

เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (2104-2002)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

DC
Electrical
Circuits

หน่วยที่ 15

ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

(Maximum Power Transfer Theorem)

นายสุริยันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

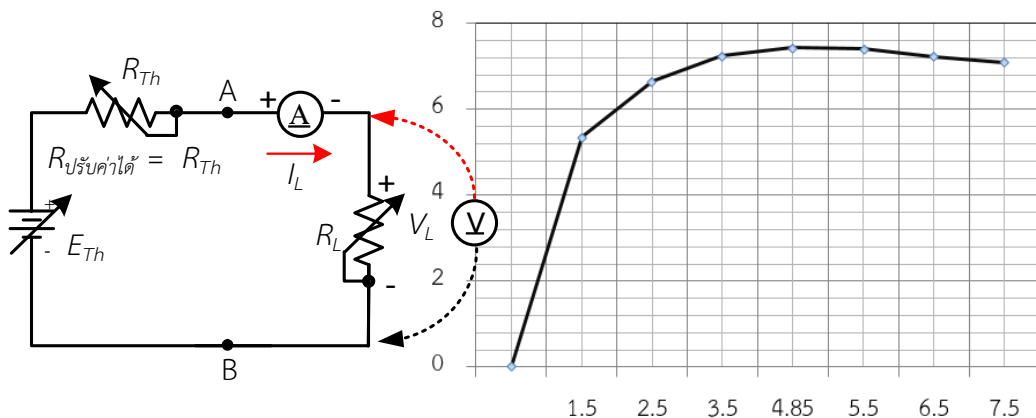
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการเรียนการสอน
วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
รหัสวิชา 2104-2002

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม



โดย

สุรียันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาต่างๆ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 ของคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มุ่งเน้นการพัฒนานอกเหนือความรู้จากเนื้อหาแล้วยังต้องการพัฒนา ทักษะการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนขึ้นมาเพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นสาระสำคัญเหมาะสมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพร่วมกับสื่อการสอนที่ทันสมัยเพื่อใช้ในการเรียนการสอนและพัฒนาความสามารถของผู้เรียนโดยมีการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาแบ่งเนื้อหาออกเป็น 15 หน่วยการเรียนรู้ โดยแต่ละหน่วยมีการจัดทำ ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด แบบทดสอบพร้อมใบงานภาคปฏิบัติ ทำการวัดผลและประเมินผลการเรียนให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน หน่วยการเรียนรู้ของเอกสารประกอบการเรียนการสอนฉบับนี้ประกอบด้วย

- หน่วยที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน
- หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- หน่วยที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน
- หน่วยที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบผสม
- หน่วยที่ 6 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
- หน่วยที่ 7 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
- หน่วยที่ 8 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา
- หน่วยที่ 9 วงจรบริดจ์
- หน่วยที่ 10 วิธีกระแสเมช
- หน่วยที่ 11 วิธีแรงดันโนด
- หน่วยที่ 12 ทฤษฎีการวางซ้อน
- หน่วยที่ 13 ทฤษฎีเทเวนิน
- หน่วยที่ 14 ทฤษฎีโนร์ตัน
- หน่วยที่ 15 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

สำหรับความสำเร็จในการจัดเรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้นส่วนหนึ่งได้รับคำแนะนำมาจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน หากผู้ที่ได้ใช้เอกสารฉบับนี้พบข้อบกพร่องผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะ ผู้จัดทำยินดีน้อมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุริยันต์ รักพวก

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
สารบัญตาราง	ง
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	จ
คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนหน่วยที่ 15 ทฤษฎีการถ่ายโอน กำลังไฟฟ้าสูงสุด	ฉ
แบบทดสอบก่อนเรียน	1
ใบเนื้อหา	6
15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	7
15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	12
15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า	14
สรุป	23
ใบแบบฝึกหัด	24
ใบประเมินผลแบบฝึกหัด	27
ใบงานที่ 15 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	28
ใบประเมินผลใบงานที่ 15	45
เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 15	46
แบบทดสอบหลังเรียน	48
ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55
เฉลยแบบฝึกหัด	56
เฉลยใบงานที่ 15	69
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน	73
ใบสรุปการประเมินผล	74
สื่อ Power Point	75

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
15.1 การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดของวงจรโครงข่าย	8
15.2 วงจรวงจรเทียบเคียงเทเวนินใช้เป็นกรณีตัวอย่างตามทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	9
15.3 กราฟทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับรูปที่ 15.2	10
15.4 วงจรไฟฟ้าสำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	12
15.5 แสดงวงจรที่ปลด R_L ออก	12
15.6 แสดงการหาค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน	13
15.7 แสดงการหาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน	13
15.8 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B	14
15.9 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.1	14
15.10 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.2	16
15.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3	17
15.12 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3	17
15.13 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3	18
15.14 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3	19
15.15 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4	20
15.16 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4	20
15.17 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4	21
15.18 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4	22
15.19 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 1	24
15.20 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 2	25
15.21 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 3	25
15.22 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4	26

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L	9
15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L (ต่อ)	10

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

รหัส 2104-2002

ระดับชั้น ปวช.

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

เวลาเรียนรวม 72 ชั่วโมง

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้ รู้ เข้าใจกฎและทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐาน
2. เพื่อให้มีทักษะต่อ การวัดประลอง และคำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มเติม และการทำงานด้วยความรอบคอบและปลอดภัย

มาตรฐานรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ กำลังไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้า วงจรความต้านทานแบบอนุกรม วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า วงจรความต้านทานแบบขนาน วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า การแปลงวงจรความต้านทานสตาร์-เดลตา วงจรบริดจ์ ดีเทอร์มิแนนต์ การวิเคราะห์วงจรเครือข่าย โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ เมชเคอเรนต์ โนดโวลเตจ ทฤษฎีการวางซ้อน เทเวนิน นอร์ตัน และการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด

คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน

การใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002 หน่วยที่ 15 เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน 240 นาที (4 ชั่วโมง) เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอน เกิดประสิทธิผลของการเรียนรู้ ครูควรปฏิบัติตามข้อแนะนำต่างๆ ในการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนการสอนและสื่อการสอนเพื่อเตรียมการสอน
2. ชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน หน่วยที่ 15 เรื่องทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด เกณฑ์การประเมินผลและระเบียบต่างๆ ใช้เวลา 5 นาที
3. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที
4. สอนทฤษฎีตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 15 ด้วยสื่อ Power Point ในเอกสารประกอบการเรียนการสอน ใช้เวลาในการสอนทฤษฎี 45 นาที
5. สรุปสาระการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 15 เรื่องทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้เวลา 5 นาที
6. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด ใช้เวลา 30 นาที
7. สอนภาคปฏิบัติตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 15 ให้ผู้เรียนทำการทดลองใบงานที่ 15 ใช้เวลา 45 นาที
8. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 15 นาที
9. เฉลยแบบฝึกหัด ใบงานที่ 15 แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลา 5 นาที
10. เก็บรวบรวม แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บันทึกคะแนนลงในแบบวัดผลประเมินผลหน่วยที่ 15 โดยใช้เวลา 5 นาที
11. สรุปผลการประเมินผล พร้อมชี้แนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยใช้เวลา 5 นาที
12. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ใช้เวลา 60 นาที
13. ให้ผู้เรียนทำความสะอาดห้องเรียน สรรวจเครื่องแต่งกาย ก่อนออกจากห้องเรียนโดยใช้เวลา 5 นาที

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นภาคทฤษฎีและปฏิบัติ บทบาทสำคัญของครูต้องสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะ เกิดการเชื่อมโยงความรู้จากทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติความสัมพันธ์ของเนื้อหาภาพรวมทั้งหมดที่เรียนสามารถขยายความรู้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

คำชี้แจง

- จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
- แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 15 นาที

- ข้อใดกล่าวถึงหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อย่างถูกต้อง
 - โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของโหลดมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรนั้นๆ
 - โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าแรงดันเทเวนิน (E_{Th}) ของวงจรนั้นๆ
 - โหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อมีค่าความต้านทานของโหลดเท่ากับค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ
 - โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทาน-เทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ
- ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าร่วมกับทฤษฎีใด
 - ทฤษฎีการวางซ้อน
 - ทฤษฎีของเทเวนิน
 - กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
 - กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
- การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด จะเกิดขึ้นเมื่อใด
 - เมื่อ $R_L = R_{Th}$
 - เมื่อ $R_L = R_T$
 - เมื่อ $R_L = \frac{E_{Th}}{I_L}$
 - เมื่อ $R_L = R_{Th} + R_T$



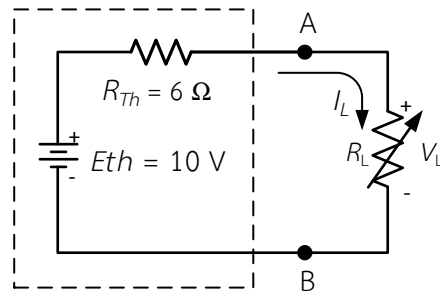
แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

รูปสำหรับใช้ตอบคำถามข้อ 4-6



รูปที่ 1 วงจรไฟฟ้า ใช้ตอบคำถามข้อ 4-6

4. จากรูปค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. $R_L = 72 \Omega$

ข. $R_L = 12 \Omega$

ค. $R_L = 6 \Omega$

ง. $R_L = 2 \Omega$

5. จากรูปค่า R_L ได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}}{4R_{Th}} = \frac{(10V)}{4 \times 6\Omega} = 0.42W$

ข. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{R_{Th}} = \frac{(10V)^2}{6\Omega} = 16.67W$

ค. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4} = \frac{(10V)^2}{4} = 25W$

ง. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{(10V)^2}{4 \times 6\Omega} = 4.17W$

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

6. จากรูปค่า หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{MAX}) มีค่าเท่าไร

ก. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{2} = \frac{10V}{2} = 5A$

ข. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} = \frac{10V}{6\Omega} = 1.67A$

ค. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{10V}{6\Omega + 6\Omega} = 0.83A$

ง. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}} = \frac{10V}{2 \times 6\Omega} = 0.83A$

รูปสำหรับใช้ตอบคำถามข้อ 7-10

รูปที่ 2 วงจรไฟฟ้า ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10

7. จากรูปแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) มีค่าเท่าไร

ก. 13 V

ข. 15 V

ค. 20 V

ง. 21 V

8. จากรูปความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) มีค่าเท่าไร

ก. 9Ω

ข. 5.2Ω

ค. 3.72Ω

ง. 1.2Ω

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

9. จากรูปค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. 1.2Ω

ข. 3.72Ω

ค. 5.2Ω

ง. 4Ω

10. จากรูปกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด (R_L) มีค่าเท่าไร

ก. 352 W

ข. 35.2 W

ค. 3.52W

ง. 0.352 W

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปผล

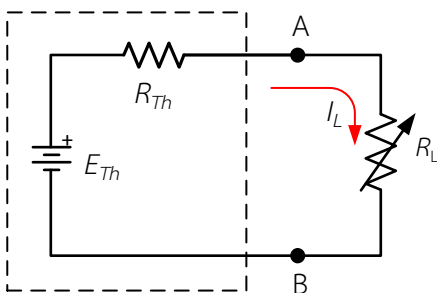
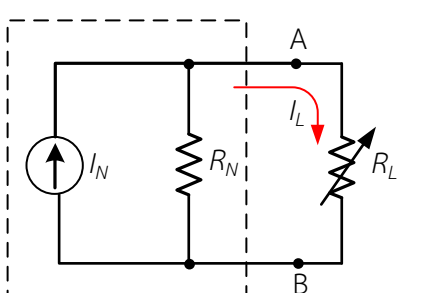
เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบทดสอบได้ 9 – 10 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
ทำแบบทดสอบได้ 7 – 8 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ทำแบบทดสอบได้ 5 – 6 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ทำแบบทดสอบได้ 0 – 4 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

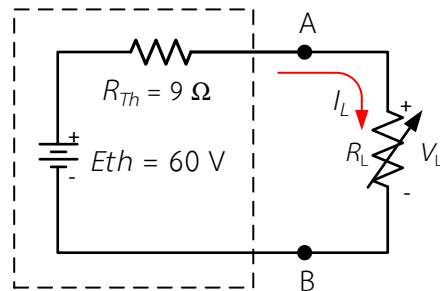
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
สาระสำคัญ ในหน่วยนี้จะศึกษาแนวคิดการนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem) มาใช้ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง อาศัยแนวคิดของทฤษฎีเทเวนินและทฤษฎีโนร์ตันมาร่วมพิจารณากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด ในการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงใด ๆ จากต้นกำเนิด ซึ่งจะประกอบด้วย แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความต้านทานภายใน จะทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดก็ต่อเมื่อ จะต้องทำให้ความต้านทานของโหลดมีค่าเท่ากับความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดในการแก้ปัญหาและคำนวณหาค่าต่างๆ ของวงจรไฟฟ้า จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1. บอกหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 2. อธิบายทฤษฎีที่สอดคล้องการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 3. คำนวณหาค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า โดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ คุณธรรม จริยธรรม 1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1.1 ความรับผิดชอบ 1.2 ความมีวินัย 1.3 การตรงต่อเวลา 1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์ 1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ 1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้ 2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
2.2 ทำตามลำดับขั้น 2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 2.4 การมีส่วนร่วม สาระการเรียนรู้ 15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด 15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด 15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า เนื้อหาสาระ ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเป็นวงจรเชิงเส้นใดๆ ภาระทางไฟฟ้าคือโหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power: P_L) เมื่อมีค่าความต้านทานเท่ากับค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ” การทำให้โหลดที่อยู่ในวงจรไฟฟ้ามีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งจ่ายแรงดันและโหลด แต่ถ้าระบบเกิดส่งผลกระทบต่อโหลดและแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของวงจรต่ำ อาจเป็นเพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีมากลักษณะเช่นนี้จึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลง 15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ด้วยนั้น จะเกิดการส่งผ่านกำลังสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังโหลดได้นั้นก็ต่อเมื่อโหลดมีความต้านทานเท่ากับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายที่จ่ายให้โหลดตัวนั้น ในบางครั้งการส่งผ่านกำลังจากแหล่งจ่ายพลังงานจะต้องผ่านความต้านทานต่างๆ หลายตัว แต่ยังสามารถที่จะหาค่ากำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้นได้ โดยการนำเอาหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาใช้ในการวิเคราะห์วงจรดังกล่าว เมื่อได้วงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว ก็สามารถที่จะหาค่าของโหลดได้ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน และเมื่อนำโหลดเข้ามาต่อกับวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว จะได้กำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้น จากรูปที่ 15.1 อธิบายการได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดดังนี้		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
 ก) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงเทเวนิน  ข) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน รูปที่ 15.1 การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดของวงจรโครงข่าย จากรูปที่ 15.1 โหลดได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อ $R_L = R_{Th}$ หรือ $R_L = R_N$ จะให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาในรูปที่ 15.1 พบว่าเมื่อปรับความต้านทานโหลดจากค่าน้อยไปหาค่ามากทีละค่าแล้ว จะพบว่าเมื่อปรับความต้านทานโหลดให้มีค่าเท่ากับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน ก็จะได้กำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้น และสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้ สามารถหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ากับตัวต้านทานที่โหลด (R_L) ได้สมการ ดังนี้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด $I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} \quad (15-1)$ $V_L = \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L} \quad (15-2)$ $P_L = I_L^2 \times R_L \quad (15-3)$		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ถ้าพิจารณาจากตัวอย่างจากรูปที่ 15.2 โดยกำหนดให้ $E_{Th} = 60 \text{ V}$ และ $R_{Th} = 9 \Omega$



รูปที่ 15.2 วงจรวงจรเทียบเคียงเทเวนินใช้เป็นกรณีตัวอย่างตามทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากรูปที่ 15.2 กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลดหาได้โดย

$$P_L = \frac{E_{Th}^2 \times R_L}{(R_{Th} + R_L)^2} = \frac{3600 \times R_L}{(9 + R_L)^2}$$

$$\text{โดยที่ } I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{60}{9 + R_L}$$

$$\text{และ } V_L = \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L} = \frac{60 \times R_L}{9 + R_L}$$

เมื่อ P_L จัดเรียงลำดับค่าของ R_L ดังตารางที่ 15.1 โดยกำหนดขอบเขต $R_L = 0.1\text{-}25$ โอห์ม (Boylestad, Robert. 2003: 338) การหาค่ากำลังที่เกิดขึ้นที่โหลด R_L ทุก ๆ ค่าที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับค่าของโหลด R_L ที่เปลี่ยนไปนั้น

ตารางที่ 15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L

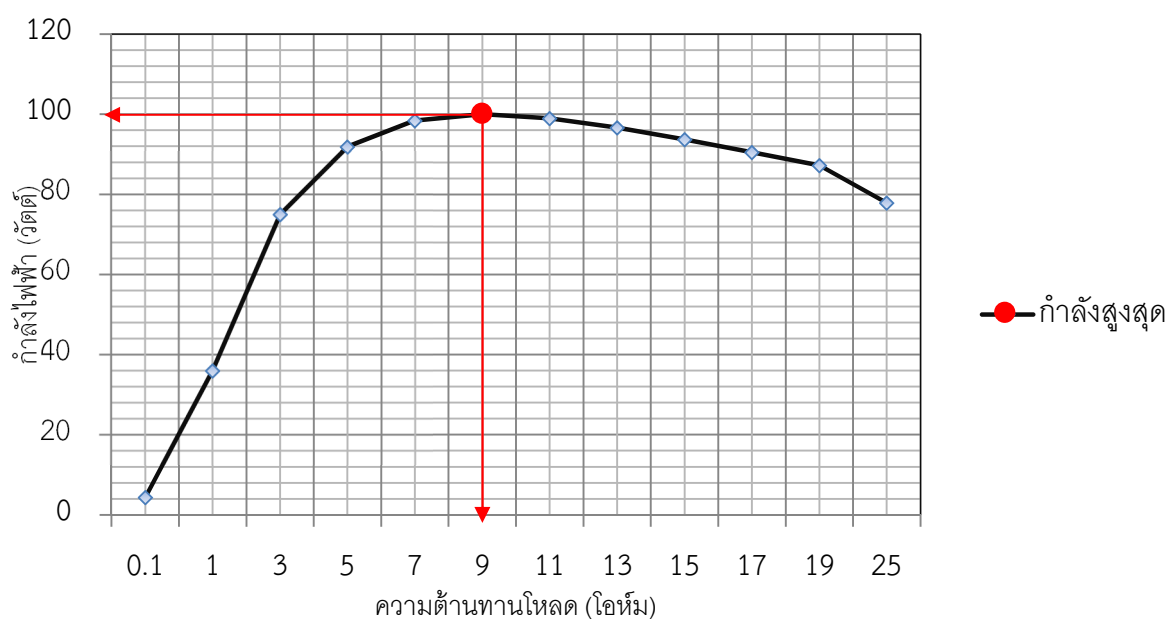
$R_L (\Omega)$	$P_L (\text{W})$	$I_L (\text{A})$	$V_L (\text{V})$
0.1	4.35	6.59	0.66
1	36.00	6.00	6.00
3	75.00	5.00	15.00
5	91.84	4.29	21.43

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L (ต่อ)

$R_L(\Omega)$	$P_L(W)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$
7	98.44	3.75	26.25
9	100.00 (Maximum)	3.33 ($I_{MAX}/2$)	30.00 ($E_{Th}/2$)
11	99.00	3.00	33.00
13	96.69	2.73	35.46
15	93.75	2.50	37.50
17	90.53	2.31	39.23
19	87.24	2.14	40.71
25	77.86	1.77	44.12

จากข้อมูลในตารางที่ 15.1 นำค่ากำลังไฟฟ้า $P_L(W)$ และค่าความต้านทานโหลด $R_L(\Omega)$ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 15.3



รูปที่ 15.3 กราฟทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับรูปที่ 15.2

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
จากตารางที่ 15.1 และกราฟรูปที่ 15.3 พบว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th} = 9 \Omega$ กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าสูงสุดหลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงและที่ค่าสูงสุดนี้ $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$ $I_L = \frac{I_{MAX}}{2}$ เมื่อ $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$ ในทางปฏิบัติประสิทธิภาพ (Efficiency: η) ของระบบหาได้โดยอัตราส่วนกำลังไฟฟ้าถ่ายโอนไปยังโหลด (P_L) กับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (P_S) หรืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต (P_{out}) ต่อกำลังไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) ดังสมการที่ 15-4 $\eta \% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad \text{หรือ} \quad \frac{P_L}{P_S} \times 100 \% \quad (15-4)$ และ $\eta \% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100 \%$ โดยที่ R_{Th} มีค่ามากกว่า R_L มาก ๆ และ $R_{Th} + R_L \cong R_{Th}$ เมื่อ $R_L = R_{Th}$ จะได้ $\eta \% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100 \% = \frac{R_L}{2R_L} \times 100 \% = 50 \%$ ดังนั้นที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้วงจรจะมีประสิทธิภาพเพียง 50 % เท่านั้น ที่แหล่งจ่ายสามารถส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดได้ ภายใต้เงื่อนไข $R_L = R_{Th}$ จะได้ $I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}}$ $P_L = I^2 \times R_L = \left(\frac{E_{Th}}{2R_{Th}} \right)^2 \times R_{Th} = \frac{E_{Th}^2 \times R_{Th}}{4R_{Th}^2}$ จะได้ $P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \quad (W) \quad (15-5)$		

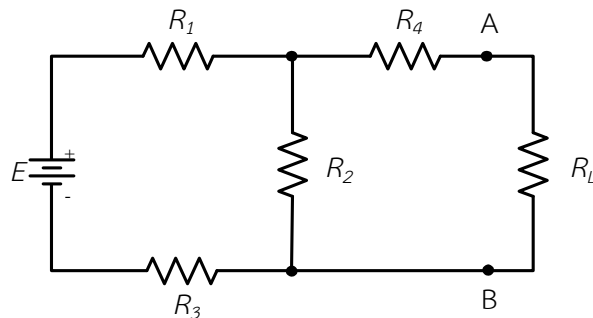
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

จากรูปที่ 15.1 ข) เมื่อเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน จะได้

$$P_{L_{MAX}} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4} \text{ (W)} \quad (15-6)$$

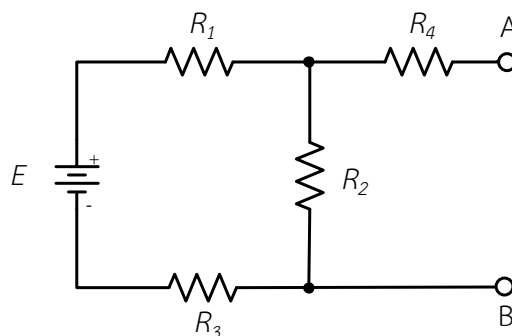
15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยอาศัยหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาวิเคราะห์ ในรูปที่ 15.4 จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 15.4 วงจรไฟฟ้าสำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B

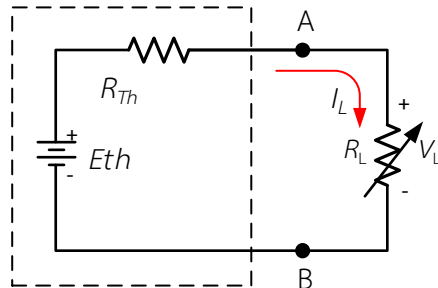


รูปที่ 15.5 แสดงวงจรที่ปลด R_L ออก

2. คำนวณหาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 (จากวงจรในรูปที่ 15.6 จะเห็นว่าไม่มีกระแสไหลผ่าน R_4 จึงไม่มีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน)

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
รูปที่ 15.6 แสดงการหาค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน $E_{Th} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (15-7)$ สมการที่ (15-7) เป็นสมการที่ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้าตนเอง 3. หาคความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ในการหาคความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน โดยนำ R_1 อนุกรมกับ R_3 แล้วขนานกับ R_2 จากนั้นจึงอนุกรมกับ R_4 รูปที่ 15.7 แสดงการหาคความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน $R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4 \quad (15-8)$ 4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B และในขณะที่กำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับคความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 15.8 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \quad (15-9)$$

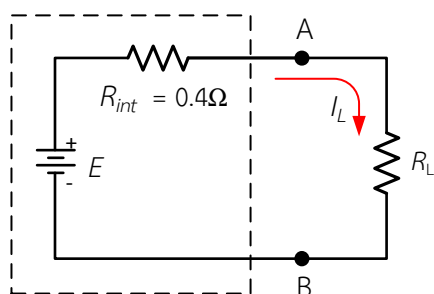
$$P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \text{ (W)} \quad (15-10)$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า

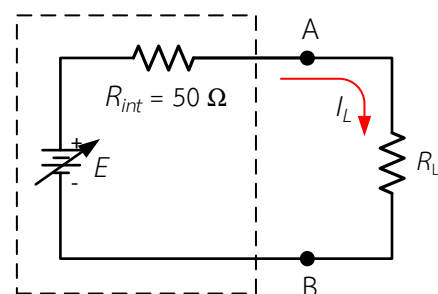
ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด จะนำไปใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าร่วมกับทฤษฎีเทเวนิน หรือ ทฤษฎีอินอร์ตัน และใช้วงจรเทียบเคียง คำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะที่โหลดได้รับ ศึกษาจากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 15.1 จากรูปจงหาค่าต่อไปนี้

- ก. R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด
- ข. R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 %



ก) แบตเตอรี่



ข) เพาเวอร์ซัพพลาย

รูปที่ 15.9 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.1

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
วิธีทำ ก) หาค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับเบตเตอร์ รูปที่ 15.9 ข) จะได้ $R_L = R_{Th} = R_{int} = 0.4 \Omega$ $\therefore$ ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับเบตเตอร์ = 0.4 โอห์ม สำหรับเพาเวอร์ซัพพลาย รูปที่ 15.9 ค) จะได้ $R_L = R_{Th} = R_{int} = 50 \Omega$ $\therefore$ ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับเบตเตอร์ = 50 โอห์ม ข) หาค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % ($89 \% = 0.89 \times 100$) จาก $\eta = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L}$ $\eta(R_{Th} + R_L) = R_L$ $\eta R_{Th} + \eta R_L = R_L$ $(1 - \eta)R_L = \eta R_{Th}$ ดังนั้น $R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$ สำหรับเบตเตอร์ รูปที่ 15.9 ข) จะได้ $R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$ $= \frac{0.89 \times 0.4}{1 - 0.89}$ $R_L = 3.24 \Omega$ $\therefore$ ค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % = 3.24 โอห์ม สำหรับเพาเวอร์ซัพพลาย รูปที่ 15.9 ค) จะได้		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

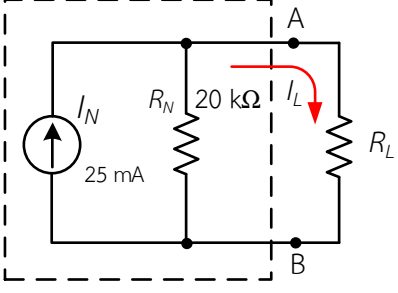
$$R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$$

$$= \frac{0.89 \times 50}{1 - 0.89}$$

$$R_L = 404.55 \Omega$$

∴ ค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % = 404.55 โอห์ม

ตัวอย่างที่ 15.2 จากรูปจงหาค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด และกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร



รูปที่ 15.10 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.2

วิธีทำ

ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเท่ากับ R_N

$$R_L = R_N = 20 \text{ k}\Omega$$

∴ ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับเบตเตอรี = 20 กิโลโอห์ม

จาก สมการที่ 15-6

$$P_{L_{MAX}} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4}$$

$$= \frac{(25 \times 10^{-3})^2 \times (20 \times 10^3)}{4}$$

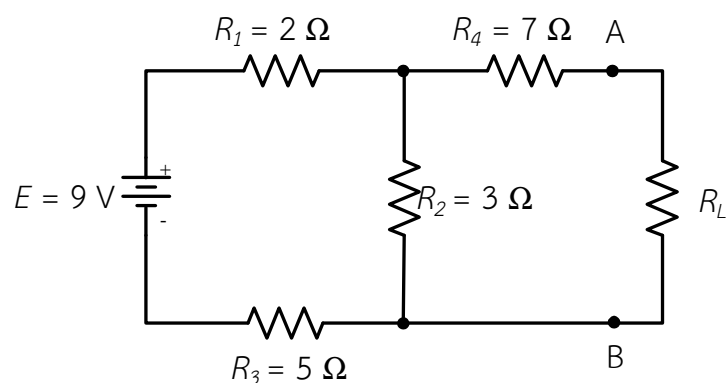
$$P_{L_{MAX}} = 3.125 \text{ W}$$

∴ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด = 3.125 วัตต์

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 15.3 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.11 จงคำนวณ

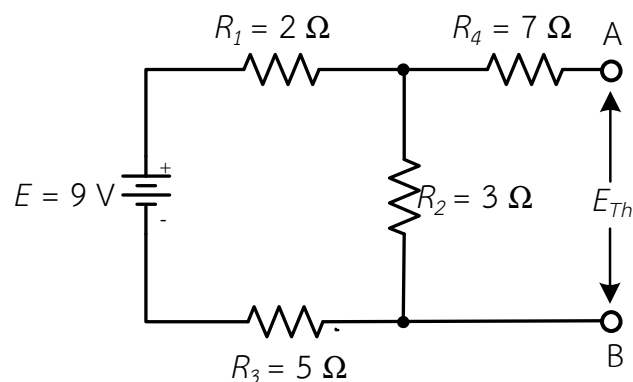
- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
- ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
- ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}



รูปที่ 15.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 นั้นเอง ดังรูปที่ 15.12



รูปที่ 15.12 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3

ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะได้



ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 4 ชั่วโมง

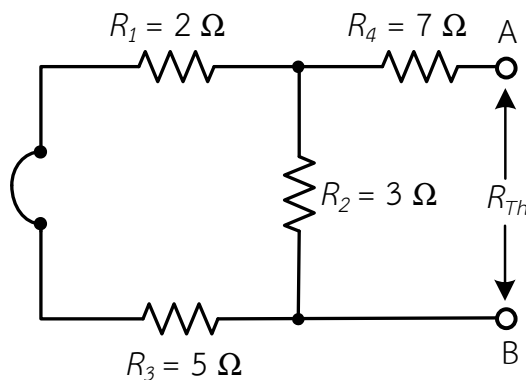
$$E_{Th} = E \times \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$= 9\text{ V} \times \frac{3\ \Omega}{2\ \Omega + 3\ \Omega + 5\ \Omega}$$

$$E_{Th} = 2.7\text{ V}$$

∴ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 2.7 โวลต์

3. หาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 15.13



รูปที่ 15.13 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3

$$R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4$$

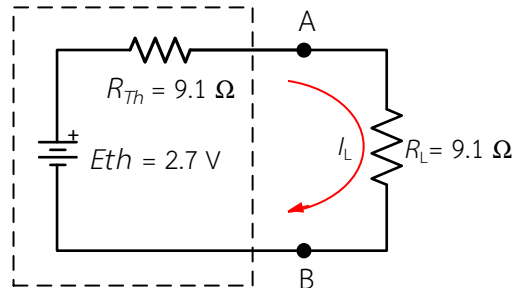
$$= \frac{(2\ \Omega + 5\ \Omega) \times 3\ \Omega}{(2\ \Omega + 5\ \Omega) + 3\ \Omega} + 7\ \Omega$$

$$R_{Th} = 9.1\ \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 9.1 โอห์ม

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 15.14

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 15.14 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3

ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 9.1 \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานโหลด = 9.1 โอห์ม

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

$$\begin{aligned} I_{MAX} &= \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \\ &= \frac{2.7 \text{ V}}{9.1 \Omega} \end{aligned}$$

$$I_{MAX} = 0.297 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าสูงสุด = 0.297 แอมแปร์

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}

$$\begin{aligned} P_{LMAX} &= \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \\ &= \frac{(2.7 \text{ V})^2}{4 \times 9.1 \Omega} \end{aligned}$$

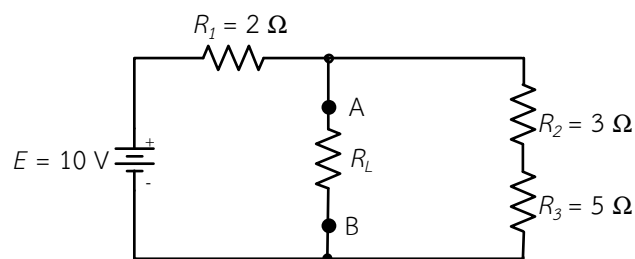
$$P_{LMAX} = 0.2 \text{ W}$$

∴ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 0.2 วัตต์

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 15.4 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.15 จงคำนวณ

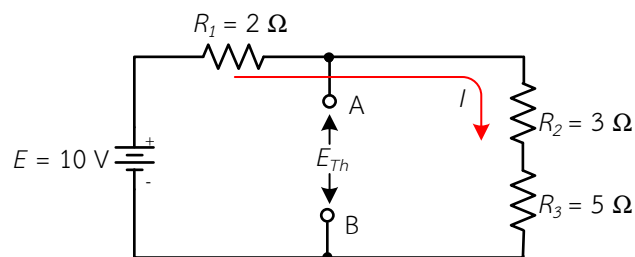
- หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
- หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
- หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}



รูปที่ 15.15 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4

วิธีทำ

- ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
- หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 และ R_3 นั้นเอง ดังรูปที่ 15.16



รูปที่ 15.16 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4

หาค่าความต้านทานรวมของวงจร ; R_T

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 2\Omega + 3\Omega + 5\Omega \end{aligned}$$

$$R_T = 10\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทานรวมของวงจร = 10 โอห์ม

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร ; I_T

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

$$= \frac{10V}{10\Omega}$$

$$I_T = 1A$$

$\therefore$ ค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร = 1 แอมแปร์

ดังนั้น

$$E_{Th} = V_2 + V_3$$

$$= (I_T \times R_2) + (I_T \times R_3)$$

$$= (1A \times 3\Omega) + (1A \times 5\Omega)$$

$$E_{Th} = 8V$$

$\therefore$ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 8 โวลต์

หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 15.17

รูปที่ 15.17 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4

$$R_{Th} = \frac{R_1 \times (R_2 + R_3)}{R_1 + (R_2 + R_3)}$$

$$= \frac{2\Omega \times (3\Omega + 5\Omega)}{2\Omega + (3\Omega + 5\Omega)}$$

$$R_{Th} = 1.6\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 1.6 โอห์ม

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

3. นำค่า E_{TH} และ R_{TH} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 15.18

รูปที่ 15.18 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4

ข. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 1.6\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทานโหลด = 1.6 โอห์ม

ง. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$$

$$= \frac{8V}{1.6\Omega}$$

$$I_{MAX} = 5A$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าสูงสุด = 5 แอมแปร์

จ. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}

$$P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{(8V)^2}{4 \times 1.6\Omega}$$

$$P_{LMAX} = 10W$$

$\therefore$ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 10 วัตต์

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
สรุป ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ด้วยนั้น จะเกิดการส่งผ่านกำลังสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังโหลดได้นั้นก็ต่อเมื่อโหลดมีความต้านทานเท่ากับ ความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายที่จ่ายให้โหลดตัวนั้น โดยการนำเอาหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาใช้ในการ วิเคราะห์วงจร เมื่อได้วงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว ก็สามารถที่จะหาค่าความต้านทานของโหลดได้ซึ่งจะมีค่า เท่ากับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน และเมื่อนำเข้ามาต่อกับวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วจะสามารถ วิเคราะห์หาลำดับสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้นได้		

	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง (30 นาที)

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. จงบอกหลักการทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด (5 คะแนน)

.....

.....

.....

2. ทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า คือ (5 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

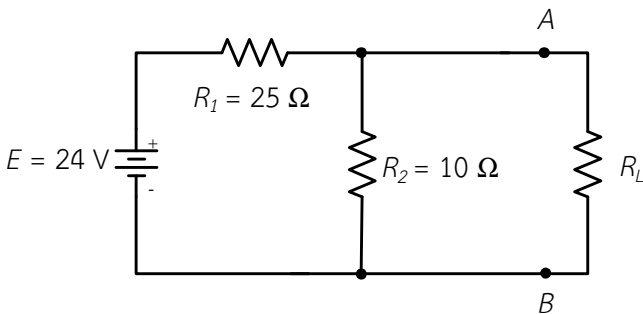
.....

.....

.....

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.19 จงคำนวณ (10 คะแนน)
 - ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
 - ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L
 - ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_L

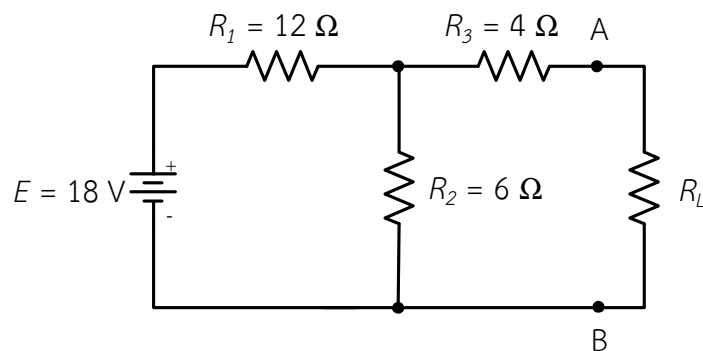


รูปที่ 15.19 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 1

	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

2. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.20 จงคำนวณ (10 คะแนน)

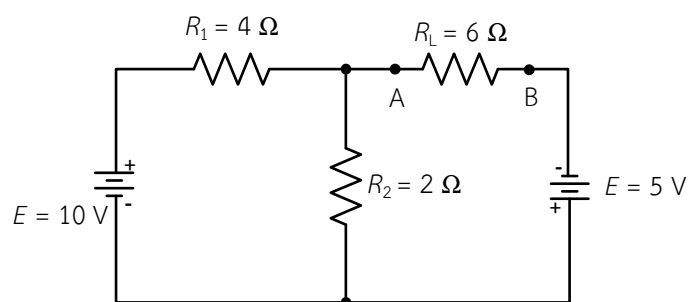
- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
 ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L
 ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_L



รูปที่ 15.20 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 2

3. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.21 จงคำนวณ (10 คะแนน)

- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
 ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
 ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}



รูปที่ 15.21 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.22 จงคำนวณ (10 คะแนน)

- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
 ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
 ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}



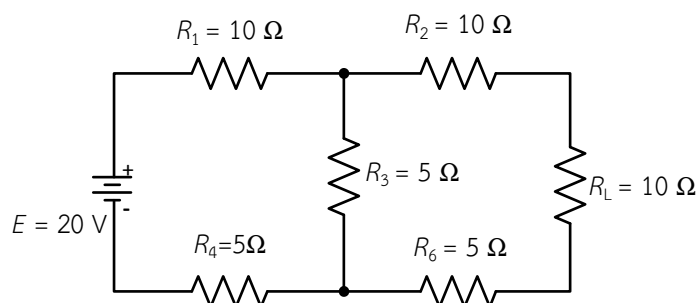
ใบแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 15.22 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4

	ใบประเมินผลแบบฝึกหัด		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ตอนที่ 1			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	5		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	5		
ตอนที่ 2			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 3	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 4	10		
รวมคะแนน	50		
คะแนนจริง	10		

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

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง
คำสั่ง จงต่อวงจร วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าตามทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยใช้มัลติมิเตอร์ จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน 1. จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด 2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ 2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับการทดลองทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถูกต้อง 2.2 วัดค่าปริมาณไฟฟ้าตามทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถูกต้อง 2.3 เปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลการทดลองของค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ถูกต้อง 2.4 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกจินสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้ 3. เจตคติ คุณธรรม ค่านิยมอันพึงประสงค์ 3.1 ความรับผิดชอบ 3.2 ความมีวินัย 3.3 การตรงต่อเวลา 3.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์ 3.5 ความรู้ทักษะและวิชาชีพ 3.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้ 3.7 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ 3.8 ทำตามลำดับขั้น 3.9 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 3.10 การมีส่วนร่วม		

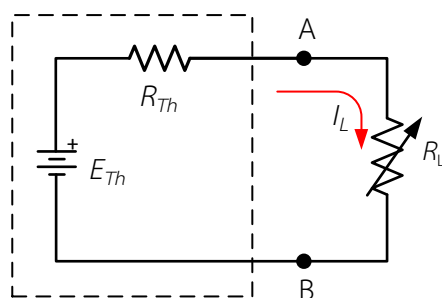
	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

เนื้อหาสาระ

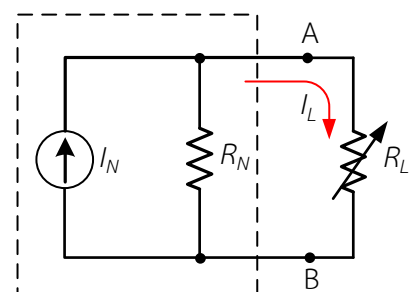
ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเป็นวงจรเชิงเส้นใดๆ ภาระทางไฟฟ้าคือโหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power: P_L) เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ” การทำให้โหลดที่อยู่ในวงจรไฟฟ้ามีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งจ่ายแรงดันและโหลด แต่ถ้ระบบเกิดส่งผลกระทบต่อโหลดและแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของวงจรต่ำ อาจเป็นเพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีมาก ลักษณะเช่นนี้จึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลง

1. แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด กล่าวไว้ว่า ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ด้วยนั้น จะเกิดการส่งผ่านกำลังสูงสุดจากแหล่งจ่ายไปยังโหลดได้นั้นก็ต่อเมื่อโหลดมีความต้านทานเท่ากับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายที่จ่ายให้โหลดตัวนั้น ในบางครั้งการส่งผ่านกำลังจากแหล่งจ่ายพลังงานจะต้องผ่านความต้านทานต่าง ๆ หลายตัว แต่ยังสามารถที่จะหาค่ากำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้นได้ โดยการนำเอาหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาใช้ในการวิเคราะห์วงจรดังกล่าว เมื่อได้วงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว ก็สามารถที่จะหาค่าขนาดของโหลดได้ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน และเมื่อนำโหลดเข้ามาต่อกับวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว จะได้กำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้น จากรูปที่ 15.1 อธิบายการได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดดังนี้

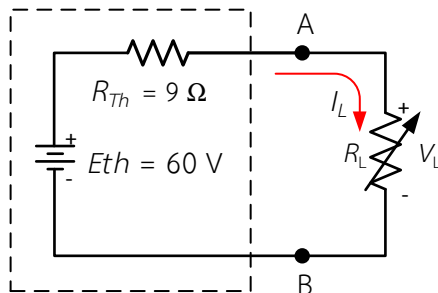


ก) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด
เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงเทเวนิน



ข) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด
เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

รูปที่ 15.1 การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดของวงจรโครงข่าย

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง
จากรูปที่ 15.1 โหลดได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อ $R_L = R_{Th}$ หรือ $R_L = R_N$ จะให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาในรูปที่ 15.1 พบว่าเมื่อปรับความต้านทานโหลดจากค่าน้อยไปหาค่ามากทีละค่าแล้ว จะพบว่า เมื่อปรับความต้านทานโหลดให้มีค่าเท่ากับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน ก็จะได้กำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นความต้านทานโหลดพอดีและสามารถคำนวณหาค่าได้ดังนี้ คือ สามารถหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้ากับตัวต้านทานที่โหลด (R_L) ได้สมการ ดังนี้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด $I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} \quad (15-1)$ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด $V_L = \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L} \quad (15-2)$ กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด $P_L = I_L^2 \times R_L \quad (15-3)$ ถ้าพิจารณาจากตัวอย่างจากรูปที่ 15.2 โดยกำหนดให้ $E_{Th} = 60 \text{ V}$ และ $R_{Th} = 9 \Omega$  รูปที่ 15.2 วงจรวงจรเทียบเคียงเทเวนินใช้เป็นกรณีตัวอย่างตามทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด จากรูปที่ 15.2 กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลดหาได้โดย		

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

$$P_L = \frac{E_{Th}^2 \times R_L}{(R_{Th} + R_L)^2} = \frac{3600 \times R_L}{(9 + R_L)^2}$$
$$\text{โดยที่ } I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{60}{9 + R_L}$$
$$\text{และ } V_L = \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L} = \frac{60 \times R_L}{9 + R_L}$$

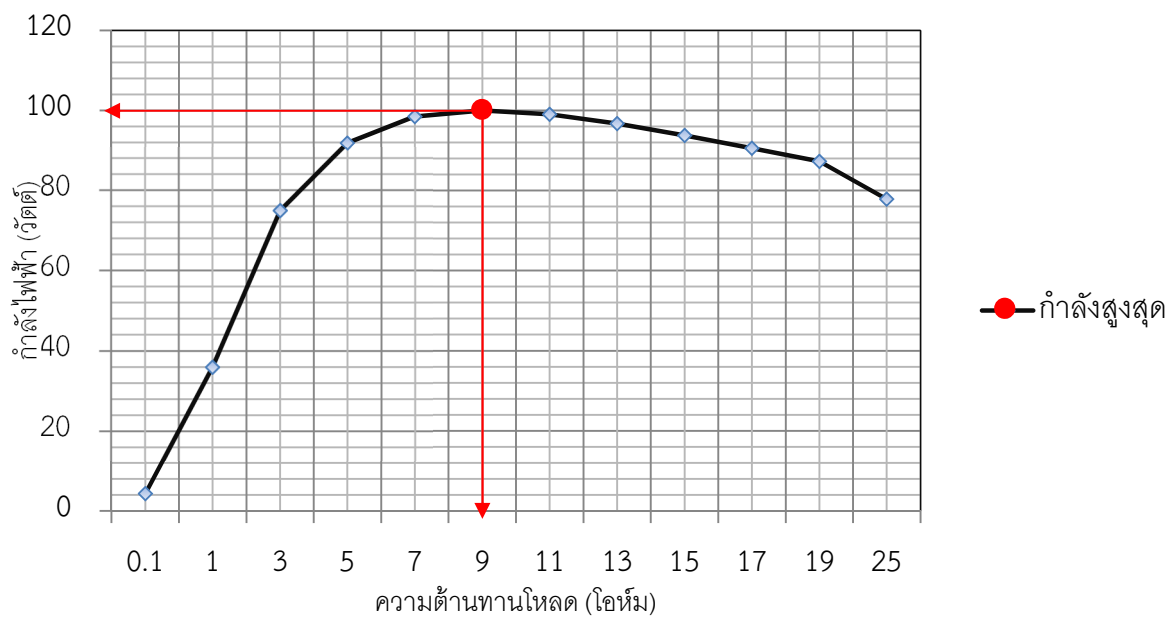
เมื่อ P_L จัดเรียงลำดับค่าของ R_L ดังตารางที่ 15.1 โดยกำหนดขอบเขต $R_L = 0.1\text{-}25$ โอห์ม (Boylestad, Robert. 2003: 338) การหาค่ากำลังที่เกิดขึ้นที่โหลด R_L ทุก ๆ ค่าที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับค่าของโหลด R_L ที่เปลี่ยนไปนั้น

ตารางที่ 15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L

$R_L(\Omega)$	$P_L(W)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$
0.1	4.35	6.59	0.66
1	36.00	6.00	6.00
3	75.00	5.00	15.00
5	91.84	4.29	21.43
7	98.44	3.75	26.25
9	100.00 (Maximum)	3.33 ($I_{MAX}/2$)	30.00 ($E_{Th}/2$)
11	99.00	3.00	33.00
13	96.69	2.73	35.46
15	93.75	2.50	37.50
17	90.53	2.31	39.23
19	87.24	2.14	40.71
25	77.86	1.77	44.12

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

จากข้อมูลในตารางที่ 15.1 นำค่ากำลังไฟฟ้า $P_L(W)$ และค่าความต้านทานโหลด $R_L(\Omega)$ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 15.3



รูปที่ 15.3 กราฟทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับรูปที่ 15.2

จากตารางที่ 15.1 และกราฟรูปที่ 15.3 พบว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th} = 9 \Omega$ กำลังไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงค่าสูงสุดหลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงและที่ค่าสูงสุดนี้

$$V_L = \frac{E_{Th}}{2}$$

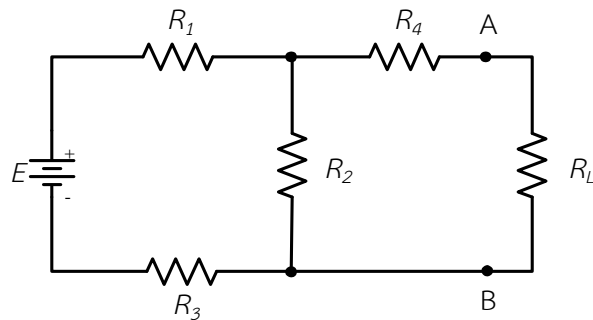
$$I_L = \frac{i_{MAX}}{2}$$

เมื่อ $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$

ในทางปฏิบัติประสิทธิภาพ (Efficiency: η) ของระบบหาได้โดยอัตราส่วนกำลังไฟฟ้าถ่ายโอนไปยังโหลด (P_L) กับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (P_S) หรืออัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต (P_{out}) ต่อกำลังไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) ดังสมการที่ 15-4

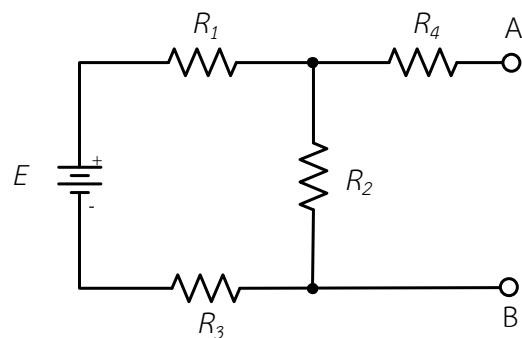
	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง
$\eta \% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad \text{หรือ} \quad \frac{P_L}{P_S} \times 100 \% \quad (15-4)$ และ $\eta \% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100 \%$ โดยที่ R_{Th} มีค่ามากกว่า R_L มาก ๆ และ $R_{Th} + R_L \cong R_{Th}$ เมื่อ $R_L = R_{Th}$ จะได้ $\eta \% = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L} \times 100 \% = \frac{R_L}{2R_L} \times 100 \% = 50 \%$ ดังนั้นที่กำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้วงจรจะมีประสิทธิภาพเพียง 50 % เท่านั้น ที่แหล่งจ่ายสามารถส่งกำลังไฟฟ้าไปยังโหลดได้ ภายใต้เงื่อนไข $R_L = R_{Th}$ จะได้ $I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}}$ $P_L = I^2 \times R_L = \left(\frac{E_{Th}}{2R_{Th}} \right)^2 \times R_{Th} = \frac{E_{Th}^2 \times R_{Th}}{4R_{Th}^2}$ จะได้ $P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \quad (W) \quad (15-5)$ จากรูปที่ 15.1 ข) เมื่อเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน จะได้ $P_{LMAX} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4} \quad (W) \quad (15-6)$ 2. ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยอาศัยหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาวิเคราะห์ ในรูปที่ 15.4 จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้		

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง



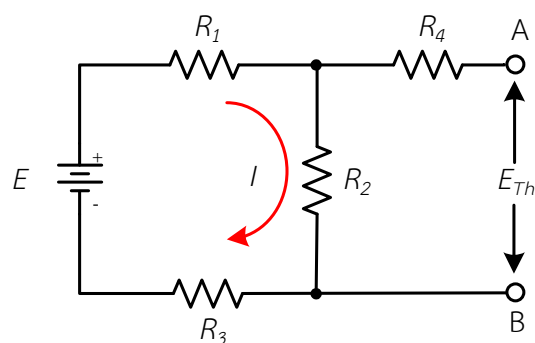
รูปที่ 15.4 วงจรไฟฟ้า สำหรับการวิเคราะห์ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

2.1 ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B



รูปที่ 15.5 แสดงวงจรที่ปลด R_L ออก

2.2 คำนวณหาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 (จากวงจรในรูปที่ 15.6 จะเห็นว่าไม่มีกระแสไหลผ่าน R_4 จึงไม่มีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน)



รูปที่ 15.6 แสดงการหาค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน

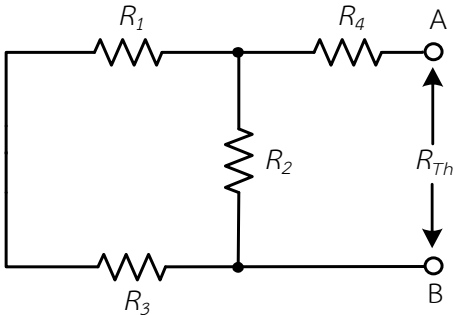
	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

$$E_{Th} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (15-7)$$

สมการที่ (15-7) เป็นสมการที่ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้านั่นเอง

2.3 หาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร)

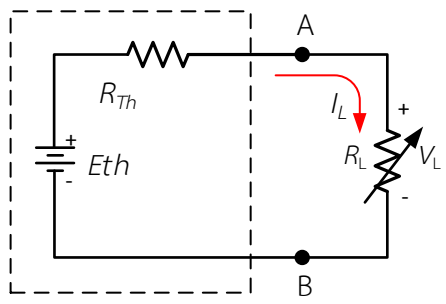
ในการหาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน โดยนำ R_1 อนุกรมกับ R_3 แล้วขนานกับ R_2 จากนั้นจึงอนุกรมกับ R_4



รูปที่ 15.7 แสดงการหาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน

$$R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4 \quad (15-8)$$

2.4 นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B และในขณะที่กำลังกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด



รูปที่ 15.8 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \quad (15-9)$$

$$P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \quad (W) \quad (15-10)$$

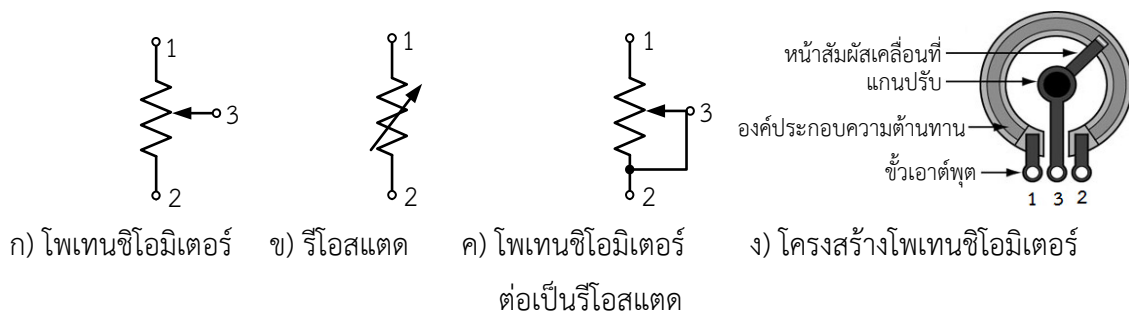
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้

เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงค่าความต้านทานที่กำหนดไว้ จะใช้ในงานที่ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อยๆ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าสัมผัสสำหรับการหมุน เลื่อนหน้าสัมผัส



รูปที่ 15.9 ภาพตัวอย่างตัวต้านทานแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

ในการปรับค่าความต้านทานโดยมีแกนยื่นออกมาเพื่อใช้สำหรับหมุนปรับค่า อย่างเช่น ปุ่มปรับแรงเสียง แบบธรรมดา หรือ แบบสไลด์ อีกแบบหนึ่งไม่มีแกนหมุนเราเรียกกันว่า วอลุ่มเกือกม้า หรือ Trimpot อาจจะทำมาจาก คาร์บอน เซอร์เมท (เซรามิกผสมเงิน) หรือพลาสติก



รูปที่ 15.10 โครงสร้างส่วนประกอบตัวต้านทานปรับค่าได้

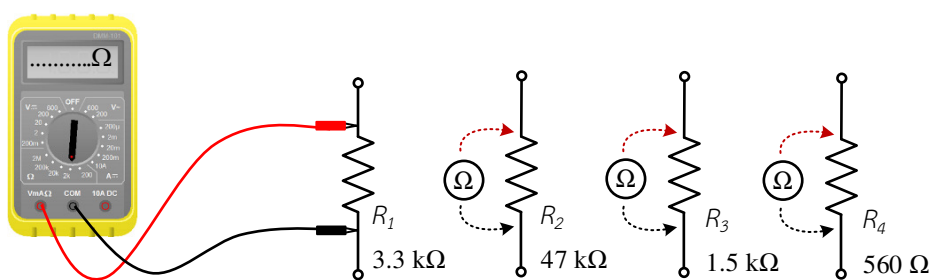
	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 0 – 30 V	จำนวน	1	เครื่อง
2. แผงประกอบวงจร	จำนวน	1	แผง
3. ตัวต้านทาน 3.3 k Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน 47 k Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 1.5 k Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 560 k Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 0 - 10 k Ω	จำนวน	2	ตัว
7. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 0 - 10 k Ω	จำนวน	1	ตัว
9. สายปากคีบ	จำนวน	10	เส้น

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

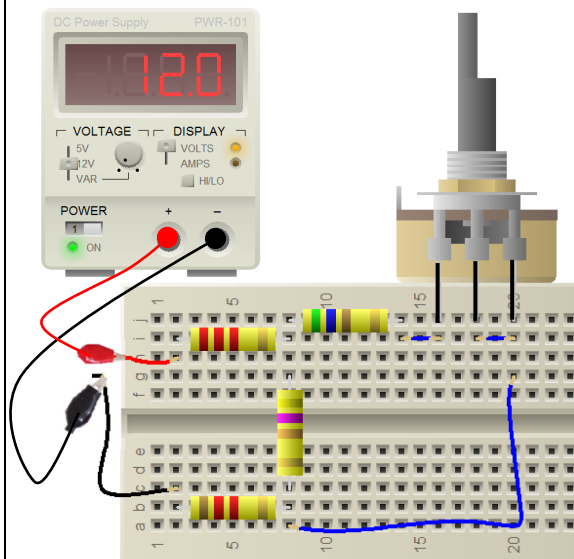
1. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 15.11 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1



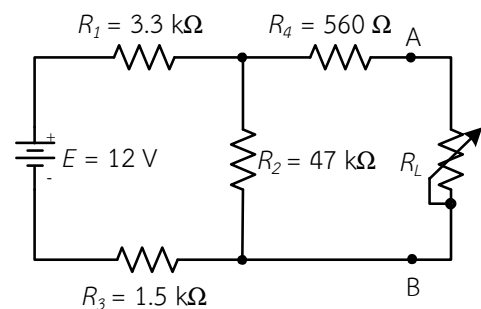
รูปที่ 15.11 วัดค่าความต้านทานแต่ละตัว

2. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 15.12 ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	



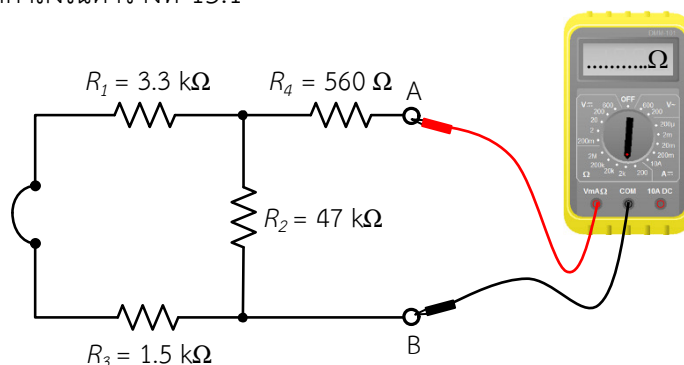
ก) แสดงเป็นรูปเสมือน



ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

รูปที่ 15.12 วงจรการทดลองทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) นำ R_L ออกจากจุด A และ B
4. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานที่จุด A และ B (R_{Th}) ตามรูปที่ 15.13 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1

รูปที่ 15.13 วัดค่าความต้านทานเทวินิน (R_{Th})

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

ตารางที่ 15.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_4	R_{Th}	หน่วย
การคำนวณ	-	-	-	-		Ω
การวัด						Ω
ผลการทดลองจาก	E_{Th}	E	-	-	-	หน่วย
การคำนวณ		-	-	-	-	V
การวัด			-	-	-	V

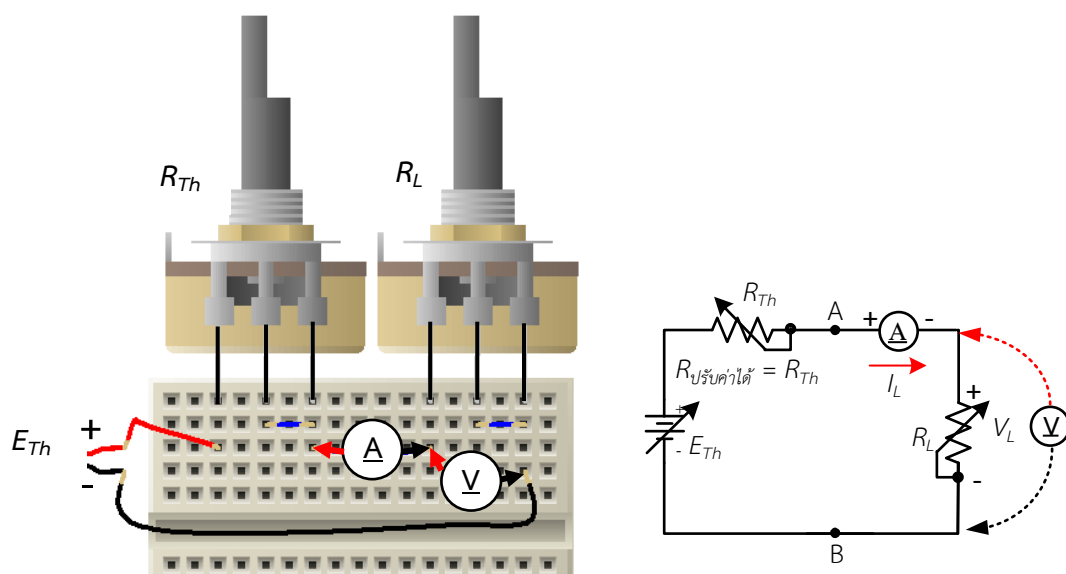
7. เปรียบเทียบค่า R_{Th} และ E_{Th} ที่ได้จากการวัดและการคำนวณ

.....

.....

.....

8. ประกอบวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับค่า E_{Th} ที่ได้จากการวัดในข้อที่ 5 และใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่า R_{Th} ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4 และต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_L) อีกตัวเข้าในวงจร ดังรูปที่ 15.14



ก) แสดงเป็นรูปเสมือน

ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

รูปที่ 15.12 วงจรเทียบเคียงเทเวนินใช้ในการทดลองทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

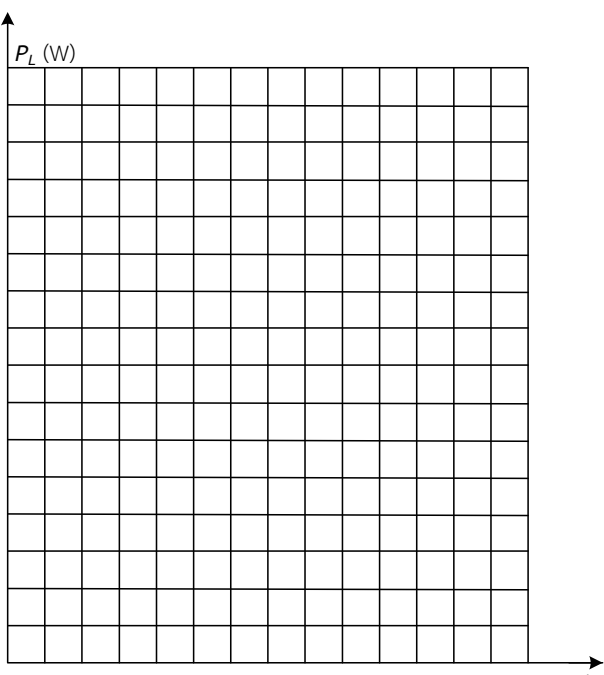
	ใบงานที่ 15		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		

9. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจร ทำการวัดค่าตามตารางที่ 15.2 โดยลำดับที่ 3, 2, 1 ปรับลดค่าความต้านทานที่ตัว R_L จากเดิมเท่ากับค่า R_{Th} ลดลงไปเรื่อยๆ และลำดับ 5, 6, 7 ปรับเพิ่มขึ้นจาก $R_L = R_{Th}$ แล้วคำนวณค่า P_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.2 (ทุกครั้งที่ทำการปรับค่า R_L ให้ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า นำตัว R_L ออกจากวงจร ปรับค่าตรวจสอบด้วยโอห์มมิเตอร์แล้วนำไปต่อในวงจร ทดลองต่อไปจนครบทุกลำดับ)

ตารางที่ 15.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับ	$R_L(\Omega)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$	$P_L = V_L \times I_L (W)$
1				
2				
3				
4 ($R_L = R_{Th}$)				
5				
6				
7				

10. จากผลการวัดจากตารางที่ 15.2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_L กับ R_L



	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

ข้อควรระวัง

1. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดค่าความต้านทาน ต้องใช้ย่านวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัด
2. ในการวัดทุกครั้ง ไม่ควรสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของสายวัด เพราะจะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนสูง
3. ในการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ เมื่อทำการปรับ วัดค่าจนได้ค่าที่ต้องการแล้วระวังอย่าให้เกิดการหมุนของแกนปรับจะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด มาพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	ชั่วโมง

2. จากตารางที่ 15.2 กำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะที่ R_L ได้รับเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th}$ จริงหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ขณะที่ RL ได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด จะได้ $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$, $I_L = \frac{i_{MAX}}{2}$ และ $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$

จริงหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

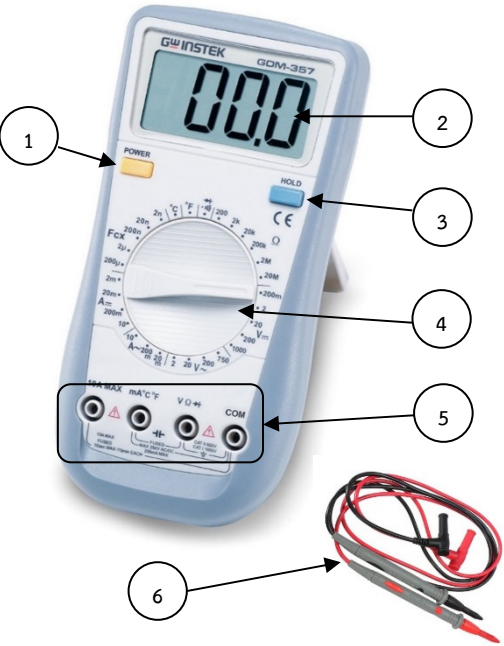
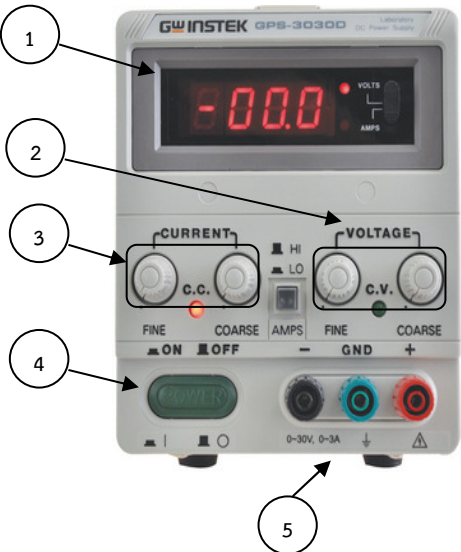
.....

.....

	ใบงานที่ 15		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		

ใบตรวจสอบสภาพเครื่องมือ

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ปวช 1. กลุ่ม.....เลขที่

ข้อมูลมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....						รูปภาพดิจิทัลมัลติมิเตอร์	
ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน			
		ดี	เสีย	ดี	เสีย		
1	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง						
2	จอแสดงผล						
3	ปุ่มลือคค่า						
4	สวิตช์เลือกย่านวัด						
5	ขั้วเสียบสายวัด						
6	สายวัด						
สรุปการตรวจสอบสภาพมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้						รูปภาพแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)	
ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ DC ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....							
ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน			
		ดี	เสีย	ดี	เสีย		
1	จอแสดงผล						
2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน						
3	ชุดปุ่มปรับกระแส						
4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง						
5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ						
สรุปการตรวจสอบสภาพแหล่งจ่ายไฟ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้							

	ใบประเมินผลใบงานที่ 15		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18	
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	คะแนนเต็ม	
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	90 คะแนน	

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
2. วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว	5		
3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 15.12	5		
4. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) นำ R_L ออกจากจุด A และ B	5		
5. วัดค่าความต้านทาน (R_{Th}) ตามรูปที่ 15.13	5		
6. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า วัดแรงดันไฟฟ้า (E_{Th}) ตามรูปที่ 15.14	5		
7. คำนวณค่า R_{Th} และ E_{Th}	5		
8. เปรียบเทียบค่า R_{Th} และ E_{Th} ที่ได้จากการวัดและการคำนวณ	5		
9. ประกอบวงจรเทียบเคียงเทเวนิน	5		
10. วัดค่าตามตารางที่ 15.2	10		
11. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_L กับ R_L	5		
12. สรุปผลการทดลอง	10		
13. ตอบคำถามท้ายการทดลอง	15		
14. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
รวมคะแนน	90		

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	คะแนนเต็ม
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	90 คะแนน
รายการประเมินผล 1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน 2. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 15.11 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 15.11 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 1 คะแนน 3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 15.12 ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง คะแนนเต็ม 5 คะแนน ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 15.12 ยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 1 คะแนน 4. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) นำ R_L ออกจากจุด A และ B คะแนนเต็ม 5 คะแนน ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) นำ R_L ออกจากจุด A และ B ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 2 คะแนน 5. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานที่จุด A และ B (R_{Th}) ตามรูปที่ 15.13 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานที่จุด A และ B (R_{Th}) ตามรูปที่ 15.13 บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 2 คะแนน 6. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ปรับให้มีค่า 12 V เข้าในวงจร ยังไม่ต้องต่อ R_L ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B (E_{Th}) ดังรูปที่ 15.14 นำผลการวัดบันทึกในตารางที่ 15.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ปรับให้มีค่า 12 V เข้าในวงจร ยังไม่ต้องต่อ R_L ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B (E_{Th}) ดังรูปที่ 15.14 นำผลการวัดบันทึกในตารางที่ 15.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 1 คะแนน 7. คำนวณค่า R_{Th} และ E_{Th} จากรูปที่ 15.12 และ 15.13 วงจรที่ใช้ในการทดลอง แล้วบันทึกผลในตารางที่ 15.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน คำนวณค่า R_{Th} และ E_{Th} จากรูปที่ 15.12 และ 15.13 วงจรที่ใช้ในการทดลอง แล้วบันทึกผลในตารางที่ 15.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 2.5 คะแนน		

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	คะแนนเต็ม
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	90 คะแนน
8. เปรียบเทียบค่า R_{Th} และ E_{Th} ที่ได้จากการวัดและการคำนวณ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เปรียบเทียบค่า R_{Th} และ E_{Th} ที่ได้จากการวัดและการคำนวณ ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 2.5 คะแนน 9. ประกอบวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับค่า E_{Th} ที่ได้จากการวัดในข้อที่ 5 และใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่า R_{Th} ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4 และต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_L) อีกตัวเข้าในวงจร ดังรูปที่ 15.14 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ประกอบวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ปรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับค่า E_{Th} ที่ได้จากการวัดในข้อที่ 5 และใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ปรับค่าให้ได้เท่ากับค่า R_{Th} ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4 และต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_L) อีกตัวเข้าในวงจร ดังรูปที่ 15.14 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 1 คะแนน 10. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจร ทำการวัดค่าตามตารางที่ 15.2 โดยลำดับที่ 3, 2, 1 ปรับลดค่าความต้านทานที่ตัว R_L จากเดิมเท่ากับค่า R_{Th} ลดลงเรื่อยๆ และลำดับ 5, 6, 7 ปรับเพิ่มขึ้นจาก $R_L = R_{Th}$ แล้วคำนวณค่า P_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.2 คะแนนเต็ม 10 คะแนน จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจร ทำการวัดค่าตามตารางที่ 15.2 โดยลำดับที่ 3, 2, 1 ปรับลดค่าความต้านทานที่ตัว R_L จากเดิมเท่ากับค่า R_{Th} ลดลงเรื่อยๆ และลำดับ 5, 6, 7 ปรับเพิ่มขึ้นจาก $R_L = R_{Th}$ แล้วคำนวณค่า P_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.2 ถูกต้องให้ 10 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 0.35 คะแนน 11. จากผลการวัดจากตารางที่ 15.2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_L กับ R_L คะแนนเต็ม 5 คะแนน จากผลการวัดจากตารางที่ 15.2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_L กับ R_L ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดจุดละ 0.71 คะแนน 12. สรุปผลการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน สรุปผลการทดลองครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ 10 คะแนน ไม่ครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตัดคะแนนข้อละ 3 คะแนน 13. ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนเต็ม 15 คะแนน ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกทุกข้อให้ 15 คะแนน ผิด ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน 14. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนข้อละ 1 คะแนน		

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

คำชี้แจง

1. จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

2. แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 15 นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1 บอกหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

1. ข้อใดกล่าวถึงหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้อย่างถูกต้อง

ก. โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของโหลดมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรนั้นๆ

ข. โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าแรงดันเทเวนิน (E_{Th}) ของวงจรนั้นๆ

ค. โหลดจะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทาน-เทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ

ง. โหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อมีค่าความต้านทานของโหลดเท่ากับค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2 อธิบายทฤษฎีที่สอดคล้องการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

2. ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าร่วมกับทฤษฎีใด

ก. ทฤษฎีของเทเวนิน

ข. กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ค. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ง. ทฤษฎีการวางซ้อน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1 บอกหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

3. การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด จะเกิดขึ้นเมื่อใด

ก. เมื่อ $R_L = R_T$

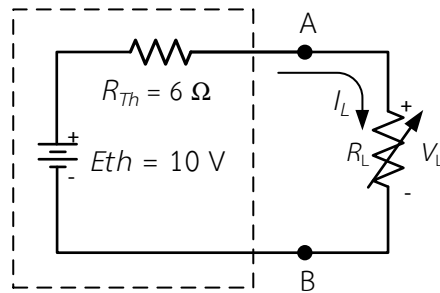
ข. เมื่อ $R_L = R_{Th}$

ค. เมื่อ $R_L = \frac{E_{Th}}{I_L}$

ง. เมื่อ $R_L = R_{Th} + R_T$

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

รูปสำหรับใช้ตอบคำถามข้อ 4-6



รูปที่ 1 วงจรไฟฟ้า ใช้ตอบคำถามข้อ 4-6

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2. อธิบายทฤษฎีที่สอดคล้องการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

4. จากรูปค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

- ก. $R_L = 2\Omega$
- ข. $R_L = 6\Omega$
- ค. $R_L = 12\Omega$
- ง. $R_L = 72\Omega$

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

5. จากรูปค่า R_L ได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

- ก. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{(10V)^2}{4 \times 6\Omega} = 4.17W$
- ข. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{R_{Th}} = \frac{(10V)^2}{6\Omega} = 16.67W$
- ค. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4} = \frac{(10V)^2}{4} = 25W$
- ง. $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}}{4R_{Th}} = \frac{(10V)}{4 \times 6\Omega} = 0.42W$

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณหาค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

6. จากรูปค่า หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (I_{MAX}) มีค่าเท่าไร

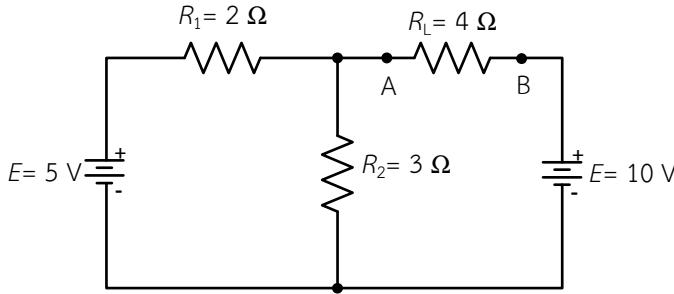
ก. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{2} = \frac{10V}{2} = 5A$

ข. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{10V}{6\Omega + 6\Omega} = 0.83A$

ค. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} = \frac{10V}{6\Omega} = 1.67A$

ง. $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}} = \frac{10V}{2 \times 6\Omega} = 0.83A$

รูปสำหรับใช้ตอบคำถามข้อ 7-10



รูปที่ 2 วงจรไฟฟ้า ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณหาค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

7. จากรูปแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) มีค่าเท่าไร

ก. 20 V

ข. 15 V

ค. 13 V

ง. 11 V

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

8. จากรูปความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) มีค่าเท่าไร

ก. 1.2Ω

ข. 3.72Ω

ค. 5.2Ω

ง. 9Ω

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

9. จากรูปค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

ก. 4Ω

ข. 5.2Ω

ค. 3.72Ω

ง. 1.2Ω

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

10. จากรูปกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด (R_L) มีค่าเท่าไร

ก. 0.352 W

ข. 3.52W

ค. 35.2 W

ง. 352 W

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบทดสอบได้ 9 – 10 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
ทำแบบทดสอบได้ 7 – 8 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ทำแบบทดสอบได้ 5 – 6 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ทำแบบทดสอบได้ 0 – 4 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

	ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้			หมายเหตุ
คุณธรรม จริยธรรม	30	1	2	3	
1. ความรับผิดชอบ : มีอุปกรณ์การเรียนครบถ้วน ส่งงานครบ	3				
2. ความมีวินัย : ปฏิบัติตามกฎระเบียบ แต่งกายเรียบร้อย	3				
3. การตรงต่อเวลา : เข้าเรียนตรงเวลา ทำงานส่งตามกำหนด	3				
4. ความมีมนุษยสัมพันธ์ : มีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น	3				
5. ความรู้ทักษะและวิชาชีพ : ปฏิบัติงานได้	3				
6. ความสนใจใฝ่หาความรู้ : ขยันและสนใจในการเรียน	3				
7. ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ : ทำความเข้าใจก่อนปฏิบัติ	3				
8. ทำตามลำดับขั้น : ทำตามลำดับขั้นตอนความสำคัญ	3				
9. ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด : แก้ปัญหาด้วยความ ความเรียบง่ายและประหยัด	3				
10.การมีส่วนร่วม : มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม	3				
รวมคะแนน	30				

หมายเหตุ การประเมินสามารถทำได้ทีละข้อหรือหลายข้อและทำได้ทั้งขณะก่อนหรือระหว่าง หรือหลังเรียน
เกณฑ์การประเมิน

- 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง
- 2 หมายถึง พอใช้
- 3 หมายถึง ดี

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	เอกสารอ้างอิง	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	4 ชั่วโมง
ชัด อินทะสี. (2540). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพรินติ้ง. อารังศักดิ์ หมิ่นกำหริม. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. บรรจง จันทมาศ. (2557). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์. บุญล้ำ ศักดิภัทรนนท์. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. วราภรณ์ ทุมชาติ. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: รัตนโรจน์การพิมพ์. วิษณุ บัวเทศ. (2558). การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ปัญญาชน. วิโรจน์ รัตนวิจารณ์. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ส.เต็มรักการพิมพ์. ไวกจณ์ ศรีธัญ และคณิศร จันทโรสดา. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เอสเคเอส อินเตอร์ การพิมพ์ ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. Boylesstad, Robert. (2003). Introductory Circuit Analysis. 9th Edition. Singapore: Prentice Hall. Thomas L. Floyd. (2003). Principles of Electric Circuits Conventional Current. (7th ed). New Jersey : Prentice-Hall. Tony R. Kuphaldt. Lessons In Electric Circuits, Volume I-DC. [online]. Available from : http://www.openbookproject.net//electricCircuits/DC/DC.pdf (12 Mar 2016).		

ภาคผนวก

เฉลยแบบฝึกหัด

เฉลยใบงาน

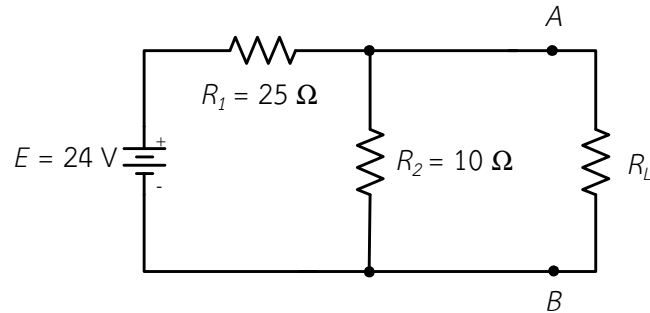
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

ใบสรุปการประเมินผล

สื่อ Power Point

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ 1. จงบอกหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (5 คะแนน) ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเป็นวงจรเชิงเส้นใดๆ ภาระทางไฟฟ้าคือโหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power: P_L) เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้นๆ” การทำให้โหลดที่อยู่ในวงจรไฟฟ้ามีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยไม่เกิดผลกระทบต่อแหล่งจ่ายแรงดันและโหลด แต่ถ้าระบบเกิดส่งผลกระทบต่อโหลดและแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของวงจรต่ำ อาจเป็นเพราะกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีมาก ลักษณะเช่นนี้จึงส่งผลให้กำลังไฟฟ้าลดลง 2. ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีขั้นตอนในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า คือ (5 คะแนน) 1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B 2. คำนวณหาแรงดันเทียบเท่าเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B 3. หาความต้านทานเทียบเท่าเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) 4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเท่าเทเวนิน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B และในขณะที่กำเนิดกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเท่าเทเวนิน นั้นเองและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ 1. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.19 จงคำนวณ (10 คะแนน) ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; P_{LMAX}		

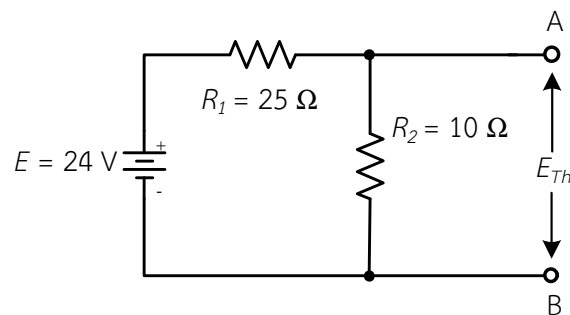
	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 15.19 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 1

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 นั้นเอง ดังรูปที่ 15.12



รูปที่ 1 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 1

ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะได้

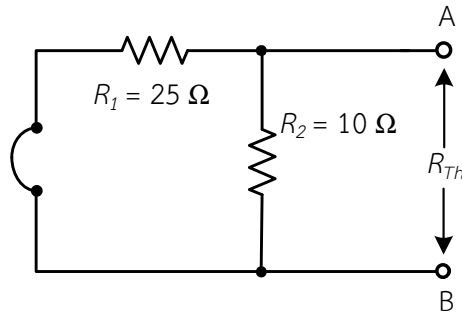
$$\begin{aligned}
 E_{Th} &= E \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= 24 \text{ V} \times \frac{10 \Omega}{25 \Omega + 10 \Omega}
 \end{aligned}$$

$$E_{Th} = 6.86 \text{ V}$$

$\therefore$ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 6.86 โวลต์

3. หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง



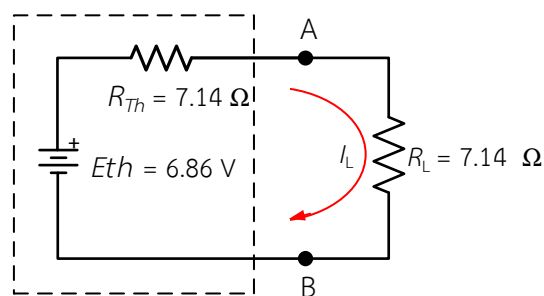
รูปที่ 2 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดข้อ 1

$$\begin{aligned}
 R_{Th} &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{25\Omega \times 10\Omega}{25\Omega + 10\Omega}
 \end{aligned}$$

$$R_{Th} = 7.14\Omega$$

∴ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 7.14 โอห์ม

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 1

ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 7.14\Omega$$

∴ ค่าความต้านทานโหลด = 7.14 โอห์ม

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L

$$I_L = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L}$$

$$= \frac{6.86 \text{ V}}{7.14 \Omega + 7.14 \Omega}$$

$$I_L = 0.48 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่โหลด = 0.48 แอมแปร์

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

$$P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$$

$$= \frac{(6.86 \text{ V})^2}{4 \times 7.14 \Omega}$$

$$P_{L_{MAX}} = 1.65 \text{ W}$$

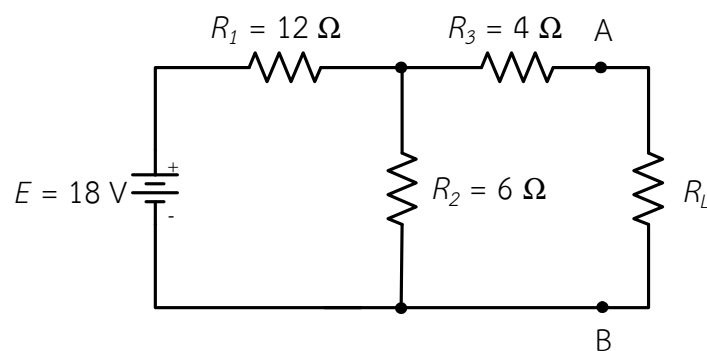
∴ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 1.65 วัตต์

2. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.20 จงคำนวณ (10 คะแนน)

ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

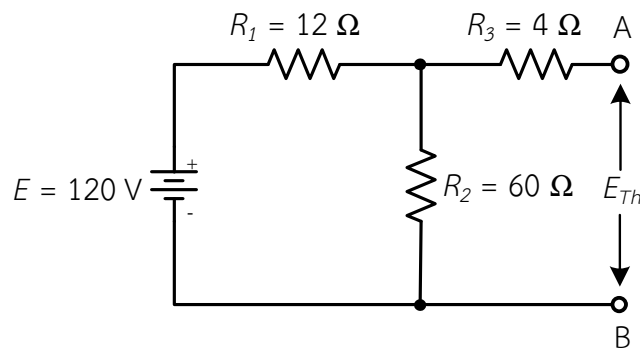


รูปที่ 15.20 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 2

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 นั้นเอง ดังรูปที่ 15.12



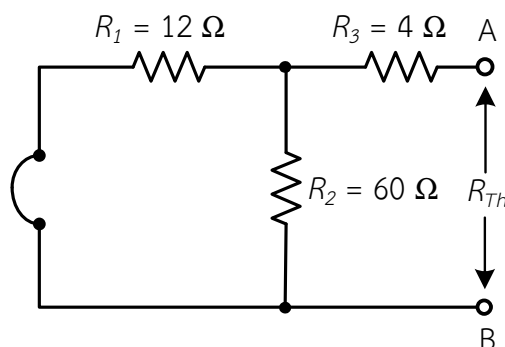
รูปที่ 1 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 2
ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะได้

$$\begin{aligned}
 E_{Th} &= E \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\
 &= 120 \text{ V} \times \frac{60 \Omega}{12 \Omega + 60 \Omega}
 \end{aligned}$$

$$E_{Th} = 100 \text{ V}$$

$\therefore$ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 100 โวลต์

3. หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดข้อ 2

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

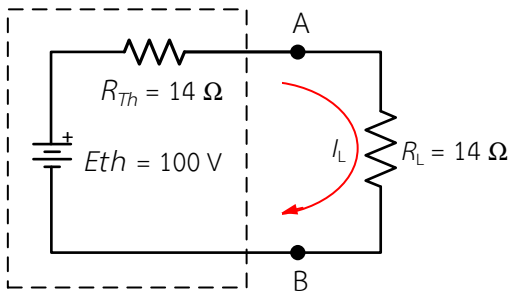
$$R_{Th} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$= \frac{12\Omega \times 60\Omega}{12\Omega + 60\Omega} + 4\Omega$$

$$R_{Th} = 14\Omega$$

∴ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 14 โอห์ม

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 2

ข. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 14\Omega$$

∴ ค่าความต้านทานโหลด = 14 โอห์ม

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลไปที่ตัวต้านทานโหลด ; I_L

$$I_L = \frac{E_{TH}}{R_{TH} + R_L}$$

$$= \frac{100\text{ V}}{14\Omega + 14\Omega}$$

$$I_L = 3.57\text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่โหลด = 3.57 แอมแปร์

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

$$P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$$

$$= \frac{(100 \text{ V})^2}{4 \times 14 \Omega}$$

$$P_{L_{MAX}} = 178.57 \text{ W}$$

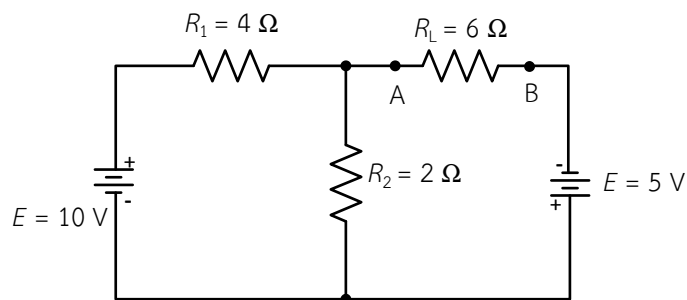
$\therefore$ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 178.57 วัตต์

3. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.21 จงคำนวณ (10 คะแนน)

ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$



รูปที่ 15.21 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 3

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 ดังรูปที่ 15.12



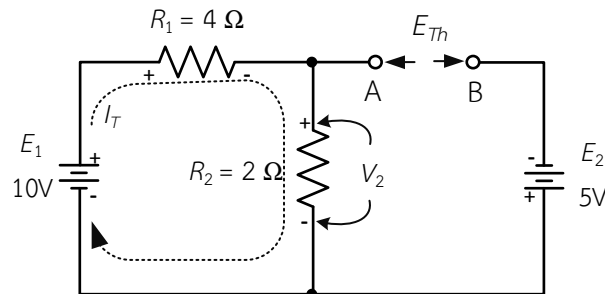
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 1 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 3

ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะได้

$$V_2 = E \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= 10 \text{ V} \times \frac{2 \Omega}{4 \Omega + 2 \Omega}$$

$$V_2 = 3.33 \text{ V}$$

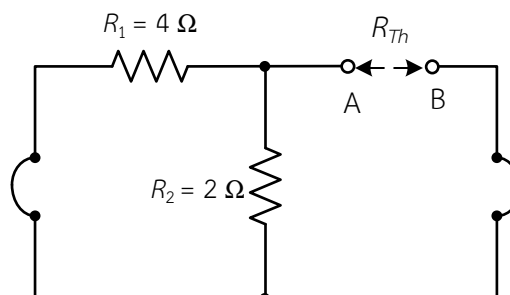
$$E_{Th} = V_1 + E_2$$

$$= 3.33 \text{ V} + 5 \text{ V}$$

$$E_{Th} = 8.33 \text{ V}$$

$\therefore$ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 8.33 โวลต์

3. หาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดข้อ 3



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 4 ชั่วโมง

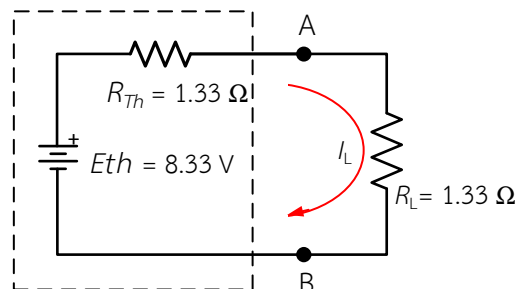
$$R_{Th} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{4 \Omega \times 2 \Omega}{4 \Omega + 2 \Omega}$$

$$R_{Th} = 1.33 \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 1.33 โอห์ม

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 3

ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 1.33 \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานโหลด = 1.33 โอห์ม

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$$

$$= \frac{8.33 \text{ V}}{1.33 \Omega}$$

$$I_{MAX} = 6.26 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าสูงสุด = 6.26 แอมแปร์

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

$$P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$$

$$= \frac{(8.33 \text{ V})^2}{4 \times 1.33 \Omega}$$

$$P_{L_{MAX}} = 13.04 \text{ W}$$

∴ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 13.04 วัตต์

4. จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.22 จงคำนวณ (10 คะแนน)

ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}

ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

รูปที่ 15.22 วงจรไฟฟ้า สำหรับแบบฝึกหัดข้อ 4

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B ซึ่งก็คือ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 ดังรูปที่ 15.12



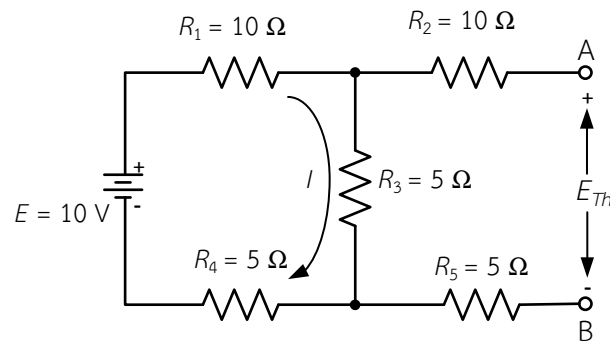
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 18

หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 1 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าแรงดัน E_{Th} ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 4

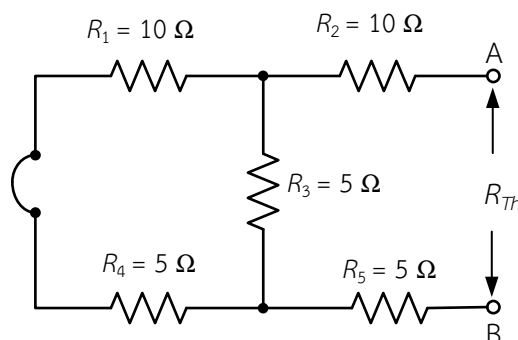
ใช้หลักการแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะได้

$$\begin{aligned} E_{Th} &= E \times \frac{R_3}{R_1 + R_3 + R_4} \\ &= 10 \text{ V} \times \frac{5 \Omega}{10 \Omega + 5 \Omega + 5 \Omega} \end{aligned}$$

$$E_{Th} = 2.5 \text{ V}$$

∴ ค่าแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน = 2.5 โวลต์

3. หาค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_{Th} ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดข้อ 4

$$R_{Th} = \left(\frac{(R_1 + R_4)R_3}{(R_1 + R_4) + R_3} \right) + R_2 + R_5$$

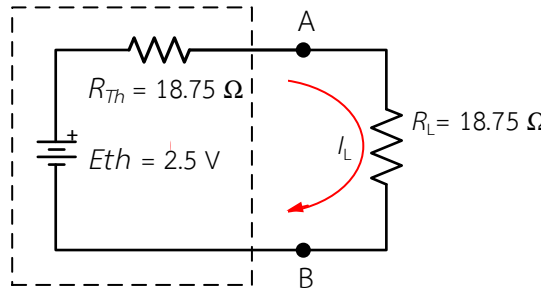
	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= \left(\frac{(10\ \Omega + 5\ \Omega) \times 5\ \Omega}{(10\ \Omega + 5\ \Omega) + 5\ \Omega} \right) + 10\ \Omega + 5\ \Omega$$

$$R_{Th} = 18.75\ \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน = 18.75 โอห์ม

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามแบบฝึกหัดข้อ 4

ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

ในขณะที่กำลังถ่ายโอนกำลังสูงสุดขึ้นก็ต่อเมื่อ R_L จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินและหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$$R_L = R_{Th} = 18.75\ \Omega$$

∴ ค่าความต้านทานโหลด = 18.75 โอห์ม

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$$

$$= \frac{2.5\text{ V}}{18.75\ \Omega}$$

$$I_{MAX} = 0.1333\text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าสูงสุด = 133.3 มิลลิแอมแปร์

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$ $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$ $= \frac{(2.5 \text{ V})^2}{4 \times 18.75 \Omega}$ $P_{L_{MAX}} = 0.0833 \text{ W}$ $\therefore$ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด = 83.3 มิลลิวัตต์		

	เฉลยใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

เฉลยลำดับขั้นตอนการทดลองข้อที่

6. คำนวณค่า R_{Th} และ E_{Th} จากรูปที่ 15.12 และ 15.13 วงจรที่ใช้ในการทดลอง แล้วบันทึกผลในตารางที่ 15.1

คำนวณค่า R_{Th}	คำนวณค่า E_{Th}
$R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4$ $= \frac{(3.25\text{ k}\Omega + 1.48\text{ k}\Omega) \times 46.8\text{ k}\Omega}{(3.25\text{ k}\Omega + 1.48\text{ k}\Omega) + 46.8\text{ k}\Omega} + 0.552\text{ k}\Omega$ $R_{Th} = 4.85\text{ k}\Omega$	$E_{Th} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$ $= 12\text{ V} \times \frac{46.8\text{ k}\Omega}{3.25\text{ k}\Omega + 46.8\text{ k}\Omega + 1.48\text{ k}\Omega}$ $E_{Th} = 10.90\text{ V}$

ตารางที่ 15.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_4	R_{Th}	หน่วย
การคำนวณ	-	-	-	-	4.85	k Ω
การวัด	3.25	46.8	1.48	0.552	4.79	k Ω
ผลการทดลองจาก	E_{Th}	E	-	-	-	หน่วย
การคำนวณ	10.90	-	-	-	-	V
การวัด	10.85	12	-	-	-	V

หมายเหตุ ผลที่ได้จากการทดลองควรมีค่าใกล้เคียงกับในตารางอาจมีความแตกต่างได้ขึ้นอยู่กับความผิดพลาดของค่าอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

7. เปรียบเทียบค่า R_{Th} และ E_{Th} ที่ได้จากการวัดและการคำนวณ

ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน E_{Th} ที่ได้จากการวัด = 10.85 V ได้จากการคำนวณ = 10.90 V

R_{Th} ที่ได้จากการวัด = 10.85 V ได้จากการคำนวณ = 10.90 V

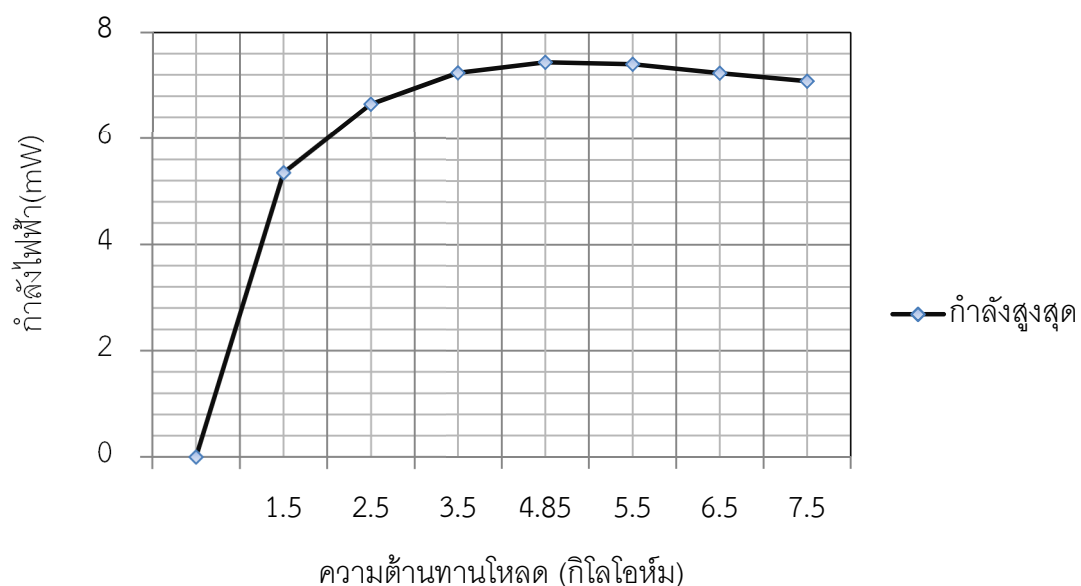
	เฉลยใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

9. จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจร ทำการวัดค่าตามตารางที่ 15.2 โดยลำดับที่ 3, 2, 1 ปรับลดค่าความต้านทานที่ตัว R_L จากเดิมเท่ากับค่า R_{Th} ลดลงเรื่อยๆ และลำดับ 5, 6, 7 ปรับเพิ่มขึ้นจาก $R_L = R_{Th}$ แล้วคำนวณค่า P_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 15.2 (ทุกครั้งที่ทำการปรับค่า R_L ให้ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า นำตัว R_L ออกจากวงจร ปรับค่าตรวจสอบด้วยโอห์มมิเตอร์แล้วนำเข้าไปที่ต่อในวงจร ทดลองต่อไปจนครบทุกลำดับ)

ตารางที่ 15.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลำดับ	$R_L(\Omega)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$	$P_L = V_L \times I_L (W)$
1	1.5 k Ω	1.89 mA	2.83 V	5.35 mW
2	2.5 k Ω	1.63 mA	4.08 V	6.65 mW
3	3.5 k Ω	1.44 mA	5.03 V	7.24 mW
4 ($R_L = R_{Th}$)	4.85 k Ω	1.24 mA	6 V	7.44 mW
5	5.5 k Ω	1.16 mA	6.38 V	7.40 mW
6	6.5 k Ω	1.06 mA	6.87 V	7.23 mW
7	7.5 k Ω	971.66 μA	7.29 V	7.08 mW

10. จากผลการวัดจากตารางที่ 15.2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง P_L กับ R_L



	เฉลยใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

สรุปผลการทดลอง

การทดลอง เรื่อง ทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด พบว่า ค่าของกำลังที่ปรากฏขึ้นที่โหลด จะมีค่ากำลังสูงสุด เมื่อความต้านทานของโหลดมีค่าเท่ากับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน คือ $4.85\text{ k}\Omega$ เพียงค่าเดียวเท่านั้น และในขณะที่โหลด R_L มีค่าน้อยกว่าหรือมากกว่า P_L ก็จะลดน้อยลงมากขึ้นเท่านั้น จากผลการทดลองตารางที่ 15.1 จะเห็นว่าค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่คำนวณมีค่าไม่เท่ากัน อาจเป็นเพราะสภาพของเครื่องวัด ค่าความผิดพลาดของตัวต้านทาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า จึงทำให้ค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณได้มีค่าไม่เท่ากันแต่จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองทำให้เกิดความรู้และทักษะการต่อวงจรและเปรียบเทียบผลจากการคำนวณกับผลการทดลองว่าตรงตามทฤษฎี

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด มาพอเข้าใจการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B

2. คำนวณหาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B

3. หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th}) ที่มองจากจุด A-B

4. นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B

2. จากตารางที่ 15.2 กำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะที่ R_L ได้รับเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th}$ จริงหรือไม่

กำลังไฟฟ้าสูงสุดขณะที่ R_L ได้รับเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th}$ จริง ถ้าดูจากค่าตัวอย่างเมื่อค่า R_L น้อยกว่า R_{Th} กำลังไฟฟ้าจะลดลงไปเรื่อยๆ และเมื่อค่า R_L มากกว่า R_{Th} กำลังไฟฟ้าจะลดลงไปเรื่อยๆ เช่นกัน

ลำดับ	$R_L(\Omega)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$	$P_L = V_L \times I_L (W)$
3	$3.5\text{ k}\Omega$	1.44 mA	5.03 V	7.24 mW
4 ($R_L = R_{Th}$)	$4.85\text{ k}\Omega$	1.24 mA	6 V	7.44 mW
5	$5.5\text{ k}\Omega$	1.16 mA	6.38 V	7.40 mW

	เฉลยใบงานที่ 15	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	

3. ขณะที่ R_L ได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด จะได้ $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$, $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$ และ $I_L = \frac{i_{MAX}}{2}$

จริงหรือไม่

ค่าที่ได้จากตารางที่ 15.2 เมื่อ ($R_L = R_{Th}$) อยู่ในลำดับที่ 4 ดังนี้

ลำดับ	$R_L(\Omega)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$	$P_L = V_L \times I_L (W)$
4 ($R_L = R_{Th}$)	4.85 k Ω	1.24 mA	6 V	7.44 mW

$$V_L = \frac{E_{Th}}{2} = \frac{10.85 V}{2} = 5.43 V$$

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} = \frac{10.85 V}{4.79 mA} = 2.27 mA$$

$$I_L = \frac{i_{MAX}}{2} = \frac{2.27 mA}{2} = 1.13 mA$$

ฉะนั้นขณะที่ R_L ได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่า $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$, $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$ และ $I_L = \frac{i_{MAX}}{2}$

ในทางทฤษฎีถือว่าเป็นจริง เพราะค่าที่ได้จากการพิสูจน์ตามคุณสมบัติของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองวัดจริง ค่าที่ได้จากการวัดอาจได้ค่าที่เป็นจริงที่เที่ยงตรงมากอาจเป็นเพราะสภาพของเครื่องวัด ค่าความผิดพลาดของตัวต้านทาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า จึงทำให้ค่าที่วัดได้ไม่เท่ากันแต่จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน



ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

รหัสวิชา 2104-2002 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 15

ชื่อหน่วย : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จำนวน 10 ข้อ

ก่อนเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ค
2	ข
3	ก
4	ค
5	ง
6	ข
7	ก
8	ง
9	ก
10	ข

หลังเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ง
2	ก
3	ข
4	ข
5	ก
6	ค
7	ค
8	ก
9	ง
10	ค

	ใบสรุปการประเมินผล	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 18
	หน่วยที่ 15 : ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	จำนวน 4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1. แบบทดสอบก่อนเรียน	10	
2. ใบแบบฝึกหัด	50	
3. ใบงาน	90	
4. แบบทดสอบหลังเรียน	10	
5. คุณธรรม จริยธรรม	30	
รวมคะแนน	190	

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

หน่วยที่ 15 :

ทฤษฎีการถ่ายโอน กำลังไฟฟ้าสูงสุด (MAXIMUM POWER TRANSFER THEOREM)



วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัส 2104-20e02

หน่วยที่ 15 สัปดาห์ที่ 18 ลำดับที่

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้า
สูงสุดในการแก้ปัญหาและคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้า

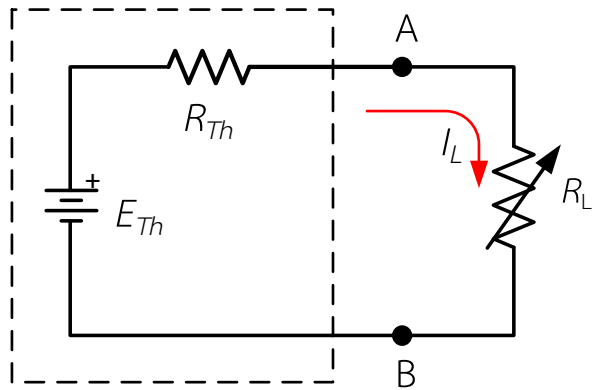
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
2. อธิบายทฤษฎีที่สอดคล้องการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้า โดยใช้ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้

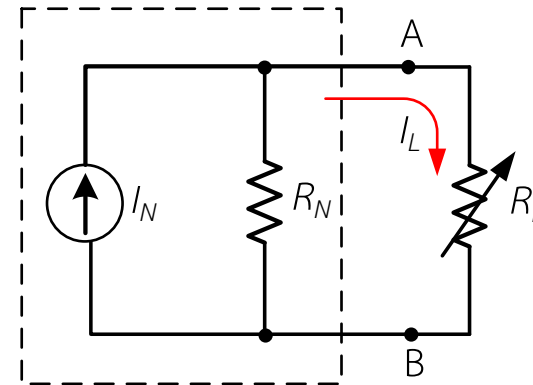
ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้กล่าวไว้ว่า

“ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเป็นวงจรเชิงเส้น
ใด ๆ ภาระทางไฟฟ้าคือโหลด จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด
(Maximum Power: P_L) เมื่อมีค่าความต้านทานเท่ากับ
ค่าความต้านทานเทเวนิน (R_{Th}) ของวงจรนั้น ๆ”

15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด



ก) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด
เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงเทเวนิน

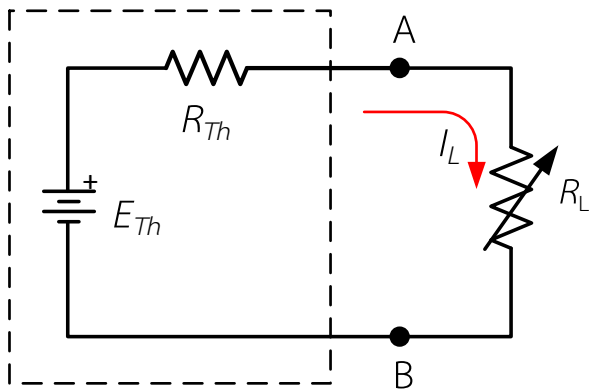


ข) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด
เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

รูปที่ 15.1 การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดของวงจรตรงข้าม

โหลดได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อ $R_L = R_{Th}$ หรือ $R_L = R_N$

15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)



ก) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด
เมื่อใช้วงจรเทียบเคียงเทเวนิน

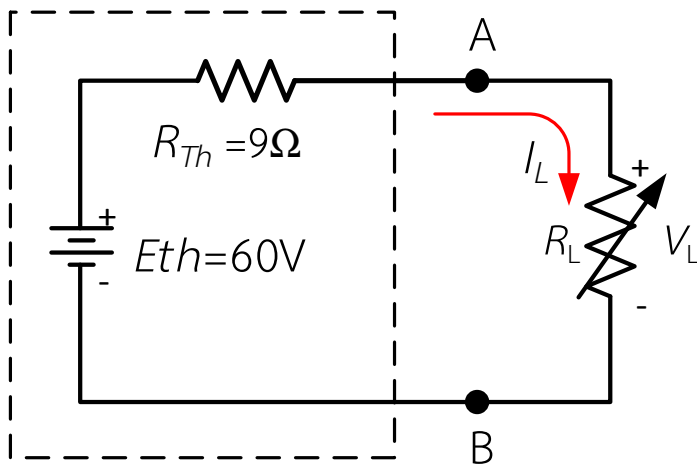
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด
$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลด
$$V_L = \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L}$$

กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่โหลด
$$P_L = I_L^2 \times R_L$$

15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

ตัวอย่างจากรูปที่ 15.2 โดยกำหนดให้ $E_{Th} = 60 \text{ V}$ และ $R_{Th} = 9 \Omega$

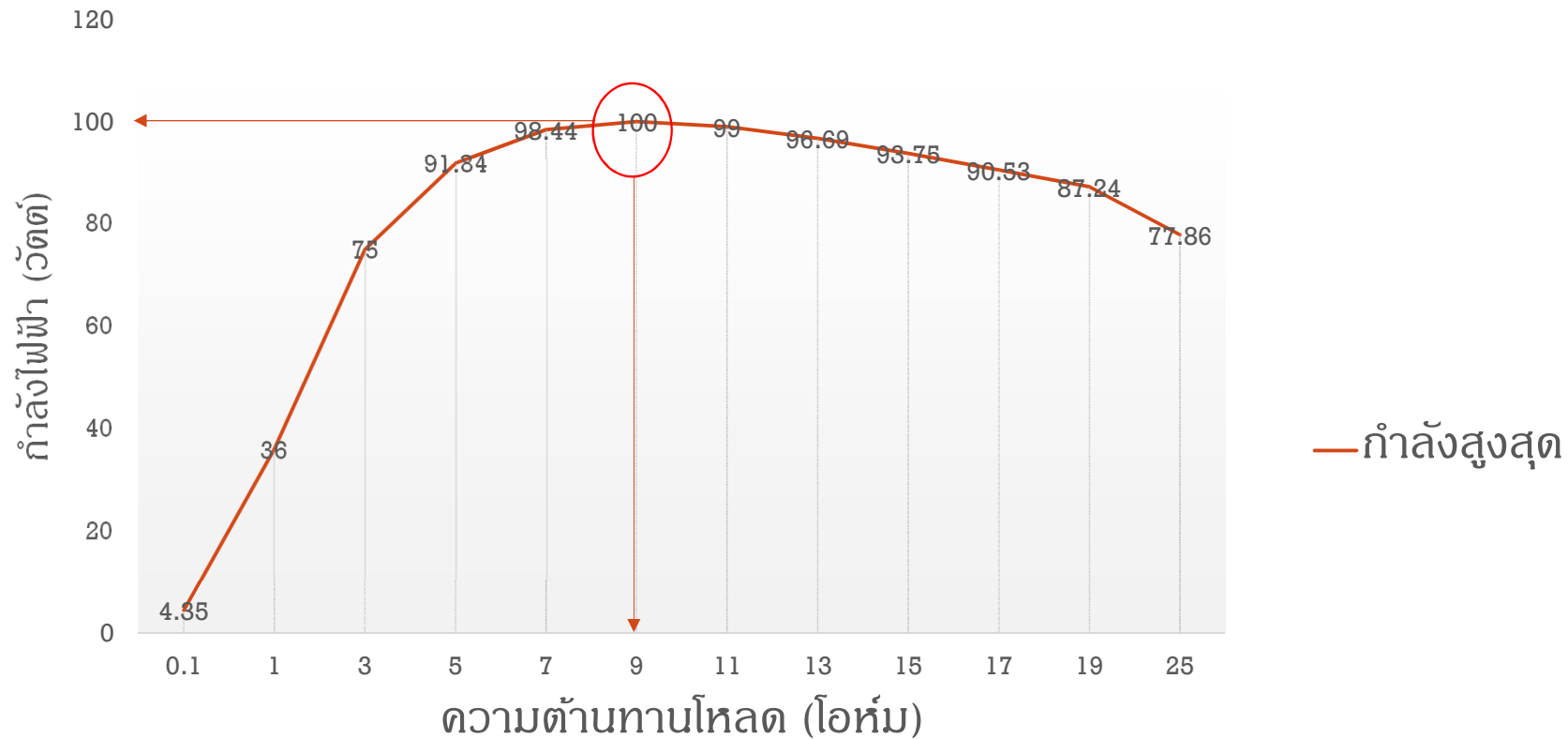


$$\begin{aligned} P_L &= \frac{E_{Th}^2 \times R_L}{(R_{Th} + R_L)^2} = \frac{3600 \times R_L}{(9 + R_L)^2} \\ \text{โดยที่} \quad I_L &= \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{60}{9 + R_L} \\ \text{และ} \quad V_L &= \frac{E_{Th} \times R_L}{R_{Th} + R_L} = \frac{60 \times R_L}{9 + R_L} \end{aligned}$$

ตารางที่ 15.1 ผลการคำนวณ P_L , I_L และ V_L

$R_L(\Omega)$	$P_L(W)$	$I_L(A)$	$V_L(V)$
0.1	4.35	6.59	0.66
1	36.00	6.00	6.00
3	75.00	5.00	15.00
5	91.84	4.29	21.43
7	98.44	3.75	26.25
9	100.00 (Maximum)	3.33 ($I_{MAX}/2$)	30.00 ($E_{Th}/2$)
11	99.00	3.00	33.00
13	96.69	2.73	35.46
15	93.75	2.50	37.50
17	90.53	2.31	39.23
19	87.24	2.14	40.71
25	77.86	1.77	44.12

15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)



รูปที่ 15.3 กราฟทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด สำหรับรูปที่ 15.2

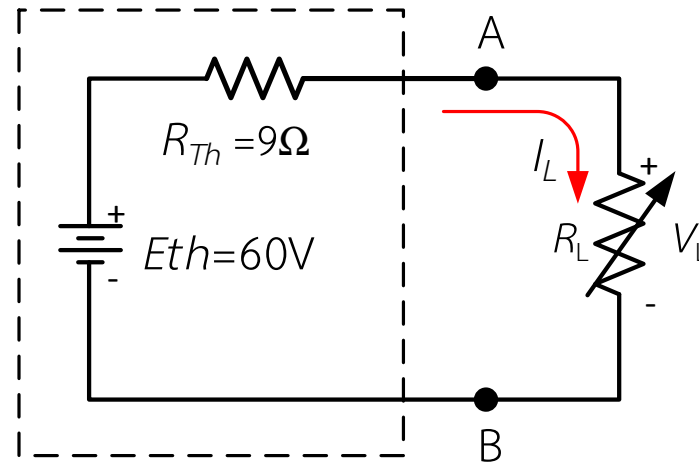
15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

กำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อ $R_L = R_{Th} = 9 \Omega$

$$V_L = \frac{E_{Th}}{2}$$

$$I_L = \frac{I_{MAX}}{2}$$

เมื่อ $I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$



15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

ในทางปฏิบัติประสิทธิภาพ (Efficiency: η)

$$\eta \% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad \text{หรือ} \quad \frac{P_L}{P_S} \times 100 \%$$

กำลังไฟฟ้าถ่ายโอนไปยังโหลด คือ		(P_L)
กับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย คือ		(P_S)
กำลังไฟฟ้าเอาต์พุต คือ		(P_{out})
กำลังไฟฟ้าอินพุต คือ		(P_{in})

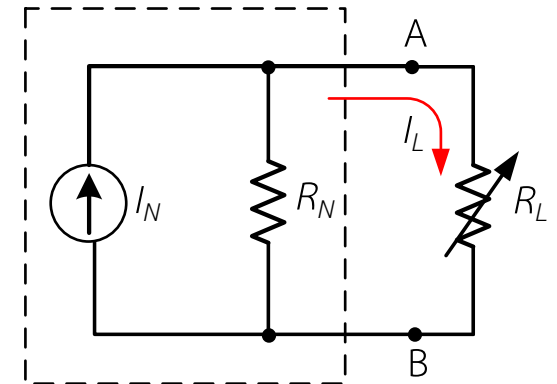
15.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

ภายใต้เงื่อนไข $R_L = R_{Th}$ จะได้

$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}}$$

$$P_L = I^2 \times R_L = \left(\frac{E_{Th}}{2R_{Th}} \right)^2 \times R_{Th} = \frac{E_{Th}^2 \times R_{Th}}{4R_{Th}^2}$$

$$P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \text{ (W)}$$



เมื่อเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน จะได้

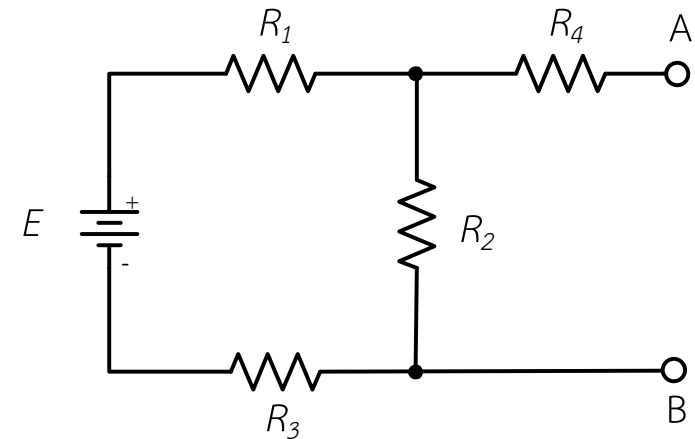
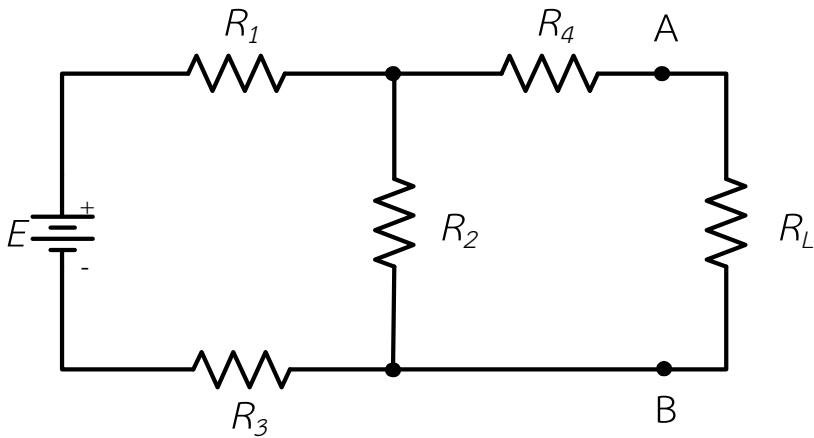
$$P_{LMAX} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4} \text{ (W)}$$

15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้

1

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B



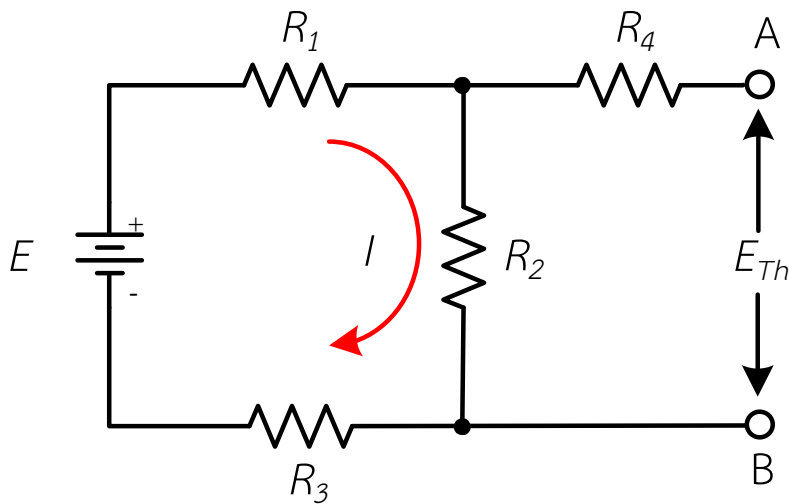
รูปที่ 15.5 แสดงวงจรที่ปลด R_L ออก

15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้

2

คำนวณหาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B

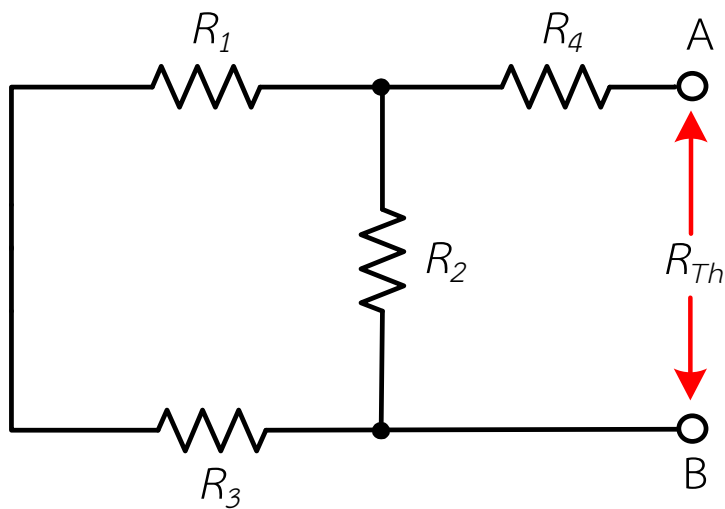


$$E_{Th} = E \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้

3



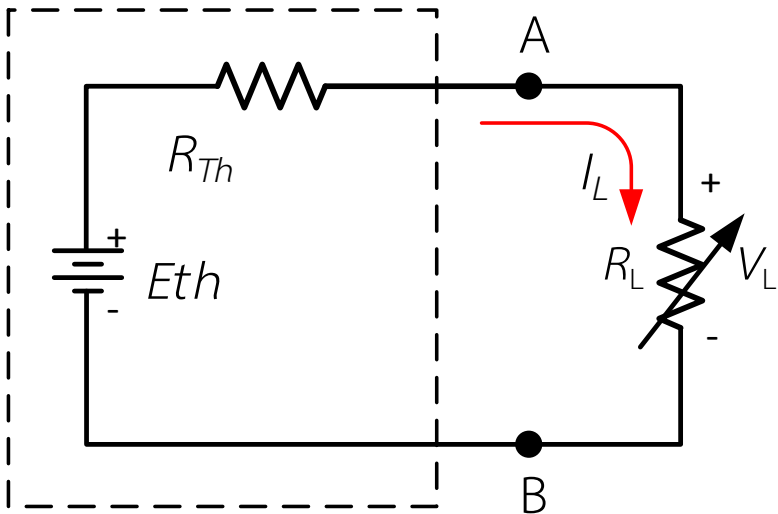
หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th})

$$R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4$$

15.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (ต่อ)

จากตัวอย่างวงจรมีขั้นตอนดังนี้

4



เขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B

$$I_{MAX} = \frac{E_{Th}}{R_{Th}}$$

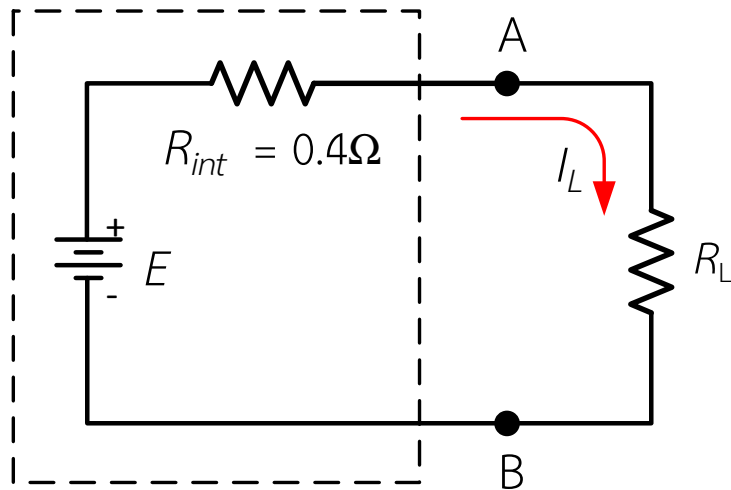
$$P_{LMAX} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \text{ (W)}$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า

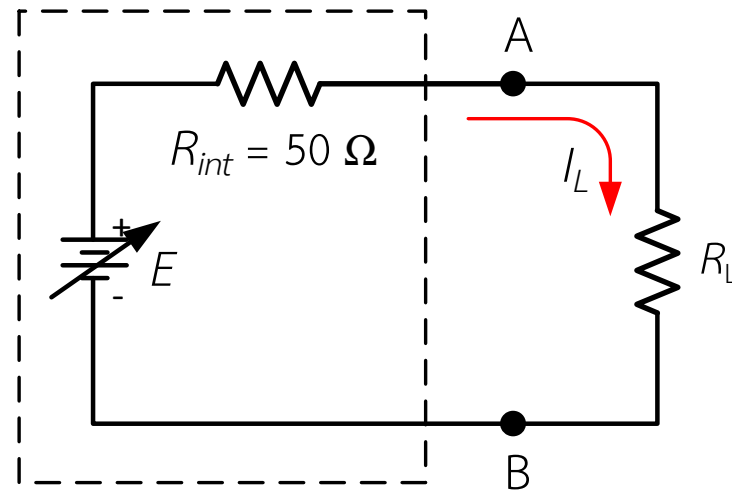
ตัวอย่างที่ 15.1 จากรูปจงหาค่าต่อไปนี้

ก. R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ข. R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 %



ก) แบตเตอรี่



ข) เพาเวอร์ซัพพลาย

รูปที่ 15.9 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.1

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ ก) หาค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด

สำหรับแบตเตอรี่ รูปที่ 15.9 ก) จะได้

$$R_L = R_{Th} = R_{int} = 0.4 \Omega$$

$\therefore$ ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับแบตเตอรี่ = 0.4 โอห์ม

สำหรับเพาเวอร์ซัพพลาย รูปที่ 15.9 ข) จะได้

$$R_L = R_{Th} = R_{int} = 50 \Omega$$

$\therefore$ ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดสำหรับแบตเตอรี่ = 50 โอห์ม

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

ข) หาค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % (89 % = 0.89×100)

$$\text{จาก } \eta = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L}$$

$$\eta(R_{Th} + R_L) = R_L$$

$$\eta R_{Th} + \eta R_L = R_L$$

$$(1 - \eta)R_L = \eta R_{Th}$$

$$\text{ดังนั้น } R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$$

สำหรับเบตเตอร์ รูปที่ 15.9 ก) จะได้

$$\begin{aligned} R_L &= \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta} \\ &= \frac{0.89 \times 0.4}{1 - 0.89} \end{aligned}$$

$$R_L = 3.24 \Omega$$

$\therefore$ ค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % = 3.24 โอห์ม

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทยวงจรไฟฟ้า (ต่อ)

ข) หาค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % ($89 \% = 0.89 \times 100$)

$$\text{จาก } \eta = \frac{R_L}{R_{Th} + R_L}$$

$$\eta(R_{Th} + R_L) = R_L$$

$$\eta R_{Th} + \eta R_L = R_L$$

$$(1 - \eta)R_L = \eta R_{Th}$$

$$\text{ดังนั้น } R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$$

สำหรับเพาเวอร์ซัพพลาย รูปที่ 15.9 ข) จะได้

$$R_L = \frac{\eta R_{Th}}{1 - \eta}$$

$$= \frac{0.89 \times 50}{1 - 0.89}$$

$$R_L = 404.55 \Omega$$

$\therefore$ ค่า R_L ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพ 89 % = 404.55 โอห์ม

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

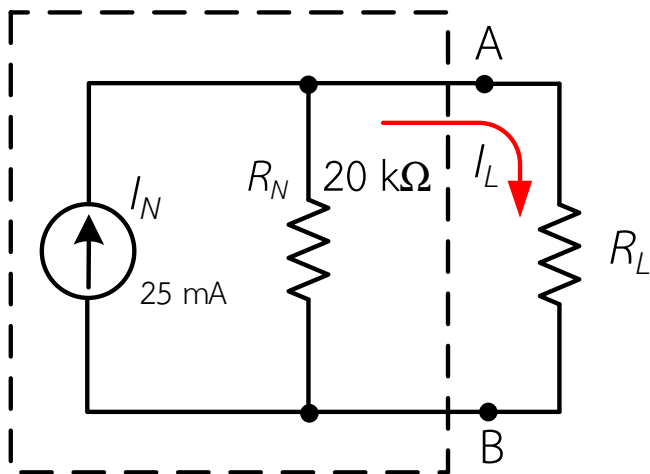
ตัวอย่างที่ 15.2 จากรูปจงหาค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด และกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

วิธีทำ

ค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเท่ากับ R_N

$$R_L = R_N = 20 \text{ k}\Omega$$

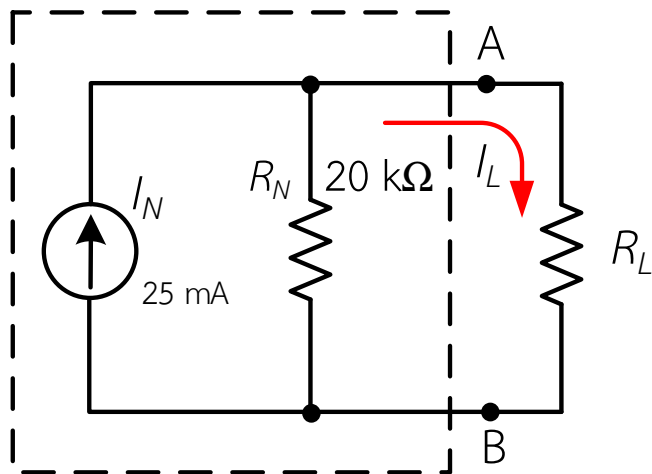
$$\therefore \text{ค่า } R_L = 0.4 \text{ โอห์ม}$$



15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวอย่างที่ 15.2 จากรูปจงหาค่า R_L ขณะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด และกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร

วิธีทำ



$$P_{L_{MAX}} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4}$$
$$= \frac{(25 \times 10^{-3})^2 \times (20 \times 10^3)}{4}$$

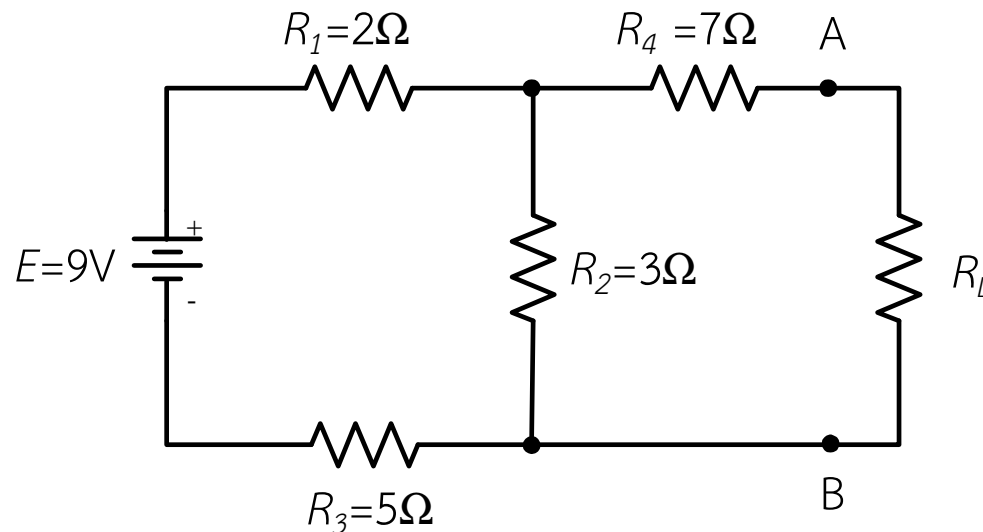
$$P_{L_{MAX}} = 3.125 \text{ W}$$

$\therefore$ ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด = 3.125 วัตต์

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวอย่างที่ 15.3 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.11 จงคำนวณ

- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
- ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
- ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$



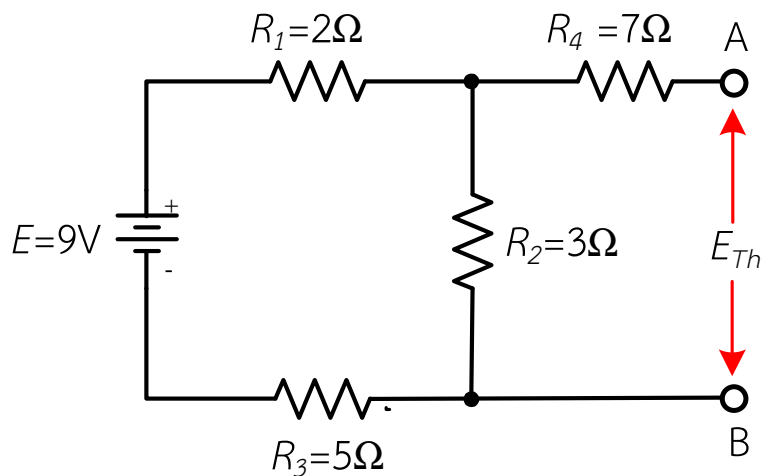
รูปที่ 15.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.3

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B

หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th}) ระหว่างจุด A-B

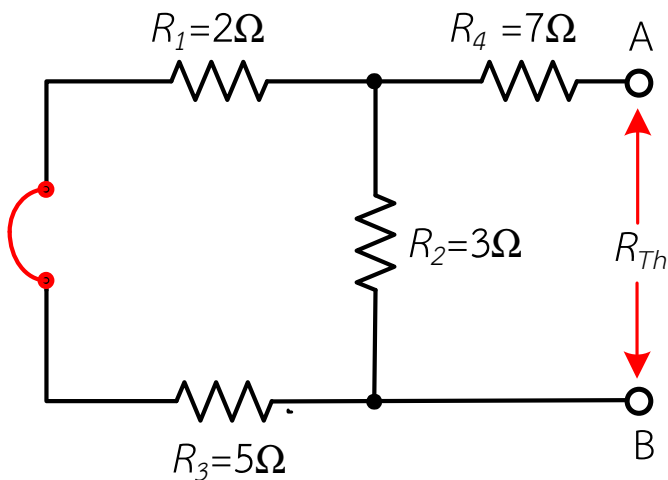


$$\begin{aligned} E_{Th} &= E \times \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \\ &= 9\text{ V} \times \frac{3\Omega}{2\Omega + 3\Omega + 5\Omega} \\ E_{Th} &= 2.7\text{ V} \end{aligned}$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th})



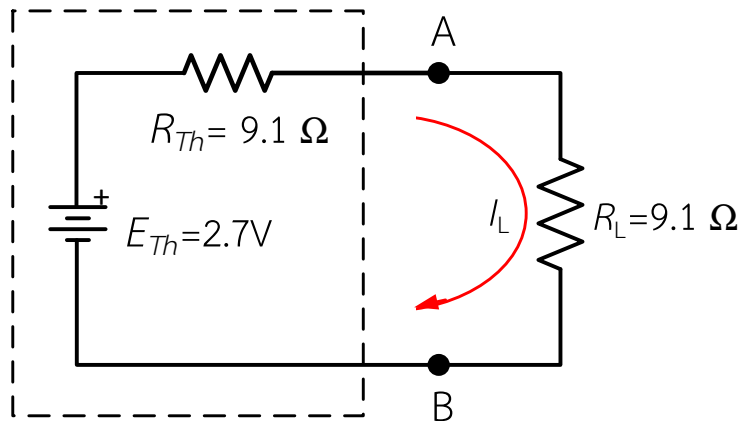
$$R_{Th} = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4$$
$$= \frac{(2\Omega + 5\Omega) \times 3\Omega}{(2\Omega + 5\Omega) + 3\Omega} + 7\Omega$$

$$R_{Th} = 9.1\Omega$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L



ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

$$R_L = R_{Th} = 9.1 \Omega$$

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

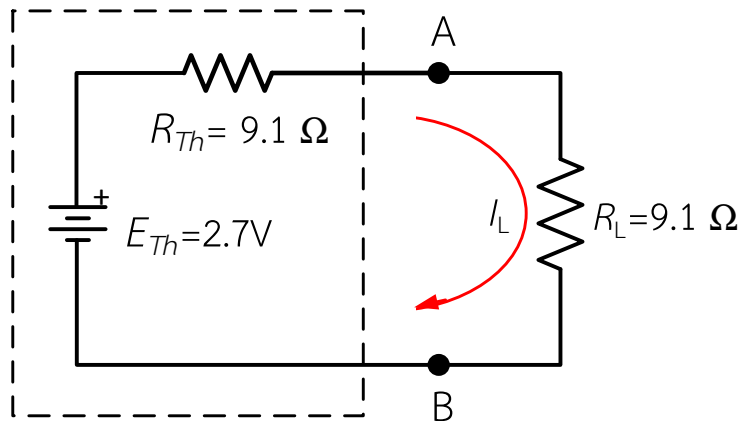
$$\begin{aligned} I_{MAX} &= \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \\ &= \frac{2.7 \text{ V}}{9.1 \Omega} \end{aligned}$$

$$I_{MAX} = 0.297 \text{ A}$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้วต่อ R_L



ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด

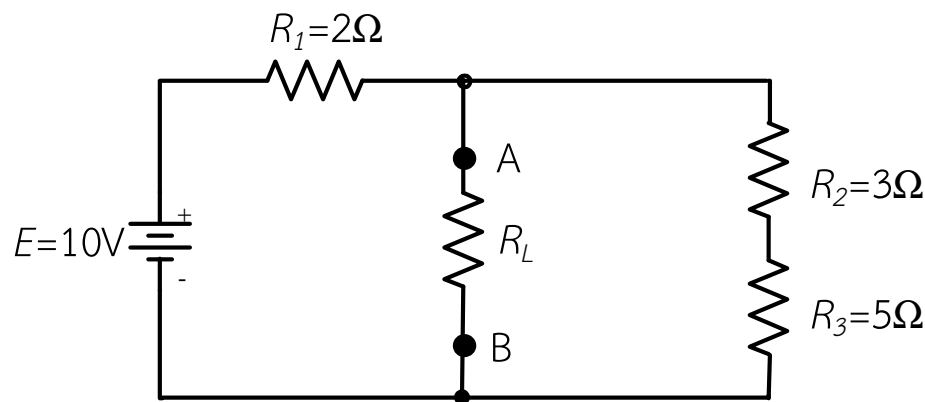
$$\begin{aligned} P_{LMAX} &= \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} \\ &= \frac{(2.7\text{ V})^2}{4 \times 9.1\Omega} \end{aligned}$$

$$P_{LMAX} = 0.2\text{ W}$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

ตัวอย่างที่ 15.4 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 15.15 จงคำนวณ

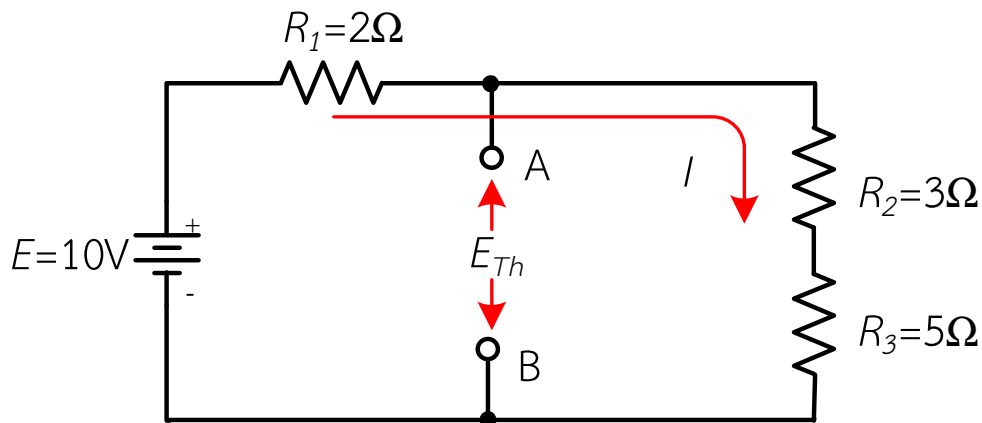
- ก. หาค่าความต้านทานโหลด ; R_L
- ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ; I_{MAX}
- ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$



รูปที่ 15.15 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 15.4

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ 1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
หาแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน (E_{Th})



$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 2\Omega + 3\Omega + 5\Omega \\ R_T &= 10\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{E}{R_T} \\ &= \frac{10V}{10\Omega} \\ I_T &= 1A \end{aligned}$$

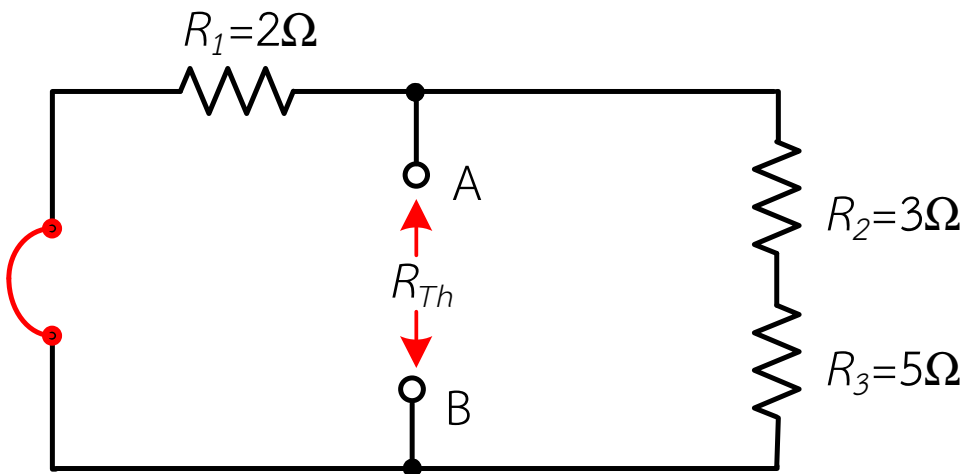
$$\begin{aligned} E_{Th} &= V_2 + V_3 \\ &= (I_T \times R_2) + (I_T \times R_3) \\ &= (1A \times 3\Omega) + (1A \times 5\Omega) \end{aligned}$$

$$E_{Th} = 8V$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

หาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (R_{Th})



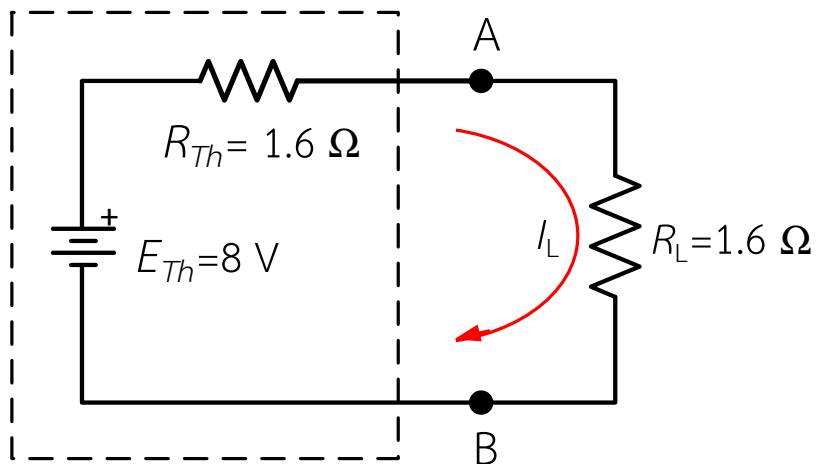
$$\begin{aligned} R_{Th} &= \frac{R_1 \times (R_2 + R_3)}{R_1 + (R_2 + R_3)} \\ &= \frac{2\Omega \times (3\Omega + 5\Omega)}{2\Omega + (3\Omega + 5\Omega)} \end{aligned}$$

$$R_{Th} = 1.6\Omega$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินต่อ R_L



ก. หาค่าความต้านทานโหลด; R_L

$$R_L = R_{Th} = 1.6 \Omega$$

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด; I_{MAX}

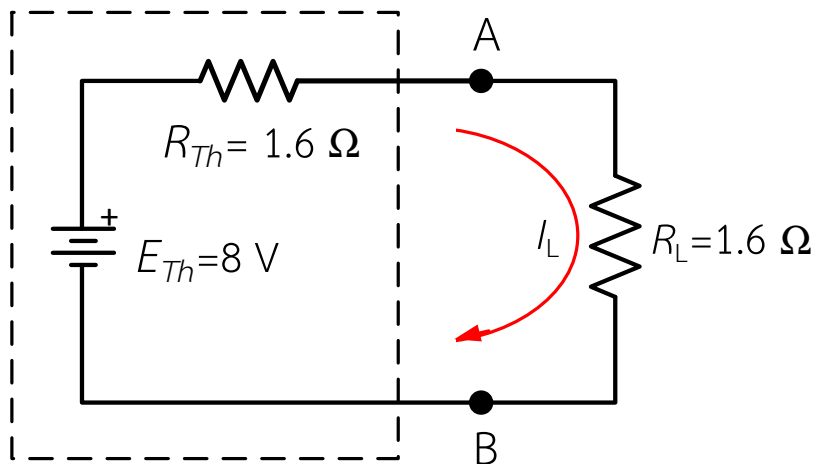
$$\begin{aligned} I_{MAX} &= \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \\ &= \frac{8 \text{ V}}{1.6 \Omega} \end{aligned}$$

$$I_{MAX} = 5 \text{ A}$$

15.3 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้า (ต่อ)

วิธีทำ

นำค่า E_{Th} และ R_{Th} มาเขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนินต่อ R_L



ค. หาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้น

ที่ตัวต้านทานโหลด ; $P_{L_{MAX}}$

$$P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{(8\text{ V})^2}{4 \times 1.6\ \Omega}$$

$$P_{L_{MAX}} = 10\text{ W}$$

สรุป

ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ด้วยนั้น **จะเกิดการส่งผ่านกำลังสูงสุด**จากแหล่งจ่ายไปยังโหลดได้นั้นก็**ต่อเมื่อโหลดมีความต้านทานเท่ากับความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายที่จ่ายให้โหลดอันนั้น**

- โดยการนำเอาหลักการทฤษฎีของเทเวนินมาใช้ในการวิเคราะห์วงจร
- เมื่อได้วงจรเทียบเคียงเทเวนินแล้ว
- หาค่าความต้านทานของโหลดได้ซึ่งจะมีค่าเท่ากับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน
- เขียนวงจรเทียบเคียงเทเวนิน
- วิเคราะห์หาลำกำลังสูงสุดที่ปรากฏขึ้นที่โหลดนั้นได้