

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่ว ๆ ไปจะกล่าวถึงค่าปริมาณทางไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องกับกรวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความต้านทาน และค่ากระแสไฟฟ้า ลักษณะของวงจรไฟฟ้ากระแสตรงจะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าหรือเรียกว่า ซอร์ส (Source) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ค่าแรงดันไฟฟ้าจะเป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จำเป็นในการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นได้จากเซลล์ไฟฟ้าหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งลักษณะของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะมีอยู่ 2 ขั้ว ได้แก่ ขั้วบวก (+) และขั้วลบ (-) ในการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมีลักษณะการต่อวงจรแบบปิด (Closed Circuit) กระแสไฟฟ้าไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านสะพานไฟหรือคัทเอาต์ (Cut-Out) ผ่านสวิตช์ (Switch) ผ่านโหลด (Load) ตัวต้านทาน หรือโหลดหลอดไฟ แล้วไหลกลับมาที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าอีกครั้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ครบวงจร และลักษณะการต่อวงจรแบบเปิด (Open Circuit) กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าผ่านสะพานไฟจนถึงจุดเชื่อมต่อปิดสวิตช์จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านให้ครบวงจรได้ จากคุณสมบัติของการต่อวงจรค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามแต่วิธีการต่อวงจรมัน ๆ ซึ่งสามารถนำกฎของโอห์มมาคำนวณหาค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ โดยผู้เรียบเรียงได้กล่าวอย่างละเอียดผ่านมาแล้วในบทที่ 1 ซึ่งในบทเรียนนี้จะกล่าวถึงสาระสำคัญในการต่อวงจรและการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม วงจรไฟฟ้าแบบขนาน และวงจรไฟฟ้าแบบผสม จากเนื้อหาดังกล่าวซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าพื้นฐานไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์วงจรที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นในบทเรียนถัดไป

#### วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) เป็นการต่อวงจรไฟฟ้าที่มีโหลดหลาย ๆ ตัวในวงจรต่อเรียงกันเป็นลำดับเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านโหลดทุกตัวเท่ากัน แต่แรงดันที่ตกคร่อมโหลดแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของโหลดแต่ละตัว และได้มีผู้กล่าวถึงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีดังนี้

จอร์จวัตสัน โจอันน้อม (2543 : 25-29) กล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ที่นำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเรียงกันตามลำดับและเชื่อมต่อวงจรเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งจะถูกเรียกว่า วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

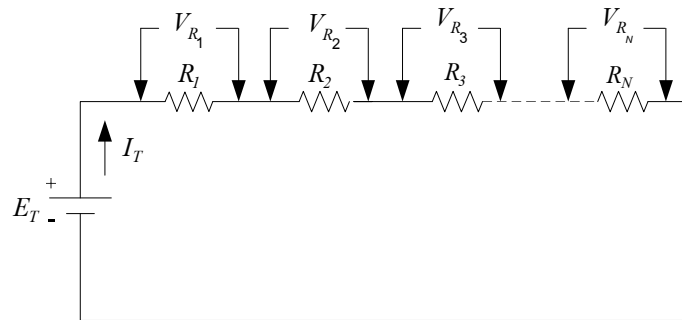
เพราะในวงจรจะมีทิศทางที่กระแสไฟฟ้าไหลเพียงทิศทางเดียว โดยที่กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวภายในวงจรจะมีค่าเท่ากัน และค่าแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับผลคูณของกระแสที่ผ่านตัวต้านทานกับค่าความต้านทานนั้น

**ประสิทธิ์ ภูสมมา (2553 : 49-51)** กล่าวว่า การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นการนำอุปกรณ์ตัวต้านทานมาต่อเรียงกัน โดยด้านปลายของตัวต้านทานตัวที่ 1 ซึ่งจะต่ออยู่กับด้านต้นของขาอุปกรณ์ตัวต้านทานตัวที่ 2 ปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่ 2 จะต่อเข้ากับด้านต้นสายตัวต้านทานตัวที่ 3 เป็นการต่อวงจรลักษณะนี้ไปเรื่อย ๆ ภายในวงจร และในการวิเคราะห์ห้วงจรกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรอนุกรมจะมีค่าเท่ากัน กล่าวคือกระแสที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากันทั้งหมดในวงจร

**วิชญ บัวเทศ (2558 : 36)** กล่าวว่า การต่อวงจรแบบอนุกรมเป็นการนำตัวต้านทานมาต่อเรียงกัน ซึ่งผลของการต่อวงจรแบบอนุกรมจะมีค่าความต้านทานรวมเพิ่มขึ้นตามจำนวนความต้านทานที่นำมาต่อกันภายในวงจร ในการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจรจะมีค่าเท่ากันหมดในวงจร และการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะไม่เท่าหมดโดยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานมากหรือน้อย แต่ถ้าหากนำผลรวมของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกันจะมีค่าแรงดันเท่ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

**Smith (1995 : 32)** กล่าวว่า ในการต่อวงจรแบบอนุกรม เป็นการนำเอาตัวต้านทานมาต่อเรียงกัน โดยปลายของตัวต้านทานตัวที่ 1 จะต่ออยู่กับด้านต้นสายของตัวต้านทานตัวที่ 2 จากนั้นปลายสายของตัวต้านทานตัวที่ 2 ต่อเข้ากับด้านต้นสายตัวต้านทานตัวที่ 3 จะเป็นรูปแบบการต่อวงจรในลักษณะนี้ไปเรื่อย ๆ ในกรณีที่มีตัวต้านทานจำนวน  $n$  ตัว

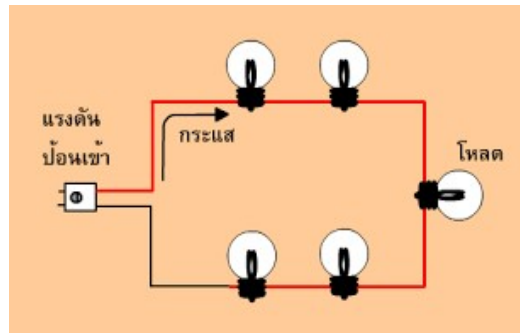
ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การต่อวงจรแบบอนุกรมเป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อวงจรเรียงลำดับกันไป กล่าวคือการนำปลายด้านใดด้านหนึ่งของอุปกรณ์ตัวที่หนึ่งมาต่อกับอุปกรณ์ตัวที่สอง จากนั้นนำปลายที่เหลือของอุปกรณ์ตัวที่สองไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวที่สาม และต่อในรูปแบบนี้เรียงกันไปเรื่อย ๆ จนถึงอุปกรณ์ตัวสุดท้ายให้ต่อปลายที่เหลือเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และในการวิเคราะห์วงจรแบบอนุกรมวิธีการคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าเท่ากับค่าตัวต้านทานย่อยทั้งหมดรวมกันภายในวงจร วิธีการคำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจรเท่ากันตลอดหรือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดแต่ละจุดในวงจรมีค่าเดียวกัน และวิธีการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกันจะมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า สามารถแสดงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ ดังภาพที่ 4.1 - ภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 ลักษณะการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

ที่มา : วิษณุ บัวเทศ (2558 : 63)

จากภาพที่ 4.1 เป็นการต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรมจะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าและตัวต้านทานต่อเรียงกันตามลำดับของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม และสามารถแสดงการต่อวงจรโดยการนำหลอดไฟต่อเรียงกันแบบอนุกรม ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ลักษณะการต่อหลอดไฟแบบอนุกรม

ที่มา : ปองพล กำจัดภัย (2558 : 2)

จากภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 เป็นการนำหลอดมาต่อในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วยหลอดไฟ และตัวต้านทานเมื่อต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรโดยมีกระแสไฟฟ้ารวมของวงจรทั้งหมด (Current Total) ใช้ตัวย่อว่า  $I_T$  และแรงดันไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร (Voltage Total) ใช้ตัวย่อว่า  $E_T$  จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโพลต์แต่ละตัวรวมกันสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวม ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม และค่ากระแสไฟฟ้ารวมได้จากสมการดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N \quad (1)$$

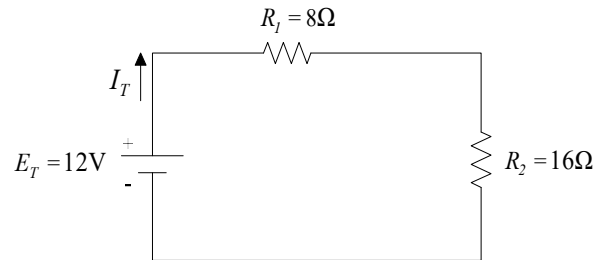
$$E_T = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + \dots + V_{R_N} \quad (2)$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_N \quad (3)$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม จึงขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้างดตัวอย่างที่ 4.1 ถึงตัวอย่างที่ 4.3

**ตัวอย่างที่ 4.1** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.3

1. ค่าความต้านทานรวมของวงจร ( $R_T$ )
2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )
3. ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว และค่าแรงดันไฟฟ้ารวม



ภาพที่ 4.3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

**วิธีทำ**

1. หาค่าความต้านทานรวมภายในวงจร

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 \\ &= 8\Omega + 16\Omega \\ &= 24\Omega \end{aligned}$$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมภายในวงจร

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{E_T}{R_T} \\ &= \frac{12V}{24\Omega} \\ &= 0.5A \end{aligned}$$

3. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  $R_1$  และ  $R_2$

$$\begin{aligned} V_{R_1} &= I_T \times R_1 \\ &= 0.5A \times 8\Omega \\ &= 4V \end{aligned}$$

$$V_{R_2} = I_T \times R_2$$

$$= 0.5\text{A} \times 16\Omega$$

$$= 8\text{V}$$

4. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_1$  และ  $R_2$

$$I_1 = \frac{V_{R_1}}{R_1}$$

$$= \frac{4\text{V}}{8\Omega}$$

$$= 0.5\text{A}$$

$$I_2 = \frac{V_{R_2}}{R_2}$$

$$= \frac{8\text{V}}{16\Omega}$$

$$= 0.5\text{A}$$

5. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมทั้งหมดภายในวงจร

$$E_T = I_T \times R_T$$

$$= 0.5\text{A} \times 24\Omega$$

$$= 12\text{V}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าความต้านทานรวมภายในวงจร  $R_T$  มีค่าเท่ากับ  $24\Omega$

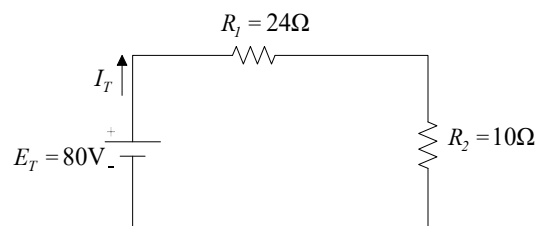
ค่ากระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่ากับ  $0.5\text{A}$

ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวและค่าแรงดันไฟฟ้ารวม

และค่าแรงดันไฟฟ้ารวม มีค่าเท่ากับ  $12\text{V}$

**ตัวอย่างที่ 4.2** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.4

1. ค่ากระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )
2. ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวและค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
3. ค่ากำลังไฟฟ้า  $P_1$ ,  $P_2$  และ  $P_T$



ภาพที่ 4.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมในการหาค่ากำลังไฟฟ้า

วิธีทำ

1. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมภายในวงจร

$$R_T = R_1 + R_2 = 24\Omega + 10\Omega = 34\Omega$$

$$I_T = \frac{E_T}{R_T} = \frac{80V}{34\Omega} = 2.35A$$

2. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  $R_1$  และ  $R_2$

$$V_{R_1} = I_T \times R_1 = 2.35A \times 24\Omega = 56.40V$$

$$V_{R_2} = I_T \times R_2 = 2.35A \times 10\Omega = 23.50V$$

$$E_T = I_T \times R_T = 2.35A \times 34\Omega = 79.90V \approx 80V$$

3. หาค่ากำลังไฟฟ้า  $P_1$ ,  $P_2$  และ  $P_T$

$$P_1 = V_{R_1} \times I_T = 56.40V \times 2.35A = 132.54W$$

$$P_2 = V_{R_2} \times I_T = 23.50V \times 2.35A = 55.22W$$

$$P_T = P_1 + P_2 = 132.54W + 55.22W = 187.76W$$

หรือ 
$$P_T = I^2 \times R_T = (2.35A)^2 \times 34\Omega = 187.76W$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า

ค่ากระแสไฟฟ้ารวม มีค่าเท่ากับ 2.35A

ค่าแรงดันตกคร่อม  $R_1$  มีค่าเท่ากับ 56.40V และ  $R_2$  มีค่าเท่ากับ 23.50V

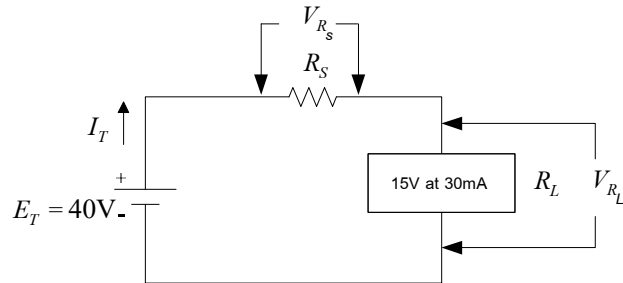
ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม มีค่าเท่ากับ 80V

ค่ากำลังไฟฟ้า  $P_1$  มีค่าเท่ากับ 132.54W และ  $P_2$  มีค่าเท่ากับ 55.22W

และกำลังไฟฟ้ารวม มีค่าเท่ากับ 187.76W

ตัวอย่างที่ 4.3 จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.5

1. ค่าความต้านทาน  $R_L$
2. ค่าค่าความต้านทาน  $R_S$



ภาพที่ 4.5 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมสำหรับการหาค่า  $R_S$  และ  $R_L$

#### วิธีทำ

1. หาค่าความต้านทาน  $R_L$  ภายในวงจร

$$R_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{15V}{30mA} = 500\Omega$$

2. หาค่าความต้านทาน  $R_S$

$$V_S = V_T - V_L = 40V - 15V = 25V$$

$$R_S = \frac{V_S}{I_L} = \frac{25V}{30mA} = 833.33\Omega$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าความต้านทาน  $R_L$  มีค่าเท่ากับ 500Ω และความต้านทาน  $R_S$  มีค่าเท่ากับ 833.33Ω

#### วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

วงจรแบบขนาน (Parallel Circuit) เป็นการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวต้านทานจำนวน 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงแบบขนานกัน โดยการนำปลายด้านเดียวกันของตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อเข้า

ด้วยกัน แล้วทำการต่อปลายของตัวต้านทานแต่ละตัวที่ต่อรวมกันแล้วนั้นเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และได้มีผู้กล่าวถึงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน มีดังนี้

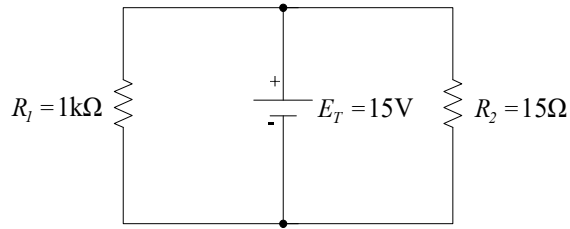
**จรรยาวัณน์ ใจอ่อนน้อม (2543 : 49-51)** กล่าวว่า วงจรแบบขนานเป็นการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นภาระไฟฟ้า (Load) เช่น ตัวต้านทานจำนวน 2 ตัว หรือมากกว่าต่อคร่อมเข้ากับขั้วของแหล่งจ่ายไฟฟ้าตัวเดียวกัน ในการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจรกล่าวคือกระแสที่เป็นผลรวมของกระแสที่ไหลในแต่ละสาขาย่อยของวงจรหรือคือกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา และในการคำนวณหาค่าความต้านทานรวมทั้งหมดในวงจรไฟฟ้าแบบขนานโดยใช้กฎของโอห์ม

**วัชรพงษ์ ยงไสว (2545 : 3)** กล่าวว่า ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบขนานตามคุณสมบัติของวงจรแบบขนานสามารถหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่มาจากวงจรสาขาย่อยจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย เนื่องจากตัวต้านทานแต่ละตัวทำการต่อวงจรแบบขนานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า วิธีการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าสาขาย่อยทั้งหมดรวมกัน กล่าวคือกระแสที่ไหลเข้าจะเท่ากับกระแสที่ไหลออก และค่าความต้านทานรวมของวงจรขนานจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร

**ประสิทธิ์ ภูสมมา (2553 : 49)** กล่าวว่า ลักษณะของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นการนำตัวต้านทานมาต่อให้กระแสไหลได้หลายทาง ในส่วนค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานจะมีค่าเท่ากันทุกตัวหรือกล่าวได้ว่าในวงจรไฟฟ้าแบบขนานมีแรงดันไฟฟ้าเพียงค่าเดียว และรูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน โดยการนำขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามาเชื่อมต่อกับขั้วต้นของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวต้านทานตัวที่ 1 และตัวต้านทานตัวที่ 2 ต่อเข้าหากัน และนำขั้วลบของแหล่งจ่ายมาเชื่อมต่อกับขั้วปลายของตัวต้านทานตัวที่ 1 และตัวต้านทานตัวที่ 2 จะเห็นได้ว่ามีจุดเชื่อมต่อกันรวมแล้วเพียง 2 จุด ซึ่งในการคำนวณหาค่ากระแสที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายจะถูกแบ่งกระแสที่ไหลไปหาตัวต้านทานตัวที่ 1 และตัวต้านทานตัวที่ 2 ภายในวงจร

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การต่อวงจรแบบขนานเป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาเชื่อมต่อกับวงจรจำนวน 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงแบบขนานกัน กล่าวคือการนำปลายด้านเดียวกันของอุปกรณ์แต่ละตัวมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันแล้วต่อปลายของอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่อกันแล้วทำการเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และในการวิเคราะห์วงจรแบบขนานวิธีการคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่มาจากวงจรย่อยจะมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า วิธีการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจรขนานจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าย่อยทั้งหมดรวมกัน และวิธีการคำนวณหาค่าความต้านทานรวมในวงจรขนานจะมีค่าน้อยกว่าหรือจะมีค่าเท่ากับตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร สามารถแสดงวงจรไฟฟ้าแบบขนานที่นิยมนำไปใช้งานต่าง ๆ เช่น การต่อหลอดไฟ เป็นต้น และสามารถแสดงการต่อตัวต้านทานแบบขนาน ดังภาพที่ 4.6

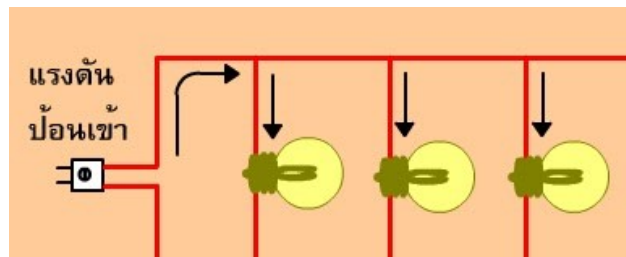




ภาพที่ 4.6 การต่อวงจรขนาน 2 สาขา

ที่มา : จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม (2543 : 49)

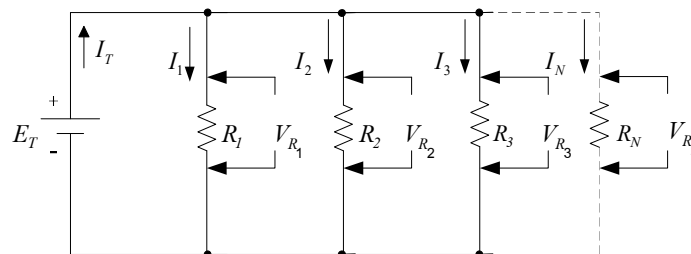
จากภาพที่ 4.6 เป็นการนำตัวต้านทานมาต่อวงจรแบบขนานจะประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และตัวต้านทาน ซึ่งสามารถแสดงการต่อวงจรโดยการนำหลอดไฟมาต่อรวมกันแบบขนาน ดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 การต่อหลอดไฟแบบขนาน

ที่มา : ธมนวรรณ วัฒนกิจสุนทร (2559 : 2)

จากภาพที่ 4.7 เป็นลักษณะการนำวงจรไฟฟ้าแบบขนานไปใช้งานโดยทั่วไป เช่น การต่อหลอดไฟฟ้าขนาด 100W จำนวน 4 หลอด เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนานกันที่เต้ารับจุดเดียวกัน และจากคุณสมบัติวงจรไฟฟ้าขนานหรือการต่อตัวต้านทานคร่อมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ลักษณะตัวต้านทานต่อคร่อมแหล่งจ่ายไฟฟ้า

ที่มา : ประสิทธิ์ ภูสมมา (2553 : 66)

จากภาพที่ 4.8 สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานรวม ค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจร และค่าแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการ (Agarwal & Lang, 2005 : 83) ดังนี้

1. สมการหาค่าความต้านทานรวมของวงจร

กรณี ตัวต้านทานขนานกันหลายตัว ซึ่งผลรวมของส่วนกลับของความต้านทานทุกตัวในวงจรรวมกันได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (4)$$

กรณี ตัวต้านทานขนานกันหลายตัว ซึ่งใช้หลักการหาค่าความต้านทานทุกตัวในวงจรได้จากสมการที่ 2 ดังนี้

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}} \quad (5)$$

กรณี ตัวต้านทานขนานกัน 2 ตัวได้จากสมการที่ 3 ดังนี้

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

2. สมการหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาไหลรวมกัน จากสมการดังนี้

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N \quad (7)$$

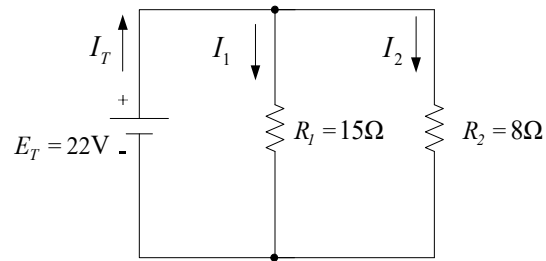
3. สมการหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจรจะเท่ากันและเท่ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากสมการดังนี้

$$E_T = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = V_{R_N} \quad (8)$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบขนาน จึงยกตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้างดตัวอย่างที่ 4.4 ถึงตัวอย่างที่ 4.5

**ตัวอย่างที่ 4.4** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.9

1. หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว และค่าความต้านทานรวม
2. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว และค่ากระแสไฟฟ้ารวม



ภาพที่ 4.9 วงจรขนานที่มีตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน

### วิธีทำ

1. หาค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) ภายในวงจร

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{15\Omega \times 8\Omega}{15\Omega + 8\Omega} \\ &= 5.21\Omega \end{aligned}$$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

$$\begin{aligned} V_{R_1} &= E_T = 22V \\ I_1 &= \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{22V}{15\Omega} \\ &= 1.46A \\ V_{R_2} &= E_T = 22V \\ I_2 &= \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{22V}{8\Omega} \\ &= 2.75A \end{aligned}$$

3. หาค่ากระแสไฟฟ้าวรวมภายในวงจร

$$\begin{aligned} I_T &= I_1 + I_2 = 1.46A + 2.75A \\ &= 4.21A \end{aligned}$$

4. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_{R_1} = I_1 \times R_1 = 1.46A \times 15\Omega$$

$$\begin{aligned}
 &= 22V \\
 V_{R_2} &= I_2 \times R_2 = 2.75A \times 8\Omega \\
 &= 22V \\
 \text{และ } V_{R_1} &= V_{R_2} = E_T = 22V
 \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า

ค่าความต้านทานรวมภายในวงจร มีค่าเท่ากับ  $5.21\Omega$

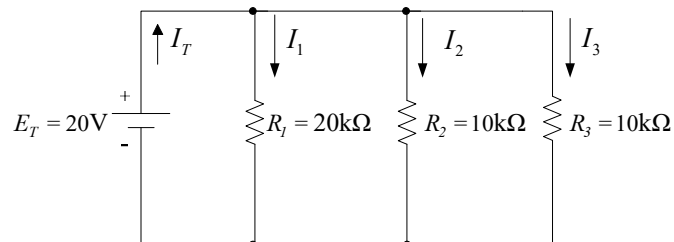
ค่ากระแสไหลผ่าน  $R_1$  มีค่าเท่ากับ  $1.46A$  และ  $R_2$  มีค่าเท่ากับ  $2.75A$

ค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $4.21A$

และค่าแรงดันตกคร่อม  $R_1$  มีค่าเท่ากับ  $22V$  และ  $R_2$  มีค่าเท่ากับ  $22V$

**ตัวอย่างที่ 4.5** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.10

1. ค่าความต้านทานรวมของวงจร
2. ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวและค่ากระแสไฟฟ้ารวม
3. ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



ภาพที่ 4.10 วงจรไฟฟ้าแบบขนานที่มีตัวต้านทาน 3 ตัวต่อขนานกัน

**วิธีทำ**

1. หาค่าความต้านทานรวมภายในวงจร

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการที่ 1} \quad \frac{1}{R_T} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\
 &= \frac{1}{20k\Omega} + \frac{1}{10k\Omega} + \frac{1}{10k\Omega} \\
 \frac{1}{R_T} &= \frac{1+2+2}{20} = \frac{5}{20} \\
 R_T &= \frac{20}{5} \\
 &= 4k\Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หรือจากสมการที่ 2} \quad R_T &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \\
 &= \frac{1}{\frac{1}{20\text{k}\Omega} + \frac{1}{10\text{k}\Omega} + \frac{1}{10\text{k}\Omega}} \\
 &= \frac{1}{0.05 + 0.1 + 0.1} \\
 &= 4\text{k}\Omega
 \end{aligned}$$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{E_T}{R_1} \\
 &= \frac{20\text{V}}{20\text{k}\Omega} \\
 &= 1\text{mA} \\
 I_2 &= \frac{E_T}{R_2} = \frac{20\text{V}}{10\text{k}\Omega} \\
 &= 2\text{mA} \\
 I_3 &= \frac{E_T}{R_3} = \frac{20\text{V}}{10\text{k}\Omega} \\
 &= 2\text{mA}
 \end{aligned}$$

3. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมภายในวงจร

$$\begin{aligned}
 I_T &= I_1 + I_2 + I_3 = 1\text{mA} + 2\text{mA} + 2\text{mA} \\
 &= 5\text{mA} \\
 \text{หรือ} \quad I_T &= \frac{E_T}{R_T} = \frac{20\text{V}}{4\text{k}\Omega} \\
 &= 5\text{mA}
 \end{aligned}$$

4. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

-แรงดันตกคร่อม  $R_1$

$$\begin{aligned}
 V_{R_1} &= I_1 \times R_1 = 1\text{mA} \times 20\text{k}\Omega \\
 &= 20\text{V}
 \end{aligned}$$

-แรงดันตกคร่อม  $R_2$

$$V_{R_2} = I_2 \times R_2 = 2\text{mA} \times 10\text{k}\Omega$$

$$= 20V$$

-แรงดันตกคร่อม  $R_3$

$$V_{R_3} = I_3 \times R_3 = 2mA \times 10k\Omega = 20V$$

$$\text{และ } V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = E_T = 20V$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า

ค่าความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $4k\Omega$

ค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1$  มีค่าเท่ากับ  $1mA$

$I_2$  มีค่าเท่ากับ  $2mA$

และ  $I_3$  มีค่าเท่ากับ  $2mA$

ค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $5mA$

ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว มีค่าเท่ากับ  $20V$

## วงจรไฟฟ้าแบบผสม

วงจรไฟฟ้าแบบผสม (Combination Circuit) เป็นการต่อตัวต้านทานในวงจรร่วมกันระหว่างการต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนาน กล่าวคือการนำวงจรแบบอนุกรมและแบบขนานมาต่อวงจรรวมกันภายในวงจรเดียวกัน โดยการคำนวณหาค่าความต้านทานรวมต้องหาค่าในแต่ละสาขาย่อยภายในวงจร แล้วทำการยุบวงจรและนำมาคำนวณหาค่ารวมทั้งหมดในวงจร และได้มีผู้กล่าวถึงการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม มีดังนี้

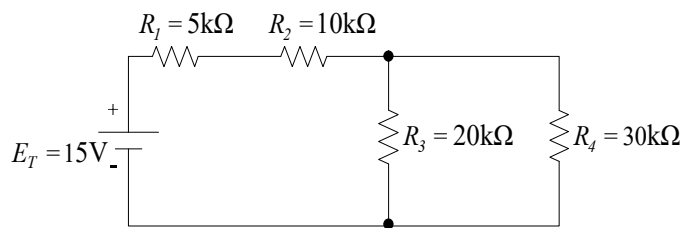
**จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม (2543 : 73)** กล่าวว่า วงจรไฟฟ้าแบบผสมเป็นการต่อตัวต้านทานในวงจรร่วมกันระหว่างการต่อแบบอนุกรม และการต่อแบบขนาน ที่จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวต้านทาน และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

**นภัทร วจนเทพินทร์ (2543 : 41)** กล่าวว่า วงจรไฟฟ้าแบบผสมเป็นการต่อวงจรที่ประกอบไปด้วยตัวต้านทานหรือภาระไฟฟ้าผสมกัน อาจจะมีการต่อวงจรแบบอนุกรมและการต่อวงจรแบบขนานต่อรวมกันในวงจร ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบผสมการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า และค่าความต้านทาน โดยใช้กฎของโอห์มในการหาค่าความต้านทานในวงจรแล้วทำการยุบวงจรรวมทั้งหมดให้เหลือเพียงตัวต้านทานตัวเดียว

**กองพัน อารีย์รักษ์ (2557 : 27)** กล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ที่ประกอบไปด้วยตัวต้านทานหลาย ๆ ตัวต่อรวมกันในวงจร ซึ่งการวิเคราะห์วงจรสามารถทำได้โดยการยุบวงจรรวมทั้งหมดให้

เหลือเพียงตัวต้านทานสมมูลเพียงตัวเดียวซึ่งจะทำให้การคำนวณหาค่าความต้านทานได้ง่ายมากยิ่งขึ้น โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า หรือค่ากำลังไฟฟ้า เป็นต้น

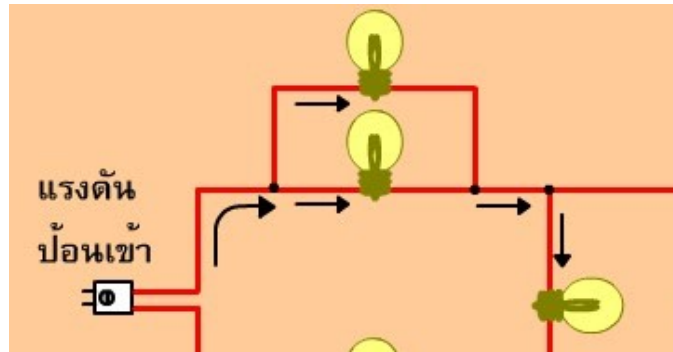
ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การต่อวงจรแบบผสมเป็นการต่อวงจรทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน อยู่ในวงจรเดียว ในการต่อวงจรแบบผสมโดยทั่วไปไม่เป็นที่นิยมใช้กันเพราะเกิดความยุ่งยาก ซึ่งการต่อวงจรแบบผสมส่วนใหญ่นิยมใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตัวต้านทานตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับตัวต้านทานอีกตัวหนึ่ง แล้วนำตัวต้านทานทั้งสองไปต่อตัวต้านทานอีกชุดหนึ่ง การต่อวงจรในรูปแบบดังกล่าวเป็นการนำเอาวงจรอนุกรมกับขนานมารวมกัน และสามารถนำไปประยุกต์เป็นรูปแบบอื่น ๆ ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับให้นำไปใช้งานให้เหมาะสมซึ่งในการต่อวงจรแบบผสมไม่มีรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ในการต่อวงจรเนื่องจากเป็นการต่อเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในงาน เช่น ด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น และสามารถแสดงการต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

ที่มา : จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม (2543 : 73)

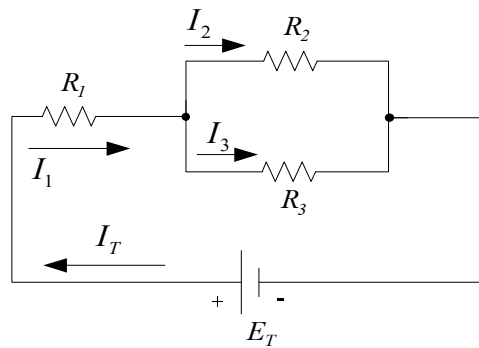
จากภาพที่ 4.11 วงจรผสมเป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์มาต่อเป็นวงจรโดยการต่อรวมกันระหว่างวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมกับวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ภายในวงจรไหลดบางตัวต่อวงจรแบบอนุกรม และไหลดบางตัวต่อวงจรแบบขนานโดยการต่อวงจรไม่มีมาตรฐานตายตัว โดยทั่วไปการต่อวงจรในลักษณะนี้ไม่เป็นที่นิยมนำมาใช้งานเนื่องจากเกิดความยุ่งยากในการวิเคราะห์วงจร แต่จะนิยมใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ สามารถสรุปได้ว่าการต่อวงจรแบบผสมนี้เป็นการนำเอาวงจรอนุกรมกับขนานมารวมกัน และสามารถประยุกต์เป็นรูปแบบอื่น ๆ ได้จะขึ้นอยู่กับให้นำไปใช้งานให้เหมาะสม และสามารถแสดงวิธีการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมโดยต่อผ่านไหลดไหลดไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 การต่อหลอดไฟแบบผสม

ที่มา : อติสรณ์ บุราณรัตน์ (2558 : 1)

จากคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบผสมในการคำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และค่าความต้านทานรวม สามารถใช้สมการจากกฎของโอห์มมาวิเคราะห์วงจรได้ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 วงจรไฟฟ้าแบบผสม (ขนาน-อนุกรม)

ที่มา : ชัด อินทะสี (2553 : 76)

จากภาพที่ 4.13 สามารถพิจารณาสมการในการคำนวณหาค่าความต้านทาน ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้

1. ค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) ภายในวงจร

$$R_T = R_1 + \left( \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )

$$I_T = I_1 = (I_2 + I_3)$$



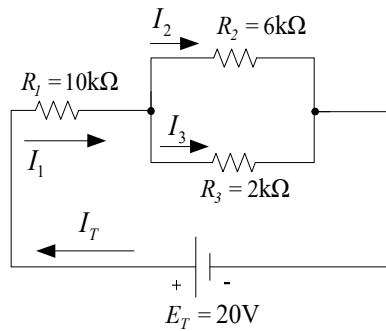
3. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม ( $E_T$ )

$$E_T = V_{R_1} + (V_{R_2} = V_{R_3})$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบผสม จึงยกตัวอย่างการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้างดตัวอย่างที่ 4.6 ถึงตัวอย่างที่ 4.8

**ตัวอย่างที่ 4.6** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.14

1. ค่าความต้านทานรวมของวงจร
2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร



ภาพที่ 4.14 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 1 ตัว และแบบขนาน 2 ตัว

#### วิธีทำ

1. หาค่าความต้านทานรวมภายในวงจร

$$\text{จากสมการ} \quad R_T = R_1 + \left( \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

หาค่าความต้านทานรวมที่ต่อขนานโดยให้  $R_{T1}$

$$R_{T1} = \left( \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \right) = \frac{6\text{k}\Omega \times 2\text{k}\Omega}{6\text{k}\Omega + 2\text{k}\Omega} = \frac{12\text{k}\Omega}{8\text{k}\Omega} = 1.5\text{k}\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} = 10\text{k}\Omega + 1.5\text{k}\Omega = 11.5\text{k}\Omega$$

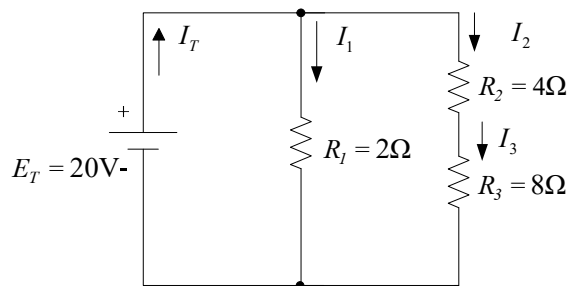
2. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมภายในวงจร

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{E_T}{R_T} = \frac{20\text{V}}{11.5\text{k}\Omega} = 1.73\text{mA} \\
 V_{R_1} &= I_T \times R_1 = 1.73\text{mA} \times 10\text{k}\Omega \\
 &= 17.3\text{V} \\
 V_{R_2} = V_{R_3} = V_{R_{T1}} &= I_T \times R_{T1} = 1.73\text{mA} \times 1.5\text{k}\Omega \\
 &= 2.59\text{V} \\
 I_1 &= \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{17.3\text{V}}{10\text{k}\Omega} = 1.73\text{mA} \\
 I_2 &= \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{2.59\text{V}}{6\text{k}\Omega} = 0.43\text{mA} \\
 I_3 &= \frac{V_{R_3}}{R_3} = \frac{2.59\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 1.29\text{mA}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่ากับ 11.5kΩ และค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่าเท่ากับ 1.73mA

**ตัวอย่างที่ 4.7** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.15

1. ค่าความต้านทานรวมของวงจร
2. ค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  และ  $I_T$
3. ค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $V_1$ ,  $V_2$  และ  $V_3$



ภาพที่ 4.15 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 2 ตัว และแบบขนาน 2 ตัว

**วิธีทำ**

1. หาค่าความต้านทานรวมภายในวงจร

$$R_T = \frac{R_1 \times (R_2 + R_3)}{R_1 + (R_2 + R_3)} = \frac{2\Omega \times (4\Omega + 8\Omega)}{2\Omega + (4\Omega + 8\Omega)}$$

$$= \frac{24\Omega}{14\Omega}$$

$$= 1.71\Omega$$

2. การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1, I_2, I_3$  และ  $I_T$

$$I_1 = \frac{E_T}{R_1} = \frac{20V}{2\Omega} = 10A$$

$$I_2 = I_3 = \frac{E_T}{R_2 + R_3} = \frac{20V}{4\Omega + 8\Omega} = 1.66A$$

จะได้ว่า  $I_T = I_1 + I_2 = 10A + 1.66A = 11.66A$

3. การคำนวณหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $V_1, V_2$  และ  $V_3$

$$V_{R_1} = I_1 \times R_1 = 10A \times 2\Omega = 20V$$

$$V_{R_2} = I_2 \times R_2 = 1.66A \times 4\Omega = 6.64V$$

$$V_{R_3} = I_3 \times R_3 = 1.66A \times 8\Omega = 13.28V$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า

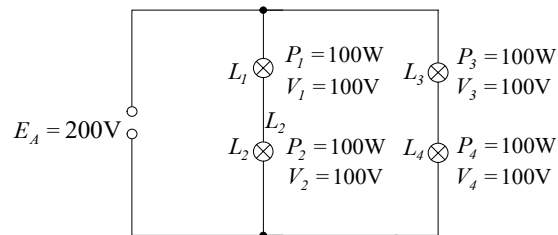
ค่าความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $1.71\Omega$

ค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1$  มีค่าเท่ากับ  $10A$  และ  $I_3 = I_2$  มีค่าเท่ากับ  $1.66A$

ค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $11.66A$

**ตัวอย่างที่ 4.8** จงคำนวณหาค่าที่กำหนดให้ ดังภาพที่ 4.16

1. ค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ )
2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวมจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 4.16 การต่อหลอดไฟฟ้าแบบผสม

**วิธีทำ**

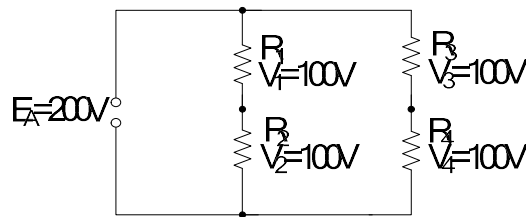
1. หาค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ )

$$P_1 = V_1 \times I_1$$

$$I_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{100\text{W}}{100\text{V}} = 1\text{A}$$

ดังนั้น  $I_1 = I_2 = I_3 = I_4$

จากสมการดังกล่าวสามารถเขียนวงจรใหม่ได้ ดังภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 การต่อวงจรแบบผสม

จากภาพที่ 4.17 จะได้ว่า

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{100\text{V}}{1\text{A}} = 100\Omega$$

และ  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 100\Omega$

เมื่อ  $R_T = \frac{(R_1 + R_2) \times (R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2) + (R_3 + R_4)} = \frac{(100\Omega + 100\Omega) \times (100\Omega + 100\Omega)}{(100\Omega + 100\Omega) + (100\Omega + 100\Omega)} = 100\Omega$

2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวมจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

$$I_T = \frac{E_A}{R_T} = \frac{200\text{V}}{100\Omega} = 2\text{A}$$

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า ค่าความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $100\Omega$  และค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร มีค่าเท่ากับ  $2\text{A}$

## สรุป

จากการศึกษาวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมสามารถสรุปได้ว่า วงจรแบบอนุกรมที่ประกอบด้วย ความต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปต่อเรียงกัน โดยมีทางเดินของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียวไม่ได้แยก การไหลไปส่วนอื่นของวงจร การต่อวงจรอนุกรมทำได้โดยนำขั้วต่อสายข้างหนึ่งของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 1 ไปต่อเข้ากับขั้วต่อของเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวที่ 2 นำขั้วต่ออีกข้างหนึ่งของตัวที่ 2 ไปต่อเข้ากับขั้วต่อสายตัวที่ 3 ต่ออย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบแล้วนำขั้วต่อสายที่เหลือของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือตัวต้านทานมาต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และสามารถพิจารณาคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม กล่าวคือในวงจรไฟฟ้าหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะมีกระแสที่ไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ความต้านทานแต่ละตัวในวงจรเมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับแรงดันที่จ่ายให้กับวงจร ค่าความต้านทานสาขาย่อยแต่ละตัวในวงจร เมื่อทำการนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวมกันทั้งหมดในวงจร และค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานสาขาย่อยแต่ละตัวในวงจร เมื่อทำการนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันจะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดในวงจร

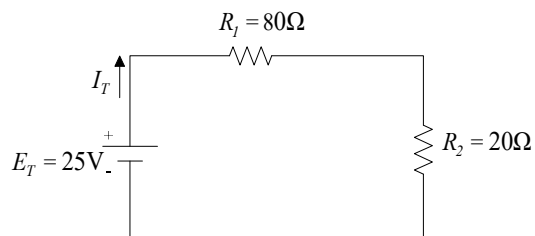
จากการศึกษาวงจรไฟฟ้าแบบขนานสามารถสรุปได้ว่า วงจรแบบขนานที่ต่อตัวต้านทานแต่ละตัวคร่อมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าในรูปแบบวงจรขนาน ซึ่งมีหลักการไหลของกระแสไฟฟ้าหลายทางภายในวงจรโดยสามารถพิจารณาคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน กล่าวคือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแต่ละสาขาย่อยหรือที่ความต้านทานทุกตัวของวงจรจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าในจุดเดียวกัน ค่ากระแสที่ไหลในแต่ละสาขาย่อยของวงจร เมื่อนำมาต่อรวมกันจะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านวงจรทั้งหมด ค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นแต่ละสาขาย่อยหรือค่าความต้านทานในแต่ละสาขาในวงจรเมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดในวงจร

จากการศึกษาวงจรไฟฟ้าแบบผสมสามารถสรุปได้ว่า วงจรที่นำเอาวิธีการต่อแบบอนุกรมและวิธีการต่อแบบขนานมารวมให้เป็นวงจรเดียวกัน ในการต่อวงจรแบบผสมโดยทั่วไปไม่เป็นที่ยอมรับใช้กันเพราะเกิดความยุ่งยาก ซึ่งการต่อวงจรแบบผสมส่วนใหญ่นิยมใช้งานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตัวต้านทานตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับตัวต้านทานอีกตัวหนึ่ง แล้วนำตัวต้านทานทั้งสองไปต่อตัวต้านทานอีกชุดหนึ่ง การต่อวงจรในรูปแบบดังกล่าวเป็นการนำเอาวงจรอนุกรมกับขนานมารวมกัน และสามารถนำไปประยุกต์เป็นรูปแบบอื่น ๆ ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานให้เหมาะสมซึ่งในการต่อวงจรแบบผสมไม่มีรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ในการต่อวงจรเนื่องจากการเป็นการต่อเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในงาน เช่น ด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

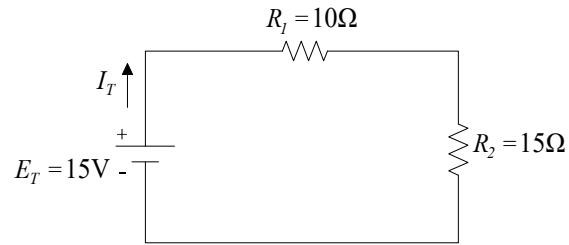
### คำถามท้ายบท

ให้นักศึกษาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม พร้อมตอบคำถามให้ถูกต้องดังต่อไปนี้

1. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หมายถึง
2. วงจรไฟฟ้าแบบขนาน หมายถึง
3. วงจรไฟฟ้าแบบผสม หมายถึง
4. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า
  - 4.1 ความต้านทานรวมของวงจร  $R_T$
  - 4.2 กระแสไฟฟ้ารวม  $I_T$
  - 4.3 แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว
  - 4.4 แรงดันไฟฟ้ารวม



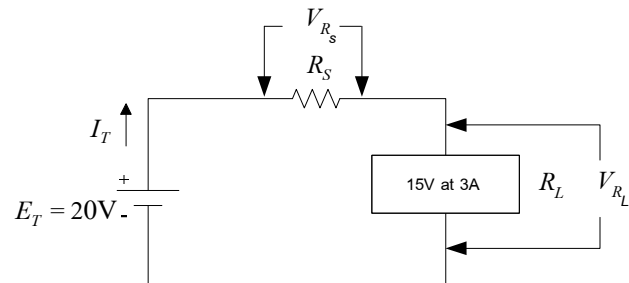
5. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า
  - 5.1 กระแสไฟฟ้ารวม  $I_T$
  - 5.2 แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวและค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
  - 5.3 กำลังไฟฟ้า  $P_1$ ,  $P_2$  และ  $P_T$



6. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า

6.1 ความต้านทาน  $R_L$

6.2 ความต้านทาน  $R_S$



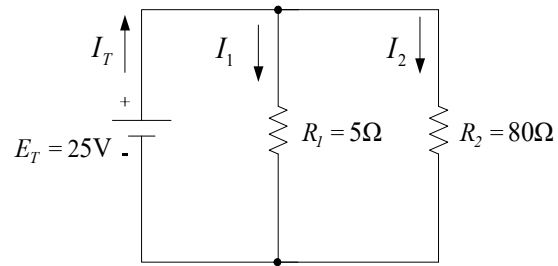
7. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า

7.1 ความต้านทานรวม  $R_T$

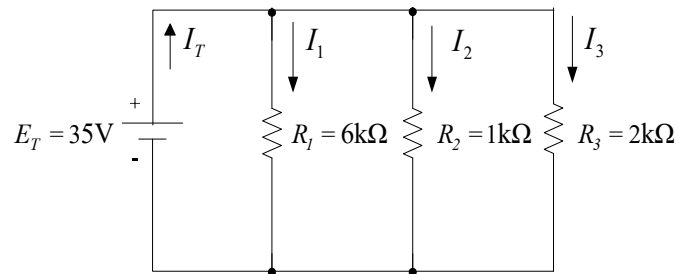
7.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

7.3 กระแสไฟฟ้ารวม  $I_T$

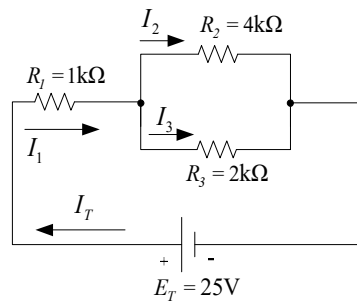
7.4 แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



8. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า
- 8.1 ความต้านทานรวม  $R_T$
  - 8.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว
  - 8.3 กระแสไฟฟ้ารวม  $I_T$
  - 8.4 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

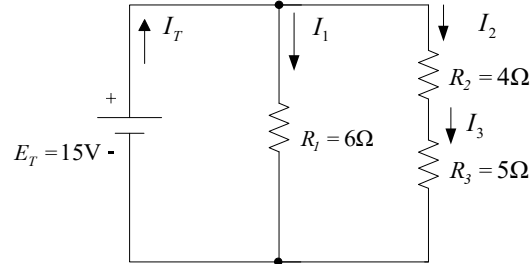


9. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า
- 9.1 ความต้านทานรวม  $R_T$
  - 9.2 กระแสไฟฟ้ารวม  $I_T$



10. จากภาพวงจรต่อไปนี้ จงคำนวณหาค่า
- 10.1 ความต้านทานรวม  $R_T$
  - 10.2 กระแสไฟฟ้า  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  และ  $I_T$



10.3 แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน  $V_1$ ,  $V_2$  และ  $V_3$ 

## เอกสารอ้างอิง

กองพัน อารีรักษ์. (2557). วงจรไฟฟ้า. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จิระวัฒน์ ใจอ่อนนุ่ม. (2543). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 1 (วงจรไฟฟ้ากระแสตรง). กรุงเทพฯ :

บริษัทสกายบุ๊กส์ จำกัด.

ชัต อินทะสี. (2553). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ธมนวรรณ วัฒนกีสุนทร. (2559). การสร้างและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้ตามกระบวนการ.

(ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 ตุลาคม 2559. จาก <https://www.l3nr.org/posts/571766>.

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2543). เทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บริษัท

สกายบุ๊กส์ จำกัด.

ประสิทธิ์ ภูสมมา. (2553). การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียน

สโตร์.

ปองพล กำจัดภัย. (2558). **พื้นฐานวงจรไฟฟ้า**. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 ตุลาคม 2559.

จาก <http://pongpol008.blogspot.com/2015/09/blog-post.html>.

วิชญ บัวเทศ. (2558). **การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ปัญญาชน.

วัชรพงษ์ ยงไสว. (2545). **การต่อวงจรไฟฟ้า**. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 ตุลาคม 2559. จาก

[http://www.mwit.ac.th/~physicslab/content\\_01/electricitis/electric93.htm](http://www.mwit.ac.th/~physicslab/content_01/electricitis/electric93.htm).

อดิสรณ์ บุราณรัตน์. (2558). **วงจรผสม**. (ออนไลน์) สืบค้นเมื่อ วันที่ 8 ตุลาคม 2559.

จาก <https://kru-adison.blogspot.com/p/6.html>.

Agarwal, A., &Lang, J. (2005). **Foundations of Analog and Digital Electronic**

**Circuits**. Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier, ISBN 1-55860-735-8.

Smith, I.M. (1995). **Hughes Electrical Technology**. (7<sup>th</sup> ed). London : Addison

Wesley Longman.

