

ปฏิบัติการที่ 8

กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ตอนที่ 1 กฎของโอห์ม(Ohm's Law)

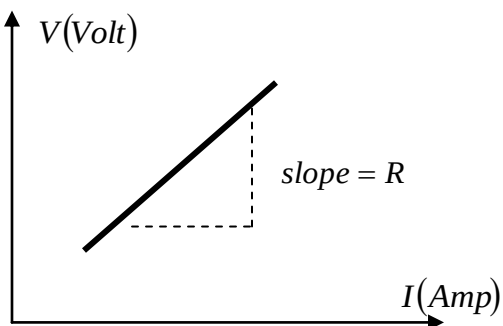
จุดประสงค์ ศึกษาความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

ทฤษฎี

กฎของโอห์มกล่าวว่า “เมื่ออุณหภูมิคงที่ อัตราส่วนของความต่างศักย์ (V) ระหว่างปลายทั้งสองข้างของตัวนำ กับกระแส (I) ที่ไหลผ่านตัวนำ จะมีค่าคงที่เสมอ” และค่าคงที่นี้จะเท่ากับความต้านทานของตัวต้านทาน (R) นั้น นั่นเอง เขียนเป็นสมการได้ว่า

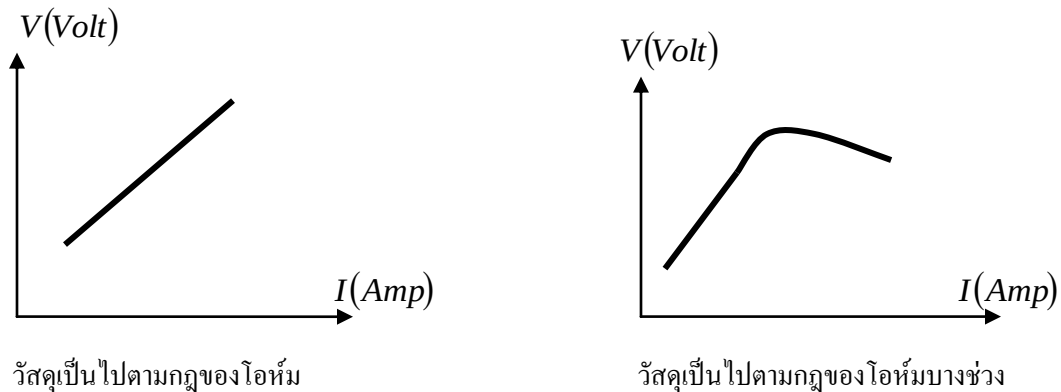
$$\frac{V}{I} = R \quad (8.1)$$

ถ้าเขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์ V และกระแสไฟฟ้า I จะได้กราฟเป็นเส้นตรง มีความชันเท่ากับความต้านทาน R ดังรูป 8.1



รูปที่ 8.1 กราฟระหว่าง V และ I ตามกฎของโอห์ม

กฎของโอห์มยังประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ ได้ด้วย กราฟระหว่าง V และ I ของวัสดุใดเป็นเส้นตรงเราถือว่าวัสดุนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์ม เช่น โลหะ และตัวต้านทาน เป็นต้น ถ้ากราฟระหว่าง V และ I ของวัสดุใดไม่เป็นเส้นตรงเราถือว่าวัสดุนั้นไม่เป็นไปตามกฎของโอห์ม เช่น ของเหลวและก๊าซ เป็นต้น อย่างไรก็ตามมีวัสดุหลายชนิด ที่กราฟทั้งเส้นระหว่าง V และ I ไม่เป็นเส้นตรงแต่มีบางช่วงเป็นเส้นตรง ซึ่งเราถือว่า วัสดุนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์มเฉพาะ V และ I ช่วงนั้น(ช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง) ดังรูปที่ 8.2



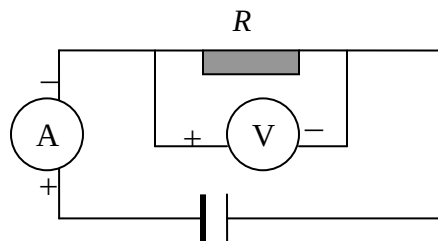
รูปที่ 8.2 กราฟระหว่าง V และ I

การทราบว่าวัสดุใดบ้างเป็นไปตามกฎของโอห์ม หรือเป็นเพียงช่วงใดช่วงหนึ่ง มีประโยชน์ต่อการศึกษาและประยุกต์ใช้งานอย่างมาก โดยเฉพาะการคำนวณ เพราะเราจะนำสมการ 8.1 มาคำนวณได้ต่อเมื่อวัสดุนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์ม เท่านั้น วิธีการทดลองต่อไปนี้นี้เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้เราทราบว่า วัสดุนั้นเป็นไปตามกฎของโอห์มหรือไม่ หรือเป็นเฉพาะช่วงใด

อุปกรณ์การทดลอง แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ตัวต้านทานไม่ทราบค่า สารละลาย CuSO_4
สายไฟ โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ บีกเกอร์

วิธีทดลอง

- 1 ต่อวงจรตามรูป 8.3 โดยใช้ตัวต้านทานไม่ทราบค่า แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ตั้งสเกลการวัดไว้สูงๆ ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟ(ยังไม่ปล่อยกระแสเข้าวงจร)



รูปที่ 8.3 วงจรทดลองตามกฎของโอห์ม

- 2 เปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อปล่อยกระแสเข้าวงจร แล้วค่อย ๆ ปรับแรงดันไฟฟ้าขึ้นช้า ๆ พร้อมกับสังเกตความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน จนได้เท่ากับ 1 โวลต์ อ่านกระแสจากแอมมิเตอร์ในขณะนั้น บันทึกผล
 - 3 เพิ่มแรงดันจนความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานเป็น 2V, 3V, 4V, 5V, 6V, 7V และ 8V ตามลำดับ แต่ละครั้งบันทึกกระแสจากแอมมิเตอร์ที่สอดคล้องกัน
 - 4 ลดแรงดันจนความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทานเป็น 7V, 6V, 5V, 4V, 3V, 2V และ 1V ตามลำดับ แต่ละครั้งบันทึกกระแสจากแอมมิเตอร์ที่สอดคล้องกัน
 - 5 หาค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย ($\bar{I}$) ในแต่ละครั้ง
 - 6 เขียนกราฟระหว่าง V และ $\bar{I}$ แล้วหาความชัน ซึ่งจะเป็นค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ใช้ทดลอง
 - 7 นำค่าความต้านทานที่หาได้ เปรียบเทียบกับค่าความต้านทานจริง ๆ ของตัวต้านทานที่ใช้ทดลอง (ถามจากอาจารย์หรือเจ้าหน้าที่ควบคุม)
 - 8 เปลี่ยนตัวต้านทานเป็นสารละลาย CuSO_4 บรรจุในบีกเกอร์ปริมาณ และความเข้มข้นพอเหมาะ แล้วทดลองตามข้อ 2 – 7
- คำแนะนำ เมื่อเปลี่ยนเป็น CuSO_4 ความต่างศักย์ที่ใช้บางค่าอาจวัดกระแสได้ไม่ชัดเจน นิสิตต้องปรับเปลี่ยนความต่างศักย์เพื่อให้เหมาะสมได้

ตอนที่ 2 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จุดประสงค์ ศึกษาคุณสมบัติวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

ทฤษฎี

เมื่อนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมกัน จะได้ความจริง 3 ข้อดังนี้

- 1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจรหรือกระแสรวม (I) และกระแสไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว จะเท่ากันหมด ตามสมการ

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots \quad (8.2)$$

- 2 ความต่างศักย์รวม (V) เท่ากับผลรวมของความต่างศักย์ของตัวต้านทานแต่ละตัว ตามสมการ

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \quad (8.3)$$

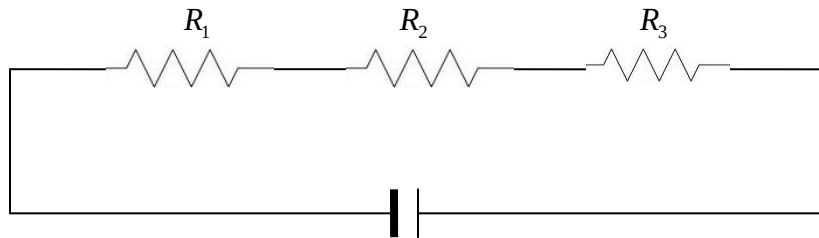
- 3 ความต้านทานรวม (R) เท่ากับผลรวมความต้านทานแต่ละตัว ตามสมการ

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (8.4)$$

การทดลองต่อไปนี้จะพิสูจน์ความจริงของการต่อตัวต้านทานอนุกรม ตามที่กล่าวมา

อุปกรณ์การทดลอง แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ตัวต้านทาน โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ สายไฟ วิธีทดลอง

- 1 ต่อวงจรตามรูป 9.4 โดยนิสิตเลือกใช้ตัวต้านทาน 3 ตัวตามต้องการ บันทึกค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว (ตัวต้านทานแต่ละตัวควรมีกำลังวัตต์เท่ากัน)



รูปที่ 8.4 วงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

- 2 คำนวณความต้านทานรวมของวงจร โดยใช้สมการ (8.4) จากนั้นให้คำนวณว่า ถ้าต้องการให้กระแสรวม (I) เท่ากับ 100 mA ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากี่โวลต์ บันทึกแรงดันที่คำนวณได้ (เลือกกระแสค่าอื่นได้ แต่ต้องไม่เกิน 200 mA)
- 3 เปิดสวิตช์แหล่งกำเนิดไฟฟ้าเพื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าวงจร โดยใช้แรงดันตามที่คำนวณตามข้อ 2 จากนั้น ให้วัดค่าดังต่อไปนี้
 - 3.1 ใช้โวลต์มิเตอร์กระแสตรงวัดความต่างศักย์รวม (V) และความต่างศักย์ของตัวต้านทานแต่ละตัว บันทึกผล
 - 3.2 ใช้แอมมิเตอร์กระแสตรงวัดกระแสทั้งวงจร (I) และกระแสไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว บันทึกผล
- 4 นำค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ตรวจสอบว่าเป็นไปตามความจริงหรือไม่
- 5 นำค่าความต่างศักย์ที่วัดได้ ตรวจสอบว่าเป็นไปตามความจริงหรือไม่
- 6 นำความต่างศักย์รวม และกระแสรวมทั้งวงจร ไปคำนวณหาความต้านทานรวมของวงจร แล้วนำไปตรวจสอบเป็นไปตามความจริงหรือไม่

ตอนที่ 3 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

จุดประสงค์ ศึกษาคุณสมบัติวงจรตัวต้านทานแบบขนาน

ทฤษฎี

เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อขนานกัน จะได้ความจริง 3 ข้อดังนี้

- 1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจรหรือกระแสรวม (I) เท่ากับผลรวมของกระแสไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ตามสมการ

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \quad (8.5)$$

- 2 ความต่างศักย์รวม (V) เท่ากับความต่างศักย์ของตัวต้านทานแต่ละตัว ตามสมการ

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots \quad (8.6)$$

- 4 ความต้านทานรวม (R) เท่ากับผลรวมความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว ตามสมการ

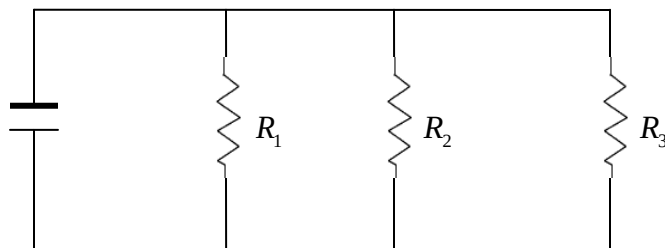
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \quad (8.7)$$

การทดลองต่อไปนี้จะพิสูจน์ความจริงของการต่อตัวต้านทานขนาน

อุปกรณ์ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ตัวต้านทาน โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ สายไฟ

วิธีทดลอง

- 1 ต่อยังรูปตามรูป 8.5 โดยนิสิตเลือกใช้ตัวต้านทาน 3 ตัวตามต้องการ บันทึกค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว (ตัวต้านทานแต่ละตัวควรมีกำลังวัตต์เท่ากัน) แล้วทดลองตามขั้นตอนเหมือนตอนที่ 2



รูปที่ 8.5 วงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

ตอนที่ 1 กฎของโอห์ม

ความต่างศักย์(V) (.....)	กระแสไฟฟ้า(I)(.....)		กระแสเฉลี่ย($\bar{I}$) (.....)
	เพิ่ม	ลด	
1.0			
2.0			
3.0			
4.0			
5.0			
6.0			
7.0			
8.0			

[illegible]

สรุปผลการทดลอง ตอน 1

หาค่าความต้านทานของตัวต้านทาน ได้เท่ากับ.....(.....)

แสดงวิธีคำนวณหาค่าความต้านทาน

.....

.....

ความต้านทานจริงๆ ของตัวต้านทาน เท่ากับ(.....)

% ความคลาดเคลื่อน =

แสดงวิธีคำนวณ % ความคลาดเคลื่อน

.....

.....

ระหว่างตัวต้านทานและสารละลาย CuSO_4 สิ่งใดบ้างที่เป็นไปตามกฎของโอห์ม เหตุผลใดจึงสรุป
เช่นนั้น

.....

.....

ตอนที่ 2 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

ตัวต้านทานที่เลือก $R_1 = \dots\dots\dots(.....)$

$R_2 = \dots\dots\dots(.....)$

$R_3 = \dots\dots\dots(.....)$

แรงดันไฟฟ้าที่คำนวณได้ =

ผลการวัด

$V = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$V_1 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$V_2 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$V_3 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$I = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$I_1 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$I_2 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

$I_3 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(.....)$

สรุปผลการทดลองตอน 2

ความต่างศักย์ของวงจรเป็นไปตามความจริง ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมหรือไม่ ด้วยเหตุผลใด

.....

.....

.....

กระแสไฟฟ้าของวงจรเป็นไปตามความจริงของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมหรือไม่ ด้วยเหตุผลใด

.....

.....

.....

ความต้านทานของวงจรเป็นไปตามความจริงของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมหรือไม่ ด้วยเหตุผลใด

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

ตัวต้านทานที่เลือก $R_1 = \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$R_2 = \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$R_3 = \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

แรงดันไฟฟ้าที่คำนวณได้ = $\dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

ผลการวัด

$V = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$V_1 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$V_2 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$V_3 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$I = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$I_1 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$I_2 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

$I_3 = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots(\dots\dots\dots)$

