

สรุปแนวคิดพร้อมตัวอย่างง่าย

วิชาเฉพาะไฟฟ้า และไฟฟ้ากำลัง



รีซิสแตนซ์และกฎของโอห์ม

เนื้อหาสำคัญ

1. รีซิสแตนซ์ของคอนดักเตอร์ ความยาว l และมีพื้นที่ตัดขวาง A จะมีค่าเท่ากับ

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

โดยที่ ρ เป็น Specific Resistance หรือ Resistivity ของสสารของคอนดักเตอร์

Resistivity ของสสาร คือ รีซิสแตนซ์ระหว่างผิวสสารที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ด้านตรงข้ามกัน

ถ้า R มีหน่วยเป็นโอห์ม, l มีหน่วยเป็นเมตร และ A มีหน่วยเป็น m^2 แล้ว ρ จะมีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร

2. รีซิสแตนซ์ของคอนดักเตอร์ทำจากเหล็กจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ถ้า R_0 เป็นรีซิสแตนซ์ของคอนดักเตอร์ ที่ $0^\circ C$, R_t ที่ $t^\circ C$ และอุณหภูมิ t เพิ่มขึ้นแล้ว จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$R_t = R_0 (1 + \alpha_0 t)$$

โดยที่ α_0 เป็นสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (Temperature-coefficient) ของรีซิสแตนซ์ ที่ $0^\circ C$ และมีนิยามเป็น

การเพิ่มขึ้นในรีซิสแตนซ์ต่อโอห์มของรีซิสแตนซ์เริ่มต้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น $1^\circ C$ จาก $0^\circ C$

ความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวข้างบนจะยังคงถูกต้องทั้งกรณีอุณหภูมิเพิ่มหรืออุณหภูมิลด

3. ค่าของสัมประสิทธิ์อุณหภูมิไม่มีค่าเท่ากันในอุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับสารหนึ่ง ๆ ค่าของมันจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเริ่มต้น ถ้า

$$\alpha_0 = \text{สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ } 0^\circ\text{C}$$

$$\alpha_1 = \text{สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ } t_1^\circ\text{C}$$

$$\alpha_2 = \text{สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ } t_2^\circ\text{C}$$

แล้ว

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t_1}$$

และ

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t_2}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง α_1 และ α_2 เป็นดังนี้

$$\alpha_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + (t_2 - t_1)}$$

4. รีซิสติวิตีจะเหมือนกับรีซิสแตนซ์ ในแง่ที่ว่า จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ด้วยความสัมพันธ์

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha_0 t)$$

5. จากกฎของโอห์ม สัดส่วนของความต่างศักย์ระหว่าง (V) จุดสองจุดใด ๆ บนคอนดักเตอร์ เมื่อกระแส (I) ไหล ระหว่างพวกมันยังคงที่ โดยที่อุณหภูมิของคอนดักเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลง หรืออีกนัยหนึ่ง

$$V \propto I$$

เมื่อ

$$V = IR$$

โดยที่ R เป็นรีซิสแตนซ์ของคอนดักเตอร์ ระหว่าง 2 จุดใด ๆ

6. รีซิสแตนซ์เสมือนของรีซิสแตนซ์ 3 ค่า R_1 , R_2 และ R_3 ต่ออนุกรมกันเป็น

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

เมื่อพวกมันต่อขนานกันแล้วรีซิสแตนซ์เสมือนเป็น

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

โจทย์ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1.1 ในวงจรดังรูป 1.1 จงหาค่าที่เพิ่มขึ้นจาก A ไปยัง C และกำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับในส่วน AD

วิธีทำ ดังรูป 1.1 ABCD เป็นวงจรอนุกรมที่มีแบตเตอรี่ 3 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่

$$\text{ศักดาไดรฟ์สุทธิ} = (45 + 5) - 10$$

$$= 40 \text{ V}$$

$$\text{รีซิสแตนซ์วงจรทั้งหมด} = 5 + 2 + 5 + 8$$

$$= 20 \Omega$$

$$\text{กระแสวงจร}$$

$$= \frac{40}{20}$$

$$= 2 \text{ A}$$

กระแสไหลในทิศทางเข็มนาฬิกา รวมวงจรจาก B ไป C ไป A แล้วย้อนกลับมายัง B เมื่อมองจาก A ไป C จะเป็นทิศทางตรงข้ามกับการไหลของกระแส ศักดาที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

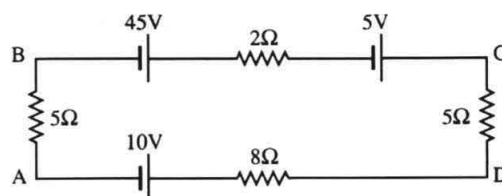
(i) เพิ่มขึ้น 10 V เนื่องจากแบตเตอรี่ เพราะว่าเราออกจากขั้ว - ไปยังขั้ว +

(ii) ศักดาลดลง หรือ 'IR' ลดลงบนรีซิสแตนซ์ 8Ω จะมีค่า $= 2 \times 8 = 16 \text{ V}$ ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นในความต่างศักดาเนื่องจากไปในทิศทางเพิ่มขึ้น

$$\text{(iii) ศักดาเพิ่มขึ้น} = 2 \times 5 = 10 \text{ V}$$

$$\text{ดังนั้น ศักดาเพิ่มขึ้นทั้งหมดจาก A ไป C} = 10 + 16 + 10$$

$$= 36 \text{ V}$$



รูปที่ 1.1

$$\begin{aligned}
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยแบตเตอรี่ } 10 \text{ V} &= 10 \times 2 \\
 &= 20 \text{ W} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยรีซิสแตนซ์ } 8 \Omega &= 2^2 \times 8 \\
 &= 32 \text{ W} \\
 \text{กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ถูกดูดซับในส่วน AD} &= 52 \text{ W}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 คำนวณรีซิสแตนซ์ของสายไฟยาว 100 m มีพื้นที่ตัดขวาง 0.1 mm^2 ถ้าสายไฟทำจาก manganin ซึ่งมีรีซิสติวิตี $50 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

วิธีทำ จากสูตร

$$\begin{aligned}
 R &= \rho \frac{l}{A} \\
 \text{โดยที่} \quad \rho &= 50 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \\
 l &= 100 \text{ m} \\
 A &= 10^{-7} \text{ m}^2 \\
 \text{แล้ว} \quad R &= \frac{50 \times 10^{-8} \times 100}{10^{-7}} \\
 &= 500 \Omega
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.3 เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าทำให้เกิดกำลังไฟ 1 kW เมื่อทำงานที่ 230 V ถ้าสายไฟรีซิสแตนซ์ ของเครื่องทำความร้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 mm และรีซิสติวิตี $60 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ จงหาความยาวน้อยที่สุดของสายไฟที่ต้องการ

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีทำ} \quad \text{กำลังไฟ} &= \frac{V^2}{R} \quad \text{วัตต์} \\
 \therefore \frac{V^2}{R} &= 1000 \quad \text{วัตต์} \\
 \text{ทำให้ได้ว่า} \quad R &= \frac{230^2}{1000} \\
 &= 52.9 \Omega \\
 \text{จากสูตร} \quad R &= \rho \frac{l}{A} \\
 \text{โดยที่} \quad A &= \frac{\pi d^2}{4}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{\pi \times (0.5 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$= \frac{25\pi}{4} \times 10^{-8} \text{ m}^2$$

เพราะฉะนั้น

$$52.9 = \frac{60 \times 10^{-8} \times l}{\frac{25\pi}{4} \times 10^{-8}}$$

$$= 17.3 \text{ m}$$

Note : วิธีสแตบชัน 52.9 Ω เป็นวิธีสแตบชันร้อนของเครื่องทำความร้อน โดยที่ค่าเย็นของมันจะน้อยกว่านี้ 5 ถึง 7 เท่า ดังนั้นความยาวที่แท้จริงของสายไฟที่ต้องการควรจะน้อยกว่านี้ตามส่วน

ตัวอย่างที่ 1.4 สายไฟอะลูมิเนียม 7.5 m ต่อขนานกับสายไฟทองแดง 6 m เมื่อกระแส 5 A ส่งผ่านส่วนประกอบขนานนี้ จะได้ว่ากระแสในสายไฟอะลูมิเนียมเป็น 3 A เส้นผ่าศูนย์กลางของสายไฟอะลูมิเนียม เป็น 1 mm จงหาเส้นผ่าศูนย์กลางของสายไฟทองแดง วิธีสแตบชันของทองแดงเท่ากับ $1.7 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$ และของอะลูมิเนียมเท่ากับ $2.8 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

วิธีทำ ให้ R_1 และ R_2 เป็นวิธีสแตบชันของอะลูมิเนียม และสายไฟทองแดง ตามลำดับ

กระแสผ่านสายไฟอะลูมิเนียม $I_1 = 3 \text{ A}$

กระแสผ่านสายไฟทองแดง $I_2 = 2 \text{ A}$

เนื่องจากกระแสเป็นสัดส่วนกลับกับวิธีสแตบชัน

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{2}{3}$$

จาก $R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{A_1}$

และ $R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{A_2}$

$$\therefore \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

หรือ $\frac{2}{3} = \frac{7.5}{6} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{2.8}{1.7}$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{2}{3} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{2.8}{1.7}$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{2}{3} \times \frac{6}{7.5} \times \frac{1.7}{2.8} = \frac{34}{105}$$

หรือ
$$\frac{\pi d^2/4}{\pi \times l^2/4} = \frac{34}{105}$$

ดังนั้น
$$d = \sqrt{\frac{34}{105}}$$

$$= 0.569 \text{ mm}$$

ตัวอย่างที่ 1.5 วงแหวนทองแดงครึ่งวงกลมมีรัศมีภายใน 8 cm ความหนามีรัศมี 4 cm และกว้าง 6 cm จงคำนวณหาหรีซิสแตนซ์ของวงแหวนที่ 50 °C ระหว่างปลายทั้งสองของมัน กำหนดให้ทองแดงมีหรีซิสแตนซ์ที่ 20 °C = $1.724 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}$ สัมประสิทธิ์อุณหภูมิหรีซิสแตนซ์ของทองแดงที่ 0 °C = $0.0043/^{\circ}\text{C}$

วิธีทำ วงแหวนครึ่งวงกลมดังแสดงในรูป 1.2

รัศมีเฉลี่ย
$$= \frac{(12 + 8)}{2}$$

$$= 10 \text{ cm}$$

ความยาวของวงแหวนครึ่งวงกลม
$$= \pi r$$

$$= 10 \pi = 31.4 \text{ cm}$$

พื้นที่ตัดขวาง
$$= 6 \times 4 = 24 \text{ cm}^2$$

โดยที่
$$\alpha_0 = 0.0043 / ^{\circ}\text{C}$$

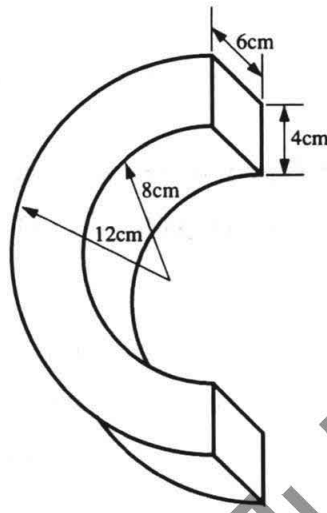
ทำให้ได้ว่า
$$\alpha_{20} = \frac{0.0043}{1 + 20 \times 0.0043}$$

$$= 0.00396 / ^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \rho_{50} &= \rho_{20} [1 + \alpha_{20} (50 - 20)] \\ &= 1.724 \times 10^{-6} (1 + 30 \times 0.00396) \\ &= 1.91 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{50} &= \frac{\rho_{50} \times l}{A} \\ &= \frac{1.91 \times 10^{-6} \times 31.4}{24} \end{aligned}$$

$$= 2.5 \times 10^{-6} \Omega$$



รูปที่ 1.2

ตัวอย่างที่ 1.6 สายไฟทองแดงมีรีซิสแตนซ์จำเพาะ $1.7 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$ ที่ 0°C และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ $\frac{1}{254.5}$ ที่ 20°C จงหา รีซิสแตนซ์จำเพาะ และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ 70°C

วิธีทำ จากกำหนดให้

$$\rho_0 = 1.7 \times 10^{-8} \Omega ; \alpha_{20} = \frac{1}{254.5}$$

จาก
$$\alpha_{20} = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 \times 20}$$

ดังนั้น
$$\frac{1}{254.5} = \frac{\alpha_0}{1 + 20 \alpha_0}$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{234.5}$$

จาก
$$\alpha_{70} = \frac{\alpha_0}{1 + 70 \alpha_0}$$

$$= \frac{1 / 234.5}{(1 + 70 / 234.5)}$$

$$= \frac{1}{304.5}$$

$$\rho_{70} = \rho_0 (1 + 70 \alpha_0)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.7 \times 10^{-8} \left(1 + \frac{1}{234.5} \right) \\
 &= 2.208 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.7 คอนดักเตอร์มีพื้นที่ตัดขวาง 10 cm^2 และรีซิสแตนซ์จำเพาะ $7.5 \mu\Omega\text{-cm}$ ที่ 0°C รีซิสแตนซ์ในหน่วย Ω/km เป็นเท่าไร เมื่ออุณหภูมิเป็น 40°C โดยที่สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสสารเป็น $0.005/^\circ\text{C}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \rho_0 &= 7.5 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm} \\
 \alpha &= 0.005^\circ\text{C}^{-1} \\
 \rho_{40} &= \rho_0 (1 + 40 \alpha) \\
 &= 7.5 \times 10^{-6} (1 + 40 \times 0.005) \\
 &= 9 \times 10^{-6} \Omega\text{-cm}
 \end{aligned}$$

จาก

$$R_{40} = \rho_{40} \frac{l}{A}$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 l &= 1 \text{ km} = 10^5 \text{ cm} \\
 A &= 10 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 R_{40} &= 9 \times 10^{-6} \times \frac{10^5}{10} \\
 &= 0.09 \Omega
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.8 จงหา รีซิสแตนซ์ของสายเคเบิลยาว $9,660 \text{ m}$ และมีพื้นที่ตัดขวาง 64.5 mm^2 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 35°C สมมติว่ารีซิสแตนซ์ของทองแดงยาว 1 m พื้นที่ 1 mm^2 เป็น $\frac{1}{58} \Omega$ ที่ 20°C และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็น $\frac{1}{234.5}$ ที่ 0°C

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \alpha_{20} &= \frac{\alpha_0}{1 + 20 \alpha_0} \\
 &= \frac{1/234.5}{1 + (20/234.5)} \\
 &= \frac{1}{254.5} ^\circ\text{C}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\text{จาก} \quad R_{50} = R_{20} [1 + \alpha_0 (50 - 20)]$$

รีซิสแตนซ์ของสายเคเบิลยาว 1 m และพื้นที่ตัดขวาง 1 mm^2 ที่ 20°C เป็น $\frac{1}{58} \Omega$

ทำให้รีซิสแตนซ์ที่ 35°C เป็น

$$\begin{aligned} R_{35} &= \frac{1}{58} \left[1 + \frac{1}{254.5} (35 - 20) \right] \\ &= \frac{1}{55} \Omega \end{aligned}$$

รีซิสแตนซ์ของเคเบิลยาว 9,660 m และพื้นที่ตัดขวาง 64.5 mm^2 ที่ 35°C เป็น

$$\frac{1}{55} \times \frac{9660}{645} = 2.72 \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.9 หลอดไฟคาร์บอนฟิลาเมนต์ใช้กระแส 1A เมื่ออุณหภูมิของฟิลาเมนต์ 1615°C จงคำนวณหากระแสชั่วขณะเมื่อหลอดไฟถูกเปิดในอุณหภูมิอากาศเป็น 15°C สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของรีซิสแตนซ์และคาร์บอนเป็น $-0.0002655^\circ\text{C}^{-1}$ ที่ 15°C ผ่านอุณหภูมิที่พิจารณา

$$\text{วิธีทำ} \quad R_{1615} = \frac{100}{1} = 100 \Omega$$

$$\alpha_{15} = -0.0002655^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{จาก} \quad R_{1615} = R_{15} [1 + \alpha_{15} (1615 - 15)]$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad 100 &= R_{15} (1 - 1600 \times 0.0002655) \\ &= R_{15} \times 0.5752 \end{aligned}$$

$$R_{15} = \frac{100}{0.5752} \Omega$$

กระแสชั่วขณะเมื่อหลอดไฟถูกเปิด

$$\begin{aligned} &= \frac{100}{R_{15}} = \frac{100}{\frac{100}{0.5752}} \\ &= 0.5752 \text{ A} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.10 ขดลวดทองแดงมีรีซิสแตนซ์เป็น $90\ \Omega$ ที่ 20°C และต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟ $230\ \text{V}$ จงหาว่าศักดาเพิ่มขึ้นเท่าไรเพื่อรักษาให้กระแสคงที่ ถ้าอุณหภูมิของขดลวดเพิ่มเป็น 60°C โดยที่สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของรีซิสแตนซ์ของทองแดงเป็น 0.00428 ที่ 0°C

วิธีทำ

$$\alpha_0 = 0.00428\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

กระแสที่ $20^\circ\text{C} = \frac{230}{90} = \frac{23}{9}\ \text{A}$

$$\alpha_{20} = \frac{\alpha_0}{1 + 20\alpha_0}$$

$$= \frac{0.00428}{1 + 0.0856}$$

$$= \frac{0.00428}{1.0856}$$

$$= 0.00394\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

จาก $R_{60} = R_{20} [1 + \alpha_{20} (60 - 20)]$
 $= 90 (1 + 40 \times 0.00394)$
 $= 104.18\ \Omega$

ถ้ากระแสถูกทำให้คงที่ที่ค่าเดิมของมัน และจะต้องใช้ศักดา

$$= \frac{23}{9} \times 104.18$$

$$= 266.24\ \text{V}$$

ดังนั้นศักดาเพิ่มขึ้น $= 266.24 - 230\ \text{V}$

$$= 36.24\ \text{V}$$

ตัวอย่างที่ 1.11 รีซิสแตนซ์ของขดลวด 2 ขด ต่อกันเป็นอนุกรมกันเป็น $10\ \Omega$ ที่ 18°C และ $11\ \Omega$ ที่ 60°C สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสายไฟในขดลวดหนึ่งเป็น $\frac{1}{234.5}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ที่ 0°C และอีกขดหนึ่งเป็น $\frac{1}{1000}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ที่ 0°C จงหา รีซิสแตนซ์ของขดลวดแต่ละขดที่ 35°C

วิธีทำ ให้ R_0 และ R'_0 เป็นรีซิสแตนซ์ของสายไฟทั้งสองที่ 0°C แล้ว

$$R_{18} = R_0 (1 + \alpha_0 \times 18)$$

$$\begin{aligned}
 &= R_0 \left[1 + \left(\frac{18}{234.4} \right) \right] \\
 &= 1.0767 R_0 \\
 R'_{18} &= R'_0 (1 + 18 \times 10^{-3}) \\
 &= 1.018 R'_0 \\
 \therefore 1.0767 R_0 + 1.018 R'_0 &= 10 \\
 R_{60} &= R_0 [1 + (60/234.5)] \\
 &= 1.256 R_0 \\
 R'_{60} &= R'_0 (1 + 60 \times 10^{-3}) \\
 &= 1.06 R'_0 \\
 \therefore 1.256 R_0 + 1.06 R'_0 &= 11 \\
 \text{เพื่อหาค่า } R_0 \text{ และ } R'_0 \text{ จะได้ว่า} \\
 R_0 &= 4.36 \, \Omega \\
 R'_0 &= 5.21 \, \Omega \\
 R'_{35} &= R'_0 (1 + 35 \alpha_0) \\
 &= 4.36 (1 + 35/234.5) \\
 &= 5.01 \, \Omega \\
 R'_{35} &= 5.21 (1 + 35 \times 10^{-3}) \\
 &= 5.39 \, \Omega
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.12 เครื่องทำความร้อนมีอุณหภูมิปฏิบัติการ 750°C ซึ่งใช้ไฟฟ้า 1 kW เมื่อทำงานด้วยเครื่องจ่ายไฟ 250 V เมื่อสวิตช์ถูกเปิดครั้งแรกจะทำให้กระแสเริ่มต้นเป็น 6.5 A เมื่ออุณหภูมิอากาศเป็น 20°C จงหาว่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสสารจากโรงงานเป็นเท่าไร

วิธีทำ	กำลังไฟฟ้า	$p = \frac{V^2}{R}$ วัตต์
		$1000 = \frac{250^2}{R_{750}}$
	ดังนั้น	$R_{750} = \frac{250^2}{1000}$
		$= 62.5 \, \Omega$
	เมื่อ	$R_{20} = \frac{250}{6.5}$

$$= \frac{500}{13} \Omega$$

$$R_{750} = R_{20} [1 + \alpha_{20} (750 - 20)]$$

$$62.5 = (500/13) (1 + 730 \alpha_{20})$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \alpha_{20} = 0.000857 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

ตัวอย่างที่ 1.13 ขดลวด 2 ขดต่ออนุกรมกันมีรีซิสแตนซ์ 600 Ω และ 300 Ω และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 0.1% และ 0.4% ตามลำดับที่ 20 $^\circ\text{C}$ จงหาที่รีซิสแตนซ์ของชุดส่วนประกอบนี้ที่อุณหภูมิ 50 $^\circ\text{C}$ และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของชุดส่วนประกอบนี้เป็นเท่าไร

วิธีทำ รีซิสแตนซ์ของรีซิสเตอร์ 600 Ω ที่ 50 $^\circ\text{C}$ เป็น

$$= 600 [1 + 0.001 (50 - 20)]$$

$$= 618 \Omega$$

ในลักษณะเดียวกัน รีซิสแตนซ์ของรีซิสเตอร์ 300 Ω ที่ 50 $^\circ\text{C}$ เป็น

$$= 300 [1 + 0.004 (50 - 20)]$$

$$= 336 \Omega$$

โดยที่รีซิสแตนซ์รวมของชุดส่วนประกอบที่ 50 $^\circ\text{C}$ เป็น

$$= 618 + 336 = 954 \Omega$$

ให้ β เท่ากับสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของรีซิสแตนซ์ที่ 20 $^\circ\text{C}$

ชุดส่วนประกอบรีซิสแตนซ์ที่ 20 $^\circ\text{C}$ = 900 Ω

$$\text{ดังนั้น} \quad 954 = 900 [1 + \beta (50 - 20)]$$

$$\text{ทำให้} \quad \beta = 0.002 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

ตัวอย่างที่ 1.14 รีซิสเตอร์ 80 Ω รีซิสแตนซ์มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 0.0021 $^\circ\text{C}^{-1}$ ถูกสร้างจากสายไฟที่มี 2 สสาร โดยมีพื้นที่ตัดขวางที่พอเหมาะ สสาร A มีรีซิสแตนซ์ 80 $\Omega/100 \text{ m}$ และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็น 0.003 $^\circ\text{C}^{-1}$ สำหรับสสาร B มีรีซิสแตนซ์ 60 $\Omega/100 \text{ m}$ และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็น 0.0015 $^\circ\text{C}^{-1}$ จงคำนวณหาความยาวของสายไฟที่พอเหมาะสำหรับสสาร A และ B ที่ต่ออนุกรมกัน ทำให้ได้รีซิสเตอร์ตามที่ต้องการ ข้อมูลทั้งหมดอ้างอิงที่อุณหภูมิเดียวกัน

วิธีทำ ให้ R_a และ R_b เป็นรีซิสแตนซ์ที่พอเหมาะต่อความยาว ของสสาร A และ B ตามลำดับ ซึ่งต่ออนุกรมกัน จะมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของชุดที่ต่อกันเป็น 0.0021 โดยที่ส่วนประกอบรีซิสแตนซ์ที่อุณหภูมิใดๆ เป็น $(R_a + R_b)$

เมื่อมีความร้อนรีซิสแตนซ์ของสายไฟ A เพิ่มขึ้นจากค่าเดิม R_a ไปเป็น $R_a (1 + 0.003t)$
 ในลักษณะเดียวกันรีซิสแตนซ์ของ B เพิ่มขึ้นจาก R_b ไปเป็น $R_b (1 + 0.0015t)$

∴ รีซิสแตนซ์ของชุดที่ต่อกันหลังจากมีความร้อน $t^\circ\text{C}$

$$= R_a (1 + 0.003t) + R_b (1 + 0.0015t)$$

หรือค่าของรีซิสแตนซ์ของชุดที่ต่อกันเป็น

$$= (R_a + R_b) (1 + 0.0021t)$$

ดังนั้น

$$(R_a + R_b) (1 + 0.0021t) = R_a (1 + 0.003t) + R_b (1 + 0.0015t)$$

จาก $\frac{R_b}{R_a} = \frac{3}{2}$... (i)

$$R_a + R_b = 80 \quad \dots (ii)$$

แทนค่า R_b จาก (i) ลงใน (ii) จะได้

$$R_a + \frac{3}{2} R_a = 80$$

ดังนั้น $R_a = 32 \, \Omega$

และ $R_b = 48 \, \Omega$

ถ้า L_a และ L_b เป็น ความยาวที่ต้องการแล้ว

$$L_a = \frac{100}{80} \times 32 = 40 \, \text{m}$$

และ $L_b = \frac{100}{60} \times 48 = 80 \, \text{m}$

ตัวอย่างที่ 1.15 ขดลวดขนานของไดนาโมมีรีซิสแตนซ์ $60 \, \Omega$ ที่ 30°C หลังจากใช้งานโหลดเต็มเป็นเวลาหนึ่งแล้ว รีซิสแตนซ์เพิ่มขึ้นเป็น $70 \, \Omega$ จงหาอุณหภูมิเฉลี่ยของขดลวด ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของทองแดง $= 4 \times 10^{-3} \, ^\circ\text{C}^{-1}$ ที่ 0°C

วิธีทำ

$$R_1 = 60 = R_0 (1 + 30 \times 4 \times 10^{-3})$$

$$R_2 = 70 = R_0 (1 + 4 \times 10^{-3} \times t)$$

ดังนั้น $\frac{70}{60} = \frac{1 + 0.004 t}{1 + 0.12}$

$$t = 77^\circ\text{C}$$

ตัวอย่างที่ 1.16 หลอดไฟ Incandescent ซึ่งมีไส้หลอดทั้งสแตน มีอัตรา 120 V, 60 W เมื่อวัดรีซิสแตนซ์หลอดไฟด้วยวีตสโตนบริดจ์ (Weatstone Bridge) มีค่าเป็น $20\ \Omega$ ที่อุณหภูมิ Ambient $20\ ^\circ\text{C}$ จงหาอุณหภูมิปฏิบัติการของไส้หลอดของหลอดไฟ ถ้าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของทั้งสแตนเป็น $5 \times 10^{-3}\ ^\circ\text{C}^{-1}$ ที่ $20\ ^\circ\text{C}$

วิธีทำ กระแสปฏิบัติการของหลอดไฟ

$$= \frac{60}{120}$$

$$= 0.5\ \text{A}$$

รีซิสแตนซ์ร้อนของหลอดไฟ

$$= \frac{120}{0.5}$$

$$= 240\ \Omega$$

ให้ $t\ ^\circ\text{C}$ เป็นอุณหภูมิปฏิบัติการปกติของหลอดไฟ แล้ว

$$R_t = 240\ \Omega$$

$$R_{20} = 20\ \Omega$$

$$\alpha_{20} = 50 \times 10^{-3}\ ^\circ\text{C}^{-1}$$

จาก

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha_{20} (t - 20)]$$

ดังนั้น

$$240 = 20 [1 + (t - 20) \times 5 \times 10^{-3}]$$

$$t = 2220\ ^\circ\text{C}$$

ตัวอย่างที่ 1.17 ตะกั่วของมอเตอร์ DC แต่ละชิ้นยาว 500 m และมีรีซิสแตนซ์ $0.0015\ \Omega$ ต่อเมตร คัดดาที่จ่ายไฟเป็น 250 V เมื่อเปิดสวิตช์ไฟแล้ว คัดดาที่หัวของคัดดาตกลงเป็น 226 V และเพิ่มขึ้นที่ละน้อยจนเป็น 235 V เมื่อมอเตอร์เพิ่มความเร็วขึ้น จงหากระแสที่ถูกดึงโดยมอเตอร์

(a) เมื่อเริ่มสตาร์ท

(b) เมื่อวิ่งด้วยความเร็วเต็มพิกัด

วิธีทำ (a) รีซิสแตนซ์ของตะกั่ว (ทั้งสองทาง) เป็น

$$= 2 \times 500 \times 0.0015$$

$$= 1.5\ \Omega$$

$$\text{Voltage Drop} = 250 - 226 = 24\ \text{V}$$

ดังนั้นกระแสมอเตอร์ตอนที่สวิตช์ถูกเปิด

$$= \frac{24}{1.5} = 16\ \text{A}$$

(b) Voltage Drop ของตะกั่วเมื่อมอเตอร์วิ่งเต็มพิกัด

$$= 250 - 235 = 15\ \text{V}$$

$$\text{ดังนั้นกระแสที่ความเร็วเต็มพิกัด} = \frac{15}{1.5} = 10 \text{ A}$$

ตัวอย่างที่ 1.18 สายเคเบิลทองแดงยาว 800 m ถูกทำจากเส้นลวด 7 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 mm จงคำนวณหารีซิสแตนซ์ของเคเบิล ถ้ารีซิสติวิตีของทองแดงเป็น $1.75 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$

วิธีทำ

$$l = 800 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$= \frac{\pi (1.7 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$= 1.135 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

ดังนั้น

$$R = \frac{1.75 \times 10^{-8} \times 800}{1.135 \times 10^{-6}}$$

$$= 12.33 \Omega$$

รีซิสแตนซ์ของเส้นลวดทั้งเจ็ดซึ่งต่อขนานกัน รวมเป็น

$$= \frac{12.33}{7}$$

$$= 1.76 \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.19 โวลต์มิเตอร์มีรีซิสแตนซ์ $20 \text{ k}\Omega$ เมื่อต่ออนุกรมกับรีซิสแตนซ์ภายนอกที่คร่อมอยู่ด้วยแหล่งจ่ายไฟ 230 V เครื่องวัดอ่านได้ 160 V จงหาค่าของรีซิสแตนซ์ภายนอก

วิธีทำ

วงจรดังรูป 1.3

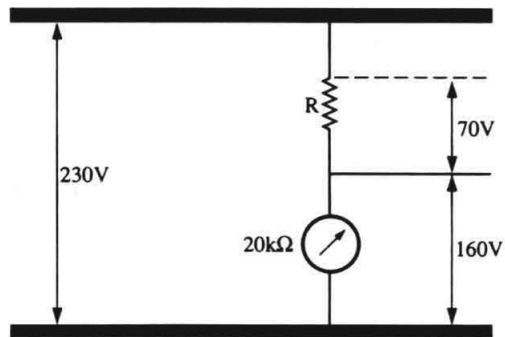
Voltage Drop คร่อมรีซิสแตนซ์ภายนอก

$$R = 230 - 160 \text{ V}$$

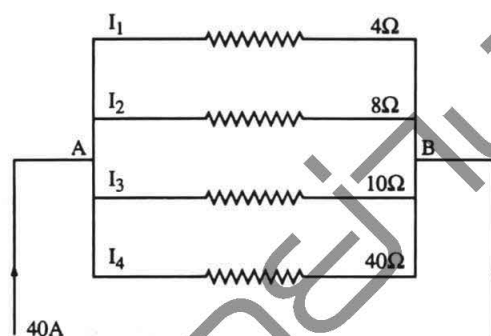
$$= 70 \text{ V}$$

วงจรมีกระแสเป็น

$$I = \frac{160}{20,000} = \frac{1}{125} \text{ A}$$



รูปที่ 1.3



รูปที่ 1.4

จาก $IR = 70$

ดังนั้น $\frac{1 \times R}{125} = 70$

$R = 8,750 \Omega$

ตัวอย่างที่ 1.20 รีซิสแตนซ์ 4 ตัวมีค่า 4, 8, 10 และ 40 Ω ตามลำดับต่อขนานกัน และมีกระแส 40 Ω ไหลเข้าสู่พวกมัน จงหากระแสที่ผ่านรีซิสแตนซ์แต่ละค่า

วิธีทำ ชุดประกอบขนานนี้ แสดงได้ดังรูป 1.4
รีซิสแตนซ์เสมือน R เป็น

$$\frac{I}{R} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{10} + \frac{1}{40}$$

$$= \frac{10 + 5 + 4 + 1}{40}$$

$$= \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

ดังนั้น

$$R = 2 \, \Omega$$

ศักดาคร่อมจุด A และ B เป็น $40 \times 2 = 80 \, \text{V}$

จากกฎของโอห์ม สำหรับแต่ละกิ่ง จะได้ว่า

$$I_1 = \frac{80}{4} = 20 \, \text{A}$$

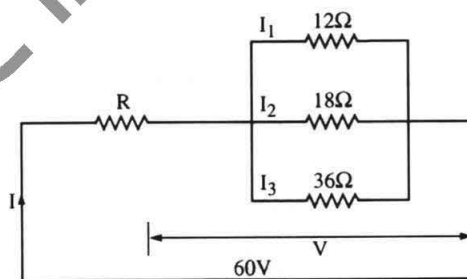
$$I_2 = \frac{80}{8} = 10 \, \text{A}$$

$$I_3 = \frac{80}{10} = 8 \, \text{A}$$

$$I_4 = \frac{80}{40} = 2 \, \text{A}$$

ตัวอย่างที่ 1.21 วงจรประกอบด้วยรีซิสแตนซ์ $12 \, \Omega$, $18 \, \Omega$ และ $36 \, \Omega$ ซึ่งต่อขนานกัน แล้วต่อเข้ากับรีซิสแตนซ์ตัวที่ 4 รีซิสแตนซ์ทั้งหมดถูกจ่ายไฟที่ $60 \, \text{V}$ และกำลังไฟที่กระจายออกในรีซิสแตนซ์ $12 \, \Omega$ เป็น $36 \, \text{W}$ จงหาค่าของรีซิสแตนซ์ที่สี่และกำลังไฟทั้งหมดที่กระจายออกในรีซิสแตนซ์ทั้งหมด

วิธีทำ กำลังไฟที่กระจายออก $= \frac{V^2}{R}$ วัตต์ (รูป 1.5)



รูปที่ 1.5

ดังนั้น

$$\frac{V^2}{12} = 36$$

$$V^2 = 12 \times 36$$

$$V = \sqrt{12 \times 36}$$

$$= 20.78 \, \text{V}$$

$$\text{Voltage Drop ครอบ } R = 60 - 20.78 = 39.22 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{20.78}{12} = 1.732 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{20.78}{18} = 1.154 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{20.78}{36} = 0.577 \text{ A}$$

เพราะฉะนั้น

$$I = 1.732 + 1.154 + 0.577 = 3.463 \text{ A}$$

และ

$$R = \frac{39.22}{3.463} = 11.33 \text{ } \Omega$$

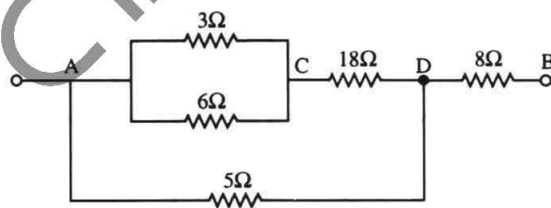
กำลังไฟทั้งหมดที่ถูกใช้ไป

$$= \text{ศักดาที่จ่ายให้} \times \text{กระแสทั้งหมด}$$

$$= 60 \times 3.463$$

$$= 207.8 \text{ W}$$

ตัวอย่างที่ 1.22 จงคำนวณหาวิธีซิสแตนซ์ประสิทธิผลของชุดส่วนประกอบวิธีซิสแตนซ์ และ Voltage Drop ครอบวิธีซิสแตนซ์แต่ละตัว เมื่อศักดา 60 V ถูกจ่ายให้ระหว่างจุด A และ B



รูปที่ 1.6

วิธีทำ วิธีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ C (รูปที่ 1.6) เป็น

$$= \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \text{ } \Omega$$

วิธีซิสแตนซ์ของกิ่ง ACD = $18 + 2 = 20 \text{ } \Omega$

มีส่วนขนาน 2 ส่วนระหว่างจุด A และ D ซึ่งเป็นวิธีซิสแตนซ์ระหว่าง $20 \text{ } \Omega$ และ $5 \text{ } \Omega$
 ดังนั้นวิธีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ D

$$= \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 4 \, \Omega$$

$$\text{ดังนั้นรีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ D} = 4 + 8 = 12 \, \Omega$$

$$\text{กระแสวงจรทั้งหมด} = \frac{60}{12} = 5 \, \text{A}$$

$$\text{กระแสผ่านรีซิสแตนซ์ } 5 \, \Omega = 5 \times \frac{20}{25} = 4 \, \text{A}$$

$$\text{กระแสในกิ่ง ACD} = 5 \times \frac{5}{25} = 1 \, \text{A}$$

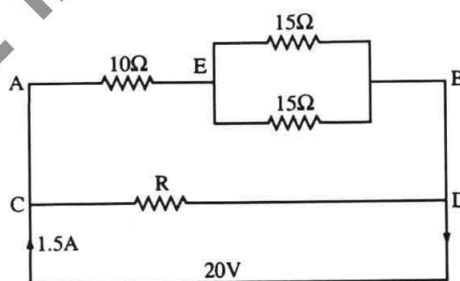
$$\text{ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ } 3 \, \Omega \text{ และ } 6 \, \Omega = 1 \times 2 = 2 \, \text{V}$$

$$\text{ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ } 18 \, \Omega = 18 \times 1 = 18 \, \text{V}$$

$$\text{ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ } 5 \, \Omega = 5 \times 4 = 20 \, \text{V}$$

$$\text{ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ } 8 \, \Omega = 8 \times 5 = 40 \, \text{V}$$

ตัวอย่างที่ 1.23 รีซิสแตนซ์ $10 \, \Omega$ ต่ออนุกรมกับรีซิสแตนซ์ขนาน 2 ตัว แต่ละตัว $15 \, \Omega$ จงหาว่าต้องใช้รีซิสแตนซ์เท่าไรมาต่อคร่อมชุดอนุกรมนี้ เพื่อให้กระแสรวมทั้งหมดในวงจรเป็น $1.5 \, \text{A}$ เมื่อศักดาที่จ่ายไฟให้เป็น $20 \, \text{V}$



รูปที่ 1.7

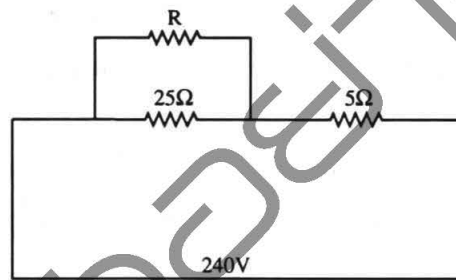
วิธีทำ วงจรดังในรูปที่ 1.7 รีซิสแตนซ์ระหว่าง จุด E และ B

$$= \frac{15}{2} = 7.5 \, \Omega$$

$$\text{รีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ B} = 10 + 7.5 = 17.5 \, \Omega$$

$$\begin{aligned}
 \text{รีซิสแตนซ์รวมเป็น} \quad \frac{1}{R'} &= \frac{1}{R} + \frac{1}{17.5} \\
 \text{และรีซิสแตนซ์รวมทั้งหมด} &= \frac{20}{1.5} = \frac{40}{3} \, \Omega \\
 \text{ดังนั้น} \quad \frac{3}{40} &= \frac{1}{R} + \frac{1}{17.5} \\
 R &= 56 \, \Omega
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.24 รีซิสเตอร์ 2 ค่า $25 \, \Omega$ และ $5 \, \Omega$ ต่ออนุกรมกันโดยมีแหล่งจ่ายไฟ $240 \, \text{V}$ จงคำนวณหาค่าของรีซิสเตอร์ตัวที่ 3 ที่ต่อขนานกับรีซิสเตอร์ $25 \, \Omega$ ซึ่งทำให้กำลังไฟที่กระจายออกทั้งหมดเป็น 3 เท้า



รูปที่ 1.8

วิธีทำ กำลังไฟ
ในกรณีแรก :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{V^2}{R} \text{ วัตต์} \\
 P_1 &= \frac{240^2}{30} \\
 &= 1920 \, \text{W}
 \end{aligned}$$

กำลังไฟที่กระจายออกไปในกรณีที่สองเป็น

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 3 P_1 \\
 &= 3 \times 1920 = 5760 \, \text{W}
 \end{aligned}$$

ดังในรูป 1.8 ให้ค่าของรีซิสเตอร์ ที่ 3 เป็น $R \, \text{ohms}$ ถ้า R' ชุดประกอบของรีซิสแตนซ์ทั้งสามแล้ว

$$\frac{V^2}{R'} = 5760$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น} \quad R' &= \frac{240^2}{5760} = 10 \, \Omega
 \end{aligned}$$

$$\text{วิธีสแตนชันของกลุ่มขนาน} = 10 - 5 = 5 \, \Omega$$

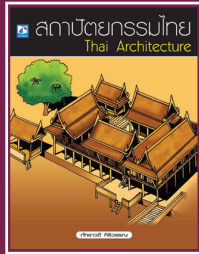
$$\frac{1}{R} + \frac{1}{25} = \frac{1}{5}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad R = \frac{25}{4} = 6.25 \, \Omega$$

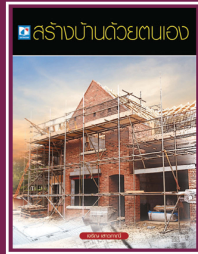


วิธีสแตนชัน

แนะนำหนังสือ



สถาปัตยกรรมไทย
Thai Architecture



สร้างบ้านด้วยตนเอง



ซ่อมบำรุงรักษามาน้ำด้วยตนเอง



เขียนแบบบ้านด้วยตนเอง



ความรู้พื้นฐาน
งานออกแบบตกแต่งภายใน
INTERIOR DESIGNS



องค์ประกอบศิลป์



เรียนรู้
เขียนแบบเบื้องต้น
ด้วยตนเอง



เรียนรู้
การเขียนแบบก่อสร้าง
ด้วยตนเอง 1



เรียนรู้
การเขียนแบบก่อสร้าง
ด้วยตนเอง 2



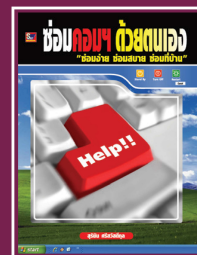
การออกแบบและติดตั้งไฟฟ้า
ภายในบ้าน-อาคารอุตสาหกรรม



เรียนรู้งานอะลูมิเนียม
ด้วยตนเอง



ทาสีบ้านให้สวยด้วยตนเอง



ซ่อมคอมฯ ด้วยตนเอง



การเพาะเห็ด
แบบเศรษฐกิจพอเพียง

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ต.ประชาธิปัตย์ 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
สรุปแนวคิดพร้อมตัวอย่างโจทย์
วิชาเฉพาะไฟฟ้าและไฟฟ้ากำลัง
ISBN : 978-616-596-201-8
9 786165 962018
ราคา 300 บาท