



รูป 1 จอร์จ ไชมอน โอห์ม

อ้างอิง https://th.wikipedia.org/wiki/จอร์จ_ไชมอน_โอห์ม

ประวัติของโอห์ม

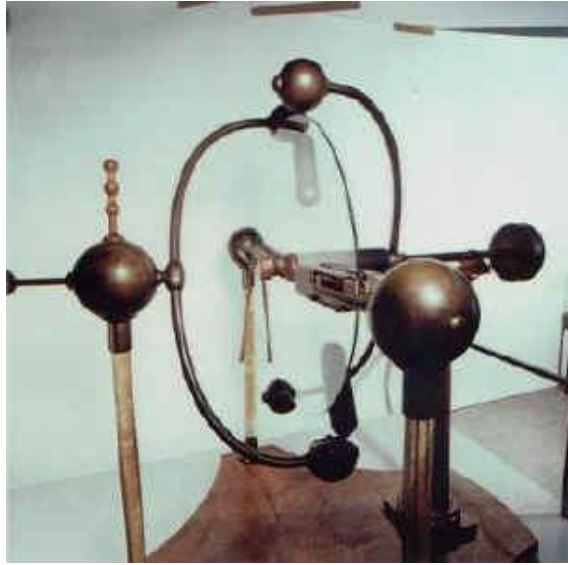
จอร์จ ไชมอน โอห์ม มีบิดาชื่อ โจฮัน โอห์ม (Johann Ohm) มีอาชีพเป็นช่างทำกุญแจและป็นด้วยอาชีพของ โจฮัน โอห์ม ทำให้ต้องตระเวนเดินทางค้าขายทั้งในเยอรมนีและฝรั่งเศส ขณะที่ทำการค้าขายอยู่นั้นก็ถือโอกาสศึกษาวิชาปรัชญาและคณิตศาสตร์ไปด้วย จนโจฮันอายุได้ 40 ปี ได้ตั้งรกรากอยู่ที่เมืองเออร์แลงเกน (Erlangen) แต่งงานและมีบุตรด้วยกัน 2 คน คือ ไชมอน (Simon) และมาร์ติน (Martin)

แม้ว่าฐานะทางครอบครัวของโอห์มจะค่อนข้างยากจน ถึงอย่างนั้นโอห์มก็ขวนขวายหาความรู้อยู่เสมอ โอห์มเข้าเรียนที่โรงเรียนรีลสคูลในแบมเบอร์ก หลังจากจบการศึกษาขั้นต้นแล้ว โอห์มได้เข้าศึกษาเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ที่มหาวิทยาลัยแห่งเมืองเออร์แลงเกน (University of Erlangen) และต่อมาโอห์มก็ได้ลาออกจากมหาวิทยาลัย ขณะที่เขาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยได้เพียง 3 เทอมเท่านั้น เหตุเพราะว่าโอห์มขาดทุนทรัพย์ ไม่มีเงินพอที่จะศึกษาต่อ เป็นเหตุที่ทำให้โอห์มต้องประกอบอาชีพเป็นครูตั้งแต่อายุเพียง 18 ปีเท่านั้น โอห์มเป็นครูสอนหนังสืออยู่ที่กอร์ทสตัดท์ (Gottstadt) ซึ่งอยู่ในเขตเมืองเบิร์น (Bern) ของสวิตเซอร์แลนด์ ช่วงแรกที่โอห์มเข้าทำงานเขาไม่ได้รับความไว้วางใจจากนายจ้าง เนื่องจากไม่เคยเห็นฝีมือการทำงานของโอห์มและเห็นว่าเขายังเด็กอายุน้อยเกินไป แต่เมื่อเวลาผ่านไปนายจ้างได้เห็นฝีมือการทำงานของโอห์มกลับเป็นบทพิสูจน์ว่าเขาเป็นผู้ที่มีความสามารถ จนได้รับการยกย่อง ขณะที่โอห์มทำการสอนหนังสือเขาได้หันฝึกฝนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองอยู่เสมอ

จนต่อมาเขาได้มีโอกาสเข้าไปศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยเออร์แลงเกน (University of Erlangen) อีกครั้งหนึ่ง และได้รับปริญญาเอกทางด้านวิชาคณิตศาสตร์ในปี ค.ศ. 1811 ขณะนั้นยุโรปกำลังลุกเป็นไฟเนื่องจากจักรพรรดินโปเลียนแห่งฝรั่งเศสกำลังเรืองอำนาจได้ยกกองทัพไปรุกรานประเทศที่ใกล้เคียง ทำให้แต่ละประเทศได้รับความเดือดร้อนไปทั่ว

แต่ละประเทศร่วมมือกันเพื่อต่อต้านนโปเลียนหนึ่งในนั้นมีประเทศเยอรมันเข้าร่วมด้วย เป็นเหตุทำให้คนหนุ่มผู้รักชาติอย่าง จอร์จ ไซมอน โอห์ม พยายามที่จะเข้าสมัครไปเป็นทหารอาสาสมัครอยู่ในกองทัพต่อต้านนโปเลียน แต่ถูกบิดาของเขาต่อต้านเอาไว้ เพราะเห็นว่าความรู้ที่โอห์มมีจะมีประโยชน์แก่ประเทศชาติมากกว่าที่เขาจะไปออกรบทำศึก โอห์มเมื่อใคร่ครวญดูแล้วก็มีความเห็นตามคำแนะนำของบิดา เขาจึงกลับมาเป็นอาจารย์เช่นดังเดิม ค.ศ. 1817 โอห์มได้ทำการศึกษาค้นคว้าและพิมพ์ผลงานของเขาออกเผยแพร่ ปรากฏว่าผลงานของโอห์มเป็นที่โปรดปรานของกษัตริย์เฟรเดริกแห่งปรัสเซีย (King Frederick of Prussia) มาก จึงทรงแต่งตั้งให้โอห์มได้ดำรงตำแหน่งเป็นศาสตราจารย์ทำการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในคณะเยซูอิต (Jesuit College) แห่งมหาวิทยาลัยโคโลญ (Cologne)

ในปี ค.ศ. 1822 โจเซฟ ฟอร์เรอร์ (Joseph Fourier) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้เผยแพร่ผลงานออกมาเล่มหนึ่ง ชื่อว่า การไหลของความร้อน (Analytic Theory of Heat) ภายในหนังสือเล่มนี้ได้อธิบายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของความร้อนไว้ว่า "อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B ขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของจุดทั้งสอง และขึ้นอยู่กับตัวนำด้วยว่าสามารถถ่ายทอดความร้อนได้ดีขนาดไหน" เมื่อโอห์มได้อ่านผลงานชิ้นนี้เขาได้เกิดความสนใจ ที่จะทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้กับไฟฟ้าขึ้นบ้าง หลังจากทำการทดลองโดยอาศัยหลักการเดียวกับฟอร์เรอร์ เขาพบว่า การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุด จะต้องขึ้นอยู่กับวัตถุที่นำมาใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าเช่นกัน คือ ควรเลือกโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เช่น เงิน ทองแดง หรืออะลูมิเนียม เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้ามีความร้อนมากขึ้นจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยลงด้วย หลังจากการทดลองไฟฟ้าในขั้นต้นสำเร็จลงแล้ว โอห์มได้เดินทางไปยังเมืองโคโลญ เพื่อเข้าเป็นอาจารย์สอนที่ยิมเนเซียม (Gymnasium) ในระหว่างนี้ในปี ค.ศ. 1826 โอห์มได้จัดพิมพ์หนังสือออกมาเล่มหนึ่งชื่อว่า Bestimmung des Gesetzes nach Welohem die Metalle die Kontaktee



รูป 2 การทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของโอห์ม

อ้างอิง <http://ruleofohm.blogspot.com/p/blog-page.html>

ในปีต่อมาโอห์มได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าต่ออีก และเขาก็พบคุณสมบัติเกี่ยวกับการไหลของไฟฟ้าเพิ่มเติมอีก 2 ประการ คือ ความยาวของสายไฟ (ถ้ายังมีความยาวมากจะมีความต้านทานไฟฟ้ามาก) และพื้นที่หน้าตัดของสายไฟ (ถ้ายังมีพื้นที่หน้าตัดมากจะมีความต้านทานไฟฟ้ามาก) กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยลง การพบคุณสมบัติข้อนี้เขาได้เขียนลงในหนังสือชื่อว่า Die Galvanische Katte Mathematisch Bearbeitet ภายในหนังสือเล่มนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับการทดลอง ซึ่งเขาตั้งเป็นกฎชื่อว่า กฎของโอห์ม (Ohm's Law) โดยมีหลักสำคัญว่า การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำไฟฟ้าเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความต่างศักย์ และเป็นปฏิกิริยาผกผันกับความต้านทาน กล่าวคือ การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า ระหว่างจุด 2 จุด ย่อมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติสำคัญ 4 ประการของตัวนำไฟฟ้า คือ

1. วัสดุที่ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี
2. วัสดุที่ใช้ต้องทนความร้อนได้สูง
3. ความยาวของสายไฟต้องไม่มากจนเกินไป
4. พื้นที่หน้าตัดของสายไฟต้องไม่ใหญ่จนเกินไป

โดยสามารถคำนวณความต่างศักย์ระหว่างจุดทั้ง 2 จากสมการดังต่อไปนี้

$$I = E / R$$

เมื่อ

I หมายถึง ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟตัวนำ

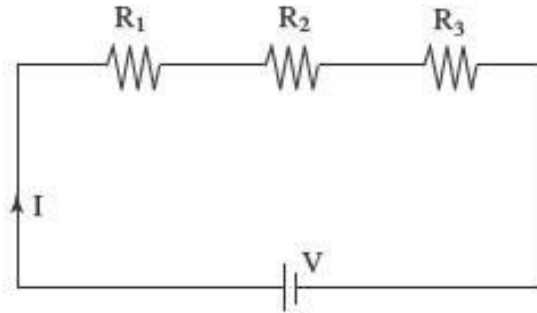
E หมายถึง แรงดันทางไฟฟ้า

R หมายถึง ความต้านทานของสายไฟตัวนำ

จากผลงานขึ้นดังกล่าว แทนที่โอห์มจะได้รับการยกย่องแต่โอห์มกลับได้รับการต่อต้านอย่างมากจากชาวเยอรมันเนื่องจากความไม่รู้ และไม่เข้าใจนั่นเอง ทำให้ในระหว่างนี้โอห์มได้รับความลำบาก แต่ชาวต่างประเทศกลับเห็นว่าผลงานชิ้นนี้ของโอห์มเป็นงานที่มีคุณประโยชน์มากและในปี ค.ศ. 1841 โอห์มได้รับมอบเหรียญคอปเลย์ (Copley Medal) จากราชสมาคมแห่งกรุงลอนดอน (Royal Society of London) และในปีต่อมาโอห์มได้รับเชิญให้ร่วมสมาคมนี้ด้วย เมื่อรัฐบาลเยอรมนี เห็นดังนั้นจึงเริ่มหันมาให้ความสนใจในผลงานของโอห์ม และในปี ค.ศ. 1849 เมื่อโอห์มเดินทางกลับจากประเทศอังกฤษ โอห์มได้รับเชิญให้เป็นศาสตราจารย์ ประจำมหาวิทยาลัยมิวนิก (Munich University) โดยเฉพาะเรื่องไฟฟ้า เท่านั้นที่โอห์มทำการค้นคว้า โอห์มยังค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องแสงด้วย แต่ไม่เป็นที่สนใจมากเท่ากับเรื่องไฟฟ้า โอห์มเสียชีวิตในวันที่ 27 กรกฎาคม ค.ศ.1854 ที่มิวนิก ประเทศเยอรมนี ถึงแม้ว่าโอห์มจะเสียชีวิตไปแล้วแต่ชื่อของโอห์มยังถูกนำมาใช้เป็นหน่วยวัดความต้านทานไฟฟ้า ในปี ค.ศ. 1881 สมาคมไฟฟ้านานาชาติ (International Congress of Electrical Engineers) ได้ตกลงร่วมกันที่กรุงปารีสว่าควรใช้ชื่อของโอห์ม เป็นหน่วยวัดความต้านทานไฟฟ้า โดยความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึง กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ไหลผ่านบนตัวนำไฟฟ้าภายใต้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์

การต่อวงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปมี 3 แบบ ดังนี้

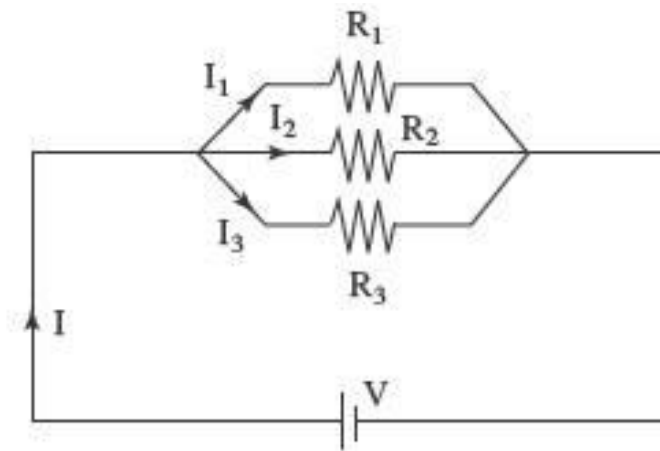
1. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (series circuit) เป็นการต่อเรียงกันเป็นสายเดียว เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าโดยการต่อปลายหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 1 กับปลายหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 และต่อปลายหลอดไฟฟ้าหลอดที่ 2 อีกอันหนึ่งกับหลอดไฟฟ้าหลอดอื่นไปเรื่อยๆ จนครบวงจร กระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางเดียวกันตลอด โดยไม่แยกเป็นหลายสาย ดังรูป



รูป 3 รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

อ้างอิง <http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/oldfront/54/1/index.htm>

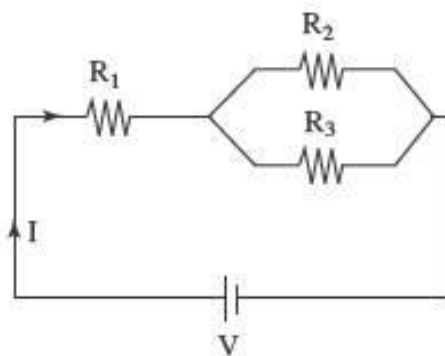
2. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน (parallel circuit) เป็นการต่อโดยที่กระแสไฟฟ้ามีการแยกไหลออกได้หลายทางและช่วงสุดท้ายจะไหลมารวมกัน เช่น ต่อหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอดเข้าด้วยกัน และรวมปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดไฟฟ้าทุกหลอดเข้าด้วยกัน



รูป 4 รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

อ้างอิง <http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/oldfront/54/1/index.htm>

3. การต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม (hybrid circuit) เป็นการต่อวงจรที่มีทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานในวงจรเดียวกัน



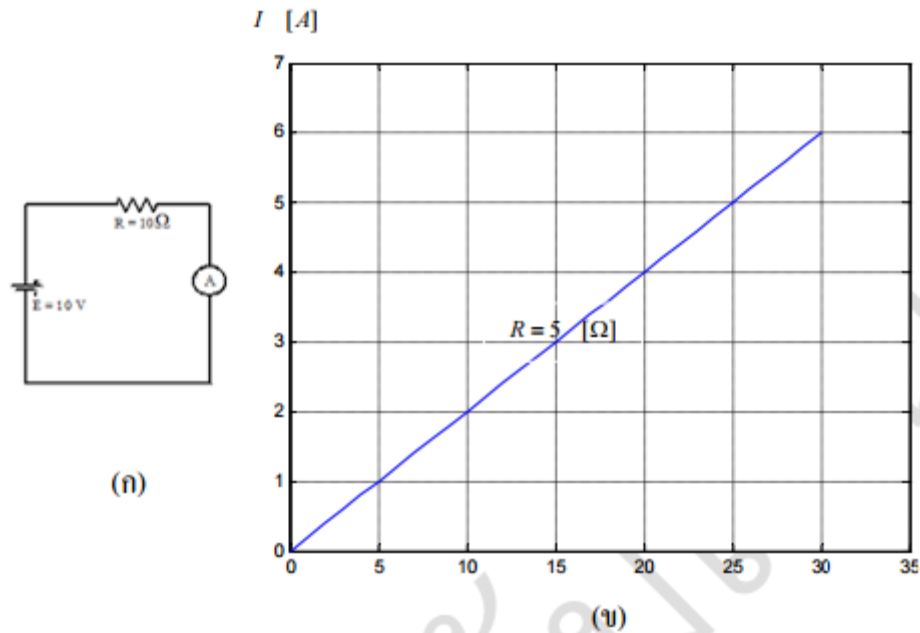
รูป 5 รูปแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม

อ้างอิง <http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/oldfront/54/1/index.htm>

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน

แบบอนุกรม	แบบขนาน
<p>1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอดมีค่าเท่ากัน และเท่ากับกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจร ดัง</p> <p>สมการ $I_{\text{รวม}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$</p>	<p>1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอดจะไม่เท่ากัน แต่ถ้าหลอดมีความต้านทานไม่เท่ากัน แต่กระแสไฟฟ้ารวมจะเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแต่ละหลอด ดังสมการ</p> <p>$I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$</p>
<p>2. ความต้านทานรวม จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนหลอดไฟฟ้าที่นำมาต่อกัน จึงทำให้ความต้านทานมีค่ามาก ดัง</p> <p>สมการ $R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$</p>	<p>2. ความต้านทานรวมจะน้อยลง และน้อยกว่าความต้านทานที่น้อยที่สุดในวงจร ความต้านทานรวมจะมีค่า ดังสมการ</p> <p>$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$</p>
<p>3. ความต่างศักย์รวม มีค่าเท่ากับผลบวกของความต่างศักย์ของ หลอดไฟแต่ละหลอด ดังสมการ</p> <p>$V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$</p>	<p>3. ความต่างศักย์รวม จะมีค่าเท่ากับความต่างศักย์ของหลอดไฟฟ้าแต่ละหลอด ดังสมการ</p> <p>$V_{\text{รวม}} = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$</p>

เมื่อพิจารณาจากวงจรไฟฟ้ากระแสตรงใน รูปที่ 6(ก) กำหนดให้ความต้านทาน (R) มีค่าเท่ากับ $5\ [\Omega]$ และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (E) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ 0 ถึง 20 [V] ทำให้ได้ผลลัพธ์ค่ากระแสไฟฟ้า (I) ที่ไหลผ่านความต้านทานในวงจรจะเปลี่ยนแปลงตามกฎของโอห์มด้วยค่าของอัตราส่วน E / R ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันตกคร่อมความต้านทาน (V) ดังรูปที่ 6(ข)



รูป 6 รูปที่ 6 (ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน

อ้างอิง ปฏิบัติการทดลองที่ 3: กฎโอห์มในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง รายวิชา 303213 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าสำหรับวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 6 (ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง (ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ณ จุด $(I, V) = (4, 20)$ ในรูป รูปที่ 6(ข) และโดยการใช้กฎของโอห์มตามสมการ $R = V/I$ สามารถหาค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้า จะได้ว่า

$$R = \frac{20\text{ [V]}}{4\text{ [A]}} = 5\text{ }[\Omega]$$

ผลการทดลอง

วัตถุประสงค์

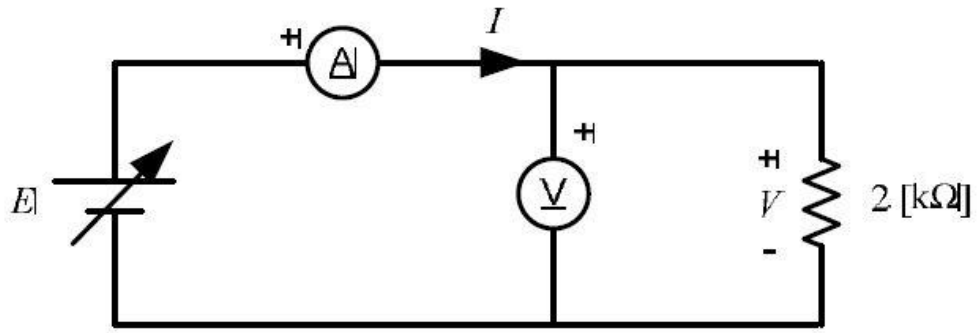
- 1.1 เพื่อให้นิสิตปฏิบัติการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงได้
- 1.2 เพื่อให้นิสิตสามารถหาค่าความต้านทานจากกราฟคุณลักษณะทางกระแสและแรงดันได้
- 1.3 เพื่อให้นิสิตสร้างความเข้าใจความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์มในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- 1.4 เพื่อให้นิสิตสามารถคำนวณค่าทางทฤษฎีเปรียบเทียบกับผลการทดลองได้
- 1.5 เพื่อให้นิสิตปฏิบัติการทดลองหาคุณลักษณะของตัวต้านทานต่ออนุกรม
- 1.6 เพื่อให้นิสิตสร้างความเข้าใจหลักการของวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม
- 1.7 เพื่อให้นิสิตเสริมทักษะในการใช้เครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้า

การทดลองที่ 1: การหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อความต้านทานคงที่

วิธีการทดลอง

1. ต่อการใช้งานมัลติมิเตอร์ แบบโวลต์มิเตอร์ และแบบแอมมิเตอร์ เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าตามรูป 13 (ในขณะต่อวงจรไฟฟ้าต้องปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้า)
2. เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า ปรับค่าแรงดัน E จาก 0 [V] ไปจนถึง 10 [V] ตามตารางที่ 3
3. บันทึกผลการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้า V และกระแส I ลงในตารางที่ 3
4. ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า
5. คำนวณแรงดันไฟฟ้า V กับกระแส I และนำผลการคำนวณบันทึกลงในตารางที่ 3
6. เปลี่ยนค่าความต้านเป็น 1 [k Ω] และทำการทดลองซ้ำตามข้อ 1. ถึง 5. อีกครั้ง
7. บันทึกผลการทดลองวัดค่า V และ I และการคำนวณค่า V และ I ลงในตารางที่ 4

8 นำผลการทดลองจากตารางที่ 3 และ 4 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ของแรงดันและ กระแสตามฟังก์ชัน $I = f(V)$ ลงในกราฟดังรูป 1.1 (ข) เมื่อโหลดมีค่าเท่ากับ $2\text{ [k}\Omega\text{]}$ และ $1\text{ [k}\Omega\text{]}$ ตามลำดับ



รูป 7 วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ตารางที่ 2 เมื่อโหลดความต้านทานมีค่าเท่ากับ $2\text{ [k}\Omega\text{]}$

E [V]	ผลการทดลอง		ผลการคำนวณ	
	แรงดัน V [V]	กระแส I [mA]	แรงดัน V [V]	กระแส I [mA]
0	0	0	0	0
1	1.01	0.51	1	0.5
2	2.02	1.03	2	1
3	3.03	1.54	3	1.5
4	4.04	2.06	4	2
5	5.06	2.56	5	2.5
6	6.07	3.08	6	3
7	7.08	3.59	7	3.5
8	8.10	4.11	8	4
9	9.12	4.63	9	4.5
10	10.13	5.14	10	5

ตารางที่ 3 เมื่อโหลดความต้านทานมีค่าเท่ากับ 1 [k Ω]

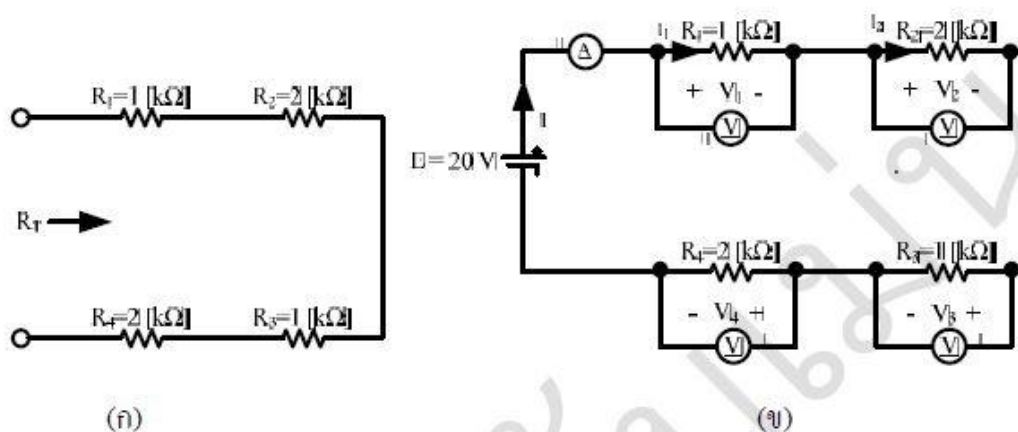
E [V]	ผลการทดลอง		ผลการคำนวณ	
	แรงดัน V [V]	กระแส / [mA]	แรงดัน V [V]	กระแส / [mA]
0	0	0	0	0
1	1.02	1.03	1	1
2	2.03	2.04	2	2
3	3.04	3.06	3	3
4	4.05	4.08	4	4
5	5.06	5.10	5	5
6	6.07	6.12	6	6
7	7.08	7.14	7	7
8	8.09	8.17	8	8
9	9.10	9.20	9	9
10	10.11	10.22	10	10

รูป 8 ฟังก์ชัน $I = f(V)$ เมื่อโหลด $R_1 = 2 \text{ [k}\Omega\text{]}$ และ $R_2 = 1 \text{ [k}\Omega\text{]}$

การทดลองที่ 2: การหาคุณลักษณะของวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรทดลองดังรูป 15 (ก) ปรับตั้งย่านวัดความต้านทานของมัลติมิเตอร์ ให้เหมาะสม ต่อมา วัดค่าตัวต้านทาน R_T , R_1 , R_2 , R_3 กับ R_4 และบันทึกผลการวัดลงในตารางที่ 5.
2. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าและต่อวงจรใหม่ดังรูป 15 (ข) ปรับตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้า I , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4 ให้เหมาะสมของมัลติมิเตอร์ ตัวที่ 1 พร้อมทั้งปรับตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2, V_3 และ V_4 ให้เหมาะสมของมัลติมิเตอร์ ตัวที่ 2
3. เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า ปรับค่าแรงดัน E ให้มีค่าเท่ากับ 20 [V]
4. ทำการทดลองวัดและบันทึกค่ากระแส I , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4 และแรงดัน V_1 , V_2 , V_3 และ V_4 ลงในตารางที่ 3
5. ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า
6. คำนวณค่า R_T , I , V_1 , V_2 , V_3 , V_4 และ I_1 , I_2 , I_3 , I_4 โดยใช้กฎของโอห์ม และบันทึก ผลการคำนวณลงในตารางที่ 6 เปรียบเทียบกับผลการทดลองในตารางที่ 5



รูปที่ 9 วงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อเปิดวงจรที่ความต้านทาน R_2

ตารางที่ 4 ผลการทดลองวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมผลการทดลอง

ผลการทดลอง														
R_1	R_2	R_3	R_4	R_T	I_1	I_2	I_3	I_4	I	V_1	V_2	V_3	V_4	E
[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[Ω]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]
0.98	1.97	0.98	1.98	1.98	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.35	6.72	3.34	6.77	20.18

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณหาค่าความต้านทาน กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม

ผลการทดลอง														
R_1	R_2	R_3	R_4	R_T	I_1	I_2	I_3	I_4	I	V_1	V_2	V_3	V_4	E
k[Ω]	k[Ω]	k[Ω]	k[Ω]	k[Ω]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[mA]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]
1	2	1	2	6	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.38	6.77	3.39	6.76	20.29

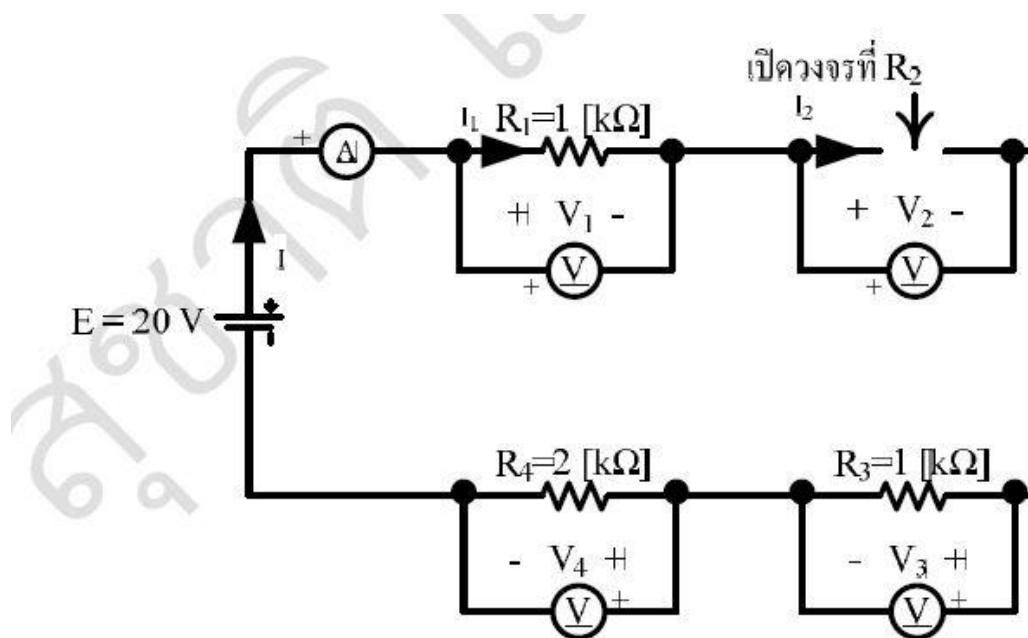
การทดลองที่ 3: วงจรตัวต้านทานเมื่อเปิดวงจรและลัดวงจร

วิธีการทดลอง

1. ปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้าและต่อวงจรทดลองดังรูป 16 ปรับตั้งย่านวัดของมัลติมิเตอร์ ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 เหมือนการทดลองที่ 2
2. ใช้แอมมิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้า I , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4 และใช้โวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันไฟฟ้า ตกคร่อม V_1 , V_2 , V_3 , V_4 และ E
3. เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าและปรับค่าแรงดัน E ให้มีค่าเท่ากับ 20 [V]
4. ทำการทดลองวัดและบันทึกค่ากระแส I , I_1 , I_2 , I_3 กับ I_4 และแรงดัน V_1 , V_2 , V_3 และ V_4 ลงในตารางที่ 7
5. ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้า
6. คำนวณค่า R_T , I , V_1 , V_2 , V_3 , V_4 และ I_1 , I_2 , I_3 , I_4 โดยใช้กฎของโอห์มและบันทึกผลการคำนวณพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลการทดลองในตารางที่ 7

7. ต่อวงจรใหม่ดังรูป 17 เป็นวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อเกิดลัดวงจรที่ R_2

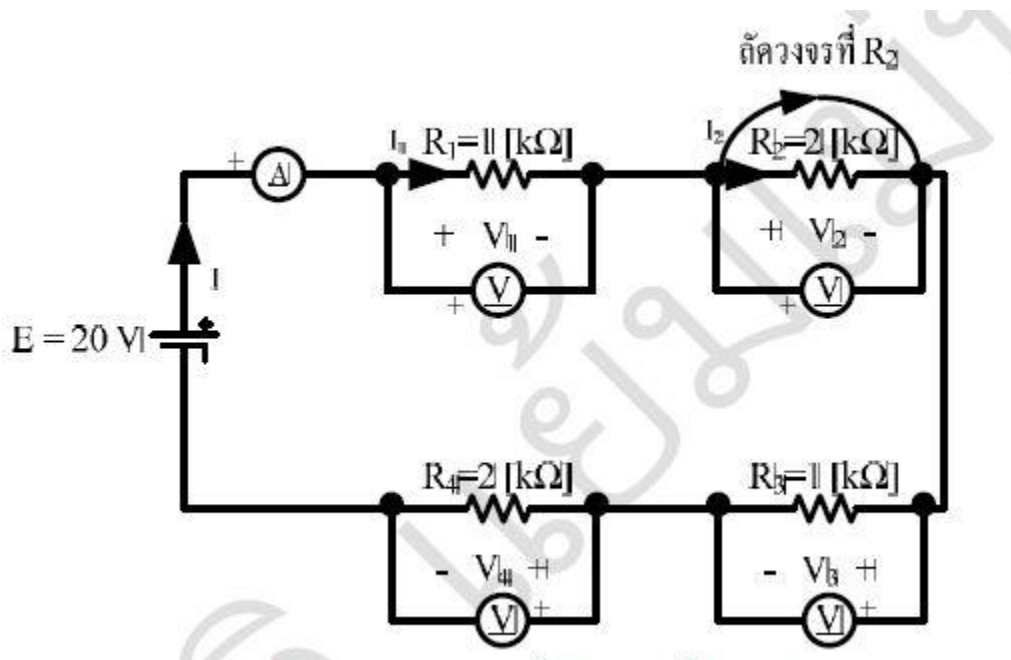
8. ทำซ้ำการทดลองดังข้อ 1. – 6. และบันทึกผลการคำนวณจากวงจรในรูป 17 ลงในตารางที่ 8



รูป 16 วงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อเปิดวงจรที่ความต้านทาน R_2

ตารางที่ 7 ผลการทดลองและผลการคำนวณที่ได้รับจากวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อเปิดวงจร R_2

รายการ	I_1 [mA]	I_2 [mA]	I_3 [mA]	I_4 [mA]	I [mA]	V_1 [V]	V_2 [V]	V_3 [V]	V_4 [V]	E [V]
ผลการทดลอง	0	0	0	0	0	0	20.20	0	0	20.20
ผลการคำนวณ	0	0	0	0	0	0	20	0	0	20



รูป 17 วงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อปิดวงจรที่ความต้านทาน R_2

ตารางที่ 8 ผลการทดลองและผลการคำนวณที่ได้รับจากวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมเมื่อปิดวงจร R_2

รายการ	I_1 [mA]	I_2 [mA]	I_3 [mA]	I_4 [mA]	I [mA]	V_1 [V]	V_2 [V]	V_3 [V]	V_4 [V]	E [V]
ผลการทดลอง	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17	5.11	0.3	5.11	10.21	20.73
ผลการคำนวณ	5	5	5	5	5	5	0	5	10	20

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1: การหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อความต้านทานคงที่

จากการทดลองนั้นค่าที่ได้จากเครื่องมัลติมิเตอร์ที่วัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้านั้นมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณโดยกฎของโอห์ม จากสูตร $V = IR$ และ กราฟที่ได้จากฟังก์ชัน $I = f(V)$ เป็นกราฟเส้นตรง

การทดลองที่ 2 การหาคุณลักษณะของวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม

จากการทดลองพบว่าค่าของกระแสนั้นมีค่าเท่ากันทั้งวงจร และ วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมัลติมิเตอร์ได้ใกล้เคียงค่าความต้านทานของจริงและแรงดันไฟฟ้าจากกฎของโอห์ม จากสูตร $R = V/I$

การทดลองที่ 3: วงจรตัวต้านทานเมื่อเปิดวงจรและลัดวงจร

จากการทดลองค่าการลัดวงจรแบบเปิดตัวต้านทานแล้วใช้โวลต์มิเตอร์นั้น เมื่อวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ R_1 R_3 R_4 ไม่มีกระแส และ แรงดันไฟฟ้า แต่เมื่อวัดที่ R_2 มีแรงดันไฟฟ้า แต่ไม่มี กระแสไฟฟ้าไหล เนื่องจากเครื่องมัลติมิเตอร์ มีความต้านทานภายในจึงทำให้มีแรงดันไฟฟ้าอยู่ แต่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร แต่ถ้ามีการลัดที่ R_2 ปิดวงจรจะมีกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ R_1 R_3 R_4 แต่ไม่มีที่ R_2

สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 1: การหาค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าเมื่อความต้านทานคงที่

จากการทดลองนั้น เราสามารถใช้กฎของโอห์มหาค่ากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าได้ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับการทดลองมากๆ

การทดลองที่ 2 การหาคุณลักษณะของวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม

จากการทดลองค่าของกระแสนั้นมีค่าเท่ากันทั้งวงจร และ วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องมัลติมิเตอร์ได้ใกล้เคียงค่าความต้านทานของจริงและแรงดันไฟฟ้าจากกฎของโอห์ม จากสูตร $R = V/I$ ทำให้เรารู้ว่า กระแสที่ไหลในวงจรตัวต้านทานต่อแบบอนุกรมมีค่าเท่ากับหมดและแรงดันไฟฟ้านั้นหาได้จาก $V_{รวม} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$

การทดลองที่ 3: วงจรตัวต้านทานเมื่อเปิดวงจรและลัดวงจร

จากการทดลองทำให้เห็นว่าเมื่อเกิดการลัดวงจรแบบปิดจะไม่มีกระแสไปที่ความต้านทานตัวนั้น และเมื่อมีการเปิดวงจร จะไม่มีกระแสไฟฟ้า และ แรงดันในวงจรนั้น

คำถามท้ายปฏิบัติการทดลอง

1. จากเส้นกราฟในรูป4 จงหาค่าความต้านทาน R_1 ที่แรงดัน $V = 4 \text{ [V]}$ และ 8 [V] ได้ว่า

ตอบ หา R_1 จากสูตร $V = IR$

$$4 \text{ [V]} = 4.03 \text{ [A]} \times R_1$$

$$R_1 = 4 / 4.03 = 0.9925 \text{ } [\Omega]$$

$$8 \text{ [V]} = 8.05 \text{ [A]} \times R_1$$

$$R_1 = 8 / 8.022 = 0.9937 \text{ } [\Omega]$$

2. จากเส้นกราฟในรูป4 จงหาค่าความต้านทาน R_2 ที่แรงดัน $V = 4 \text{ [V]}$ และ 8 [V] ได้ว่า

ตอบ หา R_1 จากสูตร $V = IR$

$$4 \text{ [V]} = 2.03 \text{ [A]} \times R_1$$

$$R_1 = 4 / 2.03 = 1.97 \text{ } [\Omega]$$

$$8 \text{ [V]} = 4.08 \text{ [A]} \times R_1$$

$$R_1 = 8 / 4.08 = 1.96 \text{ } [\Omega]$$

3. สูตรที่ใช้ในการหาค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 จากกราฟ คือ

ตอบ
$$R = \frac{V}{I}$$

4. ค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 ที่หาได้จากกราฟรูป 4 นั้น ตรงกับค่าความต้านทานที่นำมาทดลองหรือไม่ถ้าไม่ตรงให้วิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นผลให้ค่าความต้านทานจากกราฟนั้นไม่เท่ากับค่าความต้านทานที่นำมาทดลอง

ตอบ ค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 จากรูป 4 นั้น มีค่าใกล้เคียงกันตัวต้านทานที่นำมาทดลอง เนื่องจาก การวัดที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ หรืออีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนเพราะว่าในหาวัดค่าของแหล่งจ่ายไฟเข้าอาจจะไม่เป็นไปตามตัวเลข

5. จากผลการทดลองตามตารางที่ 1 และ 2 จงพิสูจน์ว่ากฎของโอห์มสามารถวิเคราะห์หาค่าแรงดัน V และกระแส I ที่ได้จากการทดลองอย่างถูกต้อง

ตอบ จากการบันทึกผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 1 กับ 2 ทำให้เห็นว่า ค่าที่ได้จากเครื่องมือวัดมีค่าใกล้เคียง กับ สูตร $v = IR$ เช่น แรงดัน (V) 2.02 v. ตัวต้านทาน(R) = 2 จะมีค่ากระแสไฟฟ้า(I) = 1.034 ซึ่งจากการคำนวณ $V=IR$

$$\text{หา } V = IR$$

$$= 1.034 \text{ [A]} \times 2 \text{ [\Omega]}$$

$$= 2.068 \text{ [V]}$$

$$\text{หา } I = V / R$$

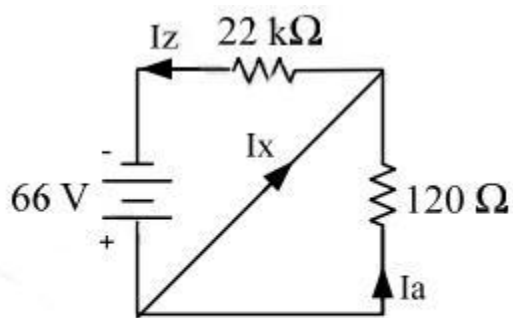
$$= 2.02 / 2 [\Omega]$$

$$= 1.01 \text{ A}$$

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ออกมาใกล้เคียงกันมาก

ดังนั้นกฎของโอห์มสามารถใช้หาค่าแรงดัน V และกระแส I ที่ได้จากการทดลองอย่างถูกต้อง

6. จากวงจรไฟฟ้าในรูป 8 จงใช้กฎของโอห์มคำนวณหากระแส I_a และ I_x และ I_z



รูป 8

ตอบ

จากสูตร $V=IR$

หา $I_a = 0$ เนื่องจากเกิดการลัดวงจรทำให้ไม่มีกระแสไหลไปทางนั้น

หา $I_x = 3 \text{ [A]}$ เนื่องจากเกิดการลัดวงจรทำให้เป็นวงจรแบบต่ออนุกรมกระแสนี้ค่าเท่ากันหมด

หา $I_z = V / R$

$$= 66[V] / 22 [K \Omega]$$

$$= 3 \text{ [A]}$$

7. จากวงจรทดลองในรูป 5(ข) จงพิสูจน์ว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมามีค่าเท่ากับ กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานในวงจรอนุกรม

ตอบ จากหลักการของโอห์ม จะได้สูตรการต่อแบบอนุกรมเป็น $V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$ ซึ่งหาได้จากค่าที่ได้จากการทดลอง คือ $V_1 = 3.3$, $V_2 = 6.7$, $V_3 = 3.3$, $V_4 = 6.7$, $V_{\text{รวม}} = 20$ [V]

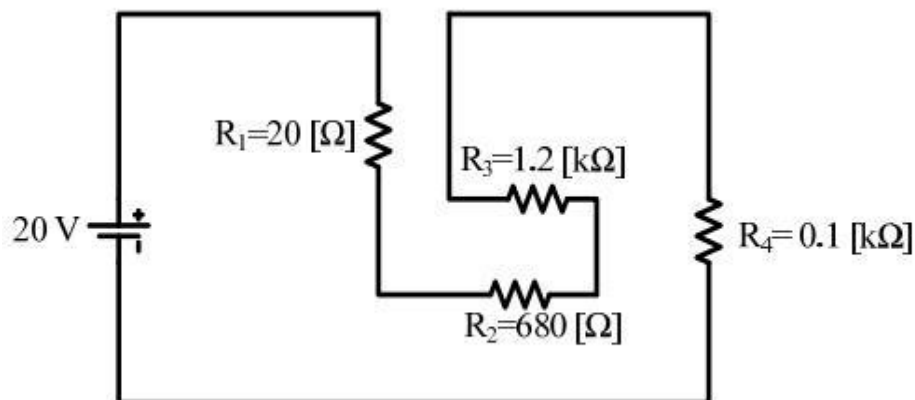
8. วงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม เมื่อเกิดเปิดวงจรที่ตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งในวงจร แรงดันตกคร่อมจุดที่เปิดวงจรมีค่าเท่าใด จงยกเหตุผลประกอบคำอธิบาย

ตอบ จะมีค่าเท่ากับ E [รวม] เพราะ จากหลักของโอห์มจะได้สูตร $V_t = V_1 + V_2 + \dots$ ยกตัวอย่างเช่น $V_t = 20$ v แล้ว มี r อยู่ 4 ตัว แล้วเปิดที่ r_2 ทำให้ $V_2 = 20$ เพราะ จากสูตรจะได้ $20 = i r_1 + V_2 + i r_3 + i r_4$ ซึ่ง i ทุกตัวมีค่าเป็น 0 เมื่อนำไปแทนค่าจะเหลือ $20 = V_2$ ซึ่งสามารถหาเหตุผลได้ว่า V ที่เปิดมีค่าเท่ากับ V รวม

9. วงจรตัวต้านทานต่ออนุกรมในการทดลองที่ 1.2 ผลการคำนวณแตกต่างจากผลการทดลองตรงส่วนใดบ้าง จงอธิบายเหตุผลประกอบความแตกต่างนั้น

ตอบ แตกต่างกันค่าทุกตัวที่ได้แต่เป็นค่าที่ใกล้เคียงมากกับกฎของโอห์ม ถ้าหากปิดทศนิยมก็จะทำให้มีค่าที่เท่ากันการคำนวณ ซึ่งเป็นไปตามกฎของโอห์ม

10. พิจารณาวงจรไฟฟ้าดังรูป9 จงคำนวณหากระแสที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าออกมาและแรงดันตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว



รูป 9

ตอบ จากรูปเป็นวงจรอนุกรม

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } R_{\text{รวม}} &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 20 + 680 + 100 + 1200 \text{ } [\Omega] \\ &= 2000 \text{ } [\Omega]\end{aligned}$$

เนื่องจากเป็นวงจรอนุกรม กระแสจะเท่ากันทั้งวงจร

$$\begin{aligned}I_{\text{รวม}} &= V_{\text{รวม}} / R_{\text{รวม}} \\ &= 20 / 2000 \\ &= 0.01 \text{ [A]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หา } V_1 &= IR_1 \\ &= 0.01 \text{ [A]} \times 20 \text{ } [\Omega] \\ &= 0.2 \text{ [V]}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หา } V_2 &= IR_2 \\ &= 0.01 \text{ [A]} \times 680 \text{ } [\Omega] \\ &= 6.8 \text{ [V]}\end{aligned}$$

หา $V_1 = IR_1$ $= 0.01[A] \times 100[\Omega]$ $= 1 [V]$	หา $V_2 = IR_2$ $= 0.01[A] \times 1200[\Omega]$ $= 12 [V]$
----------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

ดังนั้นจะได้ $I = 0.01 [A]$,

$$V_{รวม} = 20[V], \quad V_1 = 0.2 [V], \quad V_2 = 6.8[V], \quad V_3 = 1[V], \quad V_4 = 12[V]$$

3.4.11 พิจารณาตารางที่ 7 ซึ่งแสดงค่าปริมาณไฟฟ้าสำหรับวงจรตัวต้านทานต่ออนุกรม จงคำนวณค่าปริมาณไฟฟ้าในช่องว่างให้ถูกต้องสมบูรณ์พร้อมทั้งเขียนภาพวงจรของตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าวงจรตัวต้านทาน 4 ตัวต่ออนุกรม

	R_1	R_2	R_3	R_4	E
แรงดัน [V]	2.89		3.468		
กระแส [mA]					2.89
กำลังไฟฟ้า [mW]				22.68	
ความต้านทาน [k Ω]		1.20			

ตอบ เนื่องจากเป็นวงจรต่อแบบอนุกรม ทำให้กระแสเท่ากันหมดคือ 2.89 [mA]

ช่อง R_1

โจทย์ให้ $V_1 = 2.89 [V]$, $I_1 = 2.89 [A]$,

$P_1 = VI$ $= 2.89[V] \times 2.89[mA]$ $= 8.35[mW]$	$R_1 = V_1 / I_1$ $= 2.89[V] / 2.89[mA]$ $= 1[K \Omega]$
-----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

ช่อง R_2

โจทย์ให้ $R_2 = 1[\text{K } \Omega]$, $I_2 = 2.89 [\text{A}]$,

$$P_2 = V I$$

$$= 3.468[\text{V}] \times 2.89[\text{mA}]$$

$$= 10.02 [\text{mW}]$$

$$V_1 = R_2 I_2$$

$$= 1.2[\text{K } \Omega] \times 2.89[\text{mA}]$$

$$= 3.468[\text{V}]$$

ช่อง R_3

โจทย์ให้ $V_2 = 3.468[\text{V}]$, $I_3 = 2.89 [\text{A}]$,

$$P_3 = V_3 I_3$$

$$= 3.468[\text{V}] \times 2.89[\text{mA}]$$

$$= 10.02 [\text{mW}]$$

$$R_3 = V_3 / I_3$$

$$= 3.468[\text{V}] / 2.89[\text{mA}]$$

$$= 1.2[\text{K } \Omega]$$

ช่อง R_4

โจทย์ให้ $P_4 = 22.68[\text{mW}]$, $I_4 = 2.89 [\text{A}]$,

$$V_4 = P_4 / I_4$$

$$= 22.68[\text{mW}] / 2.89[\text{mA}]$$

$$= 7.847 [\text{V}]$$

$$R_4 = V_4 / I_4$$

$$= 7.847[\text{mA}] / 2.89[\text{mA}]$$

$$= 2.71 [\text{K } \Omega]$$

ช่อง E

โจทย์ให้ $I_4 = 2.89 [\text{mA}]$,

$$V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 2.89 + 3.468 + 3.468 + 7.847 = 17.673 \text{ V}$$

$$P_{\text{รวม}} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 8.35 + 10.02 + 10.02 + 22.68 = 51.07[\text{mW}]$$

$$R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 1.00 + 1.20 + 1.20 + 2.71 = 6.11[\text{K } \Omega]$$

ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณไฟฟ้าวงจรตัวต้านทาน 4 ตัวต่ออนุกรม

	R_1	R_2	R_3	R_4	E
แรงดัน[V]	2.89	3.468	3.468	7.847	17.673
กระแส[mA]	2.89	2.89	2.89	2.89	2.89
กำลังไฟฟ้า[mW]	8.35	10.02	10.02	22.68	51.07
ความต้านทาน[K Ω]	1	1.20	1.20	2.71	6.11

เอกสารอ้างอิง

ผศ.ดร.สุชาติ แยมเม่น 2558 ปฏิบัติการทดลองที่ 3 เครื่องกำเนิดสัญญาณ (ออนไลน์)

<http://webapps.nu.ac.th/suchart/303213/Laboratory%20Notes/303213Lab01oscilloscope.pdf>.

วรพต ดุ้ยอ้าย. 2558. **ประวัติกฎของโอห์ม** (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<http://ruleofohm.blogspot.com/p/blog-page.html>

ภาควิชาฟิสิกส์ ม.เทคโนโลยีราชมงคล 2558. การต่อวงจรไฟฟ้า(ออนไลน์). แหล่งที่มา :

อ้างอิง <http://www.rmutphysics.com/PHYSICS/oldfront/54/1/index.htm>