แผนการจัดการเรียนรู้
มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ และบูรณาการค่านิยมหลัก 12 ประการ

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า

รหัสวิชา 30104-2002 ท–ป–น 2–3–3

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม

สาขาวิชาไฟฟ้า

จัดทำโดย

ครูศุภรัตน์ ประลำภู

(ครูพิเศษสอน)

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รายการตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002

ผู้สอน ครูศุภรัตน์ ประลำภู

เสนอ ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพบ้านผือผ่านรองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
เพื่อตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้

ลงชื่อ
(ว่าที่ร้อยตรีหญิงศุภรัตน์ ประลำภู)
ครูผู้สอน
...../...../.....

☐ ควรอนุญาตให้ใช้การสอนได้
☐ ควรปรับปรุงเกี่ยวกับ.....

ลงชื่อ
(นายสุรสิทธ์ แสงเสนาะ)
หัวหน้าแผนกวิชา
...../...../.....

☐ เห็นควรอนุญาตให้ใช้การสอนได้
☐ ควรปรับปรุงดังเสนอ
☐ อื่น ๆ .....

ลงชื่อ
(นางอริยา อรุณศิวกุล)
รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ
...../...../.....

☐ อนุญาตให้ใช้การสอนได้
☐ อื่น ๆ .....

ลงชื่อ.....
(นายณัฐญวรรธน์ สุวรรณศรี)
ผู้อำนวยการ
...../...../.....

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและค่านิยมหลัก 12 ประการ วิชาวงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002 เล่มนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการสอน หรือเป็นแนวทางการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 12 หน่วยการเรียน ประกอบด้วย (1) ความคิดรวบยอดพื้นฐาน (2) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ (3) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป (4) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ (5) ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์ (6) วงจรอันดับหนึ่ง (7) วงจรอันดับสอง (8) วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์ (9) วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม (10) ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์ (11) กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง และ (12) วงจรไฟฟ้าสามเฟส การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และคุณธรรมจริยธรรม ไว้ในหน่วยการเรียนรู้ตามความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา มีแบบฝึกหัด และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อครู-อาจารย์และนักศึกษา หากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

ลงชื่อ

(ครูศุภรัตน์ ประลำภู)

สารบัญ

หน้า

คำนำ 3
สารบัญ 4
หลักสูตรรายวิชา 5
หน่วยการเรียนรู้ 6
การวัดผลและประเมินผล 7
หน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา 8
โครงการจัดการเรียนรู้ 9
สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 10
ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา 22
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความคิดรวบยอดพื้นฐาน 23
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์..... 27
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป..... 32
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ 35
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์..... 40
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 วงจรอันดับหนึ่ง..... 45
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 วงจรอันดับสอง..... 50
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์..... 55
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม..... 62
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์..... 67
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง..... 72
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 วงจรไฟฟ้าสามเฟส..... 79

	หลักสูตรรายวิชา **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า 1 (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ท–ป–น
30104-2002	วงจรไฟฟ้า	2–3–3

จุดประสงค์รายวิชา (Objectives of Subject)

เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการและทฤษฎีวงจรไฟฟ้า
2. สามารถคำนวณหาค่าความต้านทาน กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และตรวจสอบแก้ไขหาข้อบกพร่องของวงจร
3. มีกิจนิสัยในการทำงานร่วมกับผู้อื่นด้วยความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา (Competency of Subject)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎ ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
2. คำนวณและวัดค่าปริมาณต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
3. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

คำอธิบายรายวิชา (Explanation of Subject)

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับองค์ประกอบของวงจร วงจรแบบตัวต้านทาน แหล่งกำเนิดแบบอิสระและไม่อิสระ วิเคราะห์วงจรด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ ด้วยวิธีโนดและเมช ทฤษฎีการวางซ้อน ทฤษฎีของเทวินินและนอร์ตัน วงจรออปแอมป์ คาปาซิเตอร์และอินดักเตอร์ วงจรลำดับที่หนึ่งและวงจรลำดับที่สอง ผลตอบสนองในสภาวะทรานเชียนต์ต่อแรงดันกระแสตรง วงจรแม่เหล็กไฟฟ้า ความเหนี่ยวนำร่วม วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ รูปคลื่นไซน์และแผนผังเฟสเซอร์ อิมพีแดนซ์ แอดมิตแตนซ์ วงจรเรโซแนนซ์ โลกัสไดอะแกรม กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าหนึ่งเฟสและหลายเฟส การวัดกำลังไฟฟ้า การจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002

ท–ป–น 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ	ที่มา					
			A	B	C	D	E	F
1	ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	5	/	/	/	/	/	/
2	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	5	/	/	/	/	/	/
3	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	5	/	/	/	/	/	/
4	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ	15	/	/	/	/	/	/
5	ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	5	/	/	/	/	/	/
6	วงจรอันดับหนึ่ง	10	/	/	/	/	/	/
7	วงจรอันดับสอง	5	/	/	/	/	/	/
8	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์	10	/	/	/	/	/	/
9	วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม	5	/	/	/	/	/	/
10	ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์	5	/	/	/	/	/	/
11	กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง	10	/	/	/	/	/	/
12	วงจรไฟฟ้าสามเฟส	5	/	/	/	/	/	/
	วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน	5						
รวม		90						

หมายเหตุ A = หลักสูตรรายวิชา

B = Alexander, Charles K. & Sadiku, Matthew N.O. (2000). **Fundamentals Electric Circuits**.

C = Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.

D = Floyd, Thomas L. (2001). **Principles of Electric Circuits**.

E = Irwing, Divid J. (2002). **Basic Engineering Circuit Analysis**.

F = Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

	การวัดผลและประเมินผล **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

1. คะแนนการวัดผล

- พุทธิพิสัย	1) แบบฝึกหัด	5 %
	2) ทดสอบหลังเรียน	15 %
	3) วัดผลสัมฤทธิ์ (ภาคทฤษฎี)	15 %
- ทักษะพิสัย	1) กิจกรรมทดลอง	30 %
	2) ทดสอบภาคปฏิบัติ	15 %
- จิตพิสัย	รวม	20 %
	รวมทั้งหมด	100 %

(คะแนนทดสอบก่อนเรียนไว้สำหรับเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียน)

คะแนนระหว่างภาค/ปลายภาค		70:30
ระหว่างภาค	1) แบบฝึกหัด	5 %
	2) ทดสอบหลังเรียน	15 %
	3) กิจกรรมทดลอง	30 %
	4) จิตพิสัย	20 %
	รวม	70 %
ปลายภาค	1) วัดผลสัมฤทธิ์ (ปลายภาค)	15 %
	2) ทดสอบภาคปฏิบัติ	15 %
	รวม	30 %

2. คะแนนการประเมินผล (อิงเกณฑ์)

80 – 100	คะแนน ได้ผลการเรียน	4.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
75 – 79	คะแนน ได้ผลการเรียน	3.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
70 – 74	คะแนน ได้ผลการเรียน	3.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
65 – 69	คะแนน ได้ผลการเรียน	2.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้
60 – 64	คะแนน ได้ผลการเรียน	2.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
55 – 59	คะแนน ได้ผลการเรียน	1.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
50 – 54	คะแนน ได้ผลการเรียน	1.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
<50	คะแนน ได้ผลการเรียน	0	หมายถึง ผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

ความสอดคล้องของหน่วยกับสมรรถนะรายวิชา

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002

ท–ป–น 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

หน่วย	ชื่อหน่วย	คาบ	ความสอดคล้องกับสมรรถนะรายวิชา		
			แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎ ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ	คำนวณและวัดปริมาณต่าง ๆ ของระบบไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ	ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
1	ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	5	✓	✓	✓
2	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	5	✓	✓	✓
3	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	5	✓	✓	✓
4	การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ	15	✓	✓	✓
5	ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	5	✓	✓	✓
6	วงจรอันดับหนึ่ง	10	✓	✓	✓
7	วงจรอันดับสอง	5	✓	✓	✓
8	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์	10	✓	✓	✓
9	วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม	5	✓	✓	✓
10	ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์	5	✓	✓	✓
11	กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง	10	✓	✓	✓
12	วงจรไฟฟ้าสามเฟส	5	✓	✓	✓

โครงการจัดการเรียนรู้ (ย่อ)

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002

ท–ป–น 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ครั้งที่	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	คาบ
1	หน่วยที่ 1 ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
2	หน่วยที่ 2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
3	หน่วยที่ 3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
4–6	หน่วยที่ 4 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	15
7	หน่วยที่ 5ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
8–9	หน่วยที่ 6 วงจรอันดับหนึ่ง	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	10
10	หน่วยที่ 7 วงจรอันดับสอง	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
11–12	หน่วยที่ 8วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	10
13	หน่วยที่ 9 วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
14	หน่วยที่ 10 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
15–16	หน่วยที่ 11กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	10
17	หน่วยที่ 12 วงจรไฟฟ้าสามเฟส	จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5
18	วัดผลสัมฤทธิ์ปลายภาคเรียน		5
รวม			**90**

หมายเหตุโครงการจัดการเรียนรู้นี้เป็นเพียงแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาและเวลาการจัดการเรียนการสอนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 1 ความคิดรวบยอดพื้นฐาน 1.1 ระบบของหน่วย (System of Units) 1.2 ปริมาณพื้นฐาน (Basic Quantities) 1.3 องค์ประกอบวงจร (Circuit Elements) 1.4 วงจรแบบตัวต้านทาน (Resistor Circuits) 1.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับระบบของหน่วย ปริมาณพื้นฐาน องค์ประกอบวงจรและวงจรแบบตัวต้านทาน 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. บอกระบบของหน่วยในระบบ SI ได้ 2. อธิบายปริมาณประจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานได้ 3. จำแนกองค์ประกอบวงจรแบบแอกทีฟและแบบพาสซีฟได้ 4. อธิบายแหล่งกำเนิดอิสระและแหล่งกำเนิดไม่อิสระได้ 5. อธิบายการให้สัญลักษณ์เครื่องหมายแบบพาสซีฟได้ 6. บอกความต้านทานสมมูลของวงจรโดยพื้นฐานทั้ง 3 ชนิดได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจและแบ่งบัน ความร่วมมือ/ยอมรับความคิดเห็นส่วนใหญ่

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ 2.1 กฎของโอห์ม (Ohm's Law) 2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Laws) 2.3 วงจรที่มีลูปเดียว (Single–Loop Circuits) 2.4 วงจรที่มีคู่ โนดเดียว (Single–Node–Pair Circuits) 2.5 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ (Circuits with Dependent Source) 2.6 สรุปสาระสำคัญ (Summary)	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กฎของเคอร์-ชอฟฟ์ วงจรที่มีลูปเดียว วงจรที่มีคู่ โนดเดียวและวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. ประยุกต์ใช้กฎของโอห์มหาค่าในวงจรไฟฟ้าได้ 2. ประยุกต์ใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์หาค่าในวงจรไฟฟ้าได้ 3. วิเคราะห์วงจรที่มีลูปเดียวโดยใช้กฎการแบ่งแรงดันและกฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้ 4. วิเคราะห์วงจรที่มีคู่ โนดเดียว โดยใช้กฎการแบ่งกระแสและกฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้ 5. วิเคราะห์วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง แสดงออกด้านการตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ไม่หยดนิ่งที่จะแก้ปัญหา ความซื่อสัตย์ ความร่วมมือ

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป 3.1 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนด (Nodal Analysis) 3.2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูป (Loop Analysis) 3.3 วงจรที่มีออปแอมป์ (Circuit with Operational Amplifiers) 3.4 สรุปสาระสำคัญ (Summary)	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์การปฏิบัติ** 1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดได้ 2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูปได้ 3. วิเคราะห์วงจรที่มีออปแอมป์ได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบ และความเชื่อมั่นในตนเอง

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 4 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ 4.1 บทนำ (Introduction) 4.2 ทฤษฎีบทการซ้อนทับ (Superposition Theorem) 4.3 ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน (Thevenin's and Norton's Theorem) 4.4 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem) 4.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน และทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับได้ 2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทของเทวินินได้ 3. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีบทของนอร์ตันได้ 4. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบและความเชื่อมั่นในตนเอง

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 5 ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์ 5.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitors) 5.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors) 5.3 การรวมกันของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ (Capacitor and Inductor Combinations) 5.4 วงจรอาร์ซีออปแอมป์ (RC Operational Amplifier Circuits) 5.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์ 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. คำนวณค่าความจุ แรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุได้ 2. วาดรูปคลื่นแรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุได้ 3. คำนวณค่าความเหนี่ยวนำ แรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำได้ 4. วาดรูปคลื่นแรงดัน กระแส กำลังและพลังงานสะสมในตัวเหนี่ยวนำได้ 5. คำนวณผลการต่อตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรมและแบบขนานได้ 6. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจรทำอนุพันธ์และวงจรทำอินทิเกรตได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบและความเชื่อมั่นในตนเอง

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 6 วงจรอันดับหนึ่ง 6.1 บทนำ 6.2 รูปแบบทั่วไปของสมการตอบสนอง 6.3 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC ต่อแรงดันกระแสตรง 6.4 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL ต่อแรงดันกระแสตรง 6.5 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรทรานเซียนต์อันดับหนึ่ง 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. อธิบายคุณลักษณะการสะสมพลังงานของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำได้ 2. บอกรูปแบบทั่วไปของสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งได้ 3. คำนวณผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC ขณะอัดประจุและขณะคายประจุได้ 4. คำนวณผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL ขณะสะสมพลังงานและขณะปล่อยพลังงานได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบ และความเชื่อมั่นในตนเอง

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 7 วงจรอันดับสอง 7.1 บทนำ 7.2 การตอบสนองธรรมชาติของวงจรอันดับสอง 7.3 การตอบสนองบังคับของวงจรอันดับสอง 7.4 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรอันดับสอง 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. เขียนสมการอนุพันธ์วงจรอันดับสองของวงจร RLC อนุกรมและขนานได้ 2. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้ 3. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้ 4. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะมีแหล่งกำเนิดได้ 5. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะมีแหล่งกำเนิดได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความรักสามัคคีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความพึงพอใจในผลงานที่ทำ

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 8 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์ 8.1 สัญญาณรูปคลื่นไซน์ 8.2 เฟสเซอร์ 8.3 ความสัมพันธ์ทางเฟสเซอร์สำหรับองค์ประกอบวงจร 8.4 อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์ 8.5 เฟสเซอร์ไดอะแกรมและโลกัสไดอะแกรม 8.6 เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 8.7 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์ 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. คำนวณค่าพารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์ได้ 2. ใช้เฟสเซอร์วิเคราะห์วงจรได้ 3. แปลงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสจากรูปไทม์โดเมนไปเป็นเฟสเซอร์โดเมนได้ 4. คำนวณอิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์ของวงจรได้ 5. เขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจรได้ 6. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีหรือทฤษฎีต่าง ๆ ได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความสนใจใฝ่รู้ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความพึงพอใจในผลงานที่ทำ

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 9 วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม 9.1 สนามแม่เหล็ก 9.2 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก 9.3 ความซาบซึมได้ 9.4 ความต้านทานแม่เหล็ก 9.5 กฎของโอห์มสำหรับวงจรแม่เหล็ก 9.6 แรงทำแม่เหล็ก 9.7 ฮิสเทอรีซิส 9.8 กฎของแอมแปร์ 9.9 วงจรแม่เหล็กอนุกรม 9.10 ช่องว่างอากาศ 9.11 วงจรแม่เหล็กอนุกรม–ขนาน 9.12 ความเหนี่ยวนำร่วม 9.13 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแม่เหล็กและความเหนี่ยวนำร่วม 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. บอกลักษณะของสนามแม่เหล็กได้ 2. คำนวณความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กได้ 3. อธิบายความซาบซึมได้ได้ 4. คำนวณความต้านทานแม่เหล็กได้ 5. ใช้กฎของโอห์มในวงจรแม่เหล็กได้ 6. คำนวณแรงทำแม่เหล็กได้ 7. อธิบายฮิสเทอรีซิสได้ 8. ใช้กฎของแอมแปร์ในวงจรแม่เหล็กได้ 9. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรแม่เหล็กได้ 10. อธิบายความเหนี่ยวนำร่วมได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง และความซื่อสัตย์สุจริต

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 10 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์ 10.1 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์ 10.2 วงจรเรโซแนนซ์ 10.3 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์ 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. อธิบายการเกิดภาวะเรโซแนนซ์ได้ 2. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมได้ 3. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรโซแนนซ์ขนานได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง และความซื่อสัตย์สุจริต

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 11 กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง 11.1 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ 11.2 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 11.3 การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด 11.4 ค่าประสิทธิผลหรือค่าอาร์เอ็มเอส 11.5 ตัวประกอบกำลัง 11.6 กำลังเชิงซ้อน 11.7 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง 11.8 การวัดกำลังไฟฟ้าในระบบหนึ่งเฟส 11.9 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. คำนวณกำลังไฟฟ้าชั่วขณะและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยได้ 2. แก้ปัญหาวงจรด้วยการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดได้ 3. คำนวณค่าประสิทธิผลในวงจรได้ 4. อธิบายตัวประกอบกำลังได้ 5. ใช้กำลังเชิงซ้อนแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าได้ 6. คำนวณการปรับปรุงตัวประกอบกำลังได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง และความซื่อสัตย์สุจริต

	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002 **ท–ป–น** 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

ชื่อเรื่อง	สมรรถนะย่อยและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
หน่วยที่ 12 วงจรไฟฟ้าสามเฟส 12.1 บทนำ 12.3 การต่อแหล่งกำเนิดและการต่อโหลด 12.4 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้า 12.5 การปรับปรุงตัวประกอบกำลัง 12.6 การวัดกำลังไฟฟ้าในระบบสามเฟส 12.7 สรุปสาระสำคัญ	**สมรรถนะย่อย (Element of Competency)** 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าสามเฟส 2. ทดสอบ จำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ **จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. อธิบายความสัมพันธ์เฟสของระบบไฟฟ้าสามเฟสได้ 2. อธิบายลักษณะการต่อสามเฟสแบบวายและแบบเดลตาได้ 3. คำนวณการต่อแหล่งกำเนิดและการต่อโหลดของระบบไฟฟ้าสามเฟสได้ 4. คำนวณกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าสามเฟสได้ 5. อธิบายการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าสามเฟสได้ 6. คำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุเพื่อการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าสามเฟสได้
จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
	ด้านคุณธรรมจริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง และความซื่อสัตย์สุจริต

ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า (Electric Circuit) **รหัส** 30104-2002

ท–ป–น 2–3–3 **จำนวนคาบสอน** 5 **คาบ: สัปดาห์ ระดับชั้น** ปวส.

พฤติกรรม / ชื่อหน่วย	พุทธิพิสัย (35%)					ทักษะพิสัย (45%)	จิตพิสัย (20%)	รวม	ลำดับความสำคัญ
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	ประยุกต์-นำไปใช้	วิเคราะห์	สูงกว่า				
1. ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	1	1				1	1	4	6
2. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์		1	1	1		4	2	9	3
3. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป		1	1	1		4	2	9	3
4. การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ		1	1	1		6	2	11	**1**
5. ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	1	1	1			4	1	8	4
6. วงจรอันดับหนึ่ง		1	1	1		5	2	10	2
7. วงจรอันดับสอง		1	1	1		2	1	6	5
8. วงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์		1	1	1		5	2	10	2
9. วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม		1	1	1		3	2	8	4
10. ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์		1	1	1		2	1	6	5
11. กำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง		1	1	1		5	2	10	2
12. วงจรไฟฟ้าสามเฟส		1	1	1		4	2	9	**3**
รวม	2	12	11	10					
	35					45	20		
ลำดับความสำคัญ	2					1	3		

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย ความคิดรวบยอดพื้นฐาน	สอนครั้งที่ 1/15
ชื่อเรื่อง ความคิดรวบยอดพื้นฐาน		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

1.1 ระบบของหน่วย (System of Units)
1.2 ปริมาณพื้นฐาน (Basic Quantities)
1.3 องค์ประกอบวงจร (Circuit Elements)
1.4 วงจรแบบตัวต้านทาน (Resistor Circuits)
1.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

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

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับระบบของหน่วย ปริมาณพื้นฐาน องค์ประกอบวงจรและวงจรแบบตัวต้านทาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

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

เนื้อหาสาระ /// (Content)

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: ^{o}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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 1/15, คาบที่ 1–5/75)

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

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 1, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

การวัดและการประเมินผล

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1

2. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 1

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

2. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.

3. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**

4. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า 2 รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	สอนครั้งที่ 2/15
ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

2.1 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Laws)

2.3 วงจรที่มีลูปเดียว (Single–Loop Circuits)

2.4 วงจรที่มีคู่ โนดเดียว (Single–Node–Pair Circuits)

2.5 วงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ (Circuits with Dependent Source)

2.6 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

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

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ วงจรที่มีลูปเดียว วงจรที่มีคู่ โนดเดียวและวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

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

เนื้อหาสาระ /// (Content)

2.1 กฎของโอห์ม (Ohm's Law)

กฎของโอห์ม กล่าวว่า แรงดันตกคร่อมความต้านทานจะแปรผันตรงกับกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานนั้น มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม (ohm: Ω)

ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ตามกฎของโอห์ม เป็นไปตามสมการที่ 2.1

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

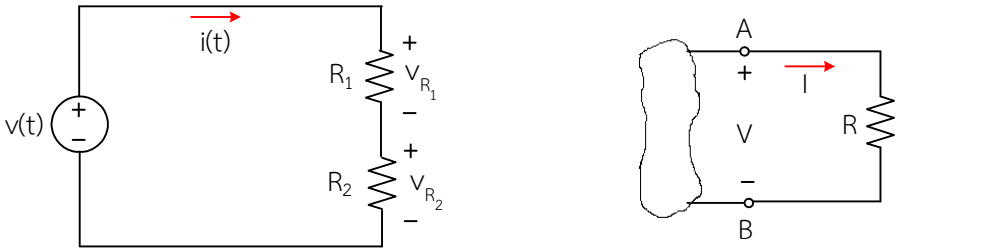
2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Laws)

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

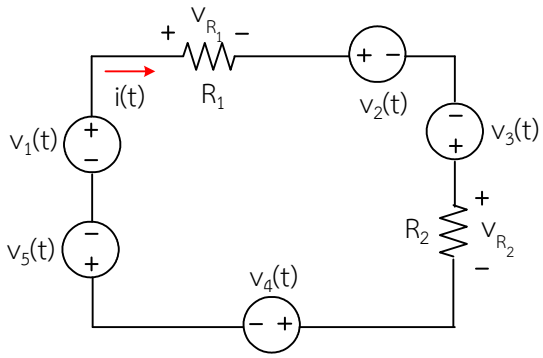
2.3.2 วงจรหลายแหล่งกำเนิดและหลายตัวต้านทาน การวิเคราะห์วงจรที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันหลายตัวและตัวต้านทานหลายตัว ต่อแบบเรียงลำดับหรือต่ออนุกรม ดังรูป ถ้าสมมติให้กระแส i(t) ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและใช้ KVL ในวงจรได้เป็น

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

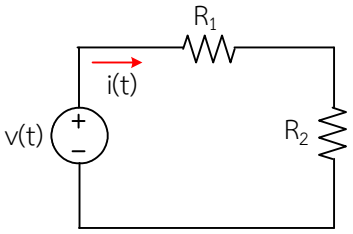
หรือใช้กฎของโอห์ม ได้เป็น

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

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



ก) วงจรที่มีหลายแหล่งกำเนิด

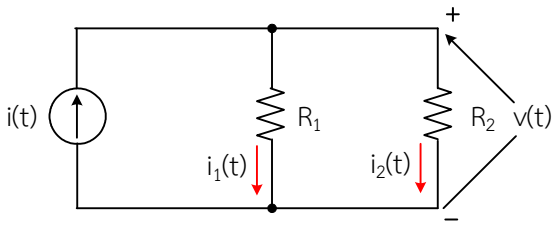


ข) วงจรสมมูลของรูป ก)

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



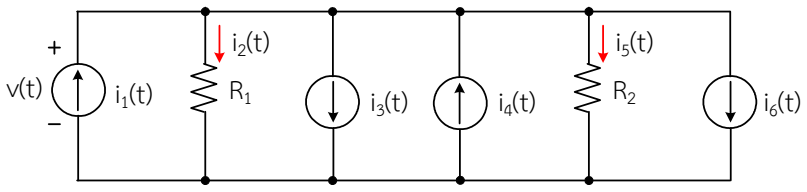
รูป วงจรขนาน

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

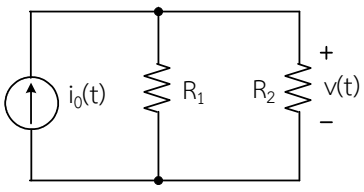
$$i_1(t) - i_2(t) - i_3(t) + i_4(t) - i_5(t) - i_6(t) = 0$$

หรือ

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



ก)



ข) วงจรสมมูลของรูป ก)

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 2/15, คาบที่ 6–10/75)

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

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 2, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน แบบฝึกหัด
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2
2. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 2
3. ผลการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. _____ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.
7. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....
(.....)
ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....
(.....)
ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป	สอนครั้งที่ 3/15
ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

3.1 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนด (Nodal Analysis)

3.2 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูป (Loop Analysis)

3.3 วงจรที่มีออปแอมป์ (Circuit with Operational Amplifiers)

3.4 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและด้วยวิธีลูปเป็นวิธีวิเคราะห์วงจรข่ายอีกวิธีหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยวิธีโนดจะหาค่าแรงดันโนดและใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) ส่วนวิธีลูปจะใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) หาค่ากระแสในวงจรกับวงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดอิสระและวงจรที่มีแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดและวิธีลูป

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

1. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีโนดได้
2. วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีลูปได้
3. วิเคราะห์วงจรที่มีออปแอมป์ได้

เนื้อหาสาระ /// (Content)

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 Amplifier)

3.3.3 วงจรขยายไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifier)

3.3.4 วงจรขยายผลบวก (Summing Amplifier)

3.3.5 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier)

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 3/15, คาบที่ 11–15/75)

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

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 3, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์
2. ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เลือกจำลองด้วยโปรแกรมให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 3
2. ผลการทำและนำเสนอแบบจำลองวงจร
3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 3
4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	**หน่วยที่ 4**
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ	สอนครั้งที่ 4-6/15
ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีต่าง ๆ		จำนวน 10 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

4.1 บทนำ (Introduction)

4.2 ทฤษฎีบทการซ้อนทับ (Superposition Theorem)

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

4.4 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem)

4.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

ทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตัน ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นทฤษฎีที่นำมาใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้ามาก การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนสามารถทำได้ง่ายขึ้นโดยการแทนที่ส่วนที่เหลือของวงจรให้อยู่ในรูปวงจรสมมูลแบบง่ายแล้วเลือกวิธีวิเคราะห์ที่สะดวกที่สุด

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรด้วยทฤษฎีบทการซ้อนทับ ทฤษฎีบทของเทวินินและนอร์ตันและทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

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

เนื้อหาสาระ /// (Content)

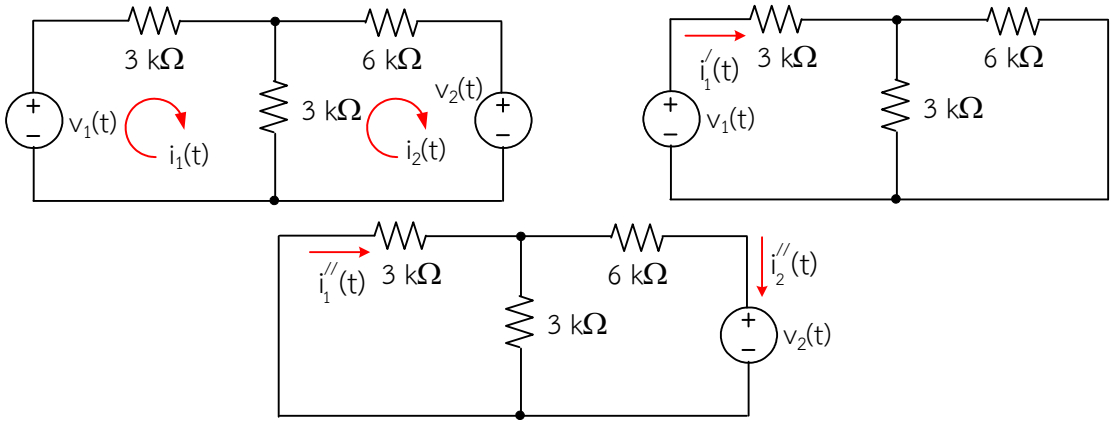
4.1 บทนำ (Introduction)

4.1.1 การสมมูล (Equivalent)

4.1.2 ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)

4.2 ทฤษฎีบทการซ้อนทับ (Superposition Theorem)

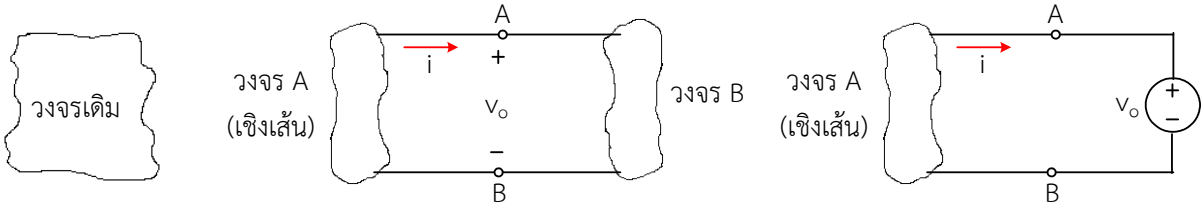
หลักการของทฤษฎีบทการซ้อนทับ (the principle of superposition theorem)[1] กล่าวว่า “ผลตอบ สนองของกระแสหรือแรงดันของวงจรเชิงเส้นที่มีแหล่งกำเนิดอิสระมากกว่า 1 ตัว สามารถหาได้จากการรวมผลตอบสนองที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอิสระแต่ละตัว”



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

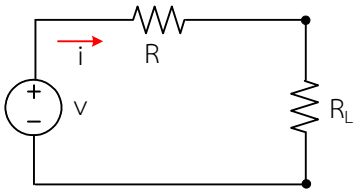
4.3.2 วงจรที่มีเฉพาะแหล่งกำเนิดไม่อิสระ

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 4/15, คาบที่ 16–20/75)

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 5/18, คาบที่ 21–25/90)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
3. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 4.3
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นคนละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
5. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ
6. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
7. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 6/18, คาบที่ 26–30/90)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
3. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 4.4
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
5. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ

6. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

7. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

8. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 4, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

2. ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรมให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4

2. ผลการทำและนำเสนอการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม

3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 4

4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.

3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.

4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**

5. _____ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	หน่วยที่ 5
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์	สอนครั้งที่ 7/15
ชื่อเรื่อง ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

5.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

5.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

5.3 การรวมกันของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ (Capacitor and Inductor Combinations)

5.4 วงจรอาร์ซีออปแอมป์ (RC Operational Amplifier Circuits)

5.5 สรุปสาระสำคัญ (Summary)

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

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

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำและวงจรอาร์ซีออปแอมป์

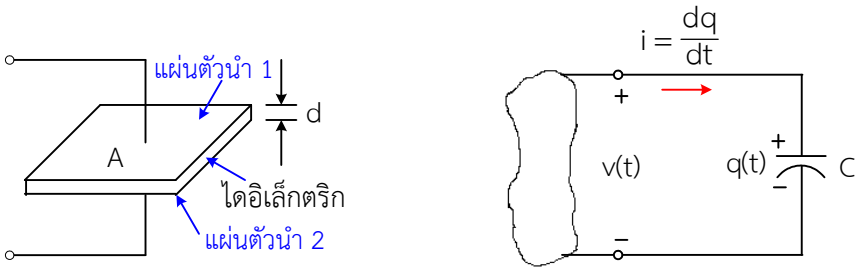
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

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

เนื้อหาสาระ /// (Content)

5.1 ตัวเก็บประจุ (Capacitors)

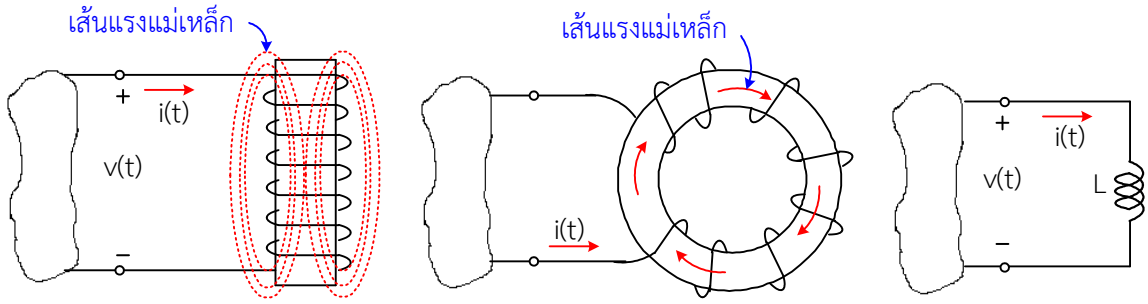
ตัวเก็บประจุ เป็นองค์ประกอบวงจรที่ประกอบด้วยแผ่นตัวนำ 2 แผ่น มีขนาดพื้นที่ A วางแยกขนานกันด้วยระยะ d มีไดอิเล็กทริก (dielectric) ซึ่งเป็นวัสดุมีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้ากั้นอยู่ระหว่างแผ่นตัวนำ ตัวอย่างตัวเก็บประจุและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 5.1 และให้สัญลักษณ์เครื่องหมายแบบพาสซีฟ (passive sign convention)



ก) โครงสร้างของตัวเก็บประจุ ข) สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

5.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductors)

ตัวเหนี่ยวนำเป็นองค์ประกอบวงจรที่ประกอบด้วยลวดตัวนำอยู่ในรูปแบบขดลวด (coil) ตัวอย่างตัว–เหนี่ยวนำ 2 ชนิดและสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าดังรูปที่ 5.4 แต่ละชนิดจะเรียกตามชนิดของแกน เช่น แกนอากาศ แกนเหล็ก แกนเฟอร์ไรต์ เป็นต้น ตัวเหนี่ยวนำที่ทำจากแกนอากาศหรือวัสดุที่ไม่ใช่แม่เหล็ก มีใช้อย่างกว้างขวางในวิทยุ โทรทัศน์ 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

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

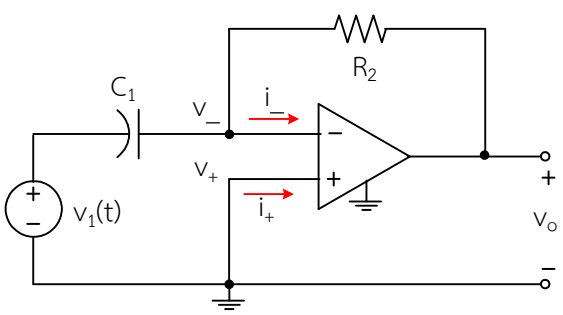
อย่างไรก็ดีเมื่อ $v_- = 0$ และ $i_- = 0$ ดังนั้น

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

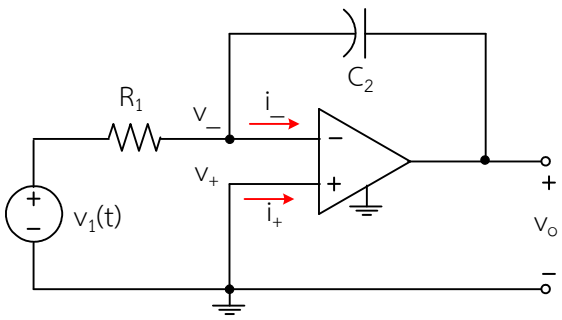
ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรออปแอมป์นี้คือสัดส่วนที่แปรผันตรงกับสัญญาณอินพุต ที่พบว่าใช้อย่างกว้างขวางในทางปฏิบัติ เช่น วงจรตรวจจับความเร็วสามารถต่อเข้ากับวงจรออปแอมป์ที่ให้สัญญาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร่ง หรือสัญญาณเอาต์พุตที่แทนปริมาณประจุที่ตกกระทบบนขั้วโลหะใช้ช่วงเวลาของการอิน–ทิเกรติง (integrating) 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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 7/15, คาบที่ 31–35/75)

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

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 5, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์
2. ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เลือกจำลองด้วยการทำงานด้วยโปรแกรมให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 5
2. ผลการทำและนำเสนอการจำลองการทำงานวงจรด้วยโปรแกรม
3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 5
4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.
4. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	หน่วยที่ 6
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรอันดับหนึ่ง	สอนครั้งที่ 8-9/15
ชื่อเรื่อง วงจรอันดับหนึ่ง		จำนวน 10 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

6.1 บทนำ

6.2 รูปแบบทั่วไปของสมการตอบสนอง

6.3 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC ต่อแรงดันกระแสตรง

6.4 ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL ต่อแรงดันกระแสตรง

6.5 สรุปสาระสำคัญ

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

การวิเคราะห์วงจรอันดับหนึ่งเป็นวงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุตัวเดียวหรือตัวเหนี่ยวนำตัวเดียว เป็นการศึกษาพฤติกรรมวงจรในการเปลี่ยนเฟสที่เรียกว่า การวิเคราะห์ทรานเซียนต์ การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลจากตัวเก็บประจุหรือตัวเหนี่ยวนำหรือทั้งคู่ ซึ่งทั้งสององค์ประกอบนี้สามารถทำการสะสมพลังงานและคายพลังงานในบางช่วงเวลาได้ ผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RC แบ่งเป็นขณะอัดประจุและขณะคายประจุ ส่วนผลตอบสนองในภาวะชั่วครู่ของวงจร RL แบ่งเป็นขณะสะสมพลังงานและขณะปล่อยพลังงาน

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรทรานเซียนต์อันดับหนึ่ง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

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

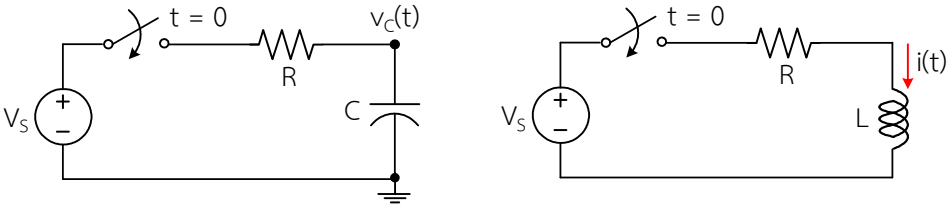
เนื้อหาสาระ /// (Content)

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

$$v(t) = A_1 + A_2e^{-t/\tau}$$

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 $$v(t) = V_S + A_2e^{-t/RC}$$

เมื่อ V_S คือ ค่าสถานะอยู่ตัว (steady state) และ RC คือ ค่าคงตัวเวลาของวงจร และ A_2 คือการหาค่าโดยเงื่อนไขเริ่มต้นของตัวเก็บประจุ 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

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

วงจรในรูปที่ 6.4 ข) สามารถพิจารณาในทำนองเดียวกัน สมการ KVL ใช้บอกกระแสตัวเหนี่ยวนำ สำหรับ t > 0 คือ $$L\frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = V_S$$

เมื่อดำเนินการกับสมการเช่นเดียวกับสมการของตัวเก็บประจุ ได้เป็น

$$i(t) = \frac{V_S}{R} + A_2e^{-(R/L)t}$$

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 8/18, คาบที่ 36–40/90)

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 9/18, คาบที่ 41–45/90)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอน
2. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
3. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 6.4
4. นักศึกษาเลือกทำแบบฝึกหัด ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
5. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ
6. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 คน ทำการจำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม
7. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน
8. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 6, PowerPoint ประกอบการสอนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์
2. ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เลือกจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6
2. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดข้อที่เลือกจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม
3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 6
4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
3. _____ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
4. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.
5. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	หน่วยที่ 7
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรอันดับสอง	สอนครั้งที่ 10/15
ชื่อเรื่อง วงจรอันดับสอง		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

7.1 บทนำ

7.2 การตอบสนองธรรมชาติของวงจรอันดับสอง

7.3 การตอบสนองบังคับของวงจรอันดับสอง

7.4 สรุปสาระสำคัญ

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

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

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรอันดับสอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

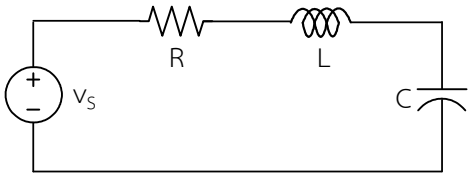
1. เขียนสมการอนุพันธ์วงจรอันดับสองของวงจร RLC อนุกรมและขนานได้
2. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้
3. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิดได้
4. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่ออนุกรมขณะมีแหล่งกำเนิดได้
5. คำนวณพารามิเตอร์ของวงจร RLC ต่อขนานขณะมีแหล่งกำเนิดได้

เนื้อหาสาระ /// (Content)

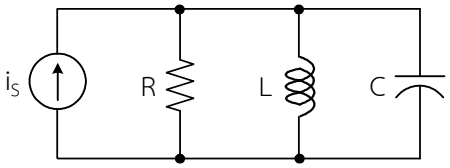
7.1 บทนำ

ในการวิเคราะห์วงจรอันดับสองนั้น คำตอบของสมการมีคำตอบ 2 ส่วนคือ (1) ผลตอบสนองธรรมชาติ (natural response) เป็นการหาคำตอบโดยกำหนดแหล่งกำเนิดเท่ากับศูนย์ และ (2) ผลตอบสนอง

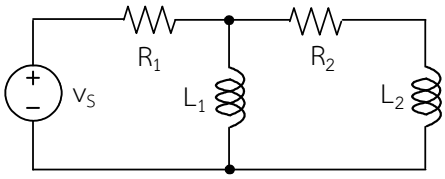
บังคับ (forced response) เป็นการหาคำตอบโดยอาศัยคุณสมบัติขององค์ประกอบอยู่ในสถานะอยู่ตัวเมื่อจ่ายไฟกระแสตรงให้วงจรเป็นเวลานานทำให้ตัวเก็บประจุเปิดวงจรและตัวเหนี่ยวนำลัดวงจร สำหรับตัวอย่างวงจรอันดับสองดังรูป



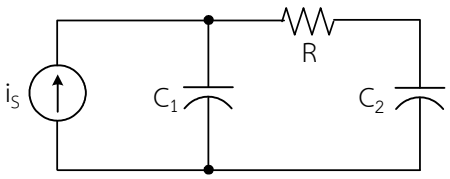
ก) วงจร RLC อนุกรม



ข) วงจร RLC ขนาน



ค) วงจร RL



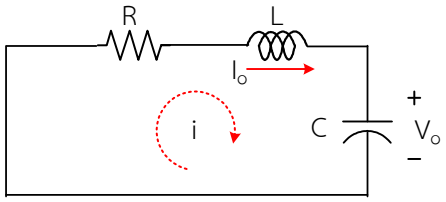
ง) วงจร RC

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

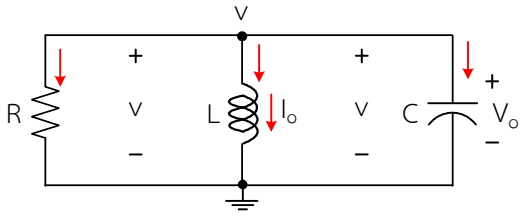
$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{di}{dt} + \frac{i}{LC} = 0$$



รูป วงจร RLC ต่ออนุกรมขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

7.2.2 วงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

วงจร RLC ต่อขนานได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้มากมายและใช้มากในวงจรข่ายทางการสื่อสารและการออกแบบวงจรกรองสัญญาณ เมื่อพิจารณาวงจร RLC ต่อขนานดังรูปที่ 7.6 โดยสมมติให้ค่ากระแสเริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำเป็น I_o และแรงดันเริ่มต้นในตัวเหนี่ยวนำเป็น V_o

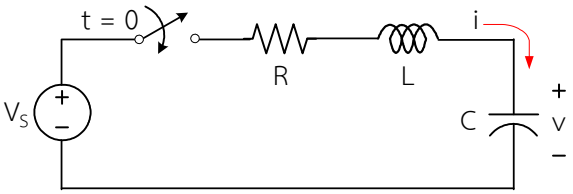


รูป วงจร RLC ต่อขนานขณะไม่มีแหล่งกำเนิด

7.3 การตอบสนองบังคับของวงจรอันดับสอง

7.3.1 วงจร RLC ต่ออนุกรมขณะมีแหล่งกำเนิด

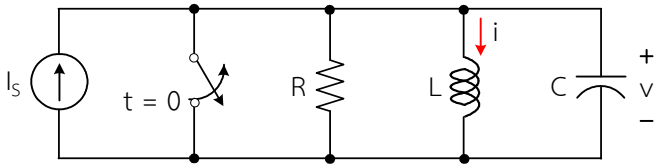
การได้เรียนรู้จากหน่วยก่อนนี้ว่าการตอบสนองต่อแหล่งจ่ายเนื่องจากสัญญาณเป็นขั้น (step) จะเกิดขึ้นเมื่อต่อแหล่งกำเนิดที่เป็นไฟกระแสตรงให้กับวงจร RLC ต่ออนุกรมอย่างทันทีทันใด ดังรูป และประยุกต์ ใช้ KVL รอบลูปปิดสำหรับที่เวลา t > 0



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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 10/15, คาบที่ 46–50/75)

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

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

2. ให้ทำแบบฝึกหัดที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรมให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

2. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม

3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 7

4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

2. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**

3. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักศึกษา

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	หน่วยที่ 8
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรเรโซแนนซ์	สอนครั้งที่ 11-12/15
ชื่อเรื่อง วงจรเรโซแนนซ์		จำนวน 10 คาบ

หัวข้อเรื่อง (Topics)

8.1 สัญญาณรูปคลื่นไซน์
8.2 เฟสเซอร์
8.3 ความสัมพันธ์ทางเฟสเซอร์สำหรับองค์ประกอบวงจร
8.4 อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์
8.5 เฟสเซอร์ไดอะแกรมและโลกัสไดอะแกรม
8.6 เทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า
8.7 สรุปสาระสำคัญ

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

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

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์และเฟสเซอร์

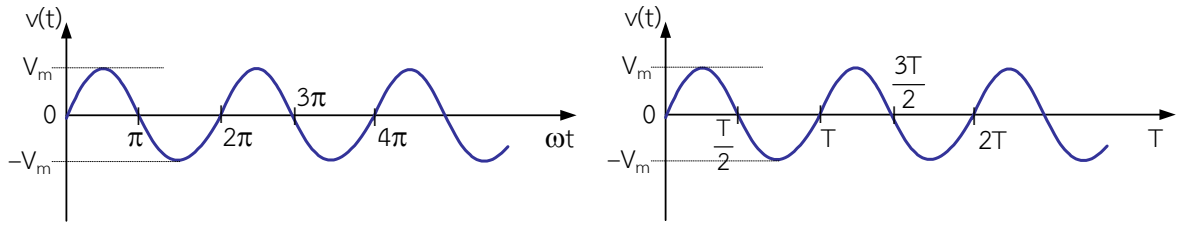
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

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

เนื้อหาสาระ /// (Content)

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

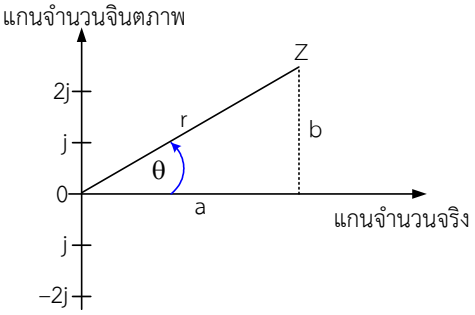
8.2 เฟสเซอร์

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

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

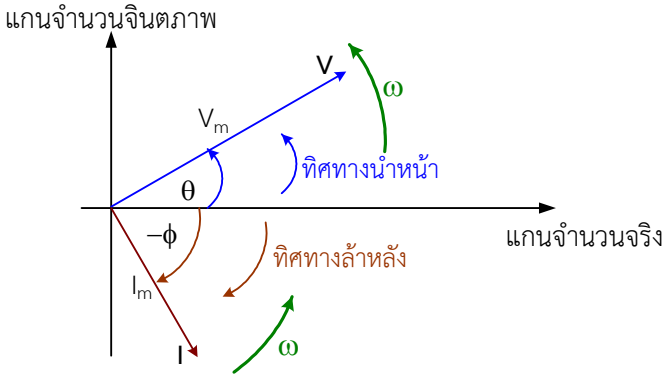
และ $\frac{1}{j} = -j$ ดังนั้น Z จึงเขียนความสัมพันธ์ได้เป็น

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

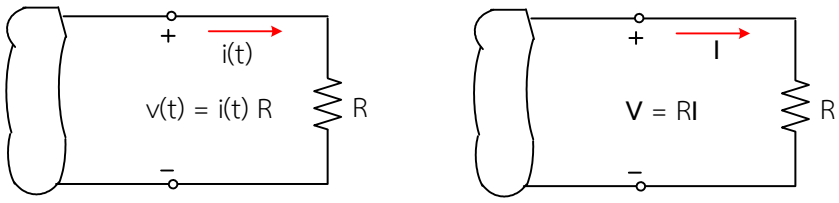
ถ้ามีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน R ดังรูปที่ 8.6 มีค่าเป็น $i = I_m \cos(\omega t + \theta)$ จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมันเป็นไปตามกฎของโอห์ม คือ

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

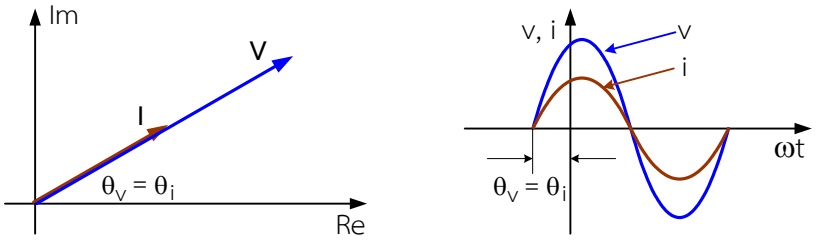
เฟสเซอร์ของแรงดันได้เป็น $\mathbf{V} = RI_m\angle\theta$ 8.8

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

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

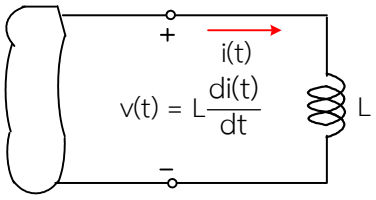
โดยที่ $-\sin A = \cos(A + 90^\circ)$ จึงเขียนแรงดันใหม่ได้เป็น

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

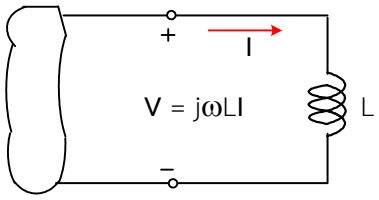
แปลงเป็นเฟสเซอร์ได้เป็น $\mathbf{V} = \omega L I_m \angle\theta + 90^\circ$ 8.13

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

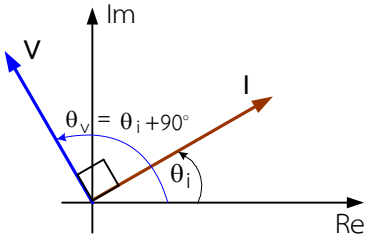
$$\mathbf{V} = j\omega L\mathbf{I} \quad \text{..... 8.14}$$



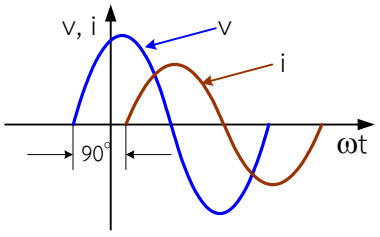
ก) v และ i ในรูปแบบไทม์โดเมน



ข) V และ I ในรูปแบบเฟสเซอร์โดเมน



ค) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ V และ I



ง) คลื่นไซน์ของ v และ i (มุมเฟสต่างกัน 90°)

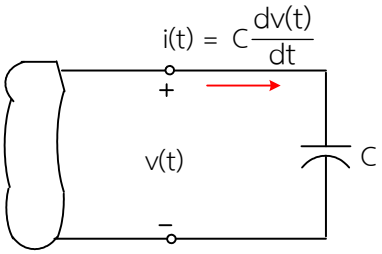
รูปที่ 8.7 ความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแสสำหรับตัวเหนี่ยวนำ

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

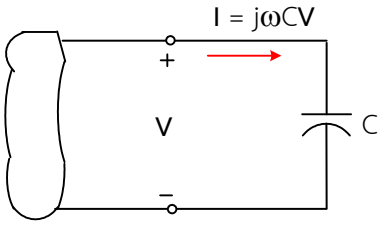
$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt} \quad \text{..... 8.15}$$

เมื่อดำเนินการตามขั้นตอนเช่นเดียวกับตัวเหนี่ยวนำได้เป็น

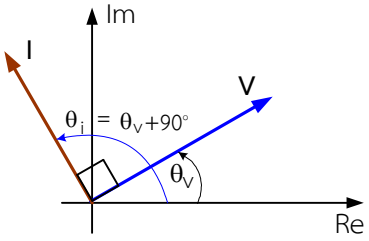
$$\mathbf{I} = j\omega C\mathbf{V} \quad \text{ได้ค่า} \quad \mathbf{V} = \frac{\mathbf{I}}{j\omega C} \quad \text{..... 8.16}$$



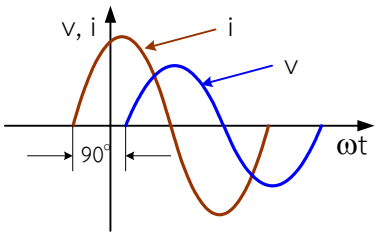
ก) i และ v ในรูปแบบไทม์โดเมน



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 V = RI , V = jωLI และ V = I/ jωC ตามลำดับ เมื่อนำมาเขียนในเทอมของอัตราส่วนเฟสเซอร์แรงดัน Vกับเฟสเซอร์กระแส I ได้เป็น

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

สมการที่ 8.17 นี้ได้ความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มในรูปเฟสเซอร์สำหรับ R, L และ C คือ

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

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

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

ปริมาณอื่นที่ใช้มากในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับด้วยขั้วสองขั้วทางอินพุตคือ **แอตมิตแตนซ์** (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 สามารถทำได้ง่ายขึ้น และใช้พื้นฐานความรู้จากหน่วยที่ 2, 3 และ 4 ที่กล่าวมาแล้วมาประยุกต์ใช้เช่นเดียวกัน โดยเทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสสลับศึกษาจากตัวอย่าง

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 11/15, คาบที่ 51–55/75)

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

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 12/18, คาบที่ 56–60/75)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ

2. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน

3. ครูสอนเนื้อหาสาระ หัวข้อ 8.5-8.6

4. แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 3-4 คน ทำการจำลองโปรแกรม

5. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

6. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 8, PowerPoint ประกอบการสอนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต www.google.com

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%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

2. ให้ทำจำลองโปรแกรมการทำงานของวงจรให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

2. ผลการทำและนำเสนอการจำลองโปรแกรมการทำงานของวงจร

3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 8

4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.

3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.

4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**

5. _____ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**

6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.

7. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(.....) (.....)

ตัวแทนนักศึกษา ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9	หน่วยที่ 9
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม	สอนครั้งที่ 13/15
ชื่อเรื่อง วงจรแม่เหล็กไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำร่วม		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

9.1 สนามแม่เหล็ก
9.2 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก
9.3 ความซาบซึมได้
9.4 ความต้านทานแม่เหล็ก
9.5 กฎของโอห์มสำหรับวงจรแม่เหล็ก
9.6 แรงทำแม่เหล็ก
9.7 ฮิสเทอรีซิส
9.8 กฎของแอมแปร์
9.9 วงจรแม่เหล็กอนุกรม
9.10 ช่องว่างอากาศ
9.11 วงจรแม่เหล็กอนุกรม–ขนาน
9.12 ความเหนี่ยวนำร่วม
9.13 สรุปสาระสำคัญ

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

สนามแม่เหล็กเป็นบริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กผ่านหรือมีอำนาจแม่เหล็กส่งไปถึง ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กเป็นจำนวนเส้นฟลักซ์ต่อหน่วยพื้นที่ ความต้านทานแม่เหล็กได้ $\mathfrak{R} = \ell/\mu A$, กฎของโอห์มสำหรับวงจรแม่เหล็กเป็นไปตามสูตร mmf = NI, อัตราการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงจรหนึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสในอีกวงจรหนึ่งที่อยู่ใกล้ เรียกว่า ความเหนี่ยวนำร่วม (M)

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแม่เหล็กและความเหนี่ยวนำร่วม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

1. บอกลักษณะของสนามแม่เหล็กได้
2. คำนวณความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กได้
3. อธิบายความซาบซึมได้ได้
4. คำนวณความต้านทานแม่เหล็กได้
5. ใช้กฎของโอห์มในวงจรแม่เหล็กได้
6. คำนวณแรงทำแม่เหล็กได้
7. อธิบายฮิสเทอรีซิสได้
8. ใช้กฎของแอมแปร์ในวงจรแม่เหล็กได้
9. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรแม่เหล็กได้
10. อธิบายความเหนี่ยวนำร่วมได้

เนื้อหาสาระ /// (Content)

9.1 สนามแม่เหล็ก

9.2 ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

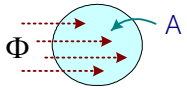
ในระบบหน่วย SI ฟลักซ์แม่เหล็กจะวัดในหน่วยเวเบอร์ ใช้สัญลักษณ์ Φ จำนวนเส้นฟลักซ์ต่อหน่วยพื้นที่เรียกว่า ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ใช้สัญลักษณ์ B วัดในหน่วยเทสลา มีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 9.1 และให้ความหมายดังรูปที่ 9.4

$$B = \frac{\Phi}{A} \qquad \text{.....9.1}$$

เมื่อ B คือ ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (tesla: T)

Φ คือ จำนวนฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (webers: Wb)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กที่ฟลักซ์แม่เหล็กผ่าน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (square meters: m^2)



รูปที่ 9.4 ความหมายของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก B

9.3 ความซาบซึมได้

ความสามารถของวัสดุแกนเหล็กที่ยอมให้ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านไปได้มากน้อยเพียงใดนั้นเรียกว่า ความ–ซาบซึมได้แม่เหล็ก ถ้าฟลักซ์แม่เหล็กผ่านไปได้มากจะมีความซาบซึมได้แม่เหล็กสูง (high permeability) ความซาบซึมได้ [แทนด้วยสัญลักษณ์อักษร μ (mu อ่านว่า มิว)] ของวัสดุจึงเปรียบเสมือนความนำในวงจร ไฟฟ้า และความซาบซึมได้ของสุญญากาศ (μ_o) คือ

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \quad \frac{Wb}{A \cdot m}$$

9.4 ความต้านทานแม่เหล็ก

ความต้านทานแม่เหล็กของวัสดุจะพิจารณาจากฟลักซ์แม่เหล็กในวัสดุ ซึ่งหาค่าได้จากสมการ

$$\Re = \frac{\ell}{\mu A} \quad (At/Wb) \qquad \text{.....9.3}$$

9.5 กฎของโอห์มสำหรับวงจรแม่เหล็ก

ในวงจรแม่เหล็กนั้นผลที่ต้องการคือ ฟลักซ์ (Φ) ซึ่งทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก (magnetomotive force: mmf) เป็นแรงภายนอก (หรือแรงดัน) ให้ฟลักซ์แม่เหล็กเข้าไปในวัสดุสารแม่เหล็ก ดังนั้นจึงเปรียบ เสมือน mmf กับ V และ Φ เปรียบได้กับ I และ $\Re$ เปรียบได้กับ R ในวงจรไฟฟ้า ดังนั้น

$$\Phi = \frac{mmf}{\Re} \qquad \text{.....9.4}$$

เมื่อ mmf จะแปรผันตรงกับจำนวนรอบของขดลวดรอบแกน (ที่สร้างฟลักซ์) และกระแสจะไหลผ่านรอบของขดลวดนั้น ดังรูปที่ 9.5 สมการได้เป็น

$$mmf = NI \ (At) \qquad \text{.....9.5}$$

เมื่อ mmf คือ แรงเคลื่อนแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น แอมแปร์รอบ (At)

N คือ จำนวนรอบของขดลวด มีหน่วยเป็นรอบ (turns: t)

I คือ กระแสที่ไหลผ่านรอบของขดลวด มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (ampere: A)

9.6 แรงทำแม่เหล็ก

แรงทำแม่เหล็ก (magnetizing force: H) คือ แรงเคลื่อนแม่เหล็ก (mmf) ต่อหน่วยความยาว ตามสมการที่ 9.6

$$H = \frac{mmf}{\ell} \quad (At/m) \qquad .....9.6$$

9.7 ฮิสเทอรีซิส

เส้นโค้ง (curve) ของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก B กับแรงทำแม่เหล็ก H

9.8 กฎของแอมแปร์

ถ้าวิเคราะห์ระหว่างวงจรไฟฟ้ากับวงจรแม่เหล็กและมองเส้นแรงแม่เหล็กเสมือนกระแสไฟฟ้าแล้ว สามารถแสดงให้เห็นขอบเขตของปริมาณได้ดังตารางที่ 9.1

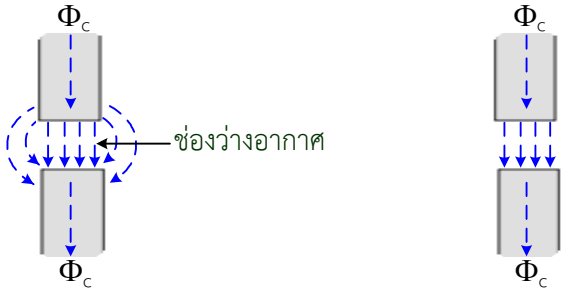
ตารางที่ 9.1 เปรียบเทียบปริมาณทางไฟฟ้ากับปริมาณทางแม่เหล็ก

ปริมาณทางไฟฟ้า	ปริมาณทางแม่เหล็ก
E	mmf
I	Φ
R	$\Re$

9.9 วงจรแม่เหล็กอนุกรม

9.10 ช่องว่างอากาศ

ช่องว่างอากาศ ดังรูปที่ 9.9 ก) จะเห็นได้ว่าฟลักซ์มีการกระจายออกนอกพื้นที่แกนเหล็กสำหรับช่องว่างอากาศ ซึ่งจะไม่ใส่ใจกับผลของเส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่รอบนอกแนวแกนเหล็กนี้ แต่จะตั้งสมมติฐานให้ฟลักซ์อยู่ในแนวเดียวกับแกนเหล็กดังรูปที่ 9.9 ข)



ก) ฟลักซ์โดยรอบช่องว่างอากาศ ข) ฟลักซ์โดยรอบช่องว่างอากาศในอุดมคติ

รูปที่ 9.9 ช่องว่างอากาศ

9.11 วงจรแม่เหล็กอนุกรม–ขนาน

9.12 ความเหนี่ยวนำร่วม

เมื่อกระแสไฟฟ้าในขดลวดมีการเปลี่ยนแปลง (ไม่คงที่) ฟลักซ์แม่เหล็กรอบ ๆ ขดลวดจะเปลี่ยนแปลงด้วย ถ้าฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงนี้เคลื่อนที่ตัดกับขดลวดจะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นภายในขดลวด ขนาดของแรงดันเหนี่ยวนำนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงและช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของกระแส รวมทั้งค่าคงที่ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของขดลวด ค่าคงที่นี้เรียกว่า การเหนี่ยวนำในตัวเอง (self–inductance) หรือค่าความเหนี่ยวนำ (inductance: L) ซึ่งเกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวดนั่นเอง

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 13/15, คาบที่ 61–65/75)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 9
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดกลุ่มละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ
7. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน
8. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน
9. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 9, PowerPoint ประกอบการสอนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับการวงจรแม่เหล็ก, อินเทอร์เน็ต www.google.com

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 9	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 9	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9
2. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 9
3. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. _____ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.
7. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

(.....) (.....)

ตัวแทนนักศึกษา ครูผู้สอน

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2002	เวลาเรียนรวม 75 คาบ
	ชื่อหน่วย ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์	สอนครั้งที่ 14/15
ชื่อเรื่อง ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์		จำนวน 5 คาบ

หัวข้อเรื่อง /// (Topics)

10.1 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์

10.2 วงจรเรโซแนนซ์

10.3 สรุปสาระสำคัญ

แนวคิดสำคัญ /// (Main Idea)

เรโซแนนซ์จะเกิดขึ้นได้ในทุกวงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุอย่างน้อยอย่างละ 1 ตัว ความถี่เรโซแนนซ์คือ $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, แบนด์วิดท์ของกรองผ่านแถบเป็นความต่างในความถี่ระหว่างจุดครึ่งกำลัง นั่นคือ BW = $\omega_{HI} - \omega_{LO}$ สำหรับวงจร RLC อนุกรมได้ BW = R/L สำหรับวงจร RLC ขนานได้ BW = 1/RC

สมรรถนะย่อย /// (Element of Competency)

แสดงความรู้เกี่ยวกับภาวะการเกิดเรโซแนนซ์และวงจรเรโซแนนซ์

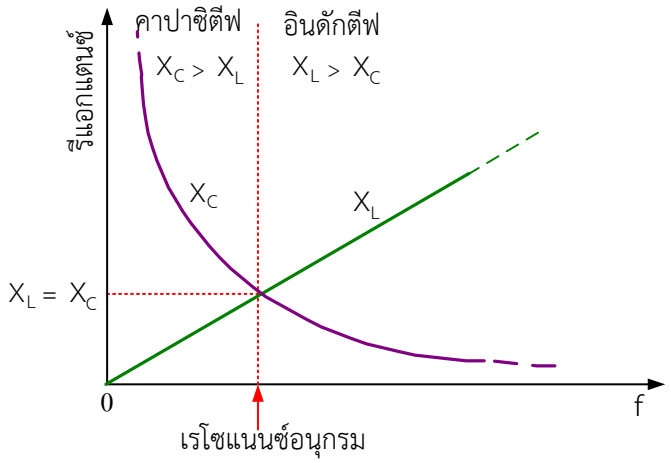
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม /// (Behavioral Objectives)

1. อธิบายการเกิดภาวะเรโซแนนซ์ได้
2. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรโซแนนซ์อนุกรมได้
3. คำนวณค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรโซแนนซ์ขนานได้

เนื้อหาสาระ /// (Content)

10.1 ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์

ภาวะการเกิดวงจรเรโซแนนซ์ อธิบายได้ดังรูป และทบทวนพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากหน่วยที่ 8

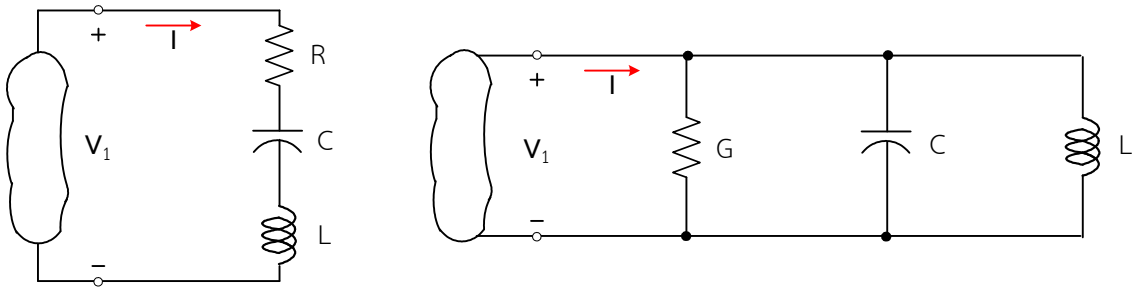


รูป ภาวะการเกิดเรโซแนนซ์อนุกรม

10.2 วงจรเรโซแนนซ์

วงจรที่มีคุณลักษณะทางความถี่ที่สำคัญอย่างยิ่ง 2 วงจร คือวงจร RLC อนุกรมและวงจร RLC ขนานดังรูปที่ 10.2 อินพุตอิมพีแดนซ์สำหรับวงจร RLC อนุกรม ได้เป็น (Irwin, J. David. 2002: 439)

$$Z(j\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad \text{..... 10.1}$$



ก) วงจร RLC อนุกรม ข) วงจร RLC ขนาน

รูปที่ 10.2 วงจร RLC

และอินพุตอิมพีแดนซ์สำหรับวงจร RLC ขนาน ได้เป็น

$$Y(j\omega) = G + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} \quad \text{..... 10.2}$$

ทั้งสองสมการนี้มีรูปแบบที่เหมือนกัน โดยในเทอมของจำนวนจินตภาพของทั้งคู่จะเป็นศูนย์ ถ้า

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{ดังนั้น} \quad \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

ค่าของ ω ที่ทำให้เป็นไปตามเงื่อนไขนี้เรียกว่า **ความถี่เรโซแนนซ์ (resonance frequency: ω_0)** หรือเรียกว่า ความถี่กำธร ดังนั้นเงื่อนไขการเรโซแนนซ์คือ

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{rad/s} \quad \text{..... 10.3}$$

และที่ค่าของ ω_0 นี้ อิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรม รูปที่ 10.2 ก) ได้เป็น

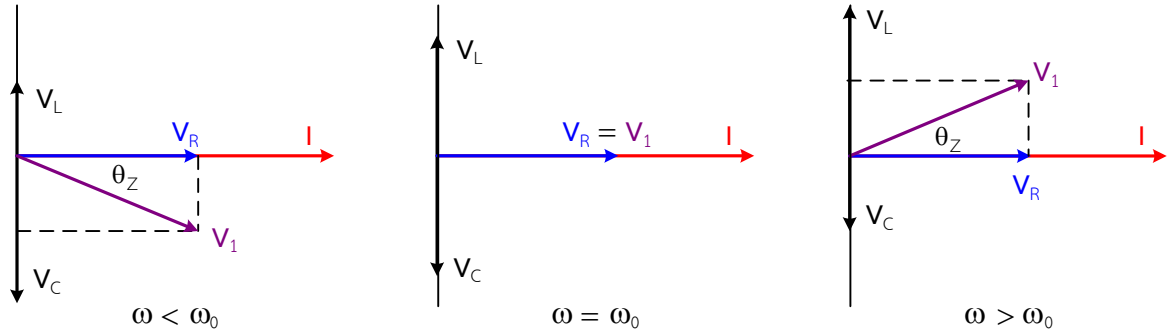
$$Z(j\omega_0) \quad = \quad R \qquad \text{..... 10.4}$$

และแอดมิตแตนซ์ของวงจรขนาน รูปที่ 10.2 ข) ได้เป็น

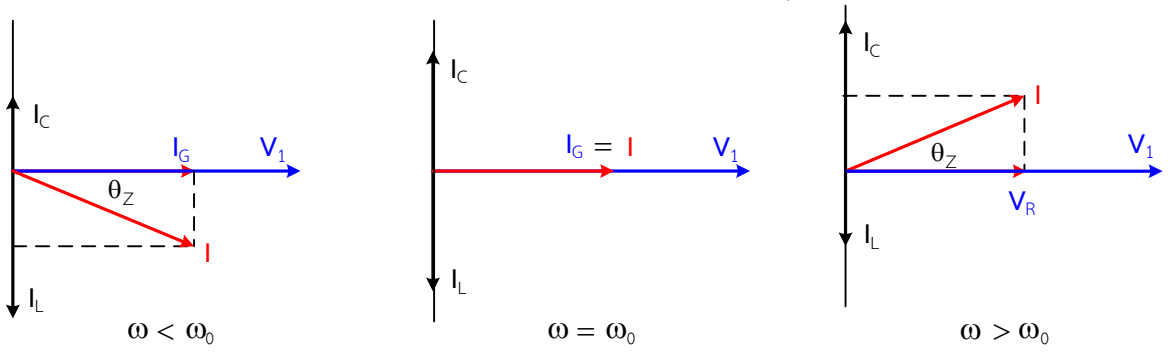
$$Y(j\omega_0) \quad = \quad G \qquad \text{..... 10.5}$$

ที่ความถี่ ω_0 นี้อิมพีแดนซ์ของวงจรอนุกรมและแอดมิตแตนซ์ของวงจรขนาน ทั้งสองวงจรจะมีเพียงส่วนจำนวนจริงอย่างเดียวซึ่งกล่าวได้ว่า **วงจรอยู่ในภาวะเรโซแนนซ์ ซึ่งเป็นผลให้แรงดันและกระแสจะอินเฟสกัน ดังนั้นมุมเฟสจึงเป็นศูนย์ และตัวประกอบกำลังมีค่าเป็นหนึ่ง (unity)** ในกรณีอนุกรม ที่เรโซแนนซ์ อิมพีแดนซ์จะมีค่าต่ำสุด และดังนั้นกระแสจะมีค่าสูงสุดตามแรงดันที่จ่ายให้วงจร

เฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจรทั้งคู่ดังรูปที่ 10.4 สำหรับค่าความถี่สามค่า คือ $\omega < \omega_0$, $\omega = \omega_0$, $\omega > \omega_0$



ก) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RLC อนุกรม



ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร RLC ขนาน

รูปที่ 10.4 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของวงจร

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 14/15, คาบที่ 66–70/75)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนโดยย่อ
2. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10
3. ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
4. ครูสอนเนื้อหาสาระ
5. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดกลุ่มละ 1 ข้อ ขณะนักศึกษาทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงาน
6. ครูและนักศึกษาร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดบางข้อ
7. แบ่งกลุ่มนักศึกษาเป็นกลุ่มๆ ละ 2-3 คน จำลองการทำงานของวงจรด้วยโปรแกรม
8. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเรื่องที่เรียน

9. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 10, PowerPoint ประกอบการสอนและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด

2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับการวงจรเรโซแนนซ์, อินเทอร์เน็ต www.google.com

การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	**การประเมินผล** (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre–test) หน่วยที่ 10	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10	ตรวจแบบฝึกหัด เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบฝึกหัดของที่จำลองการทำงานด้วยโปรแกรม	ตรวจจากโปรแกรม เกณฑ์ผ่าน 50%
3. แบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 10	ตรวจแบบทดสอบ เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์	ตรวจตามแบบประเมินผล เกณฑ์ผ่าน 60%

งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน

1. ให้ทำแบบฝึกหัดให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์
2. ให้ทำจำลองโปรแกรมการทำงานของวงจรให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 10
2. ผลการทำและนำเสนอการจำลองโปรแกรมการทำงานของวงจร
3. ผลคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post–test) หน่วยที่ 10
4. ผลคะแนนจากการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ที่พึงประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิชาการ. **วงจรไฟฟ้า1 รหัสวิชา 30104-1002.** (2563). นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
3. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.
4. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice**.

บันทึกหลังการสอน

1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ (จุดประสงค์การเรียนรู้/กิจกรรม/การประเมินผล)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

(.....)
ตัวแทนนักศึกษา

(.....)
ครูผู้สอน