SKYBOOK
e-book

วงจรไฟฟ้า 1

ภาคทฤษฎี

วงจรไฟฟ้า 1

ภาคทฤษฎี

คำนำ

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 และกระแสเมช รวมทั้งการแก้สมการด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนท์

ความพยายามเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ขึ้น เพื่อเป็นการเผยแพร่หนังสือช่างอุตสาหกรรมที่เป็นภาษาไทยที่มีคุณภาพและสอดคล้องกับหลักสูตร หวังว่าคงเกิดประโยชน์ขึ้นบ้างไม่มากก็น้อย หากมีสิ่งใดที่เป็นจุดบกพร่องจากการพิมพ์หนังสือเล่มนี้ ขอได้โปรดแจ้งที่สำนักพิมพ์หรือที่ผู้เขียนโดยตรง จักเป็นพระคุณยิ่ง

(นายนภัทร วัจนเทพินทร์)

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 วงจรความต้านทานเดลต้า-สตาร์ 122
5.1 การแปลงสตาร์-เดลต้า และเดลต้า-สตาร์ 123
แบบฝึกหัดบทที่ 5 135

บทที่ 6 ดีเทอร์มิแนนท์ 139
6.1 ดีเทอร์มิแนนท์ 140
6.2 ไมเนอร์และโคแฟกเตอร์ 141
6.3 การแก้สมการเชิงเส้นด้วยดีเทอร์มิแนนท์ 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

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)

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

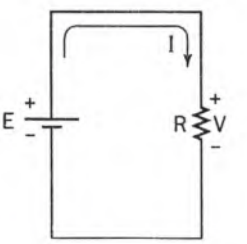
$$I = \frac{E}{R} \text{ (แอมป์, A)} \qquad ...(1.1)$$

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

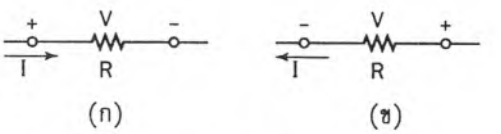
$$E = IR \text{ (โวลต์, V)} \qquad ...(1.2)$$

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

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



รูปที่ 1.1 *วงจรไฟฟ้า*



(ก) (ข)

รูปที่ 1.2 *การกำหนดขั้วของแรงดันตกคร่อม*

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูปที่ 1.1 ถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่า 9 V และความต้านทานมีค่า 2.2 Ω จงหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร

วิธีทำ

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

$$= 4.09\ A$$

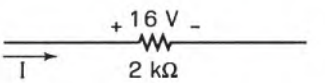
ตัวอย่างที่ 1.2 จงหาค่าความต้านทานของหลอดไฟฟ้าขนาด 60 W มีกระแสผ่านหลอด 500 mA เมื่อต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 120 V

วิธีทำ

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

$$= 240\ \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.3 จากรูปที่ 1.3 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า



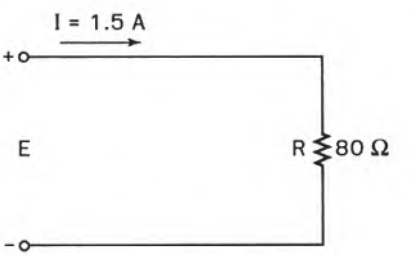
รูปที่ 1.3

วิธีทำ

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

$$= 8\ mA$$

ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูปที่ 1.4 จงคำนวณหาค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (E)

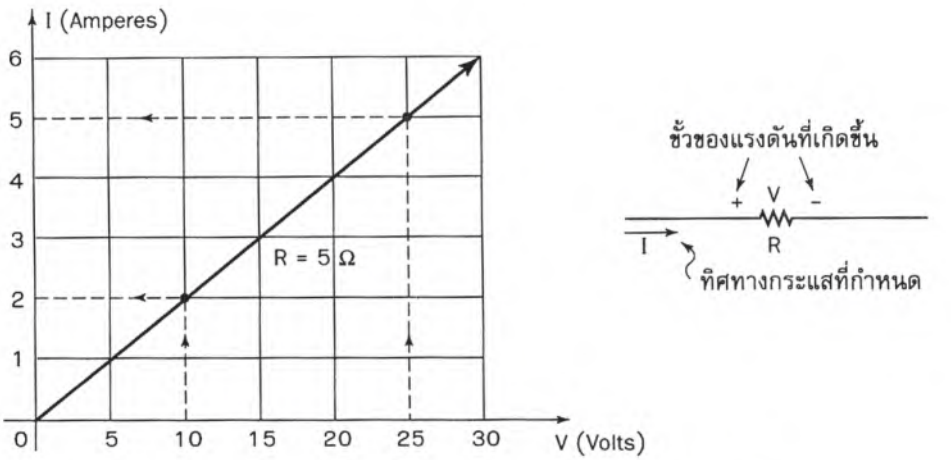


รูปที่ 1.4

วิธีทำ

$$E = IR = (1.5\ A)(80\ \Omega)$$
$$= 120\ V$$

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



รูปที่ 1.5 *แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันตามกฎของโอห์มเมื่อความต้านทานคงที่เท่ากับ 5 Ω*

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

$$R_{dc} = \frac{V}{I} \qquad ...(1.4)$$

หากค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันจะมีความชันเปลี่ยนไปด้วย เช่น R = 1 Ω จะมีความชันมากกว่ากราฟที่ R = 10 Ω ดังแสดงในรูปที่ 1.6 จากกฎของโอห์มสามารถเขียนสมการเส้นตรงได้ว่า

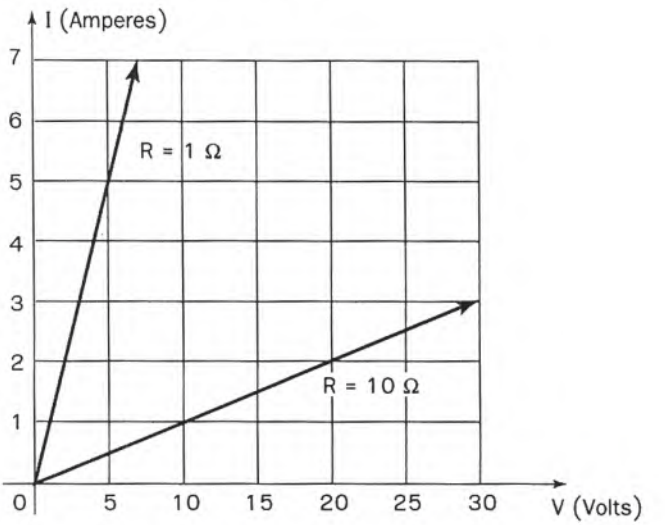
$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{R} \cdot E + 0 \\ \downarrow \quad & \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ y &= m \cdot x + b \end{aligned}$$

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

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

ดังนั้น

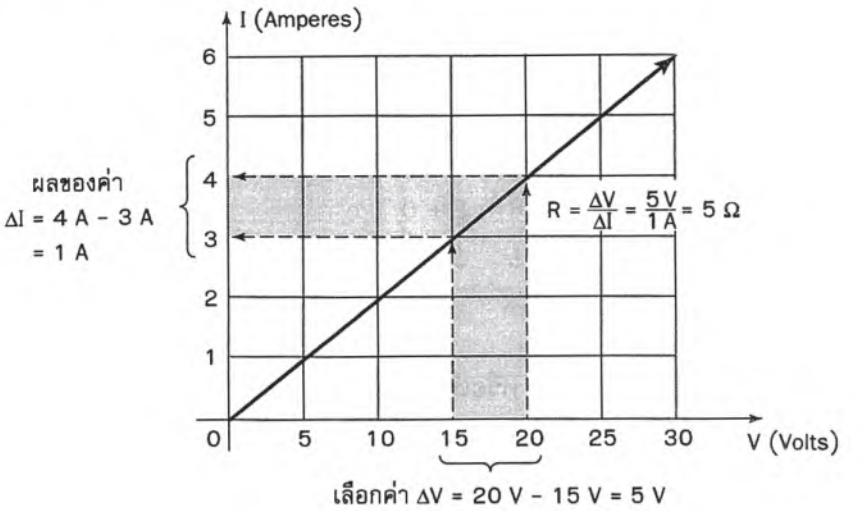
$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} \qquad ...(1.6)$$



รูปที่ 1.6 *กราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันตามกฎของโอห์มเมื่อ R = 1Ω และ R = 10 Ω*

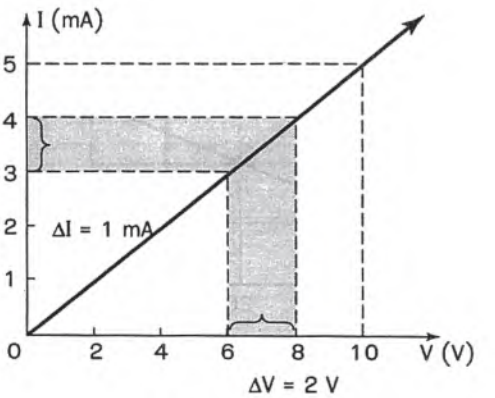
จากสมการ (1.6) สามารถนำมาหาค่าความต้านทานสำหรับกราฟที่เป็นเชิงเส้นได้ ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 1.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดัน เมื่อ R = 5 Ω ถ้าหาค่า ΔI จากกราฟช่วงกระแส 4 A ถึง 3 A คือ ΔI = 1A และที่แรงดัน 20 V ถึง 15 V คือ ΔV = 5 V จงหาค่า R ได้เท่ากับ

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



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 V, I = 3 mA ใช้สมการ (1.4)

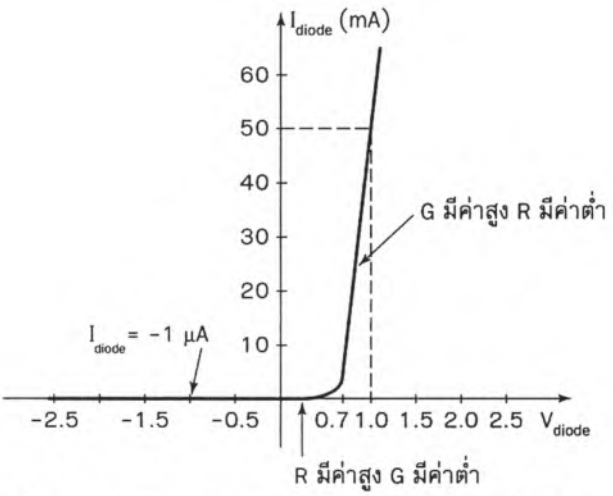
$$R_{dc} = \frac{V}{I}$$

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

จากกราฟที่ V = 6 V ถึง 8 V ใช้สมการ (1.6)

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

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 V (เมื่อไดโอดได้รับไบแอสตรง)

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

2. ที่ V = -1 V (เมื่อไดโอดได้รับไบแอสกลับ)

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

อย่างไรก็ตาม กราฟลักษณะสมบัติทางกระแสและแรงดันของอุปกรณ์ใด ๆ สามารถนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานของมันได้ ไม่ว่าจะเป็นเชิงเส้นหรือไม่ก็ตาม

1.2 กำลังไฟฟ้า

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

1 วัตต์ = 1 จูลต่อวินาที

$$1\ W = 1\ J/s \qquad \text{....(1.7)}$$

หรืออาจเขียนสมการของกำลังไฟฟ้า (Power) ได้ว่า

$$P = \frac{W}{t} \qquad \text{...(1.8)}$$

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

1 แรงม้า $\cong$ 746 วัตต์ ....(1.9)

เมื่อนำสมการ (1.8) มาแทนค่าในเทอมของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าได้ว่า

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

แต่ $I = \frac{Q}{t}$

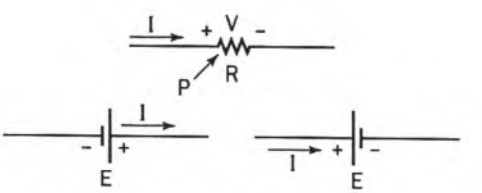
ดังนั้น $P = VI$ (วัตต์) ....(1.10)

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

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

และ $P = \frac{V^2}{R}$ (วัตต์) ....(1.11)

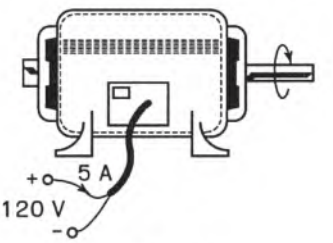
หรือ $P = I^2R$ (วัตต์) ....(1.12)



รูปที่ 1.10 *แสดงกำลังไฟฟ้าที่เกิดกับตัวต้านทาน และเกิดกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า*

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

ตัวอย่างที่ 1.6 จากรูปที่ 1.11 จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์นี้



รูปที่ 1.11

วิธีทำ

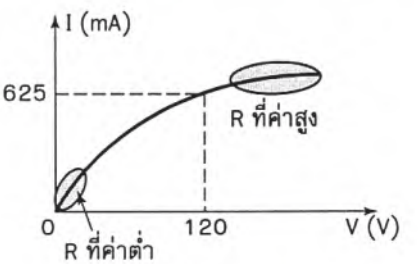
$$P = VI$$
$$= 120\ V \times 5\ A = 600\ W$$

ตัวอย่างที่ 1.7 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทาน 5 Ω เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่าน 4 A

วิธีทำ

$$P = I^2R$$
$$= (4\ A)^2 \times 5\ \Omega = 80\ W$$

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



รูปที่ 1.12

วิธีทำ จากรูปที่ 1.12 ที่แรงดันพิกัด 120 V

$$I = 0.625\ A$$

ดังนั้น $$P = VI$$

$$= (120\ V)(0.625\ A) = 75\ W$$

ที่ 120 V $$R = \frac{V}{I} = \frac{120\ V}{0.625\ A} = 192\ \Omega$$

เราสามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าจากค่ากำลังไฟฟ้าได้ ดังสมการต่อไปนี้

จาก $$P = I^2R$$

ดังนั้น $$I^2 = \frac{P}{R}$$

และ $$I = \sqrt{\frac{P}{R}}\ \text{(แอมแปร์)} \qquad ...(1.13)$$

จาก $$P = \frac{V^2}{R}$$

ดังนั้น $$V^2 = PR$$

และ $$V = \sqrt{PR}\ \text{(โวลต์)} \qquad ...(1.14)$$

ตัวอย่างที่ 1.9 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R = 5 kΩ เมื่อมีกำลังไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ตัวต้านทานนี้ 20 mW

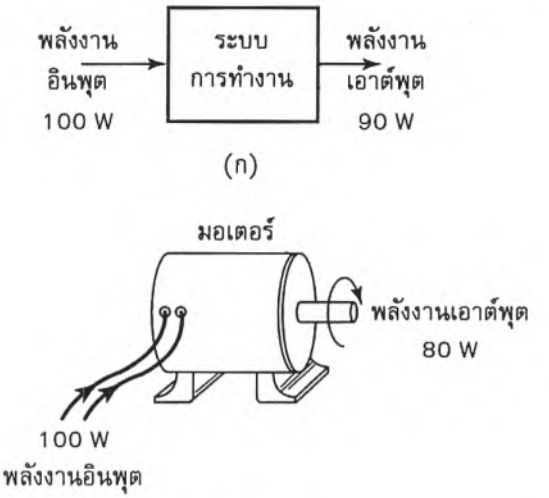
วิธีทำ

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{20 \times 10^{-3}\ W}{5 \times 10^{3}\ \Omega}}$$

$$= \sqrt{4 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-3}\ A = 2\ mA$$

1.3 ประสิทธิภาพ

ในระบบของการทำงานที่มีพลังงานเข้าทางอินพุตและออกทางเอาต์พุต ย่อมมีการสูญเสียภายในระบบ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ารับพลังงานไฟฟ้าเข้าทางอินพุตจำนวนหนึ่ง แต่ให้พลังงานกลทางเอาต์พุตอีกจำนวนหนึ่งที่น้อยกว่าพลังงานที่ป้อนเข้าไปแสดงว่ามอเตอรไฟฟ้านี้มีประสิทธิภาพไม่ถึง 100% แผนภาพกรอบของระบบแสดงในรูปที่ 1.13 (ก)



รูปที่ 1.13 *แสดงแผนภาพกรอบของระบบและมอเตอร์*

จากรูปที่ 1.13 (ก) ระบบการทำงานนี้รับพลังงาน 100 W เข้ามา และให้พลังงานเอาต์พุตออกไป 90 W แสดงว่ามีการสูญเสียในระบบ 10 W (100 W - 90 W) หรือในรูปที่ 1.13 (ข) มอเตอร์รับพลังงานอินพุต 100 W แต่จ่ายพลังงานเอาต์พุตได้ 80 W มีการสูญเสียพลังงานในการทำงานไป 20 W เป็นต้น

นั่นคือ พลังงานอินพุต = พลังงานเอาต์พุต + พลังงานสูญเสีย

ถ้าหารสมการดังกล่าวด้วยเวลา (t)

$$\frac{W_{in}}{t} = \frac{W_{out}}{t} + \frac{W_{loss}}{t}$$

แต่ $$P = \frac{W}{t}$$

ดังนั้น $$P_{in} = P_{out} + P_{loss} \quad \text{....(1.15)}$$

ประสิทธิภาพ หรือ η หาได้จากสมการ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad \text{...(1.16)}$$

ประสิทธิภาพ (ร้อยละ) คือ $\eta\%$ หาได้จากสมการ

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\ (\%) \quad \text{...(1.17)}$$

ตัวอย่างที่ 1.10 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า มีประสิทธิภาพ 75% จงหาค่ากำลังไฟฟ้าอินพุตและแรงดันไฟฟ้าอินพุต เมื่อมอเตอร์นี้กินกระแสไฟฟ้า 9.05 A

วิธีทำ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$0.75 = \frac{(2\text{ hp})(746\text{ W/hp})}{P_{in}}$$

$$\therefore \quad P_{in} = \frac{1492\text{ W}}{0.75} = 1989.33\text{ W}$$

และ $P_{in} = EI$ หรือ $E = \frac{P_{in}}{I}$

$$\therefore \quad E = \frac{1989.33\text{ W}}{9.05\text{ A}}$$

$$= 219.82\text{ V}$$

ตัวอย่างที่ 1.11 จงหาค่าแรงม้าเอาต์พุตของมอเตอร์ตัวหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ 80% เมื่อมอเตอร์นี้กินกระแสไฟฟ้า 8 A ที่แรงดัน 120 V

วิธีทำ

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$0.80 = \frac{P_{out}}{(120\text{ V})(8\text{ A})}$$

$$\therefore \quad P_{out} = (0.80)(120\text{ V})(8\text{ A}) = 768\text{ W}$$

แต่แรงม้าเอาต์พุต $= 768\text{ W}\left(\frac{1\text{ hp}}{746\text{ W}}\right)$

$$= 1.029\text{ hp}$$

ตัวอย่างที่ 1.12 จงหาประสิทธิภาพของระบบอันหนึ่งที่มีพลังงานป้อนเข้า 50 J และพลังงานเอาต์พุต 42.5 J

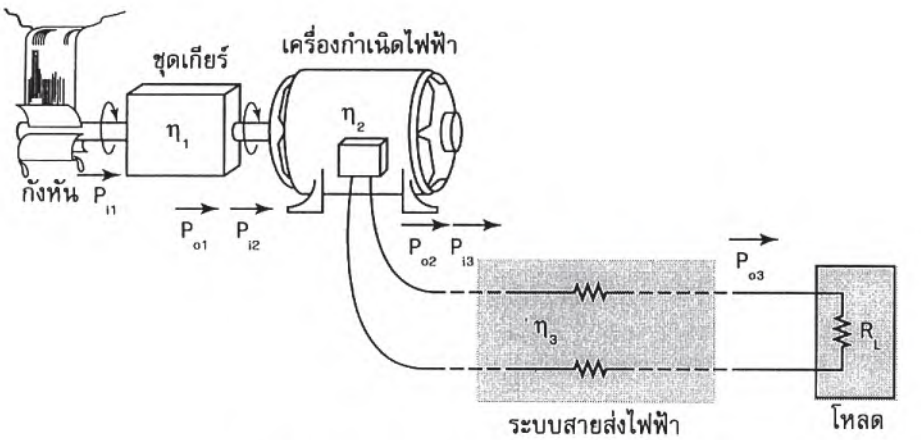
วิธีทำ

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{42.5\text{ J}}{50\text{ J}} \times 100\%$$

$$= 85\%$$

ระบบการกำเนิดพลังงานพื้นฐานทางไฟฟ้าคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.14 ประกอบไปด้วยพลังงานจากน้ำที่ขับกังหัน เพื่อนำไปหมุนชุดเกียร์ และพลังงานจากชุดเกียร์ไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้าไปยังโหลด



รูปที่ 1.14 *แสดงระบบกำเนิดพลังงานไฟฟ้า*

จากรูปที่ 1.14 พิจารณาแล้วจะเห็นว่า ระบบที่หนึ่งคือ ชุดเกียร์ มีประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ η_1 โดยมีพลังงานอินพุตของระบบ คือ P_{i1} และพลังงานเอาต์พุตของระบบคือ P_{o1} ซึ่งพลังงาน P_{o1} นี้คืออินพุตของระบบที่สอง คือระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ η_2 ซึ่งมีพลังงานเอาต์พุตคือ P_{o2} ในทำนองเดียวกัน P_{o2} เป็นพลังงานอินพุตของระบบที่สาม คือสายส่งไฟฟ้า ซึ่งมีประสิทธิภาพของระบบเท่ากับ η_3

จากความสัมพันธ์ของระบบทั้งสามระบบ ในการกำเนิดพลังงานไฟฟ้า จะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\eta_1 = \frac{P_{o1}}{P_{i1}} \; ; \eta_2 = \frac{P_{o2}}{P_{i2}} \; ; \eta_3 = \frac{P_{o3}}{P_{i3}}$$

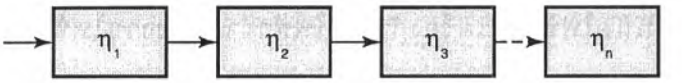
นั่นคือประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไฟฟ้า คือ

$$\eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = \frac{P_{o1}}{P_{i1}} \times \frac{P_{o2}}{P_{i2}} \times \frac{P_{o3}}{P_{i3}}$$

ดังนั้นประสิทธิภาพรวมของระบบใด ๆ คือ

$$\eta_{รวม} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \ldots \times \eta_n \qquad \ldots(1.18)$$

ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพรวมของระบบ ($\eta_{รวม}$) แสดงในรูปที่ 1.15



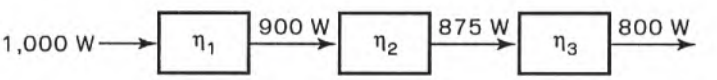
รูปที่ 1.15 *แผนภาพกรอบแสดงประสิทธิภาพของระบบ*

ตัวอย่างที่ 1.13 จงหาประสิทธิภาพรวมของระบบกำเนิดไฟฟ้าจากรูปที่ 1.14 ถ้าประสิทธิภาพของชุดเกียร์ 90% ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 85% และประสิทธิภาพของสายส่งไฟฟ้า 95%

วิธีทำ

$$\eta_{รวม} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$
$$= (0.90)\,(0.85)\,(0.95)$$
$$= 0.727$$
$$= 72.7\%$$

ตัวอย่างที่ 1.14 จากรูปที่ 1.16 จงคำนวณหาค่าประสิทธิภาพรวมทั้งระบบ



รูปที่ 1.16

วิธีทำ

(1) $$\eta_{รวม} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$
$$= \frac{800\ W}{1000\ W} \times 100\% = 80\%$$

(2) $$\eta_1 = \frac{900\ W}{1000\ W} \times 100\% = 90\% = 0.90$$

$$\eta_2 = \frac{875\ W}{900\ W} \times 100\% = 97.22\% = 0.972$$

$$\eta_3 = \frac{800\ W}{875\ W} \times 100\% = 91.42\% = 0.914$$

$\therefore$ $$\eta_{รวม} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$$
$$= 0.90 \times 0.972 \times 0.914$$
$$= 0.799 \cong 0.80 = 80\%$$