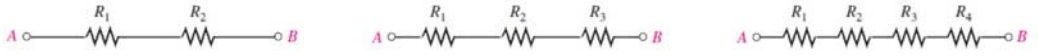
บทที่ 5
วงจรอนุกรม

วงจรอนุกรมเป็นการต่อวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน โดยการนำเอาตัวต้านทานไฟฟ้าตั้งแต่สองตัวขึ้นไปมาต่อเรียงอันดับหรืออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรไฟฟ้าเพียงทางเดียวและเท่ากันตลอดทั้งวงจร ส่วนแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน นอกจากการต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมแล้ว ยังจะศึกษาการต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรมอีกด้วย และการประยุกต์ใช้วงจรตัวต้านทานไฟฟ้าอนุกรมต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

5.1 การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมหรืออันดับ ให้นำปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อกับอีกตัวหนึ่งส่วนปลายที่เหลือก็นำไปต่อใช้งานดังแสดงในภาพที่ 5.1 ในภาพ (ก) เป็นการนำตัวต้านทานไฟฟ้า 2 ตัวต่ออนุกรมกัน ในภาพ (ข) และ (ค) เป็นการต่ออนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้า 3 และ 4 ตัว ตามลำดับ

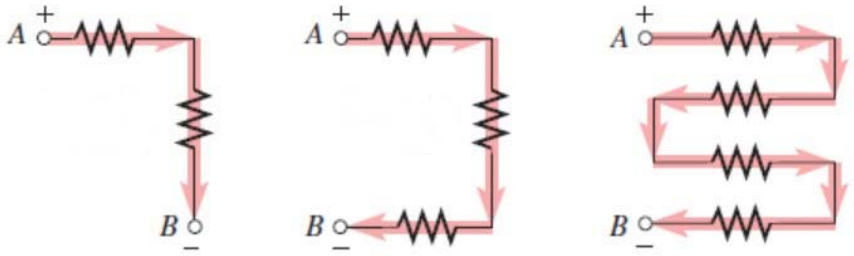


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.1 การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.133)

เมื่อนำตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต่อแบบอนุกรมไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้าทุกๆ ตัวเท่ากัน ในภาพที่ 5.2 เมื่อต่อจุด A กับขั้วบวก และจุด B กับขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลจากจุด A ไป B

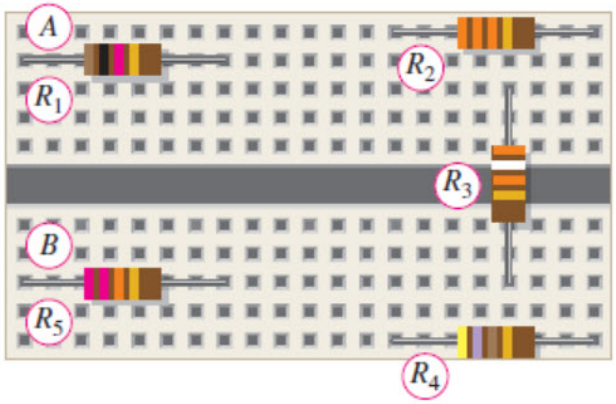


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.2 ตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.133)

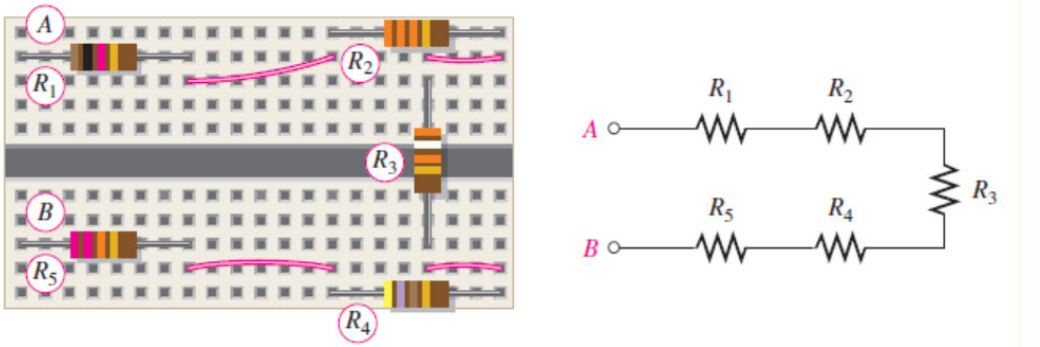
ตัวอย่างที่ 5.1 ทดลองต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมบนบอร์ดทดลองตามภาพที่ 5.3 โดยต่อ R_1 ถึง R_5 ตามลำดับ



ภาพที่ 5.3 ตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม (ต่อ)

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.134)

ในภาพที่ 5.4 (ก) เป็นการต่ออนุกรมของตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 ถึง R_5 บนบอร์ดทดลอง และ (ข) เป็นไดอะแกรมวงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 ถึง R_5

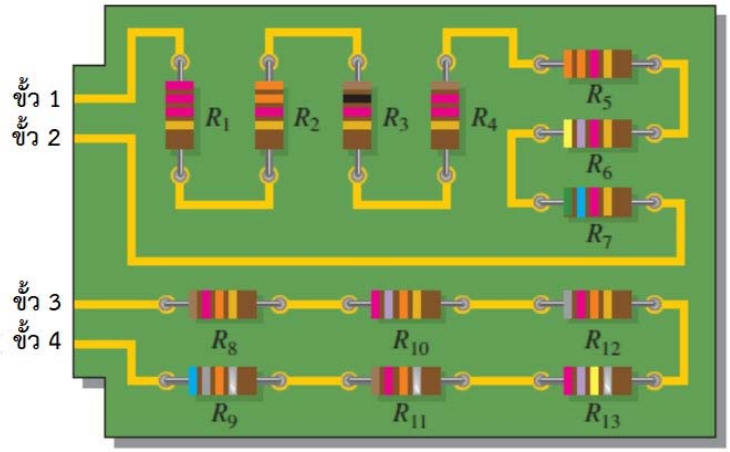


(ก) (ข)

ภาพที่ 5.4 ตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรม (ต่อ)

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.134)

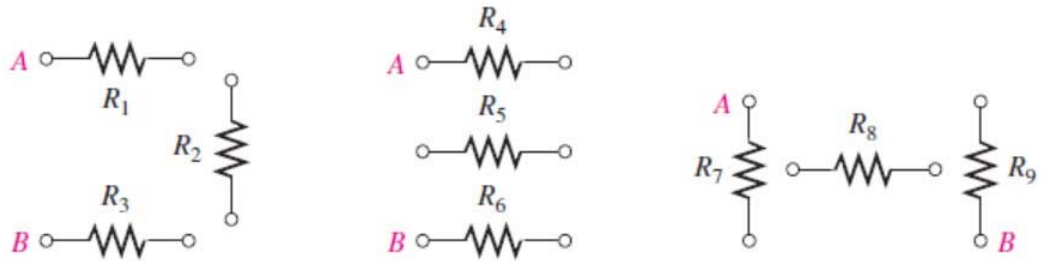
ในภาพที่ 5.5 เป็นตัวอย่างการต่อตัวต้านทานไฟฟ้าบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Print circuit board) โดยลายวงจรซึ่งเป็นทองแดงจะเสมือนสายไฟที่นำมาต่อตัวต้านทานไฟฟ้าบนบอร์ดทดลอง บนแผ่นวงจรพิมพ์ในภาพที่ 5.5 มีตัวต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกันอยู่ 2 ชุด คือชุดที่ 1 ตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 ถึง R_7 ที่ต่อระหว่างขั้ว 1 กับขั้ว 2 และ ชุดที่ 2 ตัวต้านทานไฟฟ้า R_8 ถึง R_{13} ที่ต่อระหว่างขั้ว 3 กับขั้ว 4



ภาพที่ 5.5 การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมบนแผ่นวงจรพิมพ์

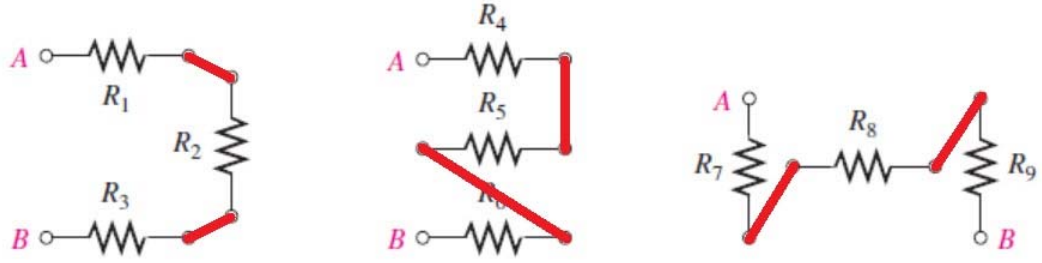
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.134)

ตัวอย่างที่ 5.2 จงเขียนวงจรไฟฟ้าอนุกรมจากจุด A ถึง B



ภาพที่ 5.6 วงจรไฟฟ้าอนุกรม

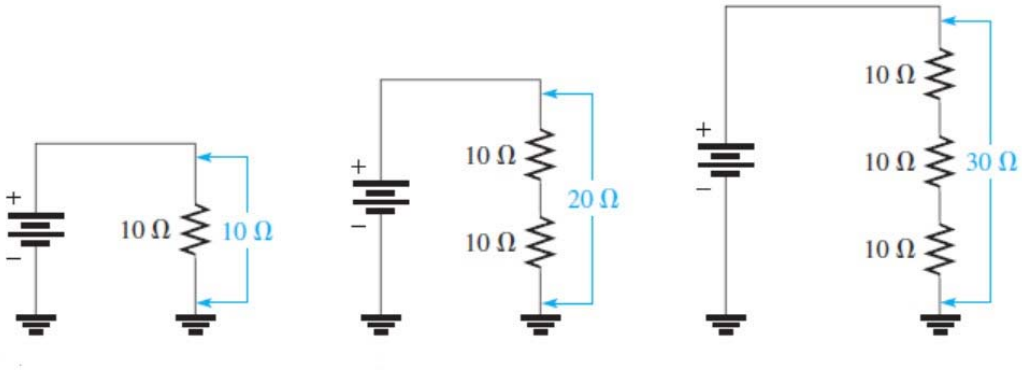
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.135)



ภาพที่ 5.7 การเขียนวงจรไฟฟ้าอนุกรม

5.2 ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมแบบอนุกรม

เมื่อนำเอาตัวต้านทานไฟฟ้ามาต่ออนุกรมกันจะได้ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมเพิ่มมากขึ้น ในภาพที่ 5.8 (ก) ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 10 โอห์ม (ข) ตัวต้านทานไฟฟ้า 10 โอห์ม 2 ตัวต่ออนุกรมกันค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมมีค่าเท่ากับ 20 โอห์ม และ (ค) ตัวต้านทานไฟฟ้า 10 โอห์ม 3 ตัวต่ออนุกรมกันค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมมีค่าเท่ากับ 30 โอห์ม



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.8 ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมแบบอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.136)

ดังนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมแบบอนุกรมคือการนำค่าความต้านทานไฟฟ้าทุกตัวที่ต่ออนุกรมกันมาบวกกัน สามารถสรุปเป็นสูตรได้ดังสมการที่ 5.1

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + R_n \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.1)$$

R_T คือ ความต้านทานไฟฟ้ารวมมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

R_1, R_2, R_3 คือ ตัวต้านทานไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

R_n คือ ตัวต้านทานไฟฟ้าตัวที่ n มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

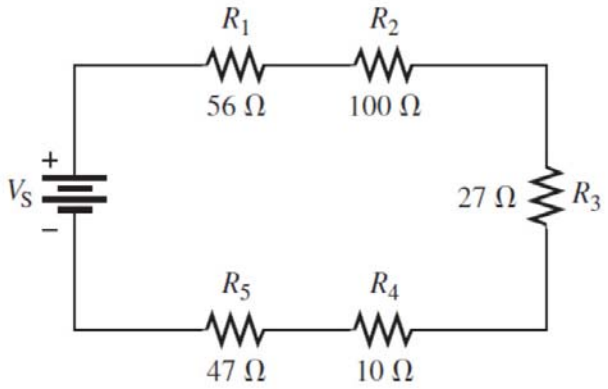
จากภาพที่ 5.8 (ข) ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมแบบอนุกรมคือ

$$R_T = 10 + 10 = 20\Omega$$

จากภาพที่ 5.8 (ค) ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมแบบอนุกรมคือ

$$R_T = 10 + 10 + 10 = 30\Omega$$

ตัวอย่างที่ 5.2 จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจร



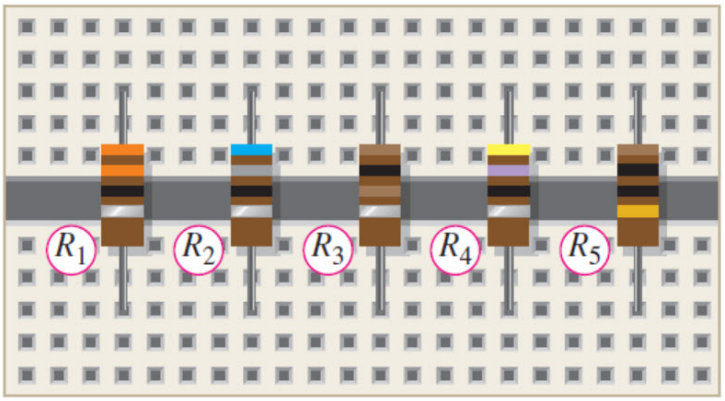
ภาพที่ 5.9 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.2

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.136)

จากสมการหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม แทนค่าความต้านทานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าคือ

$$\begin{aligned} R_T &= R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 \\ &= 56+100+27+10+47 \\ &= 240\Omega \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 5.3 จากตัวต้านทานไฟฟ้าที่อยู่บนบอร์ดทดลอง จงต่อให้เป็นวงจรอนุกรมและหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมของวงจรอนุกรม



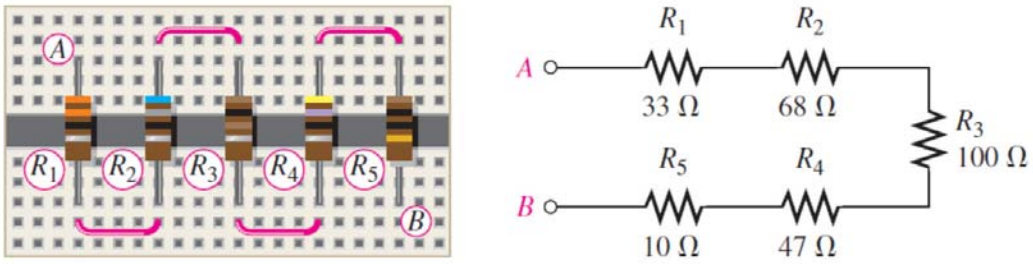
ภาพที่ 5.10 บอร์ดทดลองตัวอย่างที่ 5.3

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.137)

อ่านค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานแต่ละตัวได้คือ

$$R_1 = 33\Omega \quad R_2 = 68\Omega \quad R_3 = 100\Omega \quad R_4 = 47\Omega \text{ และ } R_5 = 10\Omega$$

การต่อตัวต้านทานไฟฟ้าแบบอนุกรมบนบอร์ดทดลองแสดงในภาพที่ 5.11 (ก) โดยสามารถเขียนเป็นวงจรไฟฟ้าได้แสดงในภาพที่ 5.11 (ข)

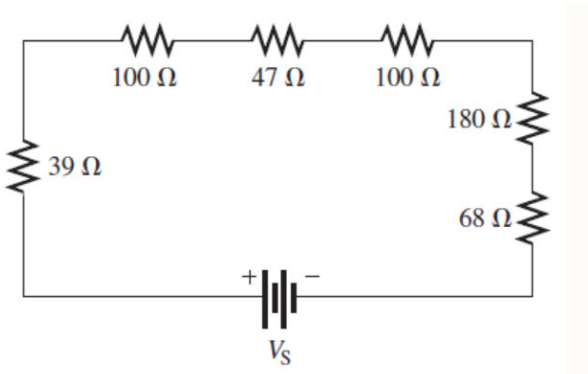


(ก) (ข)

ภาพที่ 5.11 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.3

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.137)

ตัวอย่างที่ 5.4 จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจร

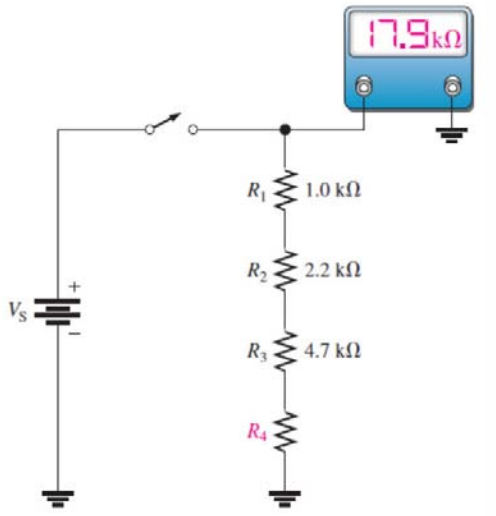


ภาพที่ 5.12 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.4

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.137)

$$R_T = 39+100+47+100+180+68$$
$$= 534\Omega$$

ตัวอย่างที่ 5.5 จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ เมื่อใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรมได้ $17.9k\Omega$ จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า R_4



ภาพที่ 5.13 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.5

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.138)

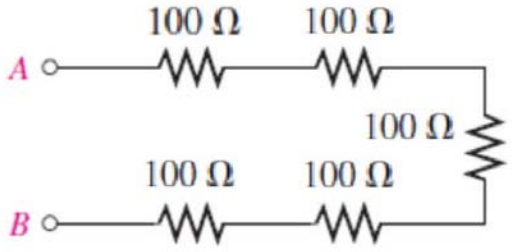
จากสมการหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม แทนค่าความต้านทานไฟฟ้าในวงจร

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$\therefore$ จะได้

$$R_4 = R_T - R_1 - R_2 - R_3$$
$$= 17.9k\Omega - 1k\Omega - 2.2k\Omega - 4.7k\Omega$$
$$= 10k\Omega$$

ตัวอย่างที่ 5.6 จากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจร



ภาพที่ 5.14 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.6

$$R_T = 100\Omega + 100\Omega + 100\Omega + 100\Omega + 100\Omega$$
$$= 500\Omega$$

จากตัวอย่างที่ 5.6 มีตัวต้านทานไฟฟ้า 100Ω จำนวน 5 ตัวต่ออนุกรมกัน จะได้ค่าความต้านทานรวม 500Ω ในกรณีที่ตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวมีค่าเท่ากันจะสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวมในวงจรได้จากสมการที่ 5.2

$$R_T = n.R \quad \text{.....(5.2)}$$

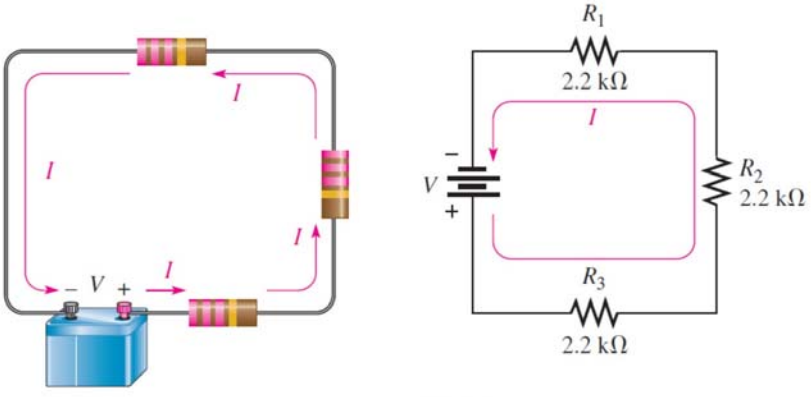
R_T คือ ความต้านทานไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)
n คือ จำนวนตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต่ออนุกรมกัน
R คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

จากตัวอย่างที่ 5.6 สามารถคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ดังนี้

$$R_T = 5 \text{ x } 100\Omega = 500\Omega$$

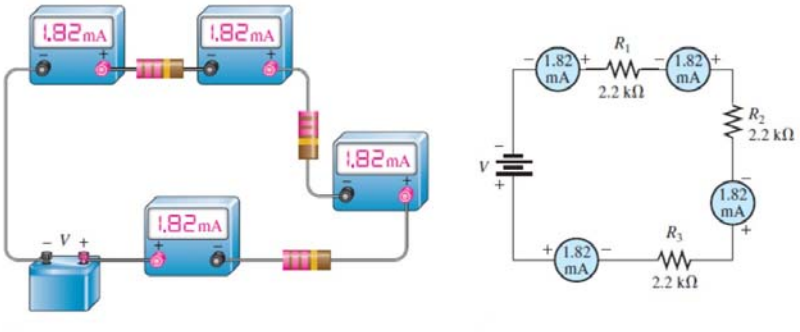
5.3 ค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม

ในวงจรอนุกรมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะไหลจากขั้วบวก (+) ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไปยังขั้วลบ (-) ดังแสดงในภาพที่ 5.15 และเมื่อนำแอมป์มิเตอร์มาวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรอนุกรมจะพบว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวในวงจรอนุกรมเท่ากัน ดังแสดงในภาพที่ 5.16



ภาพที่ 5.15 การต่ออนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

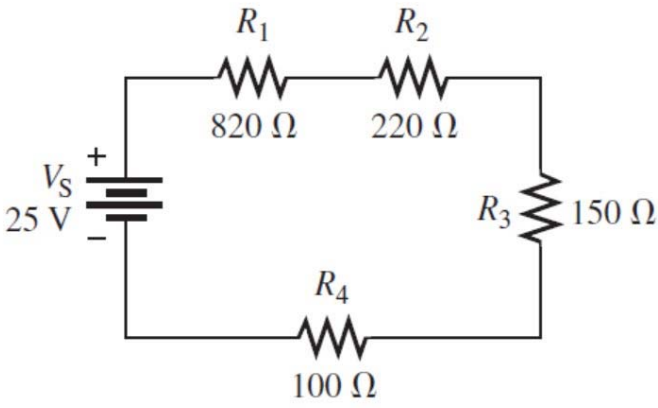
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.139)



ภาพที่ 5.16 การวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.140)

การต่อแอมป์มิเตอร์วัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ต้องต่อขั้วบวกของแอมป์มิเตอร์ที่ทิศทางขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้า และขั้วลบของแอมป์มิเตอร์จะต่อทางด้านขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า การคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมก็ใช้กฎของโอห์มในการคำนวณ



ภาพที่ 5.17 การวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.141)

$$R_T = 820\Omega + 220\Omega + 150\Omega + 100\Omega = 1.29k\Omega$$

จากกฎของโอห์มจะสามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

$$I_T = \frac{V_s}{R_T} = \frac{25}{1.29k\Omega} = 0.0194A = 19.4mA$$

5.4 การประยุกต์ใช้กฎของโอห์มในวงจรอนุกรม

ในวงจรอนุกรมสามารถใช้กฎของโอห์มคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ค่ากระแสไฟฟ้ารวม หาได้จากสมการ 5.3 และ 5.4

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} \qquad \text{.....(5.3)}$$

I_T คือ ความต้านทานไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็นแอมป์แปร์ (A)

V_T คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

R_T คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

$$I_T = \frac{V_X}{R_X} \qquad \text{.....(5.4)}$$

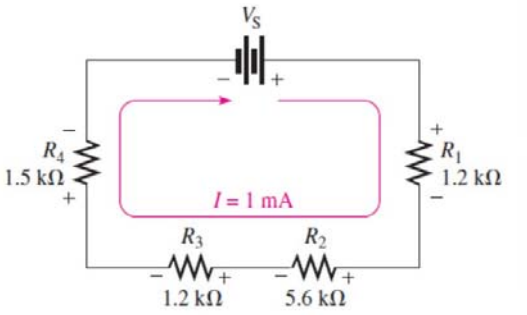
V_X คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า X มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

R_X คือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้า X มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า X หาได้จากสมการ 5.5

$$V_X = R_X . I_T \qquad \text{.....(5.5)}$$

ตัวอย่างที่ 5.7 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_S ที่จ่ายให้กับวงจรตามภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.7

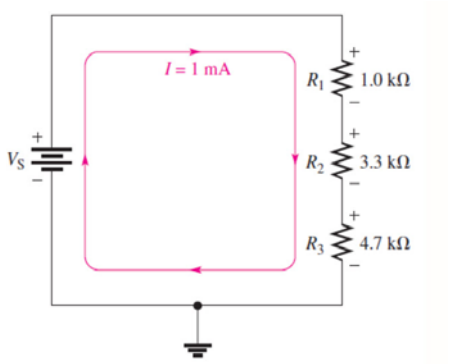
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.142)

$$R_T = 1.2k\Omega + 5.6k\Omega + 1.2k\Omega + 1.5k\Omega \ = 5.9k\Omega$$

∴ แรงดันไฟฟ้า V_S คำนวณได้จาก

$$V_S = R_T.I_T \ = 5.9k\Omega \text{ x } 1mA \ = 5.9V$$

ตัวอย่างที่ 5.8 จากวงจรในภาพที่ 5.19 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว



ภาพที่ 5.19 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.8

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.143)

$$V_{R1} = I_T x\ R_1 \ = 1mA \text{ x } 1k\Omega \ = 1V$$
$$V_{R2} = I_T x\ R_2 \ = 1mA \text{ x } 3.3k\Omega \ = 3.3V$$
$$V_{R3} = I_T x\ R_3 \ = 1mA \text{ x } 4.7k\Omega \ = 4.7V$$

ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวม $R_T = 1k\Omega + 3.3k\Omega + 4.7k\Omega \ = 9k\Omega$

∴ ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า $V_s = I_T x\ R_T \ = 1mA \text{ x } 9k\Omega \ = 9V$

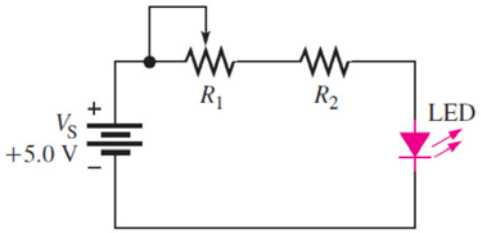
นอกจากนี้ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า V_s ยังสามารถหาได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจรอนุกรมรวมกัน

$$V_s = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = 1V + 3.3V + 4.7V \ = 9V$$

ตัวอย่างที่ 5.9 จากวงจรในภาพที่ 5.19 ถ้ากระแสไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้นเป็น 5mA จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า V_S

$$V_s = I_T x\ R_T = 5mA\ x\ 9k\Omega = 45V$$

การประยุกต์ใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกับ LED เพื่อใช้จำกัดปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED โดยปกติเมื่อ LED สีแดงติดสว่างจะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม LED 1.7V และเริ่มติดสว่างถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 2.5mA และจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สูงสุด 10mA



ภาพที่ 5.20 ประยุกต์ต่อตัวต้านทานไฟฟ้ากับ LED

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.144)

สามารถคำนวณค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 ได้ดังนี้

ในกรณีแรกให้ LED ติดสว่างมากที่สุด คือจะมีกระแสไหลผ่าน LED 10mA โดยให้ตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 มีค่าเท่ากับ 0 ดังนี้จะเกิดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานไฟฟ้า R_2 เท่ากับ 3.3V

$$\therefore\ R_2 = \frac{V_{R2}}{I_T} = \frac{3.3}{10mA} = 330\Omega$$

กรณีต่อไปคือมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน LED น้อยที่สุดที่ทำให้ LED เริ่มสว่าง จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน LED 2.5mA ดังนั้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง ค่าความต้านทานต้องสูงขึ้น โดยการปรับเพิ่มค่า R_1 ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 และ R_2 เท่ากับ 3.3V

$$\therefore\ R_1 + R_2 = \frac{V_{R1+2}}{I_T} = \frac{3.3V}{2.5mA} = 1.32k\Omega$$

ดังนั้น $R_1 = 1.32k\Omega - 330\Omega = 990\Omega$

เลือกใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้มาตรฐาน $R_1 = 1k\Omega$

5.5 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

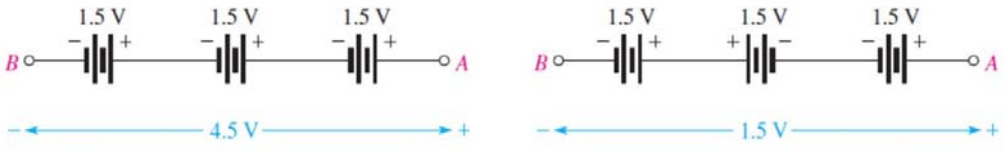
ในกรณีที่วงจรอนุกรมมีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ออนุกรมกันมากกว่า 1 แหล่งจ่าย ค่าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ารวมวงจร (V_T) จะเท่ากับผลรวมของค่าแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจร โดยให้พิจารณาขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots\ldots + V_N \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.6)$$

V_T คือ แรงดันไฟฟ้ารวมของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_1 V_2 และ V_3 คือ แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัว มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_N คือ แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าตัวที่ N มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)



(ก) (ข)

ภาพที่ 5.21 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.145)

ในภาพที่ 5.21 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่จุด AB เท่ากับ

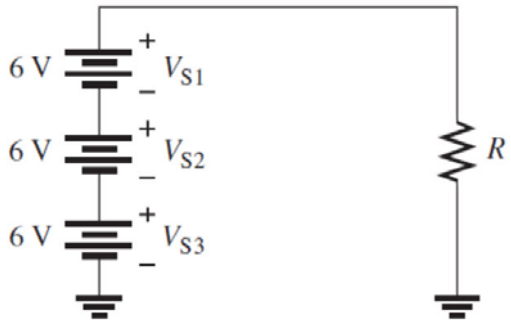
$$V_T = (+1.5V) + (+1.5V) + (+1.5V) = 4.5V$$

ในภาพที่ 5.21 (ข) ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่จุด AB เท่ากับ

$$V_T = (+1.5V) + (-1.5V) + (+1.5V) = 1.5V$$

จากภาพที่ 5.21 (ข) จะเห็นว่ามีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 ตัว ที่หันขั้วลบชนกัน ทำให้เกิดการหักล้าง (-) แรงดันไฟฟ้า จึงเหลือแรงดันไฟฟ้ารวมเท่ากับ 1.5V

ตัวอย่างที่ 5.10 จากวงจรในภาพที่ 5.22 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

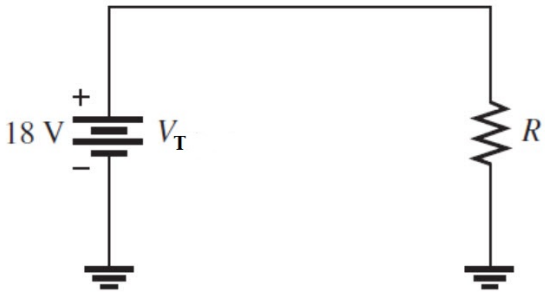


ภาพที่ 5.22 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.10

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.146)

$$V_T = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} = 6V + 6V + 6V = 18V$$

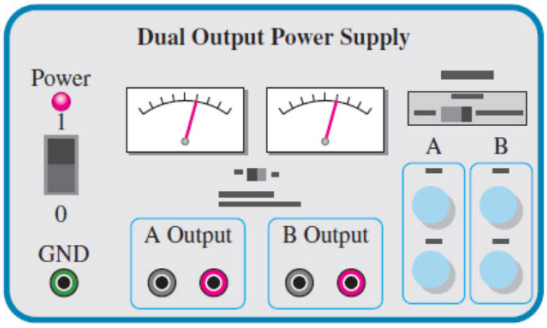
สามารถเขียนวงจรไฟฟ้าใหม่ได้ โดยแบตเตอรี่ 6V 3 ลูก ต่ออนุกรมกันได้ 18V ดังแสดงในภาพที่ 5.23



ภาพที่ 5.23 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

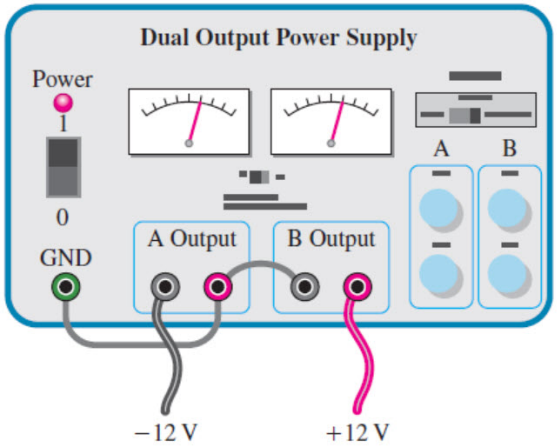
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.146)

ในบางกรณีวงจรไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการใช้แรงดันไฟฟ้าทั้งไฟบวก และไฟลบ สามารถนำเอาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 เอาท์พุท แสดงในภาพที่ 5.24 มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าบวกและลบได้ เช่นต้องการใช้งานแรงดันไฟฟ้า +12V และ -12V สามารถนำเอาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12V จำนวน 2 เอาท์พุท มาต่ออนุกรมกันดังแสดงในภาพที่ 5.25 โดยนำขั้วบวกของเอาท์พุท A ต่อกับขั้วลบของเอาท์พุท B จุดนี้จะเป็นกราวด์ (Ground) หรือสายดินของระบบไฟฟ้า ขั้วลบของเอาท์พุท A จะได้แรงดันไฟฟ้า -12V และขั้วบวกของเอาท์พุท B จะได้แรงดันไฟฟ้า +12V



ภาพที่ 5.24 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบ 2 เอาท์พุท

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.146)



ภาพที่ 5.25 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าบวกและลบ

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.147)

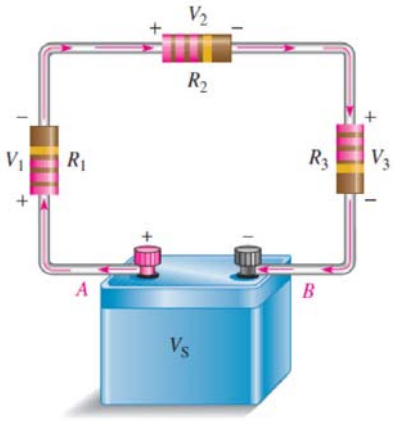
5.6 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff,s Voltage Law : KVL) กล่าวว่า “ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าในวงจรปิดใดๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ ” การหาค่าผลรวมของแรงดันไฟฟ้าในวงจรปิดใดๆ นั้นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. สมมติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร โดยปกตินั้นจะสมมติให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า แต่ในทางปฏิบัติแล้วสามารถกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางใดก็ได้ ถ้าสมมติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง เมื่อคำนวณค่าของกระแสไฟฟ้าแล้วจะได้ค่าเป็นบวก แต่ถ้าสมมติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่ถูกต้อง ค่าของกระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ก็จะมีค่าเป็นลบ

2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าตัวต้านทานจะทำให้ขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าตัวนั้นมีขั้วเป็นบวก และในทิศทางที่กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานไฟฟ้าจะมีขั้วเป็นลบ

3. ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าทางขั้วบวกค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้านั้นจะเป็นบวก แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าทางขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าค่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะเป็นลบ



ภาพที่ 5.26 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.148)

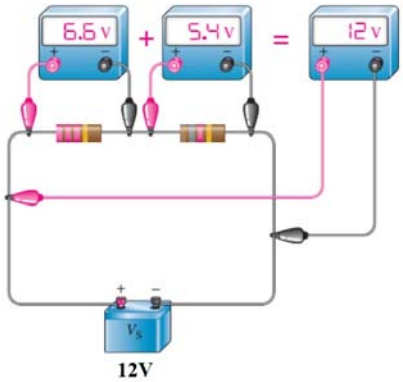
จากภาพที่ 5.26 สามารถเขียนสมการในวงจรปิดได้ดังนี้

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 \qquad \text{.....(5.6)}$$

สามารถเขียนเป็นสมการตามกฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้ตามสมการที่ 5.7

$$V_S - V_1 - V_2 - V_3 = 0 \qquad \text{.....(5.7)}$$

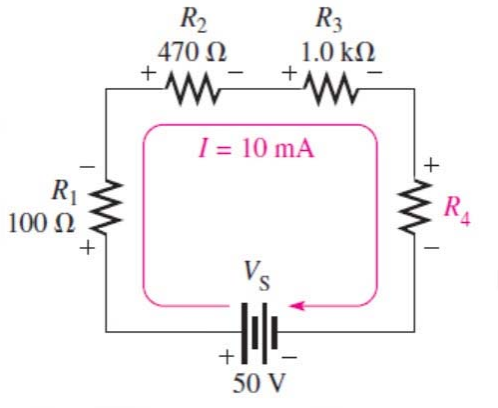
จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์สามารถสรุปได้ว่าในวงจรอนุกรมใดๆ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า หรือโหลดทุกตัวมีค่ารวมกันเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร ดังแสดงในภาพที่ 5.27



ภาพที่ 5.27 ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตามกฎของเคอร์ชอฟฟ์

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.148)

ตัวอย่างที่ 5.11 จากวงจรในภาพที่ 5.28 จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า R_4



ภาพที่ 5.28 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.11

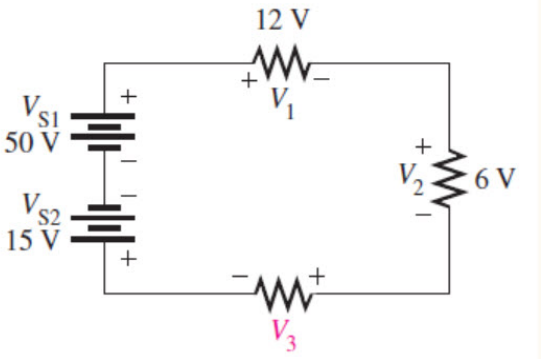
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.150)

$$V_{R1} = I \times R_1 = 10mA \times 100\Omega = 1V$$
$$V_{R2} = I \times R_2 = 10mA \times 470\Omega = 4.7V$$
$$V_{R3} = I \times R_3 = 10mA \times 1k\Omega = 10V$$

จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้ $V_S - V_{R1} - V_{R2} - V_{R3} - V_{R4} = 0$

$$\therefore \quad V_{R4} = V_S - V_{R1} - V_{R2} - V_{R3}$$
$$= 50V - 1V - 4.7V - 10V = 34.3V$$
$$\therefore \quad R_4 = \frac{V_{R4}}{I} = \frac{34.3V}{10mA} = 3.43k\Omega$$

ตัวอย่างที่ 5.12 จากวงจรในภาพที่ 5.29 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_3



ภาพที่ 5.29 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.12

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.151)

พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรจะได้

$$V_S = V_{S1} - V_{S2} = 50V - 15V = 35V$$

จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้ $V_S - V_1 - V_2 - V_3 = 0$

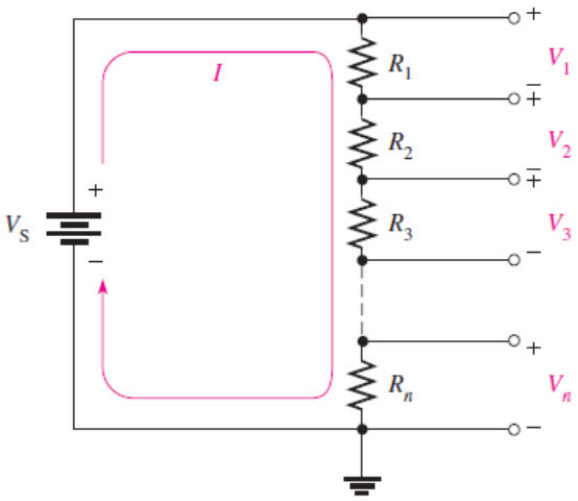
$$V_S - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$\therefore \quad V_3 = V_S - V_1 - V_2$$

$$= 35 - 12 - 6 = 17V$$

5.7 การแบ่งแรงดันไฟฟ้า

การแบ่งแรงดันไฟฟ้าเป็นวงจรไฟฟ้าที่ใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าต่ออนุกรมกัน เพื่อแบ่งแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวตามความต้องการ วงจรอนุกรมที่ใช้แบ่งแรงดันไฟฟ้าสามารถคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าที่ต้องการได้จากสมการ 5.8



ภาพที่ 5.30 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.153)

$$V_X = \frac{R_X}{R_T} \times V_S \qquad \text{.....(5.8)}$$

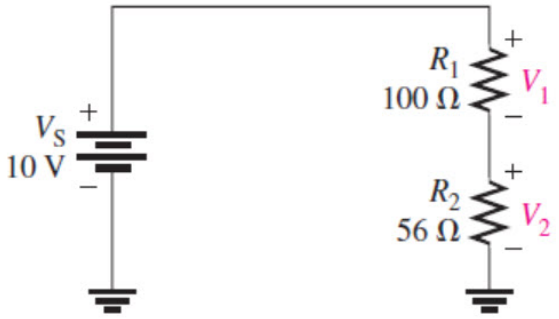
V_X คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า X มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

R_X คือ ความต้านทานไฟฟ้า X มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

R_T คือ ความต้านทานไฟฟ้ารวมทั้งหมดในวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

V_S คือ แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

ตัวอย่างที่ 5.13 จากวงจรในภาพที่ 5.31 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_1 และ V_2



ภาพที่ 5.31 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.13

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.154)

$$R_T = R_1 + R_2 = 100\Omega + 56\Omega = 156\Omega$$

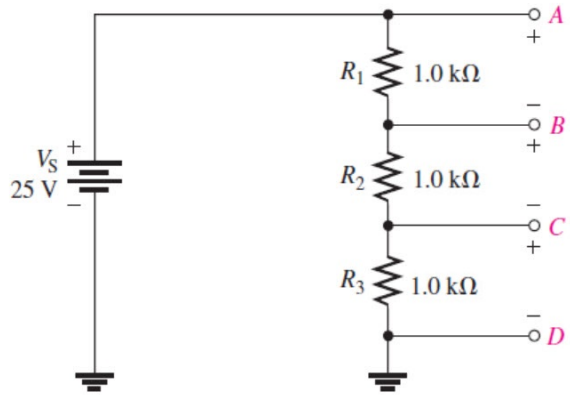
จากสมการวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ 5.8 จะได้

$$V_1 = \frac{R_1}{R_T} \text{ x } V_S = \frac{100\Omega}{156\Omega} \text{x} 10V = 6.41V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_T} \text{ x } V_S = \frac{56\Omega}{156\Omega} \text{x} 10V = 3.59V$$

หรือ $V_2 = V_S - V_1 = 10V - 6.41V = 3.59V$

ตัวอย่างที่ 5.14 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัว



ภาพที่ 5.32 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.14

$$V_1 = \frac{R_1}{R_T} \text{ x } V_S = \frac{1k\Omega}{3k\Omega} x15V = 5V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_T} \text{ x } V_S = \frac{1k\Omega}{3k\Omega} x15V = 5V$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_T} \text{ x } V_S = \frac{1k\Omega}{3k\Omega} x15V = 5V$$

จากตัวอย่างที่ 5.14 ค่าความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจรมีค่าเท่ากันสามารถคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวความต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวได้จากสมการ 5.9

$$V_N = \frac{V_S}{N} \qquad \text{.....(5.9)}$$

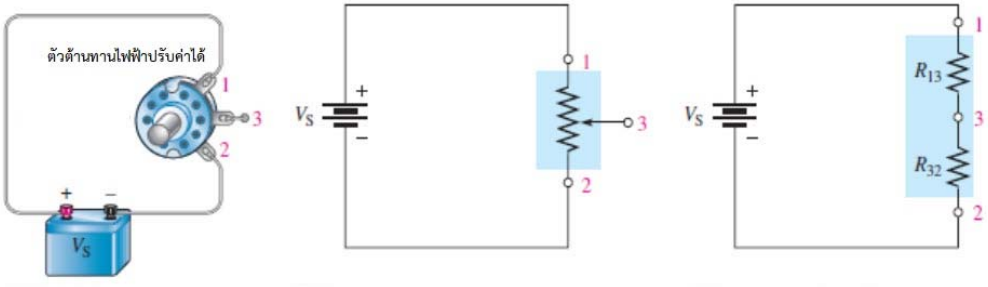
V_N คือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวความต้านทานไฟฟ้าตัวที่ N มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_S คือแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

N คือจำนวนตัวต้านทานไฟฟ้าในวงจร

5.8 การใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

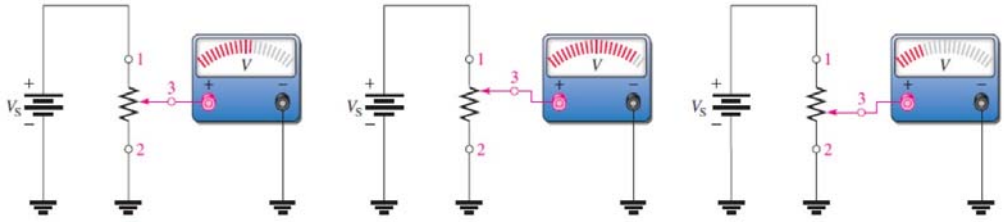
ตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้แบบลิเนียร์ สามารถนำมาใช้งานเป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.33(ก) โดยต่อแรงดันไฟฟ้าเข้าที่ขาที่ 1 และ 2 ของตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้ และที่ขา 3 จะเป็นจุดที่แบ่งแรงดันไฟฟ้า ภาพ (ข) แสดงวงจรตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้แบ่งแรงดัน และ ภาพ (ค) แสดงวงจรเสมือนวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่า ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานไฟฟ้า 2 ตัวต่ออนุกรมกัน



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.33 การใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

เมื่อปรับตัวต้านทานไฟฟ้าไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลาง หรือค่าความต้านทานไฟฟ้าครึ่งหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า หากปรับค่าความต้านทานไฟฟ้าให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ขา 2 มากขึ้น หรือลดลงก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขา 3 มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตาม ดังแสดงในภาพที่ 5.34

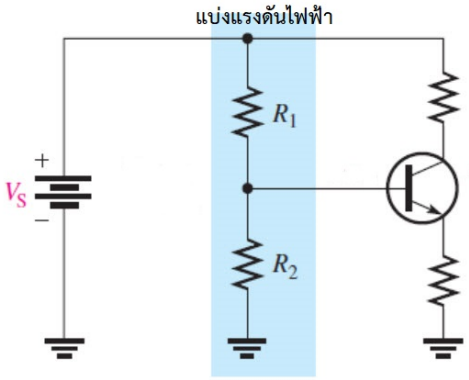


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.34 ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการปรับค่าความต้านทานไฟฟ้า

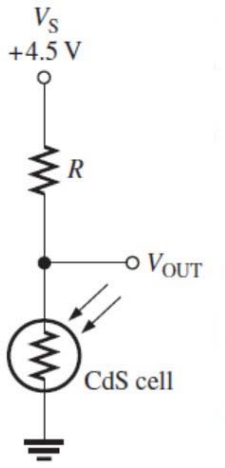
ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.157)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า เช่นการปรับความดังของเสียงในเครื่องเสียงต่างๆ เช่นวิทยุ โทรศัพท์ เครื่องขยายเสียง เป็นต้น จะใช้ตัวต้านทานไฟฟ้าปรับค่าได้ปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานไฟฟ้ามากหรือน้อยก็จะทำให้เสียงดังขึ้น หรือลดลง การนำไปใช้ในวงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 5.35



ภาพที่ 5.35 การไบอัสทรานซิสเตอร์โดยใช้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 5.15 สมมติว่าเซลล์แสงอาทิตย์ในภาพที่ 5.36 ใช้แบตเตอรี่ AA จำนวน **3** ก้อนต่ออนุกรมกันเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (4.5V) เมื่อเกิดความมืด (เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสง) ความต้านทานของเซลล์จะเพิ่มขึ้นจากความต้านทานต่ำไปที่ 90kΩ เซลล์แสงอาทิตย์ถูกใช้ในการกระตุ้นวงจรลอจิกที่จะเปิดไฟถ้ามีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมมากกว่า 1.5V จงหาค่าความต้านทานที่จะทำให้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ 1.5V เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเป็น 90kΩ



ภาพที่ 5.36 การไบอัสเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.158)

แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการนำไปใช้กระตุ้นวงจรลอจิกที่จะเปิดไฟมีค่า 1.5V ซึ่งมีค่าเป็น 1 ใน 3 ของแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (4.5V) ดังนั้นค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมจึงเป็น 3 เท่าของความต้านทานภายในของเซลล์แสงอาทิตย์

$$R_T = 3 \times 90k\Omega = 270k\Omega$$

$$\therefore \quad R = R_T - 90k\Omega$$

$$= 270k\Omega - 90k\Omega = 180k\Omega$$

5.9 กำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

สำหรับการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรมนั้น สามารถหาได้จากผลรวมของกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจรอนุกรม โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + P_n \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.10)$$

P_T คือ กำลังไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

P_1 , P_2 , P_3 คือ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าตัวที่ 1, 2 และ 3 มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

P_n คือ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าตัวที่ n มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

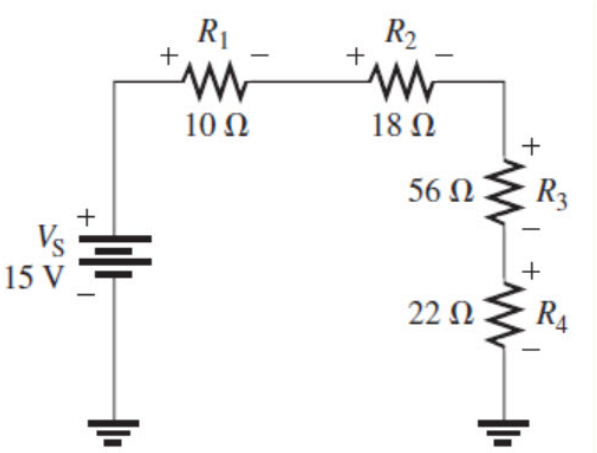
นอกจากนั้นยังสามารถใช้ค่าแรงดัน กระแส และความต้านทานไฟฟ้าคำนวณหากำลังไฟฟ้าได้ดังสมการ 5.11 ถึง 5.13

$$P_T = V_S \times I \quad \text{.....(5.11)}$$

$$P_T = I^2 \times R_T \quad \text{.....(5.12)}$$

$$P_T = \frac{V_S^2}{R_T} \quad \text{.....(5.13)}$$

ตัวอย่างที่ 5.16 จากวงจรในภาพที่ 5.37 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ารวม และกำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวในวงจร



ภาพที่ 5.37 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.16

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.160)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$= 10\Omega + 18\Omega + 56\Omega + 22\Omega = 106\Omega$$

$$P_T = \frac{(V_S)^2}{R_T} = \frac{(15)^2\,V}{106\Omega} = \frac{225V}{106\Omega} = 2.12W$$

หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{V_S}{R_T} = \frac{15V}{106\Omega} = 0.142A$$

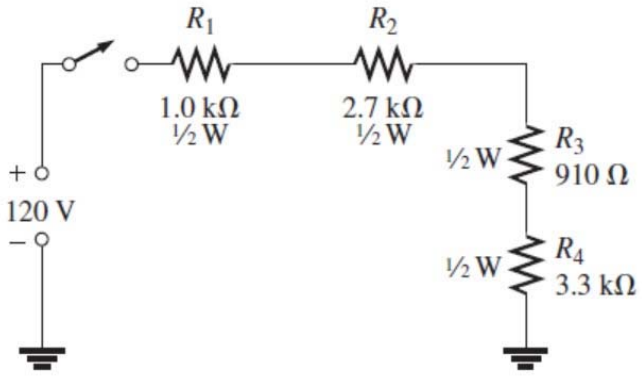
หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว

$$P_1 = I_T^2 \times R_1 = 0.142^2 A \times 10\Omega = 0.20A$$

$$P_2 = I_T^2 \times R_2 = 0.142^2 A \times 18\Omega = 0.36A$$

$$P_3 = I_T^2 \text{ x } R_3 = 0.142^2\text{A x } 56\Omega = 1.13\text{A}$$
$$P_4 = I_T^2 \text{ x } R_4 = 0.142^2\text{A x } 22\Omega = 0.44\text{A}$$

ตัวอย่างที่ 5.17 จากวงจรในภาพที่ 5.38 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวในวงจร และพิจารณาดูว่ากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจรมีค่าเหมาะสมหรือไม่



ภาพที่ 5.38 วงจรไฟฟ้าตัวอย่างที่ 5.17

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.161)

หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I_T = \frac{V_S}{R_T} = \frac{120\text{V}}{1\text{k}\Omega + 2.7\text{k}\Omega + 910\Omega + 3.3\text{k}\Omega}$$
$$= \frac{120\text{V}}{7.91\text{k}\Omega} = 15\text{mA}$$

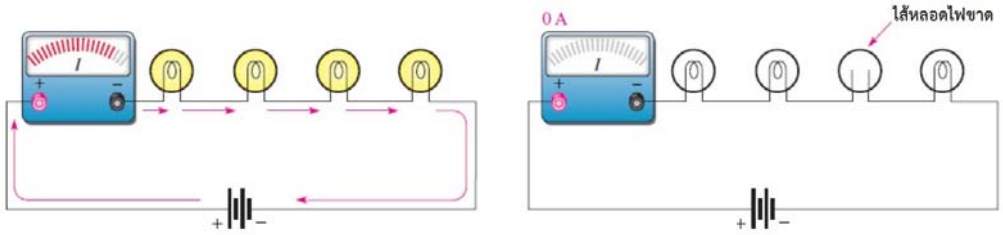
หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว

$$P_1 = I_T^2 \text{ x } R_1 = 15^2\text{mA x } 1\text{k}\Omega = 225\text{mA}$$
$$P_2 = I_T^2 \text{ x } R_2 = 15^2\text{mA x } 2.7\text{k}\Omega = 608\text{mA}$$
$$P_3 = I_T^2 \text{ x } R_3 = 15^2\text{mA x } 910\Omega = 205\text{mA}$$
$$P_4 = I_T^2 \text{ x } R_4 = 15^2\text{mA x } 3.3\text{k}\Omega = 743\text{mA}$$

จากค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัวที่คำนวณได้ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้า R_2 และ R_4 มีค่ามากกว่ากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อใช้งานไปนานๆ จะเกิดความร้อนที่ตัวต้านทานไฟฟ้าทั้งสอง และสามารถทำให้เกิดการไหม้ได้

ในวงจรอนุกรมนั้น เมื่อเกิดการเปิดวงจร (Open circuit) ขึ้น จะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ดังเช่นในภาพที่ 5.39 นำหลอดไฟมาต่ออนุกรมกันตามภาพ (ก) เมื่อต่อครบวงจรจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟทุกดวงในวงจรเท่าๆ กัน ทำให้หลอดไฟทุกดวงติดสว่าง แต่ถ้าหลอดไฟ

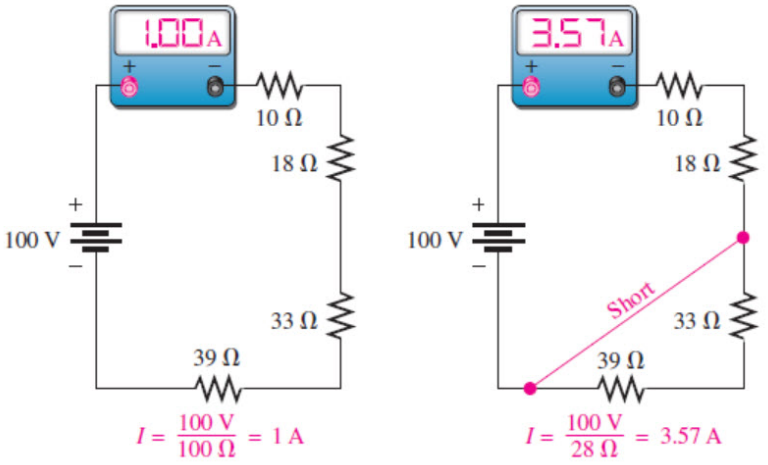
ดวงใดดวงหนึ่งเกิดไส้หลอดไฟขาดจะทำให้เกิดการเปิดวงจรจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเป็นผลทำให้หลอดไฟทุกดวงดับหมดตามภาพ (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 5.39 การเปิดวงจรในวงจรอนุกรม

ส่วนในกรณีการลัดวงจร (Short circuit) เมื่อเกิดการรัดวงจรจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในส่วนที่เกิดการลัดวงจร ในภาพที่ 5.40 (ข) เมื่อเกิดการลัดวงจรบริเวณตัวต้านทานไฟฟ้า 33Ω และ 39Ω กระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้าทั้ง 2 ตัว ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมของวงจรจะลดลงเหลือเพียง 28Ω ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มขึ้นเป็น $3.57A$



(ก) (ข)

ภาพที่ 5.40 การลัดวงจรในวงจรอนุกรม

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.168)

บทสรุป

- กระแสไฟฟ้าทุกจุดในวงจรอนุกรมจะมีค่าเท่ากันหมด
- ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมคือผลรวมของค่าความต้านทานไฟฟ้าทุกตัวในวงจรอนุกรม

• ถ้าค่าความต้านทานไฟฟ้าทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากัน ค่าความต้านทานรวมคำนวณได้จากจำนวนตัวต้านทานทั้งหมดคูณด้วยค่าของความต้านทานไฟฟ้า

• การต่ออนุกรมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต้องคำนึงถึงขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วย การต่อขั้วบวกกับขั้วลบ แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ต่อขั้วบวกกับขั้วบวก หรือขั้วลบกับขั้วลบ แรงดันไฟฟ้าจะลดลง

• กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์คือผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรปิด 1 วงจรมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

• วงจรอนุกรมตัวต้านทานไฟฟ้าสามารถนำมาประยุกต์เป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้

• กำลังไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรมคือผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่โหลดทุกตัวในวงจรอนุกรม

• เมื่อเกิดการเปิดวงจรในวงจรอนุกรมจะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

• เมื่อเกิดการลัดวงจรจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจร ทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมของวงจรลดลง เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

• สมการหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_N$$

• สมการหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม เมื่อตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด $R_T = n.R$

• สมการแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ $V_S = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_N$

• สมการการแบ่งแรงดันไฟฟ้า $V_X = \left(\frac{R_X}{R_T}\right).V_S$

• สมการกำลังไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + ... + P_N$

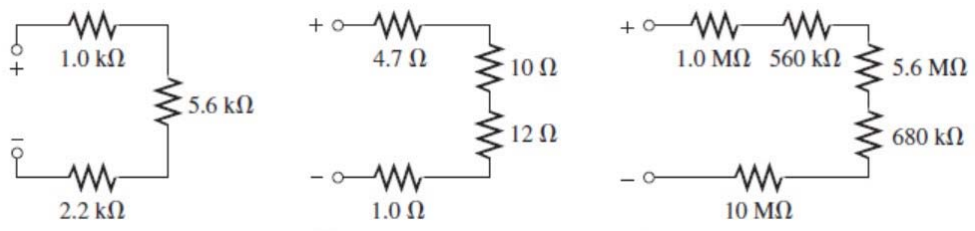
• สมการกำลังไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม $P_T = V_S \text{ x } I$

• สมการกำลังไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม $P_T = I^2 x\, R_T$

• สมการกำลังไฟฟ้ารวมในวงจรอนุกรม $P_T = \frac{V_S^{\,2}}{R_T}$

แบบฝึกหัด

1. จากภาพวงจรอนุกรม จงหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวม



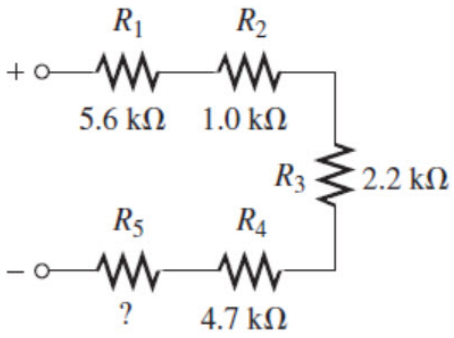
(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5.41 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.1

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.176)

2. จงคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้ารวม เมื่อนำตัวต้านทานไฟฟ้า $2.2\text{k}\Omega$ จำนวน 10 ตัว มาต่ออนุกรมกัน

จงใช้ภาพที่ 5.42 คำนวณค่าต่างๆ ในข้อ 3 ถึง 6



ภาพที่ 5.42 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.2

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.176)

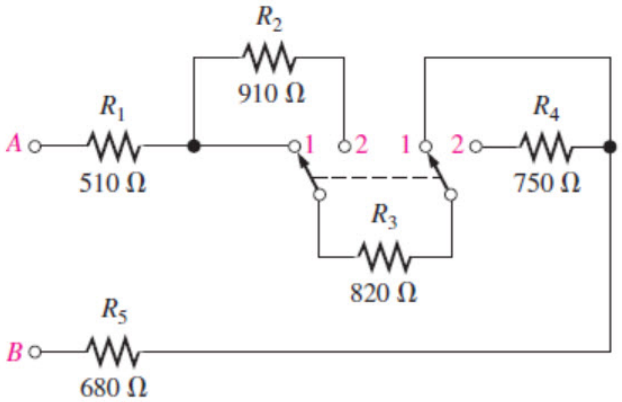
3. จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้า R_5 เมื่อวงจรอนุกรมมีค่าความต้านทานไฟฟ้ารวม $15\text{k}\Omega$

4. ถ้าตัวต้านทานไฟฟ้า R_5 มีค่า $6.5\text{k}\Omega$ เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 80V กับตัวต้านทานไฟฟ้าจะมีกระแสไฟฟ้าในวงจรเท่าไร

5. ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานไฟฟ้า 10mA จะมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 และ R_2 เท่าไร

6. ถ้ามีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า R_3 เท่ากับ 10V จะเกิดกำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าเท่าไร

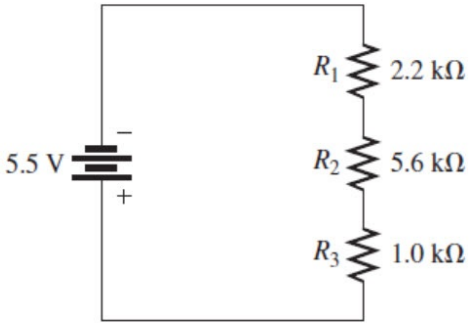
7. จงหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมเมื่อสวิตช์เลือกอยู่ในตำแหน่ง 1 และ 2



ภาพที่ 5.43 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.3

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.176)

8. จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว

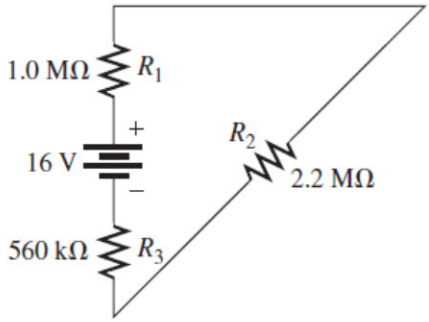


ภาพที่ 5.44 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.4

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.177)

9. จากวงจรในภาพที่ 5.44 ในข้อ 8 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานไฟฟ้าทุกตัว

10. จงหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจร

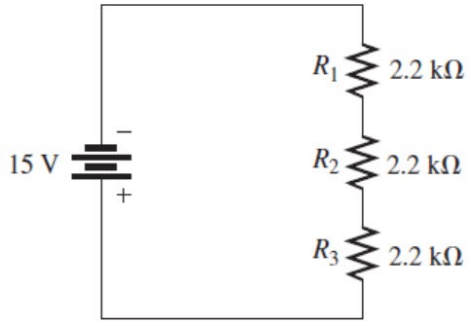


ภาพที่ 5.45 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.5

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.177)

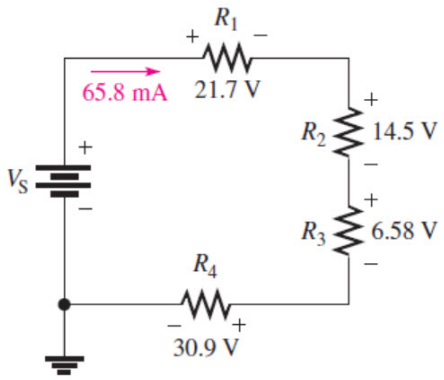
11. จากวงจรในภาพที่ 5.45 ในข้อ 10 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า $\mathbf{R}_3$

12. จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว



ภาพที่ 5.46 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.6

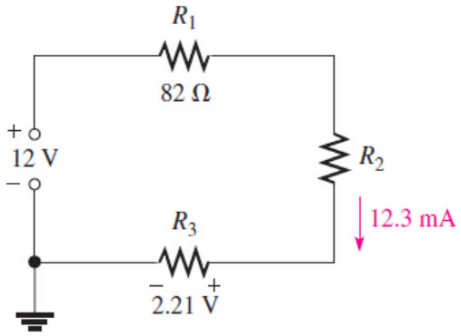
13. จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว



ภาพที่ 5.47 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.7

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.177)

14. จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานไฟฟ้า R_1 และ R_2

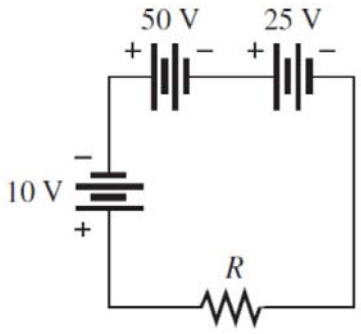


ภาพที่ 5.48 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.8

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.177)

15. จากวงจรในภาพที่ 5.48 ในข้อ 14 จงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของวงจร

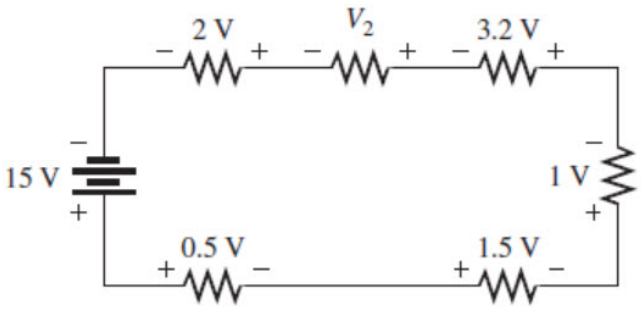
16. จงหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของแหล่งจ่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 5.49 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.9

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.178)

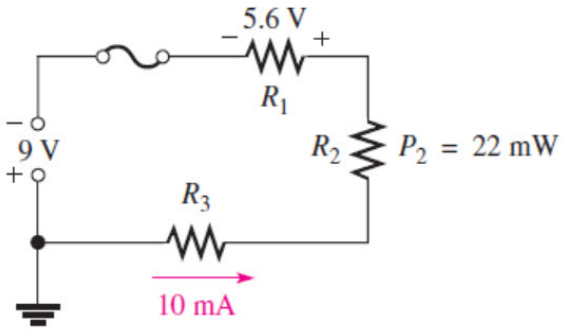
17. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_2 มีค่าเท่าไร



ภาพที่ 5.50 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.10

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.178)

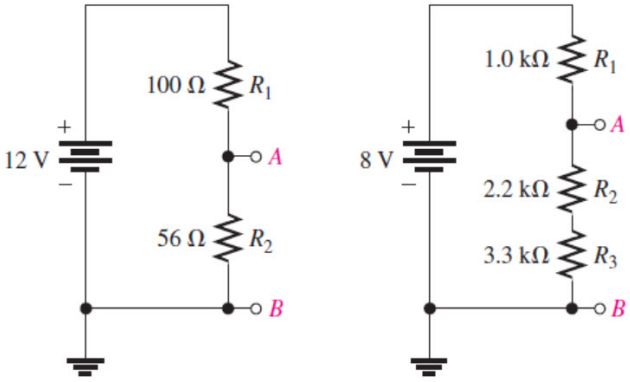
18. จงคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของตัวต้านทานไฟฟ้าแต่ละตัว



ภาพที่ 5.51 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.11

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.179)

19. จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด AB ในภาพที่ 5.52 (ก) และ (ข)

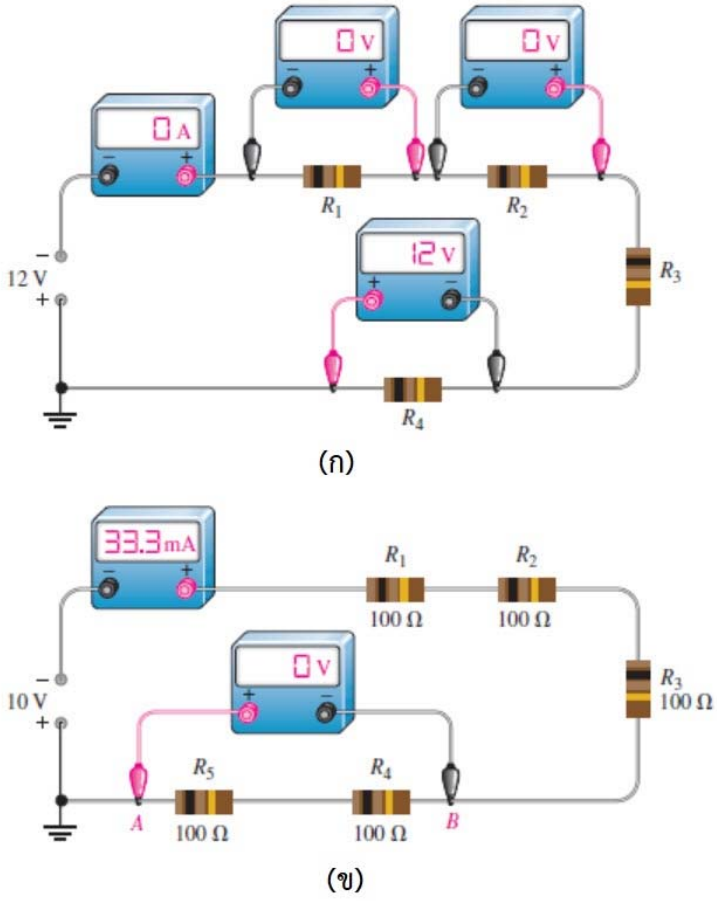


(ก) (ข)

ภาพที่ 5.52 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.12

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.180)

20. จากภาพที่ 5.53 (ก) และ (ข) จงพิจารณาว่าตัวต้านทานไฟฟ้าตัวใดที่ลัดวงจร



ภาพที่ 5.53 วงจรไฟฟ้าแบบฝึกหัด 5.13

ที่มา: Thomas L. Floyd (2014, p.182)

เอกสารอ้างอิง

Thomas L. Floyd. (2014). **Principles of Electric Circuit: Conventional Current Version, Ninth Edition.** Pearson Education Limited, England.