	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

จุดประสงค์การเรียนการสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรไฟฟ้าที่ใช้ทฤษฎีนอร์ตันในการในการพิสูจน์หาค่าที่ต้องการและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องทฤษฎีนอร์ตันจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง

2.2 วัดหาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ได้ถูกต้อง

2.3 วัดหาค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้ถูกต้อง

2.4 ต่อวงจรเทียบเคียงนอร์ตันได้ถูกต้อง

2.5 วัดหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L ได้ถูกต้อง

2.6 คำนวณหาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) และค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L ได้ถูกต้อง

2.7 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้

3. เจตคติ คุณธรรม ค่านิยมอันพึงประสงค์

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ความมีวินัย

3.3 การตรงต่อเวลา

3.4 ความมีมนุษย์สัมพันธ์

3.5 ความรู้ทักษะและวิชาชีพ

3.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้

3.7 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

3.8 ทำตามลำดับขั้น

3.9 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด

3.10 การมีส่วนร่วม

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

เนื้อหาสาระ

1. ทฤษฎีนอร์ตัน

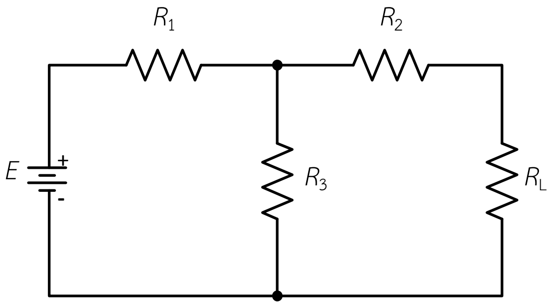
ทฤษฎีที่ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ นอร์ตัน ได้ตั้งทฤษฎีเพื่อใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยทฤษฎีนอร์ตัน กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสเทียบเคียงนอร์ตันได้” โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันตัวหนึ่ง เรียกว่า วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

ให้ I_N คือ กระแสเทียบเคียงนอร์ตัน เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B ในขณะลัดวงจร

R_N คือ ความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน ซึ่งเป็นความต้านทานของวงจรที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันทุกตัว หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้เปิดวงจร

14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีนอร์ตัน

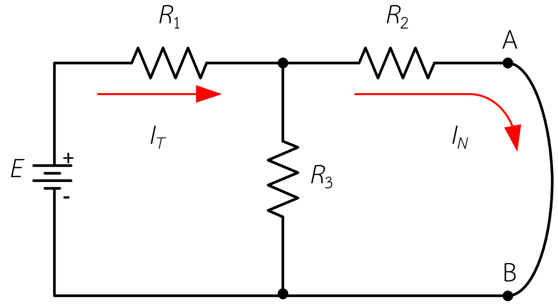
การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน จากวงจรในรูปที่ 14.1 มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 14.1 วงจรไฟฟ้า

ขั้นที่ 1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.2 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**



รูปที่ 14.2 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน

จากวงจรในรูปที่ 14.2 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน จากนั้นใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแส I_N

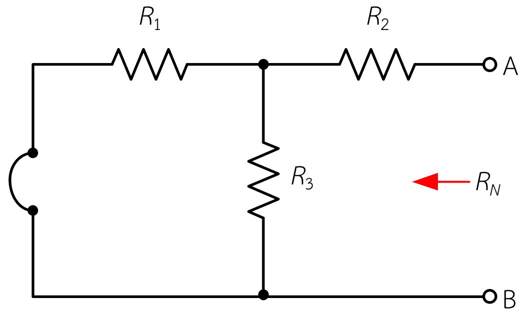
โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$R_T = \left(\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}\right)+R_1 \tag{14-1}$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} \tag{14-2}$$

$$I_N = I_T\left(\frac{R_3}{R_2+R_3}\right) \tag{14-3}$$

ขั้นที่ 2 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดังรูปที่ 14.3



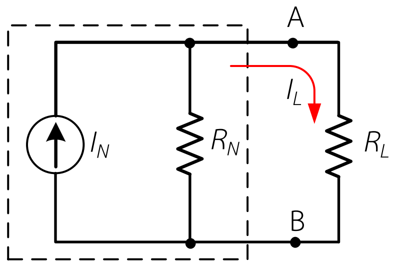
รูปที่ 14.3 แสดงการหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

จากวงจรในรูปที่ 14.3 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้จากการนำ R_1 ขนานกับ R_3 แล้วอนุกรมกับ R_2 ดังสมการที่ (14-4) (การหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันจะเหมือนกับการหาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน)

$$R_N = \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}\right) + R_2 \qquad (14\text{-}4)$$

ขั้นที่ 3 นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.4 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.4 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

ดังนั้น

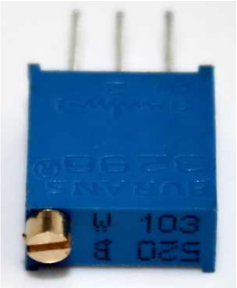
$$I_L = I_N\left(\frac{R_N}{R_N + R_L}\right) \qquad (14\text{-}5)$$

3. ตัวต้านทานปรับค่าได้

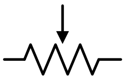
ตัวต้านทานแบบนี้เป็นตัวต้านทานสามขั้ว ที่มีจุดแยกที่ปรับได้อย่างต่อเนื่อง ควบคุมโดยการหมุนของแกนหรือลูกบิด ตัวต้านทานที่แปรค่าได้เหล่านี้มีชื่อเรียกว่า"โปเทนชิโอมิเตอร์" เมื่อทั้งสามขั้วทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันที่ปรับได้ (adjustable voltage divider) ตัวอย่างที่พบบ่อยคือปุ่มปรับระดับเสียงของเครื่องรับวิทยุ (เครื่องรับแบบดิจิตอลอาจไม่มีปุ่มปรับระดับเสียงแบบแอนะลอกเพื่อปรับความดัง)

โปเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือ"ปอท" แบบติดตั้งบนแผงวงจรที่มีความแม่นยำความละเอียดสูง มีชิ้นส่วนที่ให้ความต้านทานปกติเป็นแบบลวดพันบนด้ามจับรูปเกลียว แม้ว่าบางตัวจะมีการนำพลาสติกหุ้มตัวต้านทานตัว ที่เคลือบบนสายไฟเพื่อช่วยปรับให้ละเอียดยิ่งขึ้น ส่วนประกอบเหล่านี้มักจะมีลวดพันอยู่หลายสิบรอบบนแกน เพื่อให้ครอบคลุมเต็มค่าของความต้านทานที่ผลิตขึ้น

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**



(ก) ตัวโปเทนชิโอมิเตอร์



(ข) สัญลักษณ์โปเทนชิโอมิเตอร์

รูปที่ 14.5 แสดงตัวโปเทนชิโอมิเตอร์

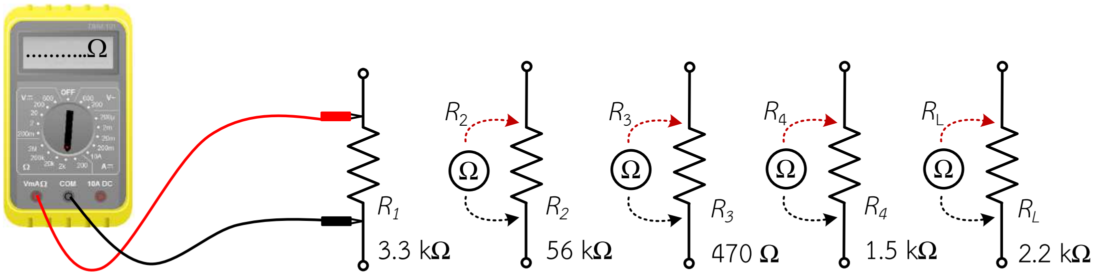
เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0 – 30 V	จำนวน	1	เครื่อง
3. แผงประกอบวงจร	จำนวน	1	แผง
4. ตัวต้านทาน 1.5 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 3.3 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน 3.3 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
7. ตัวต้านทาน 56 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
8. ตัวต้านทาน 470 Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
9. ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบละเอียด 10 kΩ	จำนวน	1	ตัว
10. สายต่อวงจร	จำนวน	8	เส้น
11. สายปากคีบ	จำนวน	8	เส้น
12. ไขควงปากแบบขนาดเล็ก	จำนวน	1	อัน

ลำดับขั้นการทดลอง

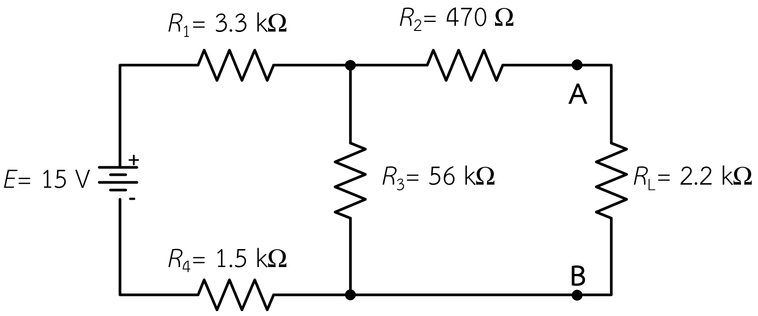
1. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 14.6 บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**



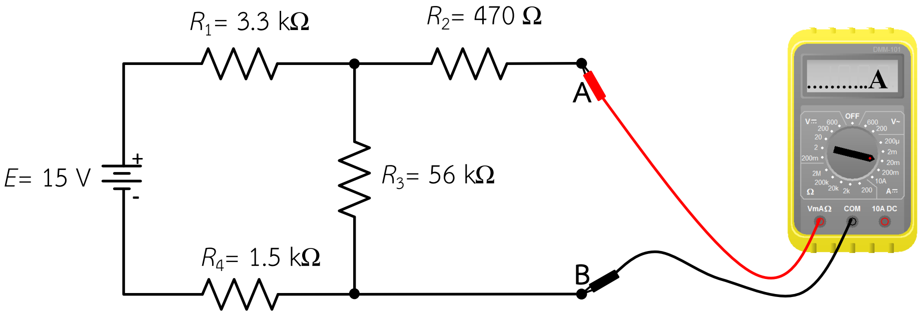
รูปที่ 14.6 วัดค่าความต้านทาน

2. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 14.7 ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ E = 15 V ไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร



รูปที่ 14.7 วงจรการทดลอง

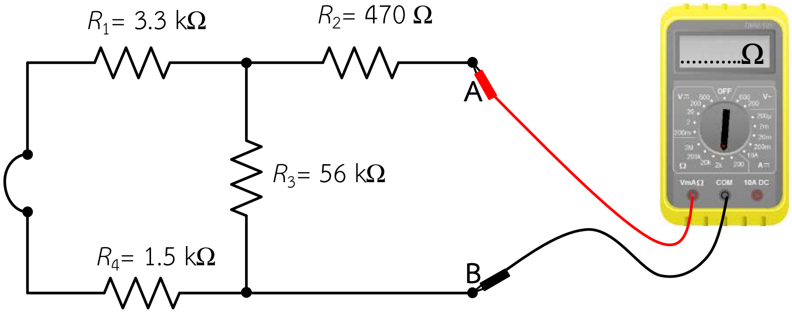
3. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B จ่ายแรงดันไฟฟ้า 15 V ให้กับวงจร จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.8 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.8 วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

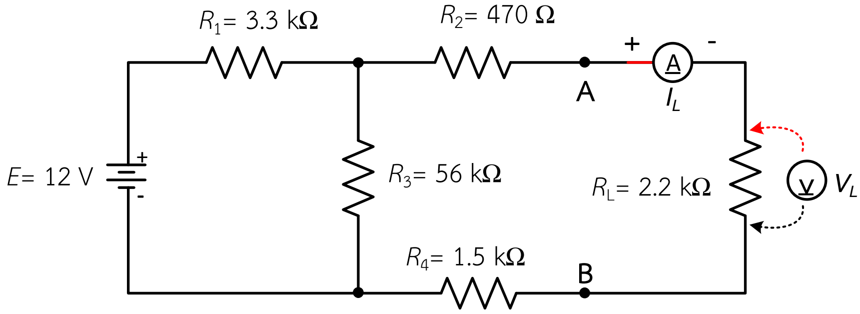
	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

4. ยังคงปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B และ ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโอห์มมิเตอร์วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.9 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.9 วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N)

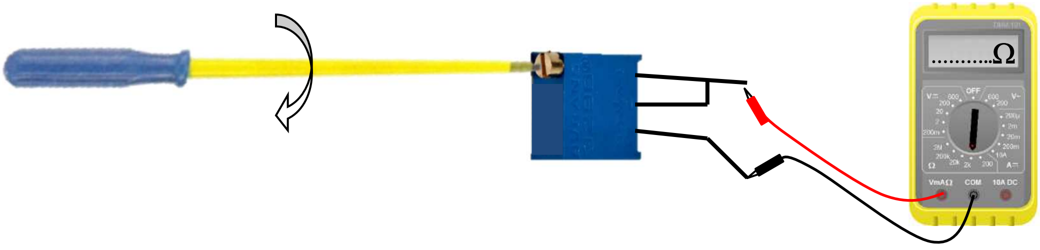
5. ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์วัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) และใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์วัดหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L (I_L) ดังรูปที่ 14.10 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.10 วัดหาค่า (V_L) และ (I_L)

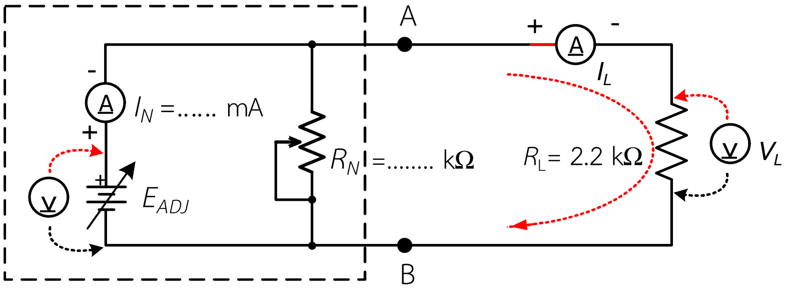
6. นำตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 kΩ ต่อวงจร ดังรูปที่ 14.11 นำไขควงที่ใช้จูนความถี่ปากแบบขนาดเล็กปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**



รูปที่ 14.11 ปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N)

7. นำมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์ มาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไปต่อขนานตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ปรับค่าความต้านทานเท่ากับค่า R_N มาต่อวงจรการทดลองเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (E_{ADJ}) ให้มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ปรากฏที่มัลติมิเตอร์มีค่าเท่ากับ I_N จากนั้นวัดหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และวัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ตามรูปที่ 14.12 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.12 การทดลองวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

8. นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดคำนวณหาค่า I_N, R_N, I_L และ V_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1

....

....

....

....

....

....

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">ใบงานที่ 14</td></tr>
<tr><td>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</td><td>สัปดาห์ที่ 17</td></tr>
<tr><td>หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน</td><td>จำนวน 4 ชั่วโมง</td></tr>
<tr><td>เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน</td><td>จำนวน 3 ชั่วโมง</td></tr>
</table>

ตารางที่ 14.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

<table>
<tr><td>ผลการทดลองจาก</td><td>R_1</td><td>R_2</td><td>R_3</td><td>R_4</td><td>R_L</td><td>R_N</td><td>หน่วย</td></tr>
<tr><td>การวัด</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Ω</td></tr>
<tr><td>การคำนวณ</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td></td><td>Ω</td></tr>
<tr><td>ผลการทดลองจาก</td><td colspan="3">I_L (ข้อที่ 5)</td><td>I_L (ข้อที่ 7)</td><td colspan="2">I_N</td><td>หน่วย</td></tr>
<tr><td>การวัด</td><td colspan="3"></td><td></td><td colspan="2"></td><td>mA</td></tr>
<tr><td>การคำนวณ</td><td colspan="3">-</td><td></td><td colspan="2"></td><td>mA</td></tr>
<tr><td>ผลการทดลองจาก</td><td colspan="2">V_L (ข้อที่ 5)</td><td colspan="2">V_L (ข้อที่ 7)</td><td>E</td><td>E_{ADJ}</td><td>หน่วย</td></tr>
<tr><td>การวัด</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td><td>V</td></tr>
<tr><td>การคำนวณ</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">-</td><td>V</td></tr>
</table>

ข้อควรระวัง

1. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ต้องใช้ย่านวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัด

2. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ต้องต่อสายให้ถูกขั้ว มิฉะนั้นมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลอาจเสียหาย และจะให้ค่าที่มีผลเป็นค่าลบได้

3. ในการวัดทุกครั้ง ไม่ควรสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของสายวัด เพราะจะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนสูง

4. ขณะทำการประกอบวงจรหรือเปลี่ยนจุดทดลองควรปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทุกครั้งเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

สรุปผลการทดลอง

....

....

....

....

....

....

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td colspan="2">ใบงานที่ 14</td></tr>
<tr><td>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</td><td>สัปดาห์ที่ 17</td></tr>
<tr><td>หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน</td><td>จำนวน 4 ชั่วโมง</td></tr>
<tr><td>เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน</td><td>จำนวน 3 ชั่วโมง</td></tr>
</table>

คำถามท้ายการทดลอง

1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ของวงจรเทียบเคียงนอร์ตันตามรูปที่ 14.12 กับวงจรเดิมตามรูปที่ 14.10 มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

....

....

....

2. ค่า I_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

....

....

....

3. ค่า R_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

....

....

....

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	**สัปดาห์ที่** 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 4 ชั่วโมง**
	เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	**จำนวน 3 ชั่วโมง**

ใบตรวจสภาพเครื่องมือ

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

ข้อมูลมัลติมิเตอร์ ....ใช้ทดลอง ......ไม่ใช้ในการทดลอง

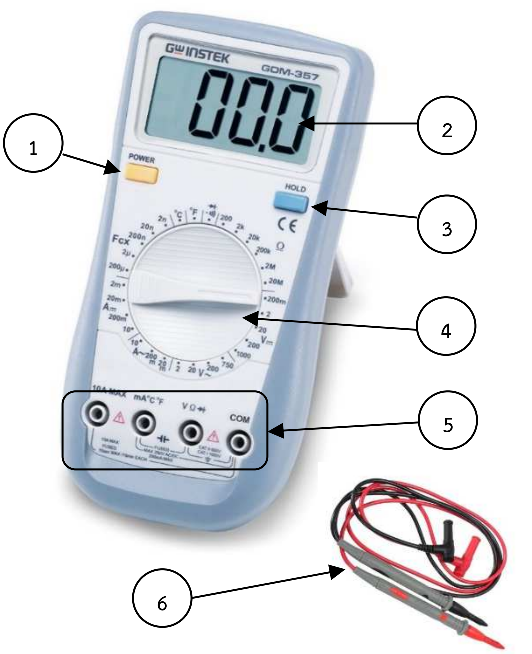
ยี่ห้อ..................................รุ่น.............................

ตำแหน่ง	รายการตรวจสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน	
		ดี	เสีย	ดี	เสีย
1	ปิด -เปิด				
2	กรอบหน้าปัดตัวเลข				
3	ปุ่มล็อคค่า				
4	สวิตช์เลือกย่านวัด				
5	ขั้วเสียบสายวัด				
6	สายวัด				

สรุปการตรวจสภาพมัลติมิเตอร์ ......ใช้งานได้

......ใช้งานไม่ได้

รูปภาพดิจิตอลมัลติมิเตอร์

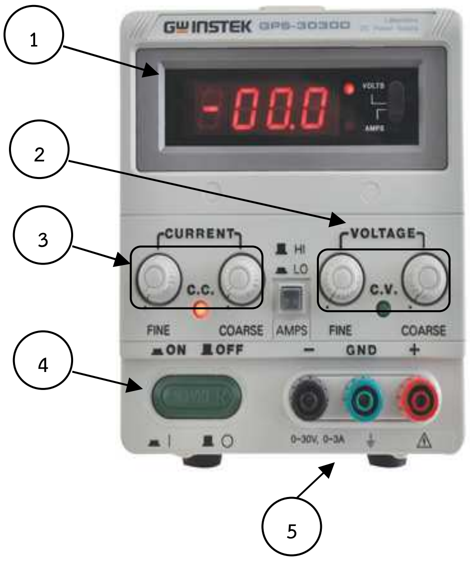


ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ DC ......ใช้ทดลอง ......ไม่ใช้ในการทดลอง

ยี่ห้อ..................................รุ่น.............................

ตำแหน่ง	รายการตรวจสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน	
		ดี	เสีย	ดี	เสีย
1	จอแสดงผล				
2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน				
3	ชุดปุ่มปรับกระแส				
4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง				
5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ				

สรุปการตรวจสภาพแหล่งจ่ายไฟ ......ใช้งานได้

......ใช้งานไม่ได้

รูปภาพแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)