ชื่อหนังสือ การวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง
รหัสสินค้า 9789748323091

ชุดทฤษฎีและตัวอย่าง

การแก้ปัญหาโจทย์

การวิเคราะห์

เครื่องจักรกล ไฟฟ้ากระแสตรง

เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับ ปวช., ปวส., ระดับปริญญาตรี
ตลอดจนผู้ที่สนใจใช้ประกอบการเรียนหรือทำงานทางด้านระบบไฟฟ้ากำลัง
ในเล่มประกอบด้วยโจทย์แบบฝึกหัดพร้อมทั้งแนวทางวิธีการทำโจทย์

...โดย...

พงศ์ศรัณย์ ตานะประทีปกุล

"ชุดทฤษฎีและตัวอย่างการแก้ปัญหาโจทย์"

...โดย...

พงศ์ศรัณย์ ตานะประทีปกุล

SKYBOOK COMPANY LIMITED
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์: 5675105, 5675119, 9581125-7 โทรสาร: 5675105

การวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2540

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย
ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์
หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต
จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา 185 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

พงศ์ศรัณย์ ตานะประทีปกุล

การวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง - - กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2540.
316 หน้า
1. เครื่องจักรกลไฟฟ้า -- กระแสตรง I. ชื่อเรื่อง
621 . 31042
ISBN 974-8323-09-9
S7901-30-0197

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

SKY BOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์: 5675105, 5675119, 9581125-7
โทรสาร: 5675105

พิมพ์ที่ บริษัทสยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด
1776-1784 ถนนพระราม 4 แยกเกษมราษฎร์ คลองเตย พระโขนง กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์: 2490250, 2490447, 2490295, 2490299

ตัวอย่าง

คำนำ

หนังสือ**การวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง**เล่มนี้ ถูกจัดทำขึ้นมาเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาถึงการวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีลักษณะพิเศษคือ เน้นการฝึกทำโจทย์ตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีทำพร้อมเฉลยอย่างละเอียด ทำให้สามารถเข้าใจเนื้อหาของบทต่างๆ ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยโจทย์ตัวอย่างเหล่านี้มีจำนวนถึง 270 ข้อ

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้ แบ่งเป็น 18 บท ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎีวงจร พื้นฐานทางไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์ และเจนเนอเรเตอร์กระแสไฟตรง ตลอดจนการควบคุมความเร็วของมอเตอร์และผลทางเคมีของกระแสไฟด้วย

หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ระดับปวส.-ปริญญาตรีคณะต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับวิชาเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องกับงานด้านไฟฟ้า และผู้สนใจทั่วไป

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือการวิเคราะห์เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง จะช่วยให้ทุกท่านได้รับความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้ากระแสตรงมากยิ่งขึ้น และสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

พงศ์ศรัณย์ ตานะประทีปกุล

สารบัญ

บทที่ 1	รีซิสแตนซ์และกฎของโอห์ม	7
	โจทย์ตัวอย่าง	9
บทที่ 2	การแบ่งจ่ายกระแส	28
	โจทย์ตัวอย่าง	30
บทที่ 3	ทฤษฎีวงจร	40
	โจทย์ตัวอย่าง	47
บทที่ 4	งาน กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	73
	โจทย์ตัวอย่าง	76
บทที่ 5	ไฟฟ้าสถิต	87
	โจทย์ตัวอย่าง	91
บทที่ 6	ตัวเก็บประจุ	100
	โจทย์ตัวอย่าง	104
บทที่ 7	แม่เหล็กไฟฟ้า	128
	โจทย์ตัวอย่าง	131
บทที่ 8	การเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า	147
	โจทย์ตัวอย่าง	150
บทที่ 9	ฮีสเตอรีซิสเชิงแม่เหล็ก	166
	โจทย์ตัวอย่าง	168
บทที่ 10	DC เจนเนอเรเตอร์	180
	โจทย์ตัวอย่าง	182

ตัวอย่าง

บทที่ 11	การตอบสนองของอาร์เมเจอร์	208
	โจทย์ตัวอย่าง	210
บทที่ 12	คุณสมบัติของเจนเนอเรเตอร์	218
	โจทย์ตัวอย่าง	219
บทที่ 13	การปฏิบัติการขนานของ DC เจนเนอเรเตอร์	226
	โจทย์ตัวอย่าง	227
บทที่ 14	DC มอเตอร์	234
	โจทย์ตัวอย่าง	238
บทที่ 15	การควบคุมความเร็วของ DC มอเตอร์	258
	โจทย์ตัวอย่าง	263
บทที่ 16	การทดสอบเครื่องจักรไฟฟ้า DC	276
	โจทย์ตัวอย่าง	277
บทที่ 17	การกระจายของไฟตรง	289
	โจทย์ตัวอย่าง	290
บทที่ 18	ผลทางเคมีของกระแส	302
	โจทย์ตัวอย่าง	304
บรรณานุกรม		316

ตัวอย่าง

1

รีซิสแตนซ์และกฎของโอห์ม

เนื้อหาสำคัญ

1. รีซิสแตนซ์ของคอนดักเตอร์ ความยาว l และมีพื้นที่ตัดขวาง A จะมีค่าเท่ากับ

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

ตัวอย่าง

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 °C, R_t ที่ 4 °C และอุณหภูมิ t เพิ่มขึ้นแล้ว จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

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

โดยที่ α_0 เป็นสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (Temperature-coefficient) ของรีซิสแตนซ์ ที่ 0 °C และมีนิยามเป็น

การเพิ่มขึ้นในรีซิสแตนซ์ต่อโอห์มของรีซิสแตนซ์เริ่มต้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C จาก 0 °C

ความสัมพันธ์ที่ได้กล่าวข้างบนจะยังคงถูกต้องทั้งกรณีอุณหภูมิเพิ่มหรืออุณหภูมิลด

3. ค่าของสัมประสิทธิ์อุณหภูมิไม่มีค่าเท่ากันในอุณหภูมิต่าง ๆ สำหรับสสารหนึ่ง ๆ ค่าของมันจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเริ่มต้น ถ้า

α_o = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ 0°C

α_1 = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ t_1°C

α_2 = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ t_2°C

แล้ว

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

และ

$$\alpha_2 = \frac{\alpha_o}{1 + \alpha_o 0}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง α_1 และ α_2 เป็นดังนี้

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

4. รีซิสติวิตี้จะเหมือนกับรีซิสแตนซ์ ในแง่ที่ว่าจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ด้วยความสัมพันธ์

$$\rho_t = \rho_o (1 + \alpha_o t)$$

5. จากกฎของโอห์ม สัดส่วนของความต่างศักย์ระหว่าง (V) จุดสองจุดใด ๆ บนคอนดักเตอร์ เมื่อกระแส (I) ไหล ระหว่างพวกมันยังคงที่โดยที่อุณหภูมิของคอนดักเตอร์ไม่เปลี่ยนแปลง

หรืออีกนัยหนึ่ง

$$V \alpha I$$

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 จงหาศักดาที่เพิ่มขึ้นจาก A ไปยัง C และกำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับในส่วน AD

วิธีทำ ดังรูป 1.1 ABCD เป็นวงจรอนุกรมที่มีแบตเตอรี่ 3 ตัวต่ออนุกรมกันอยู่

ศักดาไดร์วิ่งสุทธิ = (45 + 5) – 10

= 40 V

รีซิสแตนซ์วงจรทั้งหมด = 5 + 2 + 5 + 8

= 20 Ω

กระแสวงจร = $\frac{40}{20}$

= 2 A

ตัวอย่าง

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

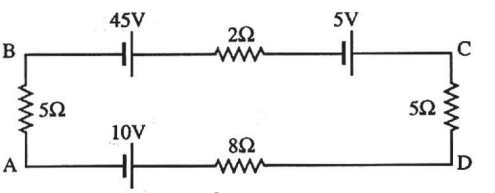
(i) เพิ่มขึ้น 10 V เนื่องจากแบตเตอรี่ เพราะว่าเราออกจากขั้ว – ไปยังขั้ว +

(ii) ศักดาลดลง หรือ 'IR' ลดลงบนรีซิสแตนซ์ 8 Ω จะมีค่า = 2 x 8 = 16 V ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นในความต่างศักดาเนื่องจากไปในทิศทางเพิ่มขึ้น

(iii) ศักดาเพิ่มขึ้น = 2 x 5 = 10 V

ดังนั้น ศักดาเพิ่มขึ้นทั้งหมดจาก A ไป C = 10 + 16 + 10

= 36 V



รูปที่ 1.1

กำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยแบตเตอรี่ 10 V = 10 x 2

= 20 W

กำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดซับโดยรีซิสแตนซ์ 8 Ω = 2^2 x 8

= 32 W

กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ถูกดูดซับในส่วน AD = 52 W

ตัวอย่างที่ 1.2 คำนวณรีซิสแตนซ์ของสายไฟยาว 100 m มีพื้นที่ตัดขวาง 0.1 mm^2 ถ้าสายไฟทำจาก manganin ซึ่งมีรีซิสติวิตี้ 50 x 10^{-8} Ω - m

วิธีทำ จากสูตร

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

โดยที่

$\rho = 50 \times 10^{-8}$ Ω-m

$l = 100$ m

$A = 10^{-7}$ m^2

แล้ว

$$R = \frac{50 \times 10^{-8} \times 100}{10^{-7}}$$

$= 500$ Ω

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1.3 เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าทำให้เกิดกำลังไฟ 1 kW เมื่อทำงานที่ 230 V ถ้าสายไฟรีซิสแตนซ์ ของเครื่องทำความร้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 mm และรีซิสติวิตี้ 60 x 10^{-8} Ω-m จงหาความยาวน้อยที่สุดของสายไฟที่ต้องการ

วิธีทำ กำลังไฟ $= \frac{V^2}{R}$ วัตต์

∴ $\frac{V^2}{R} = 1000$ วัตต์

ทำให้ได้ว่า

$$R = \frac{230^2}{1000}$$

$= 52.9$ Ω

จากสูตร

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

โดยที่

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

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

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

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

$$= 17.3\ m$$

Note : รีซิสแตนซ์ 52.9 Ω เป็นรีซิสแตนซ์ร้อนของเครื่องทำความร้อน 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 รีซิสติวิตี้ของทองแดงเท่ากับ 1.7×10^{-8} Ω-m และของอะลูมิเนียมเท่ากับ 2.8×10^{-8} Ω-m

วิธีทำ ให้ R_1 และ R_2 เป็นรีซิสแตนซ์ของอะลูมิเนียม และสายไฟทองแดง ตามลำดับ

กระแสผ่านสายไฟอะลูมิเนียม $I_1 = 3\ A$

กระแสผ่านสายไฟทองแดง $I_2 = 2\ A$

เนื่องจากกระแสเป็นสัดส่วนกลับกับรีซิสแตนซ์

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

จาก $$R_1 = \frac{\rho_1 l_1}{A_1}$$

และ $$R_2 = \frac{\rho_2 l_2}{A_2}$$

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

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 จงคำนวณหารีซิสแตนซ์ของวงแหวนที่ 50 °C ระหว่างปลายทั้งสองของมัน กำหนดให้ทองแดงมีรีซิสแตนซ์ที่ 20 °C = 1.724×10^{-6} Ω-cm สัมประสิทธิ์อุณหภูมิรีซิสแตนซ์ของทองแดงที่ 0°C = 0.0043/°C

วิธีทำ วงแหวนครึ่งวงกลมดังแสดงในรูป 1.2

รัศมีเฉลี่ย $= \frac{(12 + 8)}{2}$

$= 10$ cm

ความยาวของวงแหวนครึ่งวงกลม $= \pi r$

$= 10\pi = 31.4$ cm

พื้นที่ตัดขวาง $= 6 \times 4 = 24$ cm^2

โดยที่ $\alpha_0 = 0.0043 / ^\circ C$

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

$= 0.00396 / ^\circ C$

$\rho_{50} = \rho_{20} [1 + \alpha_{20} (50-20)]$

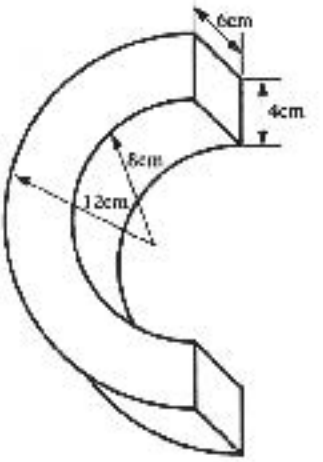
$= 1.724 \times 10^{-6} (1 + 30 \times 0.00396)$

$= 1.91 \times 10^{-6}$ Ω-cm

$R_{50} = \frac{\rho_{50} \times l}{A}$

$= \frac{1.91 \times 10^{-6} \times 31.4}{24}$

$= 2.5 \times 10^{-6}$ Ω



รูปที่ 1.2

ตัวอย่างที่ 1.6 สายไฟทองแดงมีรีซิสแตนซ์จำเพาะ 1.7×10^{-8} Ω-m ที่ 0 °C และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ $\frac{1}{254.5}$ ที่ 20 °C จงหารีซิสแตนซ์จำเพาะ และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิที่ 70 °C

วิธีทำ จากกำหนดให้

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

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

แต่ $$\frac{1}{254.5} = \frac{\alpha_0}{1 + 20\,\alpha_0}$$

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

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

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

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

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

$$= 1.7 \times 10^{-8} \left(1 + \frac{1}{234.5}\right)$$

$$= 2.208 \times 10^{-8}\ \Omega\text{-m}$$

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

วิธีทำ

$$\rho_0 = 7.5 \times 10^{-6}\ \Omega\text{-cm}$$

$$\alpha = 0.005\ ^\circ C^{-1}$$

$$\rho_{40} = \rho_0 (1 + 40\ \alpha)$$

$$= 7.5 \times 10^{-6} (1 + 40 \times 0.005)$$

$$= 9 \times 10^{-6}\ \Omega\text{-cm}$$

จาก $R_{40} = \rho_{40} \frac{l}{A}$

โดยที่ $l = 1\ km = 10^5\ cm$

$A = 10\ cm^2$

ดังนั้น $R_{40} = 9 \times 10^{-6} \times \frac{10^5}{10}$

$$= 0.09\ \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.8 จงหารีซิสแตนซ์ของสายเคเบิลยาว 9,660 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

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

$$= \frac{1/234.5}{1 + (20/234.5)}$$

$$= \frac{1}{254.5}\ ^\circ C^{-1}$$

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

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

ทำให้รีซิสแตนซ์ที่ 35 $^{\circ}C$ เป็น

$$R_{35} = \frac{1}{58}\left[1 + \frac{1}{254.5}(35 - 20)\right]$$

$$= \frac{1}{55}\ \Omega$$

รีซิสแตนซ์ของเคเบิลยาว 9,660 m และพื้นที่ตัดขวาง 64.5 mm^2 ที่ 35 $^{\circ}C$ เป็น

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

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

วิธีทำ

$$R_{1615} = \frac{100}{1} = 100\ \Omega$$

$$\alpha_{15} = -0.000\ 2655\ ^{\circ}C^{-1}$$

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

ดังนั้น $100 = R_{15}(1 - 1600 \times 0.0002655)$

$$= R_{15} \times 0.5752$$

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

กระแสชั่วขณะเมื่อหลอดไฟถูกเปิด

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

$$= 0.5752\ A$$

ตัวอย่างที่ 1.10 ขดลวดทองแดงมีรีซิสแตนซ์เป็น 90 Ω ที่ 20°C และต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟ 230 V จงหาว่าศักดาเพิ่มขึ้นเท่าไรเพื่อรักษาให้กระแสคงที่ ถ้าอุณหภูมิของขดลวดเพิ่มเป็น 60°C โดยที่สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของรีซิสแตนซ์ของทองแดงเป็น 0.00428 ที่ 0°C

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

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

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

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

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

$$= 0.0034\ ^\circ C^{-1}$$

จาก $R_{60} = R_{20}[1 + \alpha_{20}(60 - 20)]$

$$= 90\,(1 + 40 \times 0.00394)$$

$$= 104.18\ \Omega$$

ถ้ากระแสถูกทำให้คงที่ที่ค่าเดิมของมัน และจะต้องใช้ศักดา

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

$$= 266.24\ V$$

ดังนั้นศักดาเพิ่มขึ้น $= 266.24 - 230\ V$

$$= 36.24\ V$$

ตัวอย่างที่ 1.11 รีซิสแตนซ์ของขดลวด 2 ขด ต่ออนุกรมกันเป็น 10 Ω ที่ 18°C และ 11 Ω ที่ 60°C สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของสายไฟในขดลวดหนึ่งเป็น $\frac{1}{234.5}\ ^\circ C^{-1}$ ที่ 0°C และอีกขดหนึ่งเป็น $\frac{1}{1000}\ ^\circ C^{-1}$ ที่ 0°C จงหารีซิสแตนซ์ของขดลวดแต่ละขดที่ 35°C

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

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

$$= R_0\left[1 + \left(\frac{18}{234.4}\right)\right]$$

$$= 1.0767\ R_0$$

$$R'_{18} = R'_0\ (1 + 18 \times 10^{-3})$$

$$= 1.018\ R'_0$$

$$\therefore\quad 1.0767\ R_0 + 1018\ R'_0 = 10$$

$$R_{60} = R_0\ [1 + (60/234.5)]$$

$$= 1.256\ R_0$$

$$R'_{60} = R'_0\ (1 + 60 \times 10^{-3})$$

$$= 1.06\ R'_0$$

$$\therefore\quad 1.256\ R_0 + 1.06\ R'_0 = 11$$

เพื่อหาค่า R_0 และ R'_0 จะได้ว่า

$$R_0 = 4.36\ \Omega$$

$$R'_0 = 5.21\ \Omega$$

$$R'_{35} = R_0(1 + 35\ \alpha_0)$$

$$= 4.36\ (1 + 35/234.5)$$

$$= 5.01\ \Omega$$

$$R'_{35} = 5.21\ (1 + 35 \times 10^{-3})$$

$$= 5.39\ \Omega$$

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 $R_{20} = \frac{250}{6.5}$

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

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

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

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

ตัวอย่างที่ 1.13 ขดลวด 2 ขดต่ออนุกรมกันมีรีซิสแตนซ์ 600 Ω และ 300 Ω และมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 0.1% และ 0.4% ตามลำดับที่ 20°C จงหารีซิสแตนซ์ของชุดส่วนประกอบนี้ที่อุณหภูมิ 50°C และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของชุดส่วนประกอบนี้เป็นเท่าไร

วิธีทำ รีซิสแตนซ์ของรีซิสเตอร์ 600 Ω ที่ 50°C เป็น

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

$$= 618\ \Omega$$

ในลักษณะเดียวกัน รีซิสแตนซ์ของรีซิสเตอร์ 300 Ω ที่ 50°C เป็น

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

$$= 336\ \Omega$$

โดยที่รีซิสแตนซ์รวมของชุดส่วนประกอบที่ 50°C เป็น

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

ให้ β เท่ากับสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของรีซิสแตนซ์ที่ 20°C

ชุดส่วนประกอบรีซิสแตนซ์ที่ 20°C = 900 Ω

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

ทำให้ $\beta = 0.002\ ^{\circ}C^{-1}$

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

วิธีทำ ให้ R_{α} และ R_{b} เป็นรีซิสแตนซ์ที่พอเหมาะต่อความยาว ของสสาร A และ B ตามลำดับ ซึ่งต่ออนุกรมกัน จะมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของชุดที่ต่อกันเป็น 0.0021 โดยที่ส่วนประกอบรีซิสแตนซ์ที่อุณหภูมิใดๆ เป็น $(R_{\alpha} + R_{b})$

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

$\therefore$ รีซิสแตนซ์ของชุดที่ต่อกันหลังจากมีความร้อน $t\,^{\circ}C$

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

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

$$R_a + R_b = 80 \quad \text{...(ii)}$$

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 Ω ที่ 30 °C หลังจากใช้งานโหลดเต็มเป็นเวลาหนึ่งแล้ว รีซิสแตนซ์เพิ่มขึ้นเป็น 70 Ω จงหาอุณหภูมิเฉลี่ยของขดลวด ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของทองแดง $= 4 \times 10^{-3}\ ^{\circ}C^{-1}$ ที่ $0\,^{\circ}C$

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

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

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1.16 หลอดไฟ Incandescent ซึ่งมีไส้หลอดทังสเตน มีอัตรา 120 V, 60 W เมื่อวัดรีซิสแตนซ์หลอดไฟด้วยวีตสโตนบริดจ์ (Weatstone Bridge) มีค่าเป็น 20 Ω ที่อุณหภูมิ Ambient 20 °C จงหาอุณหภูมิปฏิบัติการของไส้หลอดของหลอดไฟ ถ้าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของทังสเตนเป็น 5×10^{3} C^{-1} ที่ 20°C

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

$= 0.5$ A

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

$= 240$ Ω

ให้ t°C เป็นอุณหภูมิปฏิบัติการปกติของหลอดไฟ แล้ว

$R_t = 240$ Ω

$R_{20} = 20$ Ω

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

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

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

$t = 2220$°C

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1.17 ตะกั่วของมอเตอร์ DC แต่ละชิ้นยาว 500 m และมีรีซิสแตนซ์ 0.0015 Ω ต่อเมตร ศักดาที่จุดจ่ายไฟเป็น 250 V เมื่อเปิดสวิตช์ไฟแล้ว ศักดาที่ขั้วของศักดาตกลงเป็น 226 V และเพิ่มขึ้นทีละน้อยจนเป็น 235 V เมื่อมอเตอร์เพิ่มความเร็วขึ้น จงหากระแสที่ถูกดึงโดยมอเตอร์

(a) เมื่อเริ่มสตาร์ท

(b) เมื่อวิ่งด้วยความเร็วเต็มพิกัด

วิธีทำ (a) รีซิสแตนซ์ของตะกั่ว (ทั้งสองทาง) เป็น

$= 2 \times 500 \times 0.0015$

$= 1.5$ Ω

Voltage Drop $= 250 - 226 = 24$ V

ดังนั้นกระแสมอเตอร์ตอนที่สวิตช์ถูกเปิด

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

(b) Voltage Drop ของตะกั่วเมื่อมอเตอร์วิ่งเต็มพิกัด

$= 250 - 235 = 15$ V

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

ตัวอย่างที่ 1.18 สายเคเบิลทองแดงยาว 800 m ถูกทำจากเส้นลวด 7 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 mm จงคำนวณหารีซิสแตนซ์ของเคเบิล ถ้ารีซิสติวิตี้ของทองแดงเป็น 1.75×10^{8} Ω-m

วิธีทำ

$$I = 800\ m$$

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

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

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

ดังนั้น

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

$$= 12.33\ \Omega$$

รีซิสแตนซ์ของเส้นสวดทั้งเจ็ดซึ่งต่อขนานกัน รวมเป็น

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

$$= 1.76\ \Omega$$

ตัวอย่างที่ 1.19 โวลต์มิเตอร์มีรีซิสแตนซ์ 20 kΩ เมื่อต่ออนุกรมกับรีซิสแตนซ์ภายนอกที่คร่อมอยู่ด้วยแหล่งจ่ายไฟ 230 V เครื่องวัดอ่านได้ 160 V จงหาค่าของรีซิสแตนซ์ภายนอก

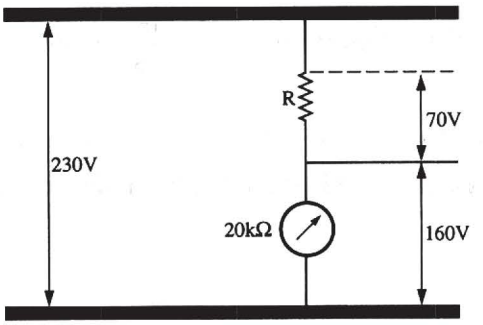
วิธีทำ วงจรดังรูป 1.3

Voltage Drop คร่อมรีซิสแตนซ์ภายนอก

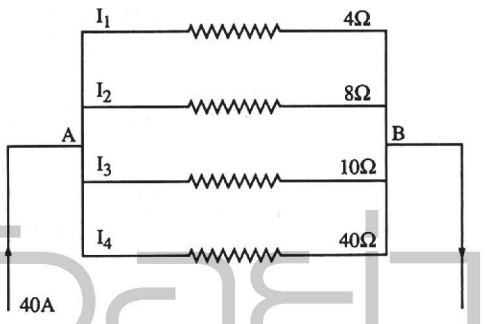
$$R = 230 - 160\ V$$

$$= 70\ V$$

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



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

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

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

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

ดังนั้น $R = 2\ \Omega$

ศักดาคร่อมจุด A และ B เป็น $40 \times 2 = 80$ V

จากกฎของโอห์ม สำหรับแต่ละกิ่ง จะได้ว่า

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

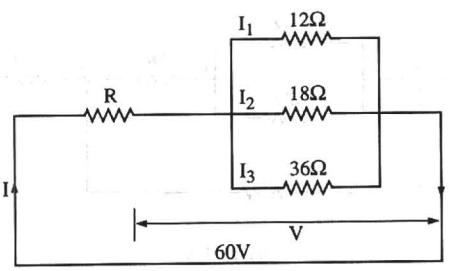
$$I_2 = \frac{80}{8} = 10\ A$$

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

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

ตัวอย่างที่ 1.21 วงจรประกอบด้วยรีซิสแตนซ์ 12 Ω, 18 Ω และ 36 Ω ซึ่งต่อขนานกัน แล้วต่อเข้ากับรีซิสแตนซ์ตัวที่ 4 รีซิสแตนซ์ทั้งหมดถูกจ่ายไฟที่ 60 V และกำลังไฟที่กระจายออกในรีซิสแตนซ์ 12 Ω เป็น 36 W จงหาค่าของรีซิสแตนซ์ที่สี่และกำลังไฟทั้งหมดที่กระจายออกในรีซิสแตนซ์ทั้งหมด

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



รูปที่ 1.5

ดังนั้น $\frac{V^2}{12} = 36$

$V^2 = 12 \times 36$

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

$= 20.78$ V

Voltage Drop คร่อม R = 60–20.78 = 39.22 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 $I = 1.732 + 1.154 + 0.577$

$= 3.463$ A

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

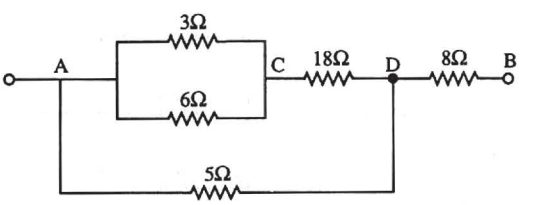
กำลังไฟทั้งหมดที่ถูกใช้ไป = ศักดาที่จ่ายให้ x กระแสทั้งหมด

$= 60 \times 3.463$

$= 207.8$ W

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 1.22 จงคำนวณหารีซิสแตนซ์ประสิทธิผลของชุดส่วนประกอบรีซิสแตนซ์ และ Voltage Drop คร่อมรีซิสแตนซ์แต่ละตัว เมื่อศักดา 60 V ถูกจ่ายให้ระหว่างจุด A และ B



รูปที่ 1.6

วิธีทำ รีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ C (รูปที่ 1.6) เป็น

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

รีซิสแตนซ์ของกิ่ง ACD = 18 + 2 = 20 Ω

มีส่วนขนาน 2 ส่วนระหว่างจุด A และ D ซึ่งเป็นรีซิสแตนซ์ระหว่าง 20 Ω และ 5 Ω ดังนั้นรีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ D

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

ดังนั้นรีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ D = $4 + 8 = 12\ \Omega$

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

กระแสผ่านรีซิสแตนซ์ 5 Ω = $5 \times \frac{20}{25} = 4$ A

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

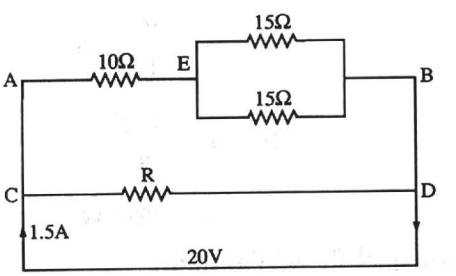
ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ 3 Ω และ 6 Ω = $1 \times 2 = 2$ V

ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ 18 Ω = $18 \times 1 = 18$ V

ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ 5 Ω = $5 \times 4 = 20$ V

ศักดาคร่อมรีซิสแตนซ์ 8 Ω = $8 \times 5 = 40$ V

ตัวอย่างที่ 1.23 รีซิสแตนซ์ 10 Ω ต่ออนุกรมกับรีซิสแตนซ์ขนาน 2 ตัว แต่ละตัว 15 Ω จงหาว่าต้องใช้รีซิสแตนซ์เท่าไรมาต่อคร่อมชุดอนุกรมนี้ เพื่อทำให้กระแสรวมทั้งหมดในวงจรเป็น 1.5 A เมื่อศักดาที่จ่ายไฟให้เป็น 20 V



รูปที่ 1.7

วิธีทำ วงจรดังในรูปที่ 1.7 รีซิสแตนซ์ระหว่าง จุด E และ B

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

รีซิสแตนซ์ระหว่าง A และ B = $10 + 7.5 = 17.5\ \Omega$

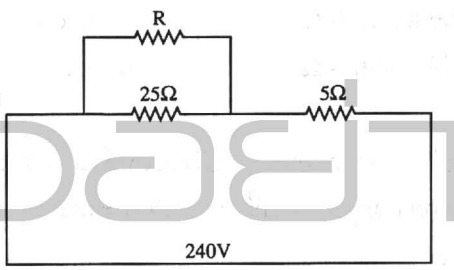
รีซิสแตนซ์รวมเป็น $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{17.5}$

และรีซิสแตนซ์รวมทั้งหมด $= \frac{20}{1.5} = \frac{40}{3}\ \Omega$

ดังนั้น $\frac{3}{40} = \frac{1}{R} + \frac{1}{17.5}$

$R = 56\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 1.24 รีซิสเตอร์ 2 ค่า 25 Ω และ 5 Ω ต่ออนุกรมกันโดยมีแหล่งจ่ายไฟ 240 V จงคำนวณหาค่าของรีซิสเตอร์ตัวที่ 3 ที่ต่อขนานกับรีซิสเตอร์ 25 Ω ซึ่งทำให้กำลังไฟที่กระจายออกทั้งหมดเป็น 3 เท่า



ตัวอย่าง

รูปที่ 1.8

วิธีทำ กำลังไฟ $= \frac{V^2}{R}$ วัตต์

ในกรณีแรก :

$P_1 = \frac{240^2}{30}$

$= 1920\ W$

กำลังไฟที่กระจายออกไปในกรณีที่สองเป็น

$P_2 = 3\ P_1$

$= 3 \times 1920 = 5760\ W$

ดังในรูป 1.8 ให้ค่าของรีซิสเตอร์ ที่ 3 เป็น R ohms ถ้า R' ชุดประกอบของรีซิสแตนซ์ทั้งสามแล้ว

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

ดังนั้น $R' = \frac{240^2}{5760} = 10\ \Omega$

รีซิสแตนซ์ของกลุ่มขนาน $= 10 - 5 = 5\ \Omega$

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

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

ตัวอย่าง

2

การแบ่งจ่ายกระแส

เนื้อหาสำคัญ

1. E.M.F. (E) ของเซลล์ (Cell) เป็นศักดาที่แตกต่างกันทั้งหมดภายในเซลล์ ระหว่างอิเล็กโทรด (Electrode) 2 ชิ้น เมื่อเซลล์ไม่ได้จ่ายกระแสใด ๆ

2. ศักดาขั้วที่แตกต่าง (V) เท่ากับ E.M.F. ลบด้วย Voltage Drop ภายใน

3. ถ้า I เป็นกระแสที่ถูกจ่ายโดยเซลล์ และ r เป็นรีซิสแตนซ์ภายใน แล้ว

$$= E - Ir$$

4. ถ้าในวงจรขนาน 2 กิ่ง โดย R_1 และ R_2 เป็นรีซิสแตนซ์กิ่ง, I เป็นกระแสรวมทั้งหมด แล้วกระแสกิ่งเป็น

$$I_1 = I \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

และ

$$I_2 = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

5. ในกรณีของวงจรขนาน 3 กิ่งซึ่งมีรีซิสแตนซ์กิ่ง R_1, R_2 และ R_3

$$I_1 = I \times \frac{R_2 R_3}{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}$$

$$= I \times \frac{R_2 R_3}{\sum R_1R_2}$$

$$I_2 = I \times \frac{R_1 R_3}{\sum R_1R_2}$$

และ $$I_3 = I \times \frac{R_1 R_2}{\sum R_1 R_2}$$

6. สำหรับแอมมิเตอร์ รีซิสแตนซ์ต่ำ (เรียกว่า Shunt) ต่อขนานกับแอมมิเตอร์เป็นการขยายย่านวัดของกัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer) ค่าของรีซิสแตนซ์ Shunt นี้เป็น

$$S = \frac{GI_g}{I - I_g}$$

โดยที่ G = รีซิสแตนซ์ของกัลวานอมิเตอร์

I_g = กระแสเต็มสเกลโดยปราศจาก Shunt

I = กระแสทั้งหมด

7. กำลังไฟขยายของ Shunt เป็น

$$\frac{I}{I_g} = (1 + \frac{G}{S})$$

8. ในกลุ่มของเซลล์อนุกรมและกระแสจะมากที่สุด เมื่อรีซิสแตนซ์ภายในของแบต-เตอรี่ไม่ถูกนำมาคิดเมื่อเทียบกับรีซิสแตนซ์ภายนอก

9. กลุ่มขนานจะได้กระแสสูงสุดเมื่อรีซิสแตนซ์ภายนอกไม่นำมาคิดเมื่อเทียบกับรีซิสแตนซ์ภายในของแบตเตอรี่

10. กลุ่มผสมหรือกลุ่มอนุกรม-ขนาน จะให้ค่ากระแสสูงสุดเมื่อรีซิสแตนซ์ภายนอก (เช่น โหลด) เท่ารีซิสแตนซ์ภายในของแบตเตอรี่

ถ้าจำนวนเซลล์เป็น N และต่อกัน m แถว ซึ่งแต่ละแถวบรรจุด้วย n เซลล์ (อนุกรม) แล้วค่าของ m และ n สำหรับกระแสเอาต์พุตสูงสุด สามารถหาได้จากสมการ 2 สมการต่อไปนี้

(i) $m \times n = N$

(ii) $mR = nr$

โดยที่

R = รีซิสแตนซ์ภายนอก เช่น โหลด

r = รีซิสแตนซ์ภายในของแบตเตอรี่

11. (i) ถ้า m เป็นหนึ่งแล้ว จะหมายความว่าเซลล์ทั้งหมดต่ออนุกรมกันอยู่

(ii) ถ้า n เป็นหนึ่งแล้ว เซลล์ทั้งหมดจะต่อขนานกัน

(iii) โดยที่ m และ n ไม่สามารถเป็นศูนย์ได้ ค่าที่น้อยที่สุดของพวกมัน จะต้องเป็นหนึ่ง