

วงจร ไฟฟ้า ภาคทฤษฎี

1



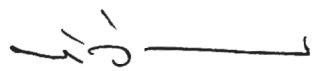
วงจร ไฟฟ้า ภาคทฤษฎี

1



หนังสือ วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 1 (ภาคทฤษฎี) เป็นหนังสือประกอบการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 1 รหัส 2104-1002 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพของนักศึกษาแผนกช่างไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตรรวมทั้งสิ้น 8 หน่วยเรียน โดยภายในเล่มจะกล่าวถึงเนื้อหาเรื่องกฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า การต่อความต้านทานแบบอนุกรม ขนาน และผสม วงจรแบ่งแรงดันและวงจรแบ่งกระแส การแปลงโครงข่ายสตาร์ เดลต้า วงจรบริดจ์ กฎของเคอร์ชอฟฟ์ และกระแสเมข รวมทั้งการแก้สมการด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนท์

ความพยายามเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ขึ้น เพื่อเป็นการเผยแพร่หนังสือช่างอุตสาหกรรมที่เป็นภาษาไทยที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับหลักสูตร หวังว่าคงเกิดประโยชน์ขึ้นบ้างไม่มากก็น้อย หากมีสิ่งใดที่เป็นจุดบกพร่องจากการพิมพ์หนังสือเล่มนี้ ขอได้โปรดแจ้งที่สำนักพิมพ์หรือที่ผู้เขียนโดยตรง จักเป็นพระคุณยิ่ง


(นายณภัทร วังเทพินทร์)



บทที่ 1 กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า และพลังงาน	7
1.1 กฎของโอห์ม	8
1.2 กำลังไฟฟ้า	14
1.3 ประสิทธิภาพ	16
1.4 พลังงาน	21
แบบฝึกหัดบทที่ 1	24
บทที่ 2 วงจรอนุกรม วงจรแบ่งแรงดัน และกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์	28
2.1 วงจรตัวต้านทานอนุกรม	29
2.2 แหล่งจ่ายแรงดันอนุกรม	32
2.3 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์	33
2.4 วงจรแบ่งแรงดัน	39
2.5 การกำหนดจุดดิน	43
แบบฝึกหัดบทที่ 2	50
บทที่ 3 วงจรขนาน วงจรแบ่งกระแส และกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์	59
3.1 วงจรตัวต้านทานขนาน	60

3.2 วงจรโครงข่ายขนาน	68
3.3 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์	71
3.4 กฎของการแบ่งกระแส	74
3.5 แหล่งจ่ายแรงดันต่อขนาน.....	78
แบบฝึกหัดบทที่ 3	83
บทที่ 4 วงจรตัวต้านทานต่อแบบผสม	93
4.1 โครงข่ายอนุกรม-ขนาน.....	94
4.2 วงจรแบ่งแรงดันแหล่งจ่ายไฟฟ้า	106
แบบฝึกหัดบทที่ 4	113
บทที่ 5 วงจรความต้านทานเคลต้า-สตาร์	122
5.1 การแปลงสตาร์-เดลต้า และเดลต้า-สตาร์	123
แบบฝึกหัดบทที่ 5	135
บทที่ 6 ดีเทอร์มิแนนต์	139
6.1 ดีเทอร์มิแนนต์	140
6.2 ไมเนอร์และโคแฟกเตอร์	141
6.3 การแก้สมการเชิงเส้นด้วยดีเทอร์มิแนนต์	144
แบบฝึกหัดบทที่ 6	149
บทที่ 7 การวิเคราะห์กระแสในวงจร ด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์	151
7.1 การวิเคราะห์กระแสแต่ละสาขาในวงจรไฟฟ้า	152
7.2 การวิเคราะห์วงจรบริดจ์	162
แบบฝึกหัดบทที่ 7	168
บทที่ 8 ทฤษฎีกระแสเมช	174
8.1 หลักการของกระแสเมช	175
แบบฝึกหัดบทที่ 8	189



ภาคผนวก ก

ตารางค่ามาตรฐาน ความต้านทานที่มีความคลาดเคลื่อน

0.1% 0.25% 0.5% 1% 2% 5% และ 10% 195

ภาคผนวก ข

แผนภูมิการแปลงหน่วย กำลัง ความเร็ว ทอร์ก อุณหภูมิ ปริมาตร

ความต้านทาน มวล พื้นที่ ความนำ ความหนาแน่น ประจุไฟฟ้า พลังงาน

แรง การไหล ความยาว ความหนาแน่นของฟลักซ์ ความดัน 197

คู่มือวิชา



วัตถุประสงค์

1. เข้าใจความสัมพันธ์ของกระแส แรงดัน และความต้านทานในกฎของโอห์ม
2. เข้าใจประสิทธิภาพ กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า
3. คำนวณหาค่าของปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ตามกฎของโอห์มได้
4. คำนวณหาค่าพลังงาน การสูญเสีย ประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าได้



1.1 กฎของโอห์ม

ในวงจรไฟฟ้าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้า กล่าวไว้โดยจอร์จ ไซมอน โอห์ม นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยโคโลญน์ ในปี 1827 โอห์มพบความสัมพันธ์ดังกล่าวและตั้งสมการความสัมพันธ์นี้ในนามกฎของโอห์ม (Ohm's Law) ดังสมการ (1.1)

$$\text{กระแสไฟฟ้า} = \frac{\text{แรงดันไฟฟ้า}}{\text{ความต้านทาน}}$$

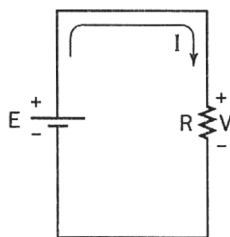
$$I = \frac{E}{R} \text{ (แอมป์, A)} \quad \dots(1.1)$$

ในทำนองเดียวกัน จากสมการ (1.1) สามารถเขียนในเทอมของแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานได้ดังสมการ (1.2) และสมการ (1.3)

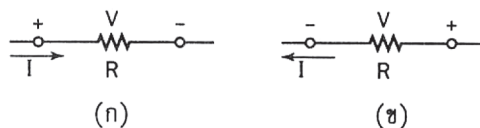
$$E = IR \text{ (โวลต์, V)} \quad \dots(1.2)$$

$$R = \frac{E}{I} \text{ (โอห์ม, } \Omega) \quad \dots(1.3)$$

เมื่อพิจารณาวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายในรูปที่ 1.1 จะพบว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้า (E) กำเนิดแรงดันไฟฟ้าผลักดันให้กระแสไฟฟ้า (I) ไหลผ่านตัวต้านทาน (R) ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม (V) ที่ตัวต้านทานนั้น โดยขั้วบวกของแรงดันตกคร่อมจะปรากฏในจุดที่ลูกศรของกระแสไหลเข้าเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 วงจรไฟฟ้า



รูปที่ 1.2 การกำหนดขั้วของแรงดันตกคร่อม

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูปที่ 1.1 ถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่า 9 V และความต้านทานมีค่า 2.2 Ω จงหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร

วิธีทำ

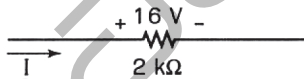
$$I = \frac{E}{R} = \frac{9 \text{ V}}{2.2 \Omega}$$
$$= 4.09 \text{ A}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 จงหาค่าความต้านทานของหลอดไฟฟ้าขนาด 60 W มีกระแสผ่านหลอด 500 mA เมื่อต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 120 V

วิธีทำ

$$R = \frac{E}{I} = \frac{120 \text{ V}}{500 \times 10^{-3} \Omega}$$
$$= 240 \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.3 จากรูปที่ 1.3 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า

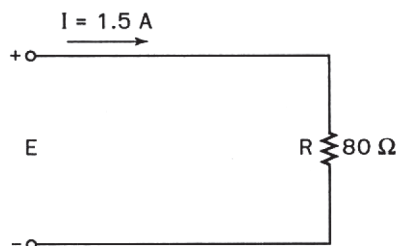


รูปที่ 1.3

วิธีทำ

$$I = \frac{E}{R} = \frac{16 \text{ V}}{2 \times 10^{-3} \Omega}$$
$$= 8 \text{ mA}$$

ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูปที่ 1.4 จงคำนวณหาค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (E)

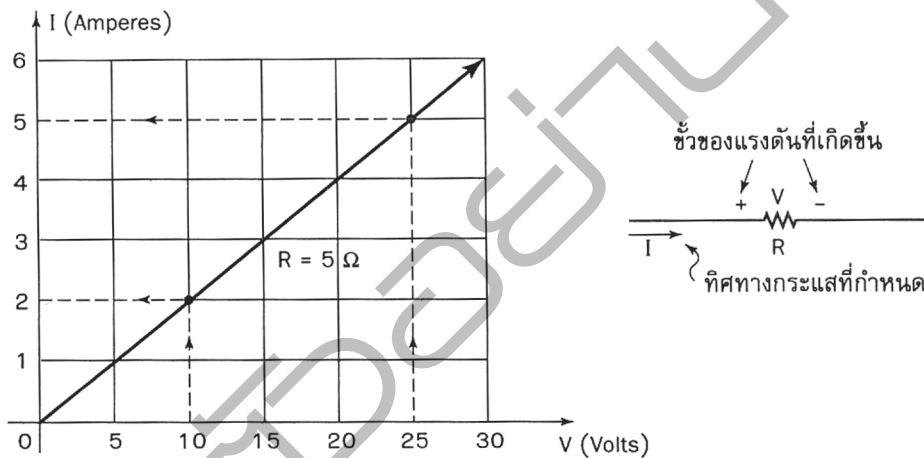


รูปที่ 1.4

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 E &= IR = (1.5 \text{ A})(80 \Omega) \\
 &= 120 \text{ V}
 \end{aligned}$$

ในวงจรไฟฟ้าที่มีค่าความต้านทานคงที่ เมื่อแรงดันไฟฟ้าในวงจรเพิ่มมากขึ้น กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเป็นสัดส่วนเชิงเส้น ตามสมการที่ 1.1 สำหรับกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันเมื่อค่าความต้านทานคงที่เท่ากับ 5Ω และแรงดันเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 V ถึง 30 V จะได้ค่ากระแสเปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ 0 A ถึง 6 A ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน
ตามกฎของโอห์มเมื่อความต้านทานคงที่เท่ากับ 5Ω

จากกราฟความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันตามกฎของโอห์ม ดังรูปที่ 1.5 เมื่อพิจารณาที่แรงดัน $V = 25 \text{ V}$ จะได้ค่ากระแส $I = 5 \text{ A}$ และสามารถนำค่า V และ I ในกราฟมาคำนวณหาความต้านทานได้เช่นกัน คือ $R = \frac{25 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 5 \Omega$ หรือพิจารณากราฟที่แรงดัน $V = 10 \text{ V}$ จะได้ค่ากระแส $I = 2 \text{ A}$ นั่นคือค่าความต้านทาน $R = \frac{10 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 5 \Omega$ เช่นกัน ความต้านทานที่คำนวณได้นี้คือค่าความต้านทานไฟตรง ดังสมการ (1.4)

$$R_{dc} = \frac{V}{I} \quad \dots(1.4)$$

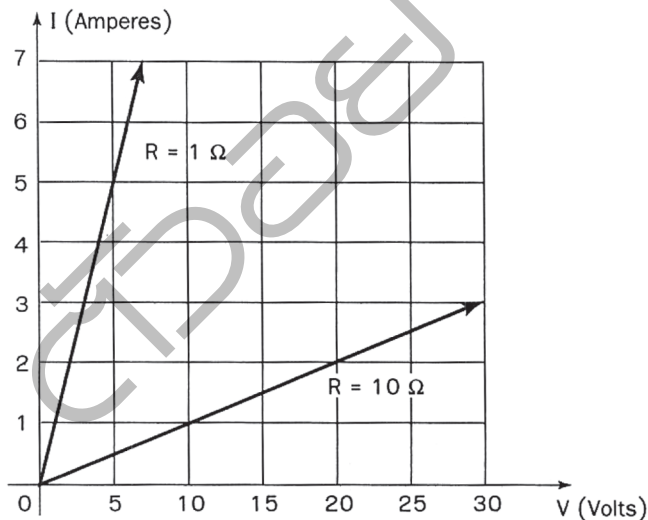
หากค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสและแรงดันจะมีความชันเปลี่ยนไปด้วย เช่น $R = 1 \Omega$ จะมีความชันมากกว่ากราฟที่ $R = 10 \Omega$ ดังแสดงในรูปที่ 1.6 จากกฎของโอห์มสามารถเขียนสมการเส้นตรงได้ว่า

$$\begin{array}{ccccccc} I & = & \frac{1}{R} \cdot E & + & 0 \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ y & = & m \cdot x & + & b \end{array}$$

ดังนั้นความชันของกราฟคือ $\frac{1}{R}$ หรือเป็นไปดังสมการ (1.5)

$$m = \text{ความชัน} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta I}{\Delta V} = \frac{1}{R} \quad \dots(1.5)$$

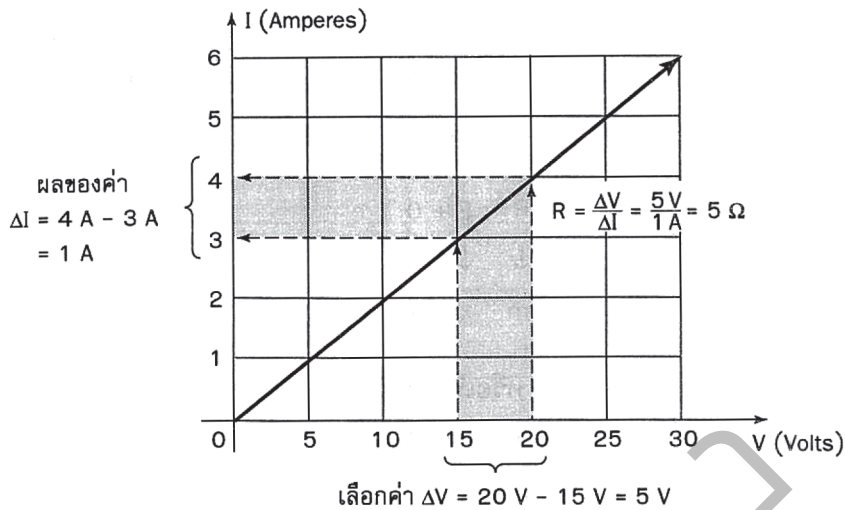
$$\text{ดังนั้น} \quad R = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad \dots(1.6)$$



รูปที่ 1.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน
ตามกฎของโอห์มเมื่อ $R = 1\Omega$ และ $R = 10 \Omega$

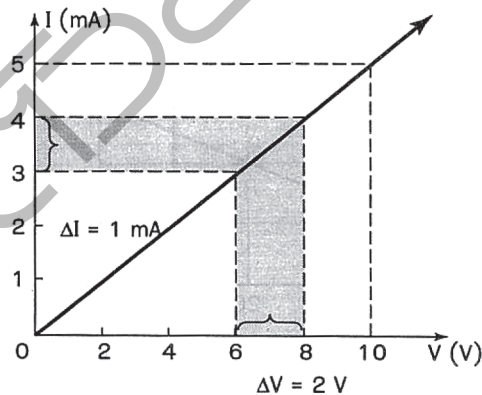
จากสมการ (1.6) สามารถนำมาหาค่าความต้านทานสำหรับกราฟที่เป็นเชิงเส้นได้ ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 1.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน เมื่อ $R = 5 \Omega$ ถ้าหาค่า ΔI จากกราฟช่วงกระแส 4 A ถึง 3 A คือ $\Delta I = 1A$ และที่แรงดัน 20 V ถึง 15 V คือ $\Delta V = 5 V$ จงหาค่า R ได้เท่ากับ

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{5 V}{1 A} = 5 \Omega$$



รูปที่ 1.7 แสดงการหาค่า R จากค่าของ ΔI และ ΔV
เมื่อกราฟเป็นเชิงเส้น

ตัวอย่างที่ 1.5 จงหาค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าจากกราฟรูปที่ 1.8 โดยใช้สมการ (1.4) และสมการ (1.6)



รูปที่ 1.8

วิธีทำ จากกราฟที่ $V = 6 \text{ V}$, $I = 3 \text{ mA}$ ใช้สมการ (1.4)

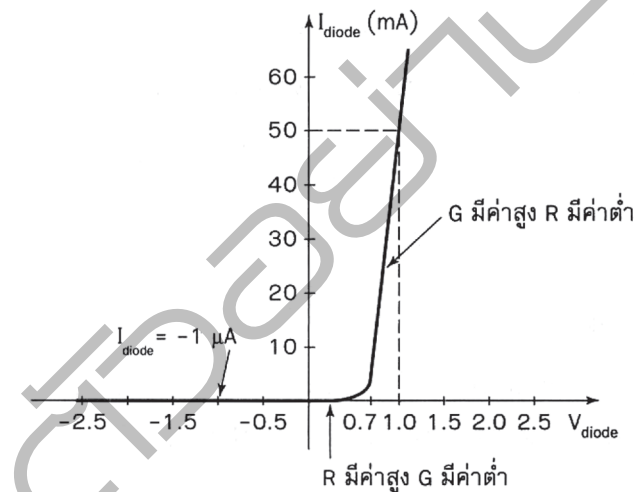
$$R_{dc} = \frac{V}{I}$$

$$= \frac{6 \text{ V}}{3 \text{ mA}} = 2 \text{ k}\Omega$$

จากกราฟที่ $V = 6\text{ V}$ ถึง 8 V ใช้สมการ (1.6)

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{8\text{ V} - 6\text{ V}}{4\text{ mA} - 3\text{ mA}} = \frac{2\text{ V}}{1\text{ mA}} = 2\text{ k}\Omega$$

สำหรับกราฟลักษณะสมบัติของอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น กราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของไดโอด ดังรูปที่ 1.9 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ฯลฯ เป็นอุปกรณ์ที่มีกราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันไม่เป็นเชิงเส้น กล่าวคือ ความต้านทานของมันไม่คงที่ที่แรงดันแตกต่างกัน



รูปที่ 1.9 กราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของไดโอด

จากกราฟในรูปที่ 1.9 เมื่อจะหาค่าความต้านทานของไดโอด หาได้สองกรณีคือ

1. ที่ $V = +1\text{ V}$ (เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง)

$$R_{\text{diode}} = \frac{V}{I} = \frac{1\text{ V}}{50\text{ mA}} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} = 20\text{ }\Omega$$

2. ที่ $V = -1\text{ V}$ (เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ)

$$R_{\text{diode}} = \frac{V}{I} = \frac{1\text{ V}}{1\text{ }\mu\text{A}} = 1\text{ M}\Omega$$

อย่างไรก็ตาม กราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของอุปกรณ์ใด ๆ สามารถนำมาคำนวณหาความต้านทานของมันได้ ไม่ว่าจะเป็นเชิงเส้นหรือไม่ก็ตาม

1.2 กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W) คืออัตราของการทำงานต่อเวลา โดยที่งานมีหน่วยเป็นจูล (J) และถ้ามีหน่วยเป็นวินาที (s) ดังนั้นสมการของกำลังไฟฟ้าคือ

$$1 \text{ วัตต์} = 1 \text{ จูลต่อวินาที}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} \quad \dots(1.7)$$

หรืออาจเขียนสมการของกำลังไฟฟ้า (Power) ได้ว่า

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots(1.8)$$

นั่นคือกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ วัดได้จากพลังงาน 1 จูลต่อเวลา 1 วินาที ถ้ากำลังไฟฟ้าถูกแปลงเป็นพลังงานกลในหน่วยของแรงม้า (hp) จะมีค่าดังสมการ (1.9)

$$1 \text{ แรงม้า} \equiv 746 \text{ วัตต์} \quad \dots(1.9)$$

เมื่อนำสมการ (1.8) มาแทนค่าในเทอมของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าได้ว่า

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} = V \frac{Q}{t}$$

แต่

$$I = \frac{Q}{t}$$

ดังนั้น

$$P = VI \text{ (วัตต์)} \quad \dots(1.10)$$

นั่นแสดงว่ากำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ คือผลคูณของกระแสไฟฟ้า 1 แอมป์กับแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ในทำนองเดียวกันอาจเขียนสมการ P ในรูปอื่น ๆ ได้อีกเช่น

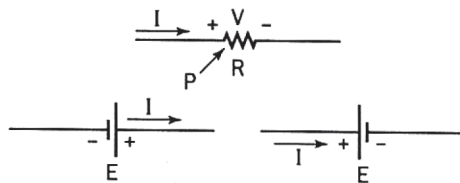
$$P = VI = V \left(\frac{V}{R} \right)$$

และ

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ (วัตต์)} \quad \dots(1.11)$$

หรือ

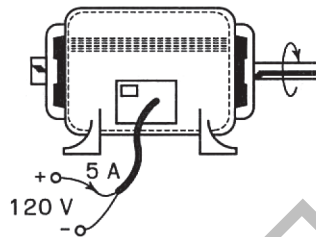
$$P = I^2 R \text{ (วัตต์)} \quad \dots(1.12)$$



รูปที่ 1.10 แสดงกำลังไฟฟ้าที่เกิดกับตัวต้านทาน และเกิดกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

จากรูปที่ 1.10 ถ้ากระแสไฟฟ้า (I) ไหลผ่านตัวต้านทาน (R) เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเท่ากับ (V) กำลังไฟฟ้าที่เกิดกับตัวต้านทานนั้นคือ $P = VI$ หรือ $P = I^2R$ หรือ $P = \frac{V^2}{R}$ ในทำนองเดียวกันแหล่งจ่ายไฟฟ้า (E) จ่ายกระแสไฟฟ้า (I) ออกมา นั้นแสดงว่ากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้านี้จ่ายออกมาเท่ากับ $P = EI$ เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.6 จากรูปที่ 1.11 จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์นี้



รูปที่ 1.11

วิธีทำ

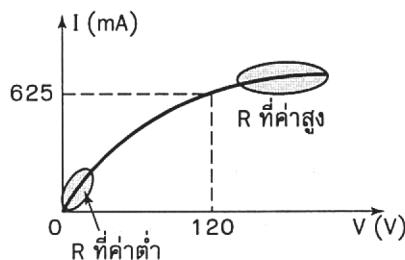
$$\begin{aligned} P &= VI \\ &= 120 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 600 \text{ W} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.7 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทาน 5Ω เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 4 A

วิธีทำ

$$\begin{aligned} P &= I^2R \\ &= (4 \text{ A})^2 \times 5 \Omega = 80 \text{ W} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.8 จากรูปที่ 1.12 เป็นกราฟลักษณะสมบัติของหลอดไฟฟ้า ซึ่งมีพิกัดแรงดันของหลอด 120 V จงคำนวณหาค่าของ P และ R ที่พิกัด



รูปที่ 1.12

แนะนำหนังสือ



วงจรไฟฟ้า 1
ภาคทฤษฎี



วงจรไฟฟ้า 1
ภาคปฏิบัติ

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ถ.ประชาอุทิศ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์ 0-2958-1125, 0-2958-1127 www.skybook.co.th
e-mail: sales@skybook.co.th, saleskybook@gmail.com

e-book

หมวดงานอาชีพ
วงจรไฟฟ้า 1
ภาคทฤษฎี

ISBN : 978-616-596-223-0



ราคา 240 บาท