทวินิน ในปี ค.ศ. 1962 ผู้ค้นพบคือ E.L. Norton เป็นนักวิทยาศาสตร์ทำงานที่ bell telephone laboratories เรียกสิ่งที่ค้นพบว่า ทฤษฎีบทของนอร์ตัน (Norton's Theorem)[3] (Irwin, J. David. 2002: 120)

ทฤษฎีทั้งสองนี้มีความสำคัญมาก ใช้พิจารณาวงจรข่ายใด ๆ ระหว่าง 2 ขั้ว และใช้ 2 ขั้วนี้เป็นขั้วตรวจสอบแทนวงจรเดิมเพื่อหาค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าได้ง่ายขึ้นและยังช่วยให้เลือกค่าที่ดีที่สุดของตัวต้านทานโหลด



4.3.1 วงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดอิสระ

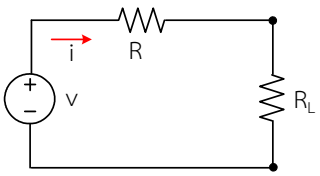
4.3.2 วงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

4.3.3 วงจรที่มีทั้งแหล่งกำเนิดอิสระและแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

4.4 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem)

ในการวิเคราะห์วงจรบางครั้งอาจต้องเพิ่มการหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถส่งไปยังโหลดโดยใช้ทฤษฎีบทของเทวินิน การหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดนั้นจะต้องประยุกต์วงจรและต้องปรับโหลดให้ถ่ายโอนกำลัง– ไฟฟ้าสูงสุดได้ วงจรดังรูป กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลด R_L ได้เป็น

$$P_{load} = i^2 R_L = \left(\frac{v}{R + R_L} \right)^2 R_L$$



รูป วงจรสมมูลสำหรับการทดสอบการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

5.1 การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 4.1-4.2
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นคนละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ
7. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
8. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 4

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 4	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัด (ข้อที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม)	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 4	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	**หน่วยการเรียนรู้ที่ 5**
	ชื่อวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า	**รวม 10 ชั่วโมง**
	ชื่อหน่วยตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	**สอนครั้งที่ 9-10**
ชื่อเรื่องตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์		**จำนวน 10 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ อุปกรณ์ทั้งสองนี้เป็นองค์ประกอบเชิงเส้นและอธิบายคุณสมบัติได้ด้วยสมการอนุพันธ์เชิงเส้น (ตัวต้านทานไม่สามารถสะสมพลังงานไฟฟ้าได้) ซึ่งทั้งสองเป็นอุปกรณ์แบบพาสซีฟที่สามารถกักเก็บและจ่ายพลังงานที่จำกัดได้ ไม่เหมือนกับแหล่งกำเนิดแบบอุดมคติ แต่ไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ไม่จำกัดได้ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน–กระแสของอุปกรณ์ทั้งสองนี้ขึ้นอยู่กับเวลา

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์

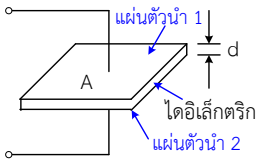
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. คำนวณค่าความจุ แรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุได้
2. วาดรูปคลื่นแรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุได้
3. คำนวณค่าความเหนี่ยวนำ แรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำได้
4. วาดรูปคลื่นแรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำได้
5. คำนวณผลการต่อตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรมและแบบขนานได้
6. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจรทำอนุพันธ์และวงจรทำอินทิเกรตได้

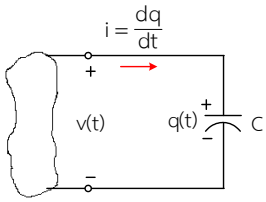
4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

5.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

ตัวเก็บประจุ เป็นองค์ประกอบวงจรที่ประกอบด้วยแผ่นตัวนำ 2 แผ่น มีขนาดพื้นที่ A วางแยกขนานกันด้วยระยะ d มีไดอิเล็กทริก (dielectric) ซึ่งเป็นวัสดุมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้ากั้นอยู่ระหว่างแผ่นตัวนำ ตัวอย่างตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 5.1 และให้สัญลักษณ์เครื่องหมายแบบพาสซีฟ (passive sign convention)



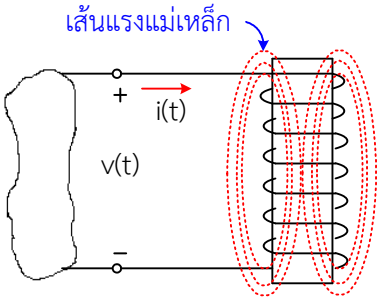
ก) โครงสร้างของตัวเก็บประจุ



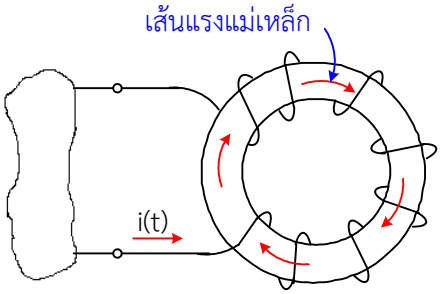
ข) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

5.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

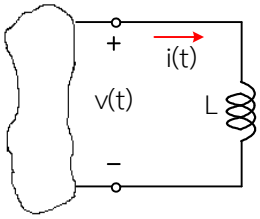
ตัวเหนี่ยวนำเป็นองค์ประกอบวงจรที่ประกอบด้วยลวดตัวนำอยู่ในรูปแบบขดลวด (coil) ตัวอย่างตัว–เหนี่ยวนำ 2 ชนิดและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าดังรูปที่ 5.4 แต่ละชนิดจะเรียกตามชนิดของแกน เช่น แกนอากาศ แกนเหล็ก แกนเฟอร์ไรต์ เป็นต้น ตัวเหนี่ยวนำที่ทำจากแกนอากาศหรือวัสดุที่ไม่ใช่แม่เหล็ก มีใช้อย่างกว้างขวางในวิทยุโทรทัศน์ และวงจรกรอง (filter circuits) ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กมีใช้มากในเพาเวอร์ซัพ–พลายและวงจรกรอง ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์มีใช้มากในอุปกรณ์ไฟฟ้าความถี่สูง



ก) ตัวเหนี่ยวนำ



ข) ตัวเหนี่ยวนำ



ค) สัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ

5.3 การรวมกันของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ (Capacitor and Inductor Combinations)

5.3.1 ตัวเก็บประจุต่ออนุกรม (Series Capacitors)

5.3.2 ตัวเก็บประจุต่อขนาน (Parallel Capacitors)

5.3.3 ตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรม (Series Inductors)

5.3.4 ตัวเหนี่ยวนำต่อขนาน (Parallel Inductors)

5.4 วงจรอาร์ซีออปแอมป์ (RC Operational Amplifier Circuits)

มีสองสิ่งที่สำคัญมากสำหรับวงจรอาร์ซีออปแอมป์ (RC OP–Amp circuits) คือ วงจรทำอนุพันธ์ (differentiator) และวงจรทำอินทิเกรต (integrator) วงจรเหล่านี้ได้รับรูปแบบมาจากวงจรอินเวอร์ติงออป–แอมป์โดยแทนที่ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ด้วยตัวเก็บประจุ (ส่วนตัวเหนี่ยวนำมีแนวโน้มขนาดใหญ่และมีราคาแพง)

พิจารณาจากตัวอย่างวงจรดังรูปที่ 5.10 ก) สมการวงจรได้เป็น

$$C_1 \frac{d}{dt}(v_1 - v_-) + \frac{v_o - v_-}{R_2} = i_-$$

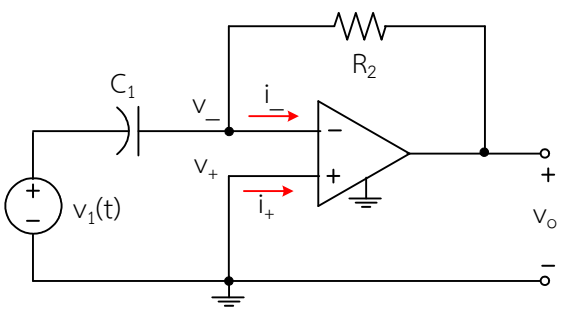
อย่างไรก็ดีเมื่อ $v_- = 0$ และ $i_- = 0$ ดังนั้น

$$v_o(t) = -R_2 C_1 \frac{dv_1(t)}{dt} \qquad \text{..... 5.28}$$

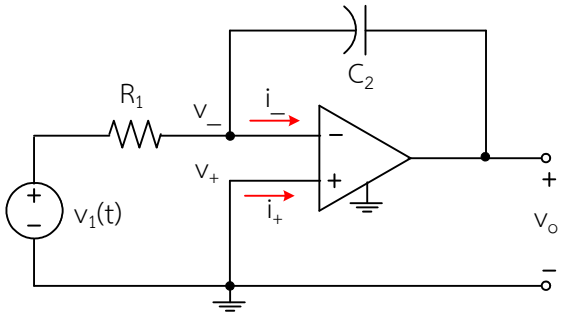
ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรออปแอมป์นี้คือสัดส่วนที่แปรผันตรงกับสัญญาณอินพุต ที่พบว่าใช้อย่างกว้างขวางในทางปฏิบัติ เช่น วงจรตรวจจับความเร็วสามารถต่อเข้ากับวงจรออปแอมป์ที่ให้สัญญาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร่ง หรือสัญญาณเอาต์พุตที่แทนปริมาณประจุที่ตกกระทบบนขั้วโลหะใช้ช่วงเวลาของการอิน–ทิเกรติง (integrating) ค่ากระแสที่วัดได้ เป็นต้น

สมการวงจรสำหรับโครงสร้างภายนอกออปแอมป์ในรูปที่ 5.10 ข) คือ

$$\frac{v_1 - v_-}{R_1} + C_2 \frac{d}{dt}(v_o - v_-) = i_-$$



ก) วงจรทำอนุพันธ์



ข) วงจรทำอินทิเกรต

5.1 การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ
5. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม

6. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

7. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 5

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 5	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบฝึกหัด ข้อที่เลือกจำลองด้วยโปรแกรม	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 5	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6
	ชื่อวิชาวงจรไฟฟ้า 1	รวม 10 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วยวงจรอันดับหนึ่ง	สอนครั้งที่ 11-12
ชื่อเรื่องวงจรอันดับหนึ่ง		จำนวน 10 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

การวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่งเป็นวงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุตัวเดียวหรือตัวเหนี่ยวนำตัวเดียว เป็นการศึกษาพฤติกรรมวงจรในการเปลี่ยนเฟสที่เรียกว่า การวิเคราะห์ทรานเซียนต์ การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลจากตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำหรือทั้งคู่ ซึ่งทั้งสององค์ประกอบนี้สามารถทำการสะสมพลังงานและคายพลังงานในบางช่วงเวลาได้ ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC แบ่งเป็นขณะอัดประจุและขณะคายประจุ ส่วนผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL แบ่งเป็นขณะสะสมพลังงานและขณะปล่อยพลังงาน

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรทรานเซียนต์อันดับหนึ่ง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายคุณลักษณะการสะสมพลังงานของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำได้
2. บอกรูปแบบทั่วไปของสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้
3. คำนวณผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC ขณะอัดประจุและขณะคายประจุได้
4. คำนวณผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL ขณะสะสมพลังงานและขณะปล่อยพลังงานได้

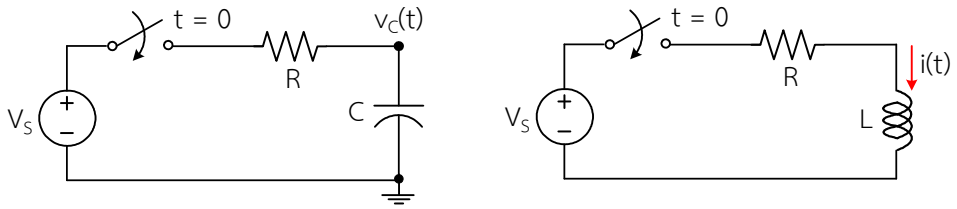
4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

6.1 บทนำ

6.2 รูปแบบทั่วไปของสมการตอบสนอง

วงจรในรูปที่ 6.4 ก) พิจารณาที่เวลา t = 0 เมื่อสวิตช์ปิด ประยุกต์ใช้ KCL ที่โนด $v_C(t)$ เพื่อหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ สำหรับ t = 0 คือ

$$C\frac{dv_C(t)}{dt} + \frac{v(t) - V_S}{R} = 0$$



ก) วงจร RC ข) วงจร RL

รูปที่ 6.4 วงจร RC และวงจร RL

หรือ $$\frac{dv(t)}{dt} + \frac{v(t)}{RC} = \frac{V_S}{RC}$$

จากที่กล่าวมา จึงได้สมมติให้ผลเฉลยของสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งอยู่ในเทอม

$$v(t) = A_1 + A_2 e^{-t/\tau}$$

แทนค่าผลเฉลยนี้ลงในสมการอนุพันธ์ ได้เป็น

$$-\frac{A_2}{\tau} e^{-t/\tau} + \frac{A_1}{RC} + \frac{A_2}{RC} e^{-t/\tau} = \frac{V_S}{RC}$$

พิจารณาค่าคงที่ในสมการและในเทอมเอกซ์โพเนนเชียล ได้เป็น

$$A_1 = V_S$$

$$\tau = RC$$

ดังนั้น $$v(t) = V_S + A_2 e^{-t/RC}$$

เมื่อ V_S คือ ค่าสถานะอยู่ตัว (steady state) และ RC คือ ค่าคงตัวเวลาของวงจร และ A_2 คือ การหาค่าโดยเงื่อนไขเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ ถ้าตัวเก็บประจุขณะเริ่มต้นไม่มีประจุหรือไม่ได้ชาร์จไว้ (แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุเป็นศูนย์ ที่ t = 0) ดังนั้น

$$0 = V_S + A_2 \quad \text{หรือ} \quad A_2 = -V_S$$

ดังนั้นผลเฉลยสมบูรณ์ (การตอบสนองธรรมชาติ) สำหรับแรงดัน v(t) คือ แรงดันขณะอัดประจุ

$$v_c(t) = V_S - V_S e^{-t/RC} = V_S(1 - e^{-t/RC})$$

วงจรในรูปที่ 6.4 ข) สามารถพิจารณาในทำนองเดียวกัน สมการ KVL ใช้บอกกระแสตัวเหนี่ยวนำ สำหรับ $t > 0$ คือ

$$L\frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = V_S$$

เมื่อดำเนินการกับสมการเช่นเดียวกับสมการของตัวเก็บประจุ ได้เป็น

$$i(t) = \frac{V_S}{R} + A_2 e^{-(R/L)t}$$

เมื่อ V_S/R คือ ค่าสถานะอยู่ตัว และ L/R คือ ค่าคงตัวเวลาของวงจร ถ้าไม่มีกระแสเริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำ ดังนั้นที่เวลา t =0:

$$0 = \frac{V_S}{R} + A_2 \quad \text{และ } A_2 = -\frac{V_S}{R}$$

เพราะฉะนั้น

$$i(t) = \frac{V_S}{R} - \frac{V_S}{R} e^{-(R/L)t}$$

$$= \frac{V_S}{R}(1 - e^{-(R/L)t})$$

ถ้าต้องการคำนวณแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ได้เป็น

$$v_R(t) = Ri(t)$$

$$= V_S(1 - e^{-(R/L)t}$$

6.3 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC ต่อแรงดันกระแสตรง

6.3.1 ภาวะชั่วครู่ขณะตัวเก็บประจุอัดประจุไฟฟ้า (Charge Transients)

6.3.2 ภาวะชั่วครู่ขณะตัวเก็บประจุคายประจุไฟฟ้า (Discharge Transients)

6.3.3 ภาวะเริ่มต้นและสถานะอยู่ตัว

6.4 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL ต่อแรงดันกระแสตรง

6.4.1 ภาวะชั่วครู่ขณะตัวเหนี่ยวนำสะสมพลังงาน

6.4.2 ภาวะชั่วครู่ขณะตัวเหนี่ยวนำปล่อยพลังงาน

6.4.3 ภาวะเริ่มต้นและสถานะอยู่ตัว

5.1 การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ

2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 6

3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน

4. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 6.1-6.3

5. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3-4 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม

6. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 6

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 6	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบฝึกหัด ข้อที่เลือกจำลองด้วยโปรแกรม	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 6	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	**หน่วยการเรียนรู้ที่ 7**
	ชื่อวิชาวงจรไฟฟ้า 1	**รวม 10 ชั่วโมง**
	ชื่อหน่วยวงจรอันดับสอง	**สอนครั้งที่ 13-14**
ชื่อเรื่องวงจรอันดับสอง		**จำนวน 10 ชั่วโมง**

1. สาระสำคัญ

การตอบสนองของวงจรที่เกิดจากองค์ประกอบวงจรที่เก็บพลังงาน 2 ตัวในวงจร เรียกวงจรเหล่านี้ว่า วงจรอันดับสอง (second–order circuits) เนื่องจากสมการอนุพันธ์ที่อธิบายวงจรนี้เป็นอันดับสอง ถ้าวงจรประกอบด้วยองค์ประกอบที่สะสมพลังงาน n ตัว สมการตอบสนองของวงจรจะเป็นสมการอนุพันธ์อันดับ n คำตอบของสมการมีคำตอบ 2 ส่วนคือ (1) ผลตอบสนองธรรมชาติ เป็นการหาคำตอบโดยกำหนดแหล่งกำเนิดเท่ากับศูนย์ และ (2) ผลตอบสนองบังคับ

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรอันดับสอง

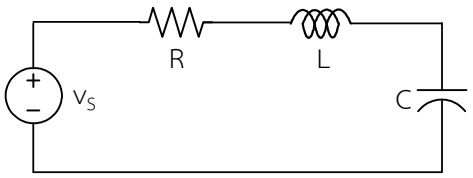
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนสมการอนุพันธ์วงจรอันดับสองของวงจร RLC อนุกรมและขนานได้
2. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้
3. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้
4. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะมีแหล่งกำเนิดได้
5. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะมีแหล่งกำเนิดได้

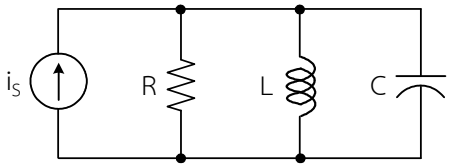
4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

7.1 บทนำ

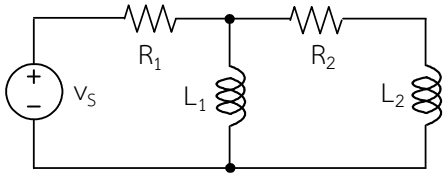
ในการวิเคราะห์วงจรอันดับสองนั้น คำตอบของสมการมีคำตอบ 2 ส่วนคือ (1) ผลตอบสนองธรรมชาติ (natural response) เป็นการหาคำตอบโดยกำหนดแหล่งกำเนิดเท่ากับศูนย์ และ (2) ผลตอบสนองบังคับ (forced response) เป็นการหาคำตอบโดยอาศัยคุณสมบัติขององค์ประกอบอยู่ในสถานะอยู่ตัวเมื่อจ่ายไฟกระแสตรงให้วงจรเป็นเวลานานทำให้ตัวเก็บประจุเปิดวงจรและตัวเหนี่ยวนำลัดวงจร สำหรับตัวอย่างวงจรอันดับสองดังรูป



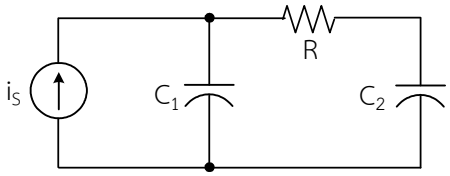
ก) วงจร RLC อนุกรม



ข) วงจร RLC ขนาน



ค) วงจร RL



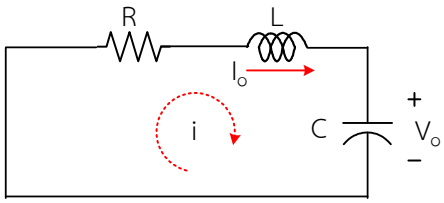
ง) วงจร RC

7.2 การตอบสนองธรรมชาติของวงจรอันดับสอง

7.2.1 วงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

เมื่อพิจารณาวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิด วงจรนี้มีพลังงานสะสมเริ่มต้นในตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ แสดงอยู่ในรูปแรงดัน V_o เริ่มต้นในตัวเก็บประจุและกระแส I_o เริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำ ดังรูป ดังนั้นที่เวลา t = 0 เป็นไปตามสมการ

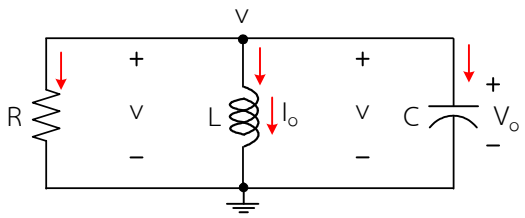
$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0$$



รูป วงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

7.2.2 วงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

วงจร RLC ต่อขนานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้มากมายและใช้มากในวงจรข่ายทางการสื่อสารและการออกแบบวงจรกรองสัญญาณ เมื่อพิจารณาวงจร RLC ต่อขนานดังรูปที่ 7.6 โดยสมมติให้ค่ากระแสเริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำเป็น I_o และแรงดันเริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำเป็น V_o

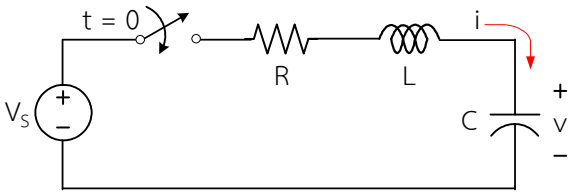


รูป วงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

7.3 การตอบสนองบังคับของวงจรอันดับสอง

7.3.1 วงจร RLC ต่ออนุกรมขณะมีแหล่งกำเนิด

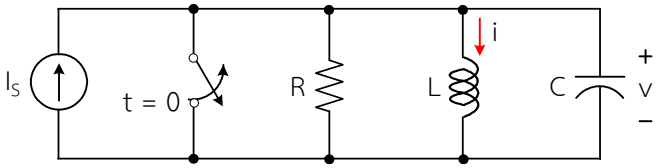
การได้เรียนรู้จากหน่วยก่อนนี้ว่าการตอบสนองต่อแหล่งจ่ายเนื่องจากสัญญาณเป็นขั้น (step) จะเกิดขึ้นเมื่อต่อแหล่งกำเนิดที่เป็นไฟกระแสตรงให้กับวงจร RLC ต่ออนุกรมอย่างทันทีทันใด ดังรูป และประยุกต์ ใช้ KVL รอบลูปปิดสำหรับที่เวลา $t > 0$



รูป แรงดันเป็นขั้นจ่ายให้วงจร RLC ที่ต่ออนุกรม

7.3.2 วงจร RLC ต่อขนานขณะมีแหล่งกำเนิด

เมื่อพิจารณาวงจร RLC ต่อขนาน ดังรูปที่ 7.8 ถ้าต้องการหา i จากการต่อแหล่งกำเนิดกระแส– ตรงเข้าไปในวงจรอย่างฉับพลัน และเมื่อประยุกต์ใช้ KCL ที่โนดบนสุดสำหรับที่เวลา $t > 0$ ได้เป็น



รูป วงจร RLC ต่อขนานขณะมีแหล่งกำเนิดกระแส

5.1 การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 7.1-7.2
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นคนละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน

6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ

7. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม

8. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

9. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 7

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 7	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบฝึกหัดข้อที่เลือกจำลองด้วยโปรแกรม	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 7	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยการเรียนรู้ที่ 8
	ชื่อวิชาหม้อแปลงไฟฟ้า	รวม 15 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วยวงจรเรโซแนนซ์	สอนครั้งที่ 15-17
ชื่อเรื่องการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าและประสิทธิภาพ		จำนวน 15 ชั่วโมง

1. สาระสำคัญ

สัญญาณรูปคลื่นไซน์จึงเป็นฟังก์ชันที่สำคัญมากในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า “เฟสเซอร์” เป็นจำนวนเชิง– ซ้อนที่ใช้แทนขนาดและมุมเฟส (ทิศทาง) ของรูปคลื่นไซน์ อิมพีแดนซ์เป็นอัตราส่วนของเฟสเซอร์แรงดันที่ตก–คร่อมตัวมันกับเฟสเซอร์กระแสที่ไหลผ่านตัวมัน และแอดมิตแตนซ์เป็นส่วนกลับของอิมพีแดนซ์ เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนคือ (1) แปลงองค์ประกอบวงจรให้เป็นวงจรทางเฟสเซอร์ (2) แก้ปัญหาโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น กฎพื้นฐาน (กฎของโอห์มและกฎของเคอร์ชอฟฟ์) วิธีเมช วิธีโนด การแปลงแหล่งกำเนิด ทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินิน และทฤษฎีบทของนอร์ตัน เป็นต้น (3) แปลงคำตอบที่ได้ในรูปเฟสเซอร์โดเมนให้อยู่ในรูปไทม์โดเมน

2. สมรรถนะประจำหน่วย

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์

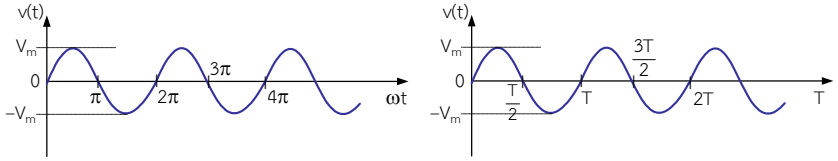
3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. คำนวณค่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ได้
2. ใช้เฟสเซอร์วิเคราะห์วงจรได้
3. แปลงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสจากรูปไทม์โดเมนไปเป็นเฟสเซอร์โดเมนได้
4. คำนวณอิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์ของวงจรได้
5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจรได้
6. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีหรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้

4. เนื้อหาสาระการเรียนรู้

8.1 สัญญาณรูปคลื่นไซน์

เมื่อพิจารณาแรงดันรูปคลื่นไซน์ ดังรูปที่ 8.1 และการเขียน**สมการค่าชั่วขณะ**ดังสมการที่ 8.1



ก) เมื่อเป็นฟังก์ชันของ ωt ข) เมื่อเป็นฟังก์ชันของ t

รูปที่ 8.1 รูปคลื่นไซน์ของ $V_m \sin \omega t$

ได้เป็น $v(t) = V_m \sin \omega t$ 8.1

โดยที่ V_m คือ ขนาด (amplitude) ของรูปคลื่นไซน์

ω คือ ความถี่เชิงมุม (angular frequency) ในหน่วยเรเดียนต่อวินาที (rad/s)

ωt คือ อาร์กิวเมนต์ (argument) ของรูปคลื่นไซน์

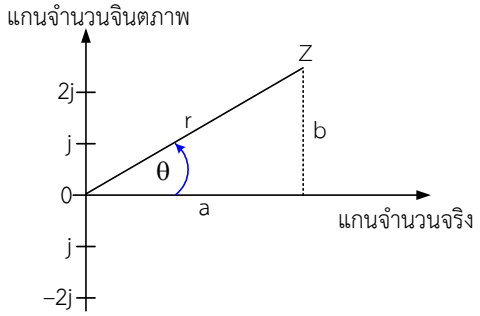
8.2 เฟสเซอร์

เฟสเซอร์ เป็นจำนวนเชิงซ้อนที่ใช้แทนขนาดและมุมเฟส (ทิศทาง) ของรูปคลื่นไซน์ ซึ่งสามารถจัดกระทำได้ง่ายกว่าฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ แต่การใช้เฟสเซอร์วิเคราะห์วงจรนั้นจำเป็นต้องทบทวนจำนวนเชิงซ้อนที่เคยศึกษามาก่อน ซึ่งจำนวนเชิงซ้อนที่ใช้มากมี 3 รูปแบบ ที่มีความสัมพันธ์กัน

โดยมีความสัมพันธ์คือ $a = r \cos \theta$, $b = r \sin \theta$, $r = \sqrt{a^2 + b^2}$, $\theta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$,

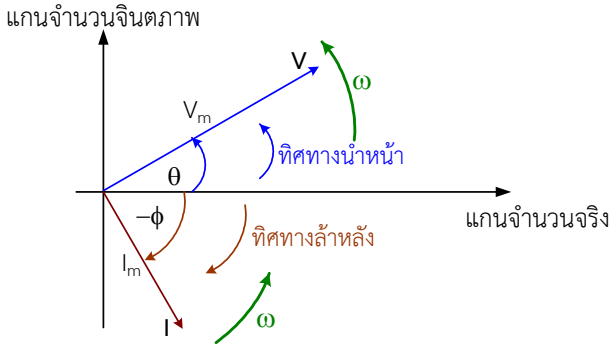
และ $\frac{1}{j} = -j$ ดังนั้น Z จึงเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

$Z = a + jb = r\angle\theta = r(\cos \theta + j \sin \theta)$ และอธิบายได้ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.3 จำนวนเชิงซ้อน $Z = a + jb = r\angle\theta$

เนื่องจากเฟสเซอร์มีทั้งขนาดและทิศทางและเป็นปริมาณเชิงซ้อนอาจแสดงในรูปพิกัดฉาก รูป–เชิงขั้วหรือรูปชี้กำลังก็ได้ เฟสเซอร์จึงเป็นเวกเตอร์หนึ่งเช่นกัน เช่น $\mathbf{V} = V_m\angle\theta$ และ $\mathbf{I} = I_m\angle -\phi$ วาดได้ดังรูปที่ 8.5 แทนเฟสเซอร์ที่กล่าวนั้นเรียกว่า **แผนภาพเฟสเซอร์หรือเฟสเซอร์ไดอะแกรม (phasor diagram)**



รูปที่ 8.5 เฟสเซอร์ไดอะแกรมแสดง $\mathbf{V} = V_m\angle\theta$ และ $\mathbf{I} = I_m\angle -\phi$

8.3 ความสัมพันธ์ทางเฟสเซอร์สำหรับองค์ประกอบวงจร

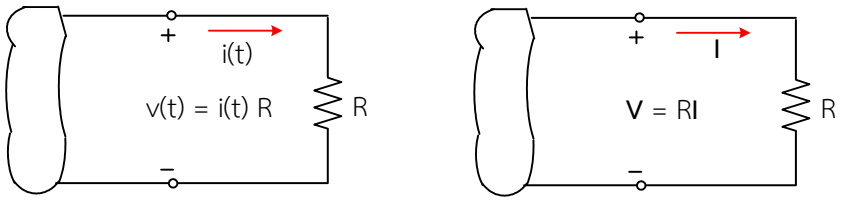
ถ้ามีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R ดังรูปที่ 8.6 มีค่าเป็น $i = I_m \cos(\omega t + \theta)$ จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมันเป็นไปตามกฎของโอห์ม คือ

$$v(t) = Ri(t) = RI_m \cos(\omega t + \theta) \quad \text{..... 8.7}$$

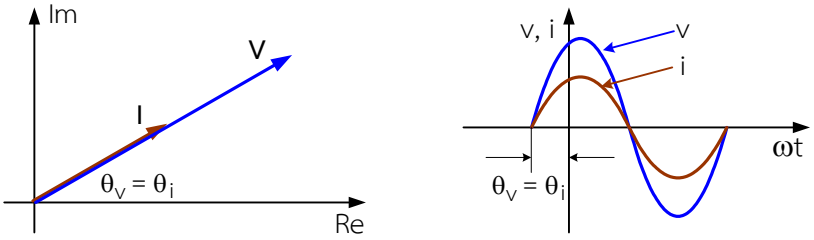
เฟสเซอร์ของแรงดันได้เป็น $\mathbf{V} = RI_m\angle\theta$ 8.8

เฟสเซอร์ของกระแสได้เป็น $\mathbf{I} = I_m\angle\theta$ 8.9

ดังนั้น $\mathbf{V} = R\mathbf{I}$ 8.10



ก) v และ i ในรูปแบบไทม์โดเมน ข) V และ I ในรูปแบบเฟสเซอร์โดเมน



ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ V และ I ง) คลื่นไซน์ของ v และ i

รูปที่ 8.6 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวต้านทาน

ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวเหนี่ยวนำ (L) ดังรูปที่ 8.7 ถ้าสมมติให้กระแสไหลผ่านเป็น $i = I_m \cos(\omega t + \theta)$ แรงดันตกคร่อมตัวมันคือ

$$v(t) = L\frac{di(t)}{dt} = -\omega L I_m \sin(\omega t + \theta) \quad \text{..... 8.11}$$

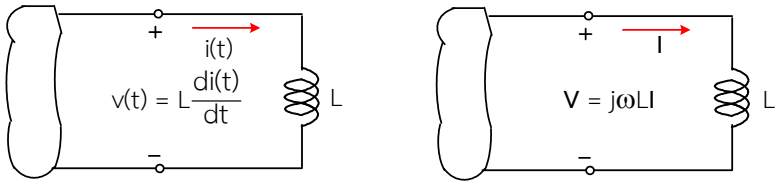
โดยที่ $-\sin A = \cos(A + 90^\circ)$ จึงเขียนแรงดันใหม่ได้เป็น

$$v(t) = \omega L I_m \cos(\omega t + \theta + 90^\circ) \quad \text{..... 8.12}$$

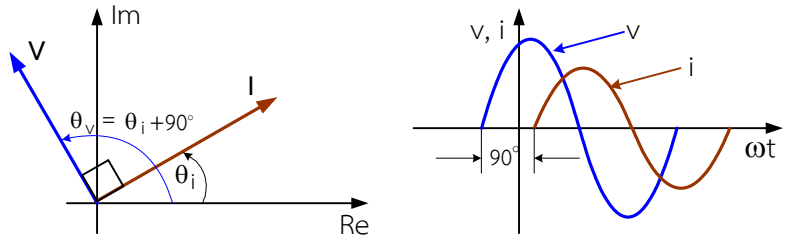
แปลงเป็นเฟสเซอร์ได้เป็น $V = \omega L I_m \angle\theta + 90^\circ$ 8.13

เมื่อ $I = I_m \angle\theta$ และ $e^{j90^\circ} = j$ ดังนั้น

$$V = j\omega L I \quad \text{..... 8.14}$$



ก) v และ i ในรูปแบบไทม์โดเมน ข) V และ I ในรูปแบบเฟสเซอร์โดเมน



ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ V และ I ง) คลื่นไซน์ของ v และ i (มุมเฟสต่างกัน 90°)

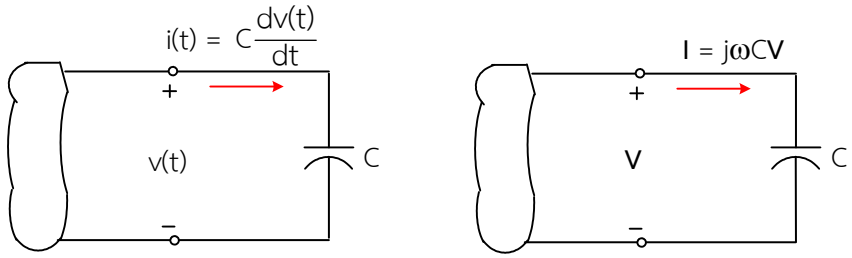
รูปที่ 8.7 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวเหนี่ยวนำ

ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวเก็บประจุ (C) ดังรูปที่ 8.8 ถ้าสมมติให้แรงดันตกคร่อมตัวมันเป็น $v = V_m \cos(\omega t + \theta)$ กระแสที่ไหลผ่านตัวมันคือ

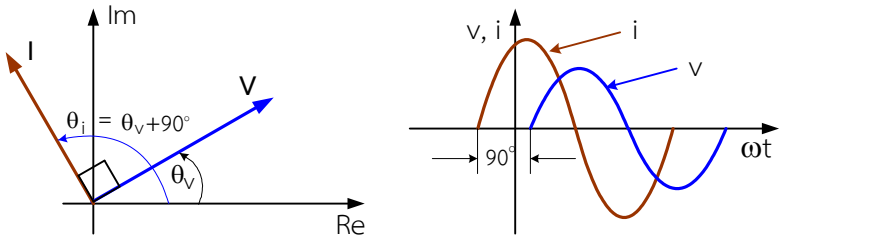
$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt} \qquad \text{..... 8.15}$$

เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนเช่นเดียวกับตัวเหนี่ยวนำได้เป็น

$$\mathbf{I} = j\omega C\mathbf{V} \qquad \text{ได้ค่า} \qquad \mathbf{V} = \frac{\mathbf{I}}{j\omega C} \qquad \text{..... 8.16}$$



ก) i และ v ในรูปแบบไทม์โดเมน ข) I และ V ในรูปแบบเฟสเซอร์โดเมน



ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ I และ V ง) คลื่นไซน์ของ i และ v (มุมเฟสต่างกัน 90°)

รูปที่ 8.8 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวเก็บประจุ

8.4 อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสสำหรับองค์ประกอบวงจรแบบพาสซีฟทั้ง 3 ตัว คือ R, L และ C ได้แก่ $\mathbf{V} = R\mathbf{I}$, $\mathbf{V} = j\omega L\mathbf{I}$ และ $\mathbf{V} = \mathbf{I}/j\omega C$ ตามลำดับ เมื่อนำมาเขียนในเทอมของอัตราส่วนเฟสเซอร์แรงดัน V กับเฟสเซอร์กระแส I ได้เป็น

$$\frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = R, \quad \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = j\omega L, \quad \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{1}{j\omega C} \qquad \text{..... 8.17}$$

สมการที่ 8.17 นี้ได้ความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มในรูปเฟสเซอร์สำหรับ R, L และ C คือ

$$Z = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}}, \quad \mathbf{V} = Z\mathbf{I} \qquad \text{..... 8.18}$$

โดยที่ Z คือ ปริมาณที่ขึ้นอยู่กับความถี่เรียกว่า **อิมพีแดนซ์ (impedance: Z)**

ดังนั้น **อิมพีแดนซ์** หมายถึง อัตราส่วนของเฟสเซอร์แรงดัน V กับเฟสเซอร์กระแส I วัดในหน่วยโอห์ม (อิมพีแดนซ์จะแทนการต้านการไหลของกระแสรูปคลื่นไซน์ และตัวมันเองไม่ได้เป็นเฟสเซอร์ เพราะไม่ได้สอดคล้องกับปริมาณที่เปลี่ยนแปลงตามรูปคลื่นไซน์)

ปริมาณอื่นที่ใช้มากในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยขั้วสองขั้วทางอินพุตคือ **แอดมิตแตนซ์** (admittance: Y) ซึ่งเป็นส่วนกลับของอิมพีแดนซ์ วัดในหน่วยซีเมนส์ (siement: S)

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{I}{V} \qquad \text{..... 8.25}$$

8.5 เฟสเซอร์ไดอะแกรมและโลกัสไดอะแกรม

อิมพีแดนซ์ (Z) และแอดมิตแตนซ์ (Y) เป็นฟังก์ชันของความถี่ ดังนั้นค่าจะเปลี่ยนแปลงเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงใน Z และ Y มีผลต่อความสัมพันธ์ของกระแส แรงดันในวงจรข่าย พารามิเตอร์ในวงจรที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงความถี่นั้นสามารถแสดงให้ง่ายขึ้นโดยใช้เฟสเซอร์ไดอะแกรม (phasor diagram) ศึกษาจากตัวอย่าง

8.6 เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับในเฟสเซอร์โดเมนหรือโดเมนของความถี่สามารถใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) และกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) ได้ และในสถานะอยู่ตัว (AC steady–state) ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์นั้นสามารถเขียนสมการแต่ละค่าอยู่ในรูปไซน์หรือโคไซน์ได้ ทำให้การคำนวณต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ด้วยวิธีโนด การวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับ และหรือการแปลงแหล่งกำเนิด เป็นต้น สามารถทำได้ง่ายขึ้นและใช้พื้นฐานความรู้จากหน่วยที่ 2, 3 และ 4 ที่กล่าวมาแล้วมาประยุกต์ใช้เช่นเดียวกันโดยเทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับศึกษาจากตัวอย่าง

5.1 การนำเขาสูบทเรียน

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 8.1-8.4
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน

6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ

7. แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 คน ทำการจำลองโปรแกรม

8. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

6.สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 8

6.2 สื่อโสตทัศน์ (ถามี)

PowerPoint ประกอบการสอน

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 8	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบฝึกหัดข้อที่ใช้จำลองโปรแกรม	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 8	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%