เอกสารประกอบการสอน วิชา งานพื้นฐานวงจรไฟฟ้าและการวัด รหัสวิชา 3105-0001

หน่วยที่1.

เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

โดย. พันธ์ศักดิ์ พลอินทร์ ครูชำนาญการพิเศษ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ

สาระการเรียนรู้

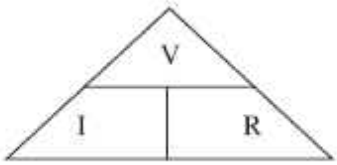
1. กฎของโอห์ม
2. การต่อวงจรความต้านทาน
3. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
4. วงจรแบ่งกระแส
5. วงจรบริดจ์

1.กฎของโอห์ม

กฎของโอห์ม ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า และ ความต้านทาน ในวงจรไฟฟ้า กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวใดๆ แปรผันตรงกับความต่างศักย์ (แรงดันไฟฟ้า หรือแรงดันตกคร่อม) และแปรผกผันกับความต้านทานระหว่างสองจุดนั้นที่กระแสไหลผ่านในสูตรสมการทางคณิตศาสตร์, เขียนได้ดังนี้:

$$R = \frac{V}{I}$$

วิธีการจำสูตรง่ายๆ ให้ใช้รูปต่อไปนี้



ให้หาค่า V ปิด V ไว้ จะได้ $V = IR$

ให้หาค่า I ปิด I ไว้ จะได้ $I = \frac{V}{R}$

ให้หาค่า R ปิด R ไว้ จะได้ $R = \frac{V}{I}$

เมื่อ V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

R คือ ความต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม)

ความสัมพันธ์ตามสมการนี้เรียกว่า กฎของโอห์ม นั่นคือ เราจะสามารถให้คำจำกัดความของความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ในระหว่างขั้วไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 1 โวลต์

กระแสไฟฟ้าคือการไหลของอิเล็กตรอน แต่ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะตรงข้ามกับการไหลของอิเล็กตรอน ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟฟ้านั้น กำหนดได้จากปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดใดๆ ในเส้นลวดใน 1 วินาที มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere ซึ่งแทนด้วย A) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้า 2 ตัวที่วางขนานกันโดยมีระยะห่าง 1 เมตร แล้วทำให้เกิดแรงในแต่ละตัวนำเท่ากับ 2 x 10 -7 นิวตันต่อเมตร หรือเท่ากับประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ ซึ่งเทียบได้กับอิเล็กตรอน 6.24 x 10 18 ตัววิ่งผ่านใน 1 วินาที

แรงดันไฟฟ้าคืออะไร กระแสไฟฟ้าเกิดจากการที่มีอิเล็กตรอนไหลในสายไฟ ซึ่งการที่อิเล็กตรอนไหลหรือเคลื่อนที่ได้นั้นจะต้องมีแรงมากระทำต่ออิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหล แรงดังกล่าวนี้เรียกว่า แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

ศักย์ไฟฟ้า เป็นอีกคำหนึ่งที่คล้ายกับแรงดันไฟฟ้า จะหมายถึง ระดับไฟฟ้า เช่น ลูกกลมที่ 1 มีประจุไฟฟ้าบวกจะมีศักย์ไฟฟ้าสูง ส่วนลูกกลมที่ 2 มีประจุไฟฟ้าลบจะมีศักย์ไฟฟ้าต่ำ ดังนั้น ลูกกลมที่ 1 และ 2 จึงมีความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้า เรียกว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้า

แรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้า หมายถึง แรงที่สร้างให้เกิดแรงดันไฟฟ้าซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระตลอดเวลา กระแสไฟฟ้าจึงไหลตลอดเวลา แรงเคลื่อนไฟฟ้านี้อาจเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า , แบตเตอรี่ , ถ่านไฟฉาย และเซลล์เชื้อเพลิง ฯลฯ

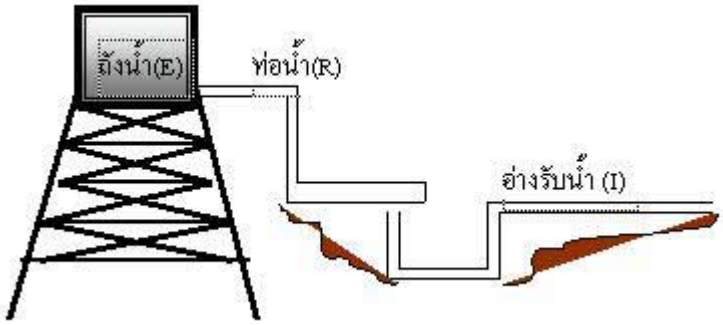
หน่วยของแรงดันไฟฟ้า , ความต่างศักย์ไฟฟ้า หรือแรงขับเคลื่อนทางไฟฟ้า มีหน่วยเดียวกัน คือ โวลต์ (Voltage ซึ่งแทนด้วย V) แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ คือ แรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน 1 โอห์ม

ความต้านทานไฟฟ้าคืออะไร เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลย่อมหมายถึงมีการเคลื่อนไหวของอิเล็กตรอนในสายไฟ และอิเล็กตรอนจะวิ่งชนกับอะตอมของเส้นลวด เกิดการต้านทานการไหลของอิเล็กตรอนขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในสายไฟมีคุณสมบัติการไหลต่างกันเพราะมี ความต้านทานไฟฟ้า(Resistance) ความต้านทานไฟฟ้าเป็นสมบัติเฉพาะของวัตถุในการที่จะขวางหรือต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านวัตถุนั้นๆ ไป

ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานของเส้นลวดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ 1 แอมแปร์ เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ จอร์จ ไซมอน โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันเป็นผู้ค้นพบกฎของโอห์มใน ปี พ.ศ. 2369 ชื่อของเขาได้รับเกียรติตั้งเป็นคำเรียกหน่วยของความต้านทานทางไฟฟ้า คือ โอห์ม (Ohm แทนด้วยสัญลักษณ์ Ω)

วัตถุแต่ละชนิดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้แตกต่างกัน วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) เช่น ทองแดง , เงิน , อะลูมิเนียม , สารละลายของกรดเกลือ , กรดกำมะถัน และน้ำเกลือ ฯลฯ สำหรับวัตถุที่ไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านได้หรือไหลผ่านได้ยาก เรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า (Insulator) เช่น พลาสติก , ยาง , แก้ว และกระดาษแห้ง ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีวัตถุอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติระหว่างตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า เรียกว่า สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เป็นวัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้และสามารถควบคุมการไหลผ่านได้ เช่น คาร์บอน , ซิลิคอน และเยอรมันเนียม ฯลฯ

เราสามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์เหล่านี้กับการไหลของน้ำในท่อน้ำประปา กล่าวคือให้แรงดัน (E) เป็นถังเก็บน้ำ ที่อยู่ในระดับสูง ให้ความต้านทาน (R) เป็นท่อประปา (ความต้านทานมากท่อจะมีขนาดเล็ก ความต้านทานน้อยท่อจะมี ขนาดใหญ่) ให้กระแสไฟฟ้า (I) เป็นปริมาณของน้ำที่เราต้องการใช้



แรงดันที่ไหลออกมาจากถังเก็บน้ำ ถ้าต้องการให้มีแรงดันสูงต้องตั้งไว้ที่สูง ความต้านทานเป็นท่อน้ำประปา ถ้าความ ต้านทานมาก หมายความว่า ท่อน้ำมีขนาดเล็ก ความต้านทานน้อย หมายความว่า ท่อมีขนาดใหญ่ซึ่งแสดงว่าแรงเคลื่อนจะ ไหลได้มากนั่นเอง ปริมาณของกระแสก็จะเปรียบเหมือนกับปริมาณของน้ำ

สรุป

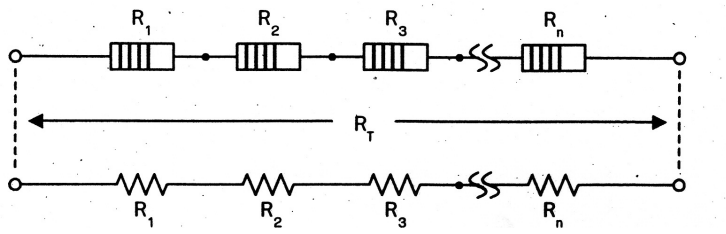
ปริมาณทางไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	ความต่างศักย์ไฟฟ้า	ความต้านทานไฟฟ้า
1. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนปริมาณทางไฟฟ้า	I	V	R
2. เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณทางไฟฟ้า	แอมมิเตอร์	โวลต์มิเตอร์	โอห์มมิเตอร์
3. หน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า	แอมแปร์	โวลต์	โอห์ม
4. สัญลักษณ์ของหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า	A	V	Ω
5. สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า	—(A)—	—(V)—	—/\/\/\—

2. การต่อวงจรตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทานมีวิธีการต่อ 3 แบบด้วยกันคือ แบบอันดับ แบบขนาน และแบบผสมแต่ละแบบในการต่อจะให้ผลต่างกันไปทั้งค่าความต้านทาน ค่าทนกำลังไฟฟ้า ในการนำตัวต้านทานไปใช้งาน สิ่งสำคัญคือต้องทราบวิธีหาค่าความต้านทานรวมของตัวต้านทานในวงจร ต้องสามารถเลือกค่าความต้านทานมาใช้งานได้ถูกต้องเหมาะสม พร้อมทั้งต้องอ่านค่าความต้านทานจากรหัสตัวเลขหรือแถบสีที่กำกับไว้ได้ถูกต้องแม่นยำ จึงสามารถนำวงจรความต้านทานไปใช้งานได้

2.1 การต่อตัวต้านทานแบบอันดับ (Series)

การต่อตัวต้านทานแบบอันดับ หรือบางครั้งเรียกว่า แบบอนุกรม การต่อแบบนี้เป็นการต่อโดยนำตัวต้านทานมาต่อเรียงเป็นลำดับกันไปดังนี้ ปลายขาตัวต้านทานตัวที่ 1 ต่อเข้ากับปลายขาตัวต้านทานตัวที่ 2 ปลายขาอีกข้างหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่ 2 ต่อเข้ากับปลายขาตัวต้านทานตัวที่ 3 เป็นเช่นนี้เรื่อยไป การต่อใช้งานของวงจรแบบอันดับ ให้ใช้ปลายขาที่เหลือของตัวต้านทานตัวแรกกับตัวสุดท้ายไปต่อใช้งาน ลักษณะการต่อวงจรแบบอันดับแสดงดังภาพที่ 5.17



ภาพที่ 5.17 ลักษณะการต่อตัวต้านทานแบบอันดับ

การต่อตัวต้านทานแบบนี้ ทำให้ค่าความต้านทานรวมของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวต้านทานที่นำมาต่อเพิ่ม ส่วนอัตราค่าทนกำลังไฟฟ้าของวงจรเท่ากับตัวต้านทานตัวที่มีอัตราทนกำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดในวงจร การหาค่าความต้านทานรวมในวงจรแบบอันดับ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots + R_n$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวมของวงจร

R_1 = ความต้านทานของตัวต้านทานที่ 1

R_2 = ความต้านทานของตัวต้านทานที่ 2

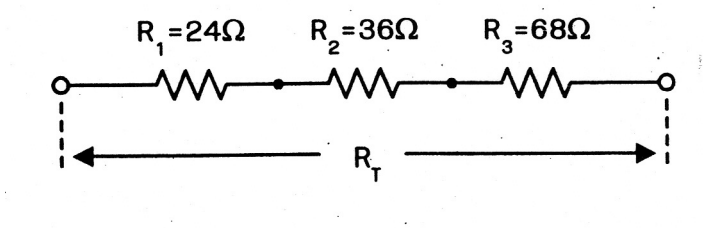
R_3 = ความต้านทานของตัวต้านทานที่ 3

R_n = ความต้านทานของตัวต้านทานที่ n

ตัวอย่างการคำนวณตัวต้านทานต่อแบบอันดับ

ตัวอย่างที่ 5.1 ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า 24Ω 2 วัตต์, 36Ω 1 วัตต์, 68Ω 0.5 วัตต์ ตามลำดับ นำมาต่ออันดับกัน จงหาค่าความต้านทานรวม และค่าอัตราทนกำลังไฟฟ้าของวงจร

วิธีทำ ให้ $R_1 = 24\Omega$ 2 วัตต์, $R_2 = 36\Omega$ 1วัตต์, $R_3 = 68\Omega$ 0.5 วัตต์



ภาพที่ 5.18 การต่อตัวต้านแบบอันดับ 3 ตัว

สูตร $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$= 24\Omega + 36\Omega + 68\Omega$

$R_T = 128\Omega$

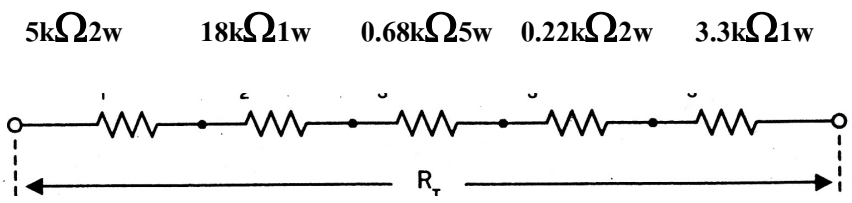
อัตราทนกำลังไฟฟ้า = อัตราทนกำลังไฟฟ้าตัวที่น้อยที่สุดในวงจร = 0.5 วัตต์

∴ ค่าความต้านทานรวม = 128Ω , อัตราทนกำลังไฟฟ้า = 0.5 วัตต์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 5.2 ตัวต้านทาน 5 ตัว ต่อกันอย่างอันดับ มีค่า $R_1 = 5k\Omega$ 2 วัตต์, $R_2 = 18k\Omega$ 1 วัตต์, $R_3 = 680\Omega$ 5 วัตต์, $R_4 = 220\Omega$ 2 วัตต์, $R_5 = 3.3k\Omega$ 1วัตต์ จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร และค่าทนกำลังไฟฟ้าของวงจร

วิธีทำ ทำหน่วยของความต้านทานให้เป็น kΩ ทุกตัวต้านทาน ดังนี้

$$R_1 = 5k\Omega\,,\ R_2 = 18k\Omega\,,\ R_3 = \frac{680\Omega}{1{,}000} = 0.68k\Omega,\ R_4 = \frac{220\Omega}{1{,}000} = 0.22k\Omega\,,\ R_5 = 3.3k\Omega$$



ภาพที่ 5.19 การต่อตัวต้านทานแบบอันดับ 5 ตัว

สูตร $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$

$= 5k\Omega + 18k\Omega + 0.68k\Omega + 0.22k\Omega + 3.3k\Omega$

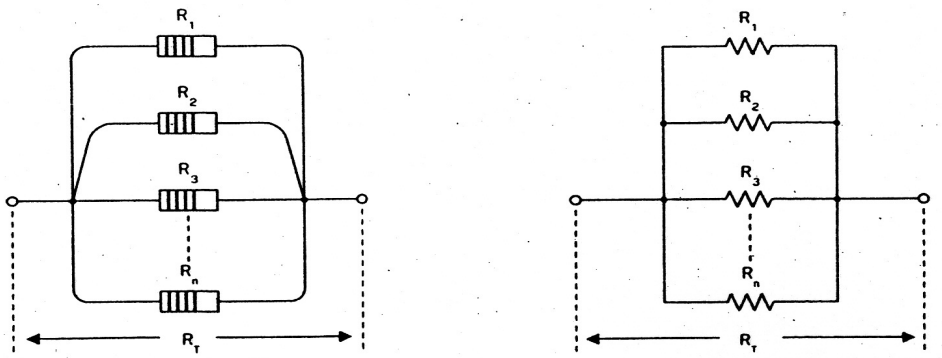
$R_T = 27.2k\Omega$

อัตราทนกำลังไฟฟ้า = อัตราทนกำลังไฟฟ้าตัวที่น้อยที่สุดในวงจร = 1 วัตต์

$\therefore$ ค่าความต้านทานรวม = $27.2k\Omega$, อัตราทนกำลังไฟฟ้า = 1 วัตต์ **ตอบ**

5.5.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน (Parallel)

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน คือ การต่อที่นำตัวต้านทานมาต่อคร่อมขนานกันทุกตัว การต่อทำดังนี้ นำปลายตัวต้านทานข้างใดข้างหนึ่งมาต่อรวมกันเป็นจุดเดียว และนำปลายตัวต้านทานข้างที่เหลืออยู่ต่อรวมกันเป็นจุดเดียวกันอีกจุดหนึ่ง ต่อขาจุดรวมทั้งสองออกไปใช้งาน ลักษณะการต่อวงจรแบบขนานแสดงดังภาพที่ 5.20



ก) ตัวต้านทาน ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 5.20 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

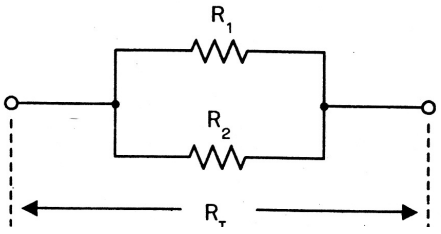
การต่อตัวต้านทานแบบนี้ ทำให้ค่าความต้านทานรวมของวงจรลดลงได้ค่าความต้านทานรวมในวงจรน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวที่น้อยที่สุดในวงจร ส่วนอัตราทนกำลังไฟฟ้าของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนการเพิ่มของอัตราทนกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน การต่อตัวต้านทานแบบขนานสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$

ในกรณีที่ตัวต้านทานทุกตัวที่นำมาต่อขนานกัน มีความต้านทานเท่ากันทุกตัว สามารถเขียนสมการรวมค่าความต้านทานได้ดังนี้

$$R_T = \frac{R}{n}$$

ในกรณีที่มีตัวต้านทานเพียง 2 ตัวต่อขนานกัน สามารถเขียนสมการรวมค่าความต้านทานได้อีกวิธี ดังนี้



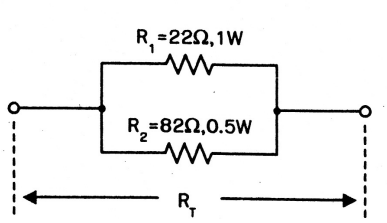
ภาพที่ 5.21 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน 2 ตัว

สามารถเขียนสมการออกมาได้ดังนี้

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

ตัวอย่างการคำนวณตัวต้านทานต่อแบบขนาน

ตัวอย่างที่ 5.3 ตัวต้านทาน 2 ตัว ต่อขนานกัน มีค่าความต้านทาน $R_1 = 22\Omega$ 1 วัตต์, $R_2 = 82\Omega$ 0.5 วัตต์ จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร และค่าทนกำลังไฟฟ้าของวงจร



ภาพที่5.22 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน 2 ตัวใช้ในการคำนวณ

สูตร $R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

$= \frac{22\Omega \times 82\Omega}{22\Omega + 82\Omega} = \frac{1{,}804\Omega}{104\Omega}$

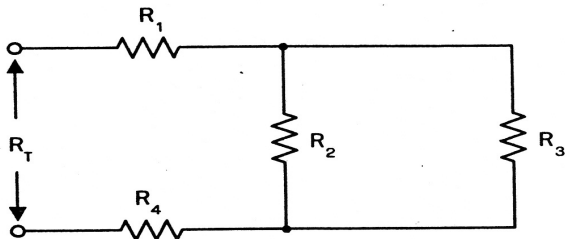
$R_T = 17.35\Omega \cong 18\Omega$

อัตราทนกำลังไฟฟ้า = อัตราทนกำลังไฟฟ้าทุกตัวรวมกัน = 1W + 0.5W = 1.5W

$\therefore$ ค่าความต้านทานรวม = 18Ω , อัตราทนกำลังไฟฟ้า 1.5 วัตต์ **ตอบ**

5.5.3 การต่อตัวต้านทานแบบผสม (Compound)

การต่อตัวต้านทานแบบผสม คือ การต่อตัวต้านทานผสมกันระหว่างการต่อแบบอันดับกับการต่อแบบขนาน การต่อแบบนี้ไม่มีมาตรฐานตายตัว แต่สามารถค่าความต้านทานรวมได้ ใช้วิธีการต่อแบบอันดับและวิธีการต่อแบบขนานมาใช้งาน โดยคิดหาค่าทีละส่วนจนถึงค่าสุดท้าย ส่วนอัตราทนกำลังไฟฟ้า ก็คิดได้จากวิธีการต่อแบบอันดับและวิธีการต่อแบบขนานรวมกัน ส่วนไหนต่ออันดับให้คิดแบบอันดับ ส่วนไหนต่อขนานให้คิดแบบขนาน แสดงวงจรตัวอย่างการต่อแบบผสมดังภาพที่ 5.23



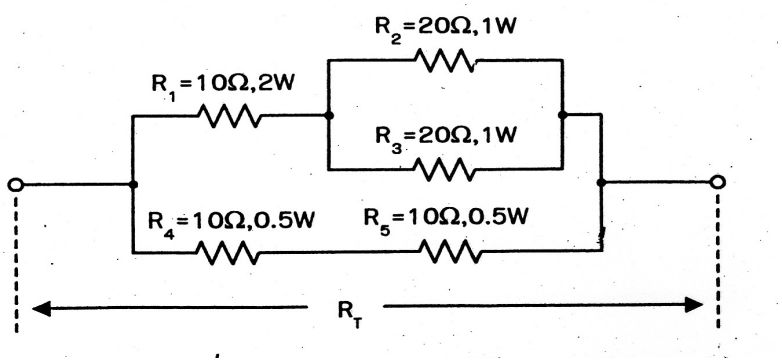
ภาพที่ 5.23 วงจรต่อแบบผสมมี R_2 , R_3 ต่อขนานกันและต่ออันดับกัน R_1 และ R_4

จากภาพที่ 5.23 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$R_T = R_1 + \left[\frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \right] + R_4$$

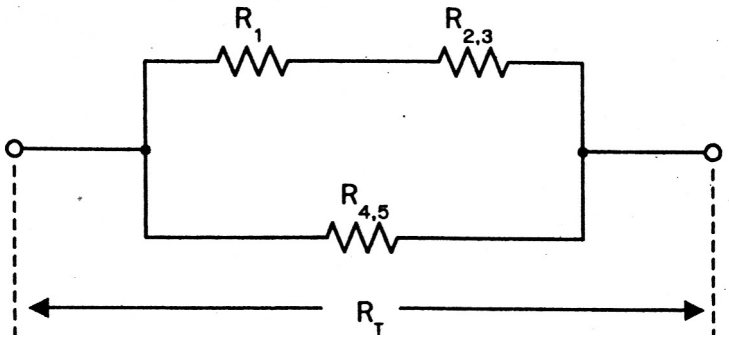
ตัวอย่างการคำนวณตัวต้านทานต่อแบบผสม

ตัวอย่างที่ 5.4 จากภาพที่ 5.24 จงหาค่าความต้านทานรวม และอัตราทนกำลังไฟฟ้าของวงจร



ภาพที่ 5.24 การต่อวงจรผสมแบบตัวต้านทาน 5 ตัว

วิธีทำ 1. รวม R_2 กับ R_3 แบบขนาน = $R_{2\,,\,3}$ และรวม R_4 กับ R_5 แบบอันดับ = $R_{4,\,5}$



ภาพที่ 5.25 การยุบความต้านทาน $R_{2,3}$ จากรูปที่ 5.24

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20\Omega \times 20\Omega}{20\Omega + 20\Omega}$$

$$= \frac{400\Omega}{40\Omega} = 10\Omega$$

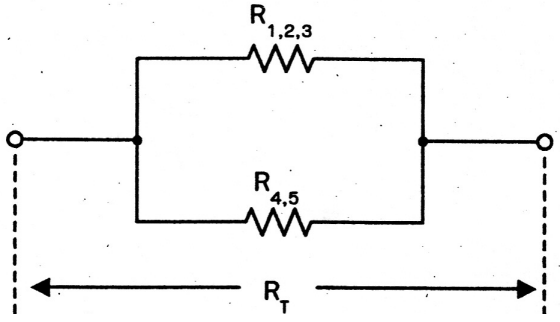
อัตราทนกำลังไฟฟ้าของ $R_{2,3} = P_{R_2} + P_{R_3} = 1W + 1W = 2W$

$$R_{4,5} = R_4 + R_5 = 10\Omega + 10\Omega$$

$$= 20\Omega$$

อัตราทนกำลังไฟฟ้าของ $R_{4,5} = P_{R_4} = P_{R_5} = 0.5W$

2. รวม R_1 กับ $R_{2,3}$ แบบอันดับ = $R_{1,2,3}$



ภาพที่ 5.26 การยุบความต้านทาน $R_{1,2,3}$ จากรูปที่ 5.25

$R_{1,2,3}$ = $R_1 + R_{2,3} = 10\Omega + 10\Omega$

= 20Ω

อัตราทนกำลังไฟฟ้าของ $R_{1,2,3}$ P_{R_1} = $P_{R_{2,3}}$ = 2W

3. รวม $R_{1,2,3}$ กับ $R_{4,5}$ แบบขนาน = R_T

$$R_T = \frac{R_{1,2,3} \times R_{4,5}}{R_{1,2,3} + R_{4,5}} = \frac{20\Omega \times 20\Omega}{20\Omega + 20\Omega}$$

$$= \frac{400\Omega}{40\Omega} = 10\Omega$$

อัตราทนกำลังไฟฟ้าของ R_T = $P_{R_{1,2,3}} + P_{R_{4,5}}$ = 2W + 0.5W = 2.5W

∴ ค่าความต้านทานรวม = 10Ω, อัตราทนกำลังไฟฟ้า 2.5 วัตต์ **ตอบ**

3. วงจรแบ่งแรงดัน

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า เรียกว่า "โวลต์เตจ ดีไวเดอร์" (Voltage Divider) ใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) เนื่องจากวงจรอนุกรมมีแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานหรือโหลดไม่เท่ากัน

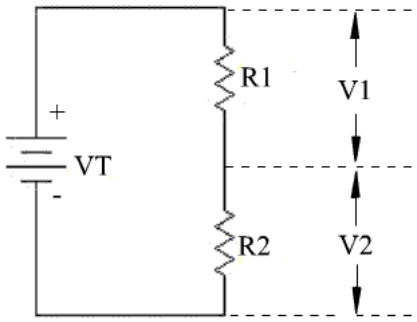
วงจรแบ่งแรงดันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด (Unloaded Voltage Divider) และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด (Loaded Voltage Divider)

1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด (Unloa

วงจรการแบ่งแรงดันที่ไม่มีโหลด unloaded voltage divider ก็คือ วงจรแบบอนุกรมทั่ว ๆ ไปนั่นเอง ซึ่งเราสามารถที่จะแบ่งแรงดันได้หลาย ๆ ค่า เพื่อนำไปจ่ายให้กับโหลดที่ต้องการแรงดันในระดับต่าง ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทั้งนี้แรงดันที่ถูกแบ่งทั้งหมดจะได้มาจากแหล่งกำเนิดแรงดันเพียงตัวเดียวเท่านั้น

วงจรแรงดันแต่ยังไม่ต่อโหลด การคำนวณจึงไม่ต้องนำโหลดมาพิจารณา

ดังรูปวงจรที่ 1



รูปที่ 1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด (Unloaded Voltage Divider)

จากวงจรจะได้สูตร V1, V2 ดังนี้

$$V_1 = V_T(\frac{R_1}{R_1 + R_2})$$

$$V_2 = V_T(\frac{R_2}{R_1 + R_2})$$

จากรูปที่ 1 เป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) การแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Dividers) ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 จะทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า เพราะแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ไม่เท่ากัน

การหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ถ้าจะใช้สูตรตามหลักการของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit) จะทำให้เกิดความยุ่งยากและเสียเวลา ดังนั้นเพื่อการคำนวณที่ง่ายและรวดเร็วขึ้นจึงมีสูตรเฉพาะที่ใช้กับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด

$$V_1 = V_T\left\{\frac{R_1}{R_1 + R_2}\right\}$$

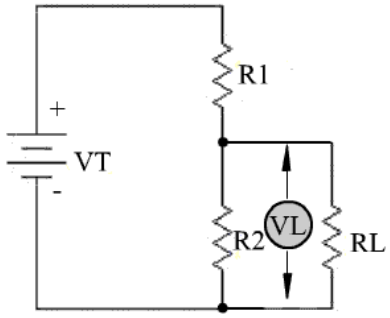
$$V_2 = V_T\left\{\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right\}$$

2.วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด (Loaded Voltage Divider)

ในวงจรอนุกรมที่คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานต่างๆ เมื่อนำเอาโหลด(R_L) มาต่อ

คร่อมตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งก็จะได้วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด

อย่างไรก็ตามจะต้องมีการคำนวณค่ากระแสของแหล่งจ่ายให้เพียงพอต่อการจ่ายกระแสให้โหลดด้วย เพราะเนื่องจากถ้าโหลดใช้กระแสมาก แรงดันที่จ่ายให้โหลดจะลดลงจากกรณีที่ไม่มีโหลด วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด (Loaded Voltage Divider) แสดงดังรูปที่ 2

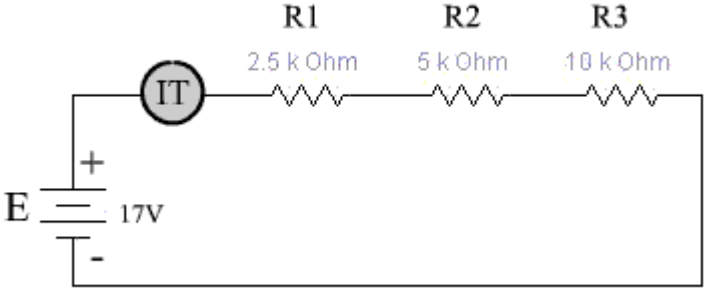


รูปที่ 2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด (R_L)

จากรูปวงจรที่ 2 มีโหลด (R_L) มาต่อคร่อมอยู่กับตัวต้านทาน R_2 ดังนั้นในการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่แบ่งมาให้โหลด (R_L) เพื่อการคำนวณที่ง่ายและรวดเร็วขึ้นจึงมีสูตรคำนวณเฉพาะที่ใช้กับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแบบมีโหลด (R_L) ดังนี้

$$V_L = V_T \left\{ \frac{(R_2 // R_L)}{(R_2 // R_L) + R_1} \right\}$$

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จากวงจรรูปที่ 3 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3



รูปที่ 3

<u>วิธีทำ</u>

$$V_1 = V_T\left\{\frac{R_1}{R_1+R_2+R_3}\right\}$$

$$V_1 = 17\ V\left\{\frac{2.5\ k\Omega}{2.5\ k\Omega+5\ k\Omega+10\ k\Omega}\right\}$$

$$V_1 = 17\ V\left\{\frac{2.5\ k\Omega}{17.5\ k\Omega}\right\}$$

$$V_1 = 2.428\ V$$

$$V_2 = V_T\left\{\frac{R_2}{R_1+R_2+R_3}\right\}$$

$$V_2 = 17\ V\left\{\frac{5\ k\Omega}{2.5\ k\Omega+5\ k\Omega+10\ k\Omega}\right\}$$

$$V_2 = 17\ V\left\{\frac{5\ k\Omega}{17.5\ k\Omega}\right\}$$

$$V_2 = 4.857\ V$$

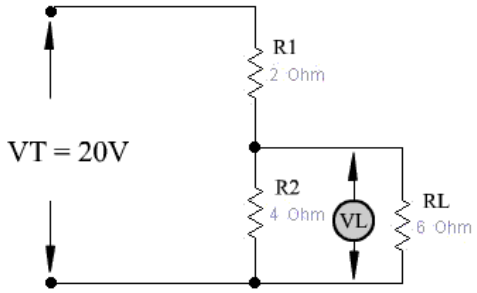
$$V_3 = V_T\left\{\frac{R_3}{R_1+R_2+R_3}\right\}$$

$$V_3 = 17\ V\left\{\frac{10\ k\Omega}{2.5\ k\Omega+5\ k\Omega+10\ k\Omega}\right\}$$

$$V_3 = 17\ V\left\{\frac{10\ k\Omega}{17.5\ k\Omega}\right\}$$

$$V_3 = 9.714\ V$$

ตัวอย่างที่ 2 จากรูปที่4 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด (R_L) เมื่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 20 V



รูปที่ 4

วิธีทำ

$$V_L = V_T\left\{\frac{(R_2 // R_L)}{(R_2 // R_L) + R_1}\right\}$$

$$V_L = 20\ V\left\{\frac{\left(\frac{4\ \Omega \times 6\ \Omega}{4\ \Omega + 6\ \Omega}\right)}{\left(\frac{4\ \Omega \times 6\ \Omega}{4\ \Omega + 6\ \Omega}\right) + 2\ \Omega}\right\}$$

$$V_L = 20\ V\left\{\frac{2.4\Omega}{4.4\Omega}\right\}$$

$$V_L = 10.909\ V$$

4.วงจรแบ่งกระแส

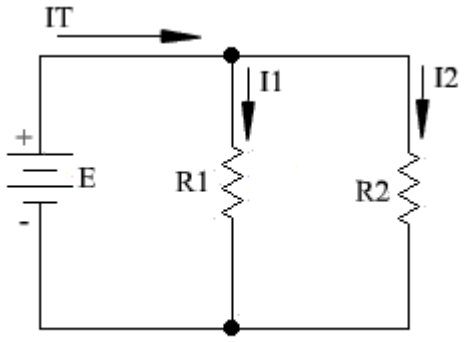
วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าเรียกว่า “เคอร์เรนท์ ดีไวเดอร์” (Current Divider) จะใช้หลักการของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน (Parallel Circuit) เนื่องจากวงจรขนานมีกระแสไหลไม่เท่ากัน กระแสไฟฟ้าจะถูกแบ่งให้ไหลผ่านไปในสาขาต่างๆ ตามพิกัดความต้านทานของโหลดนั้นๆ

ปกติวงจรแบบอนุกรมจะมีการแบ่งแรงดันให้เกือบทุก ๆ วงจร โดยแรงดันที่ถูกแบ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทานที่มีอยู่ในแต่ละส่วนของวงจร ส่วนในวงจรแบบขนานก็มีลักษณะในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ วงจรแบบขนานจะมีการแบ่งการไหลของกระแส โดยกระแสที่ไหลในแต่ละส่วนหรือแต่ละสาขาจะขึ้นอยู่กับค่าของความต้านทานในส่วนหรือในสาขานั้นของวงจร และกระแสที่ถูกแบ่งนี้เมื่อนำมารวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับกระแสรวมของวงจรนั้นเอง

การแบ่งกระแสไฟฟ้านิยมใช้กันเฉพาะวงจร 2 สาขาและ 3 สาขา

1. วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Divider) 2 สาขา

คือวงจรที่ใช้ตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกันเพื่อแบ่งกระแสออกเป็น 2 สาขาแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่1 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า 2 สาขา

จากวงจรดังรูปที่ 1 กระแสไฟฟ้า (Current) จะถูกแยกออกเป็น 2 ทางคือ กระแสไฟฟ้า I_1 ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และกระแสไฟฟ้า I_2 ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 ในลักษณะดังกล่าวกระแสไฟฟ้าจะไหลในสาขาใดมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน ถ้าค่าความต้านทานในสาขาใดมีค่าน้อยกว่ากระแสไฟฟ้าก็จะไหลในสาขานั้นได้มาก ค่าของกระแสไฟฟ้าสามารถคำนวณหาได้ดังต่อไปนี้

จากวงจรรูปที่ 1 จะได้

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

$$= \frac{E}{\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)}$$

แต่ $$E = I_T R_T$$

$$E = I_T \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

โดย $$I_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$= \frac{I_T}{R_1}\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

ดังนั้น $$I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

และ $$I_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$= \frac{I_T}{R_2}\left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

ดังนั้น $$I_2 = I_T \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

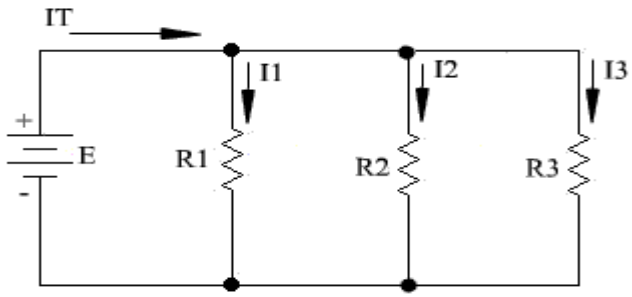
หรือ $$I_T = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_T - I_2$$

$$I_2 = I_T - I_1$$

2. วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current Divider) 3 สาขา

คือวงจรที่ใช้ตัวต้านทาน 3 ตัวต่อขนานกันเพื่อแบ่งกระแสออกเป็น 3 สาขาแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่2 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า 3 สาขา

จากวงจรรูปที่ 2 กระแสไฟฟ้าถูกแยกออกเป็นสามทางคือ I_1 จะไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่หนึ่ง I_2 จะไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่ 2 และ I_3 จะไหลผ่านตัวต้านทาน ตัวที่สามค่าของกระแสไฟฟ้าสามารถหาได้ดังต่อไปนี้

จากวงจรรูปที่ 2 จะได้

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

$$R_T = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$I_T = \frac{E}{R_T}$$

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

แต่ $E = I_T R_T$

$$= I_T\left(\frac{R_1R_2R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}\right)$$

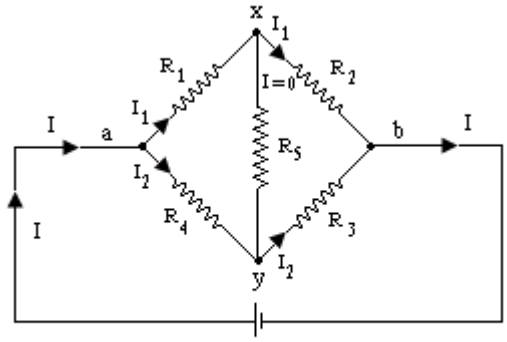
โดย $I_1 = \frac{E}{R_1}$

$$= \frac{I_TR_T}{R_1}$$

$$= I_T\left(\frac{1}{R_1}\right)\left(\frac{R_1R_2R_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}\right)$$ <![endi

5. ความต้านทานที่ต่อแบบวิทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

ถ้าต่อความต้านทานแล้วไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานสายกลาง คือ R_5 เรียก ความต้านทานลักษณะนี้ว่า “การต่อแบบวิทสโตนบริดจ์” (Wheatstone Bridge)



การต่อความต้านทานแบบวิทสโตนบริดจ์

จากวงจร เป็นวิทสโตนบริดจ์ ดังนั้น ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน R_5

จากกฎของโอห์ม … $V = IR$

จะได้ … $V_{ax} = V_a - V_x = I_1R_1$ ..... (1)

$$V_{ay} = V_a - V_y = I_2R_4 \quad \text{..... (2)}$$

และ ... $V_{xy} = V_x - V_y = IR_5 = 0$

$$V_x = V_y$$

ดังนั้น สมการ (1) = (2) ;

$$V_a - V_x = V_a - V_y$$

$$I_1R_1 = I_2R_4 \quad \text{..... (3)}$$

และ ... $I_1R_2 = I_2R_3 \quad \text{..... (4)}$

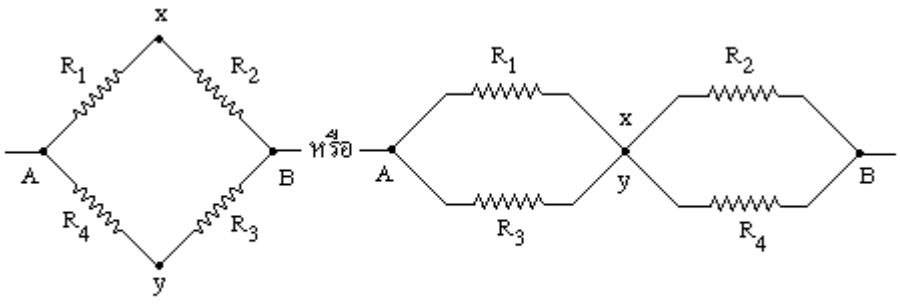
สมการ (3) / (4) จะได้ ...

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

$$\therefore \quad R_1R_3 = R_2R_4$$

แสดงว่า ... วงจรไฟฟ้าที่จัดต่อเป็นวิทสโตนบริดจ์ เมื่อผลคูณของความต้านทานที่อยู่ตรงข้ามมีค่าเท่ากัน

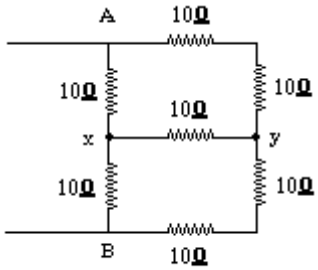
จึงเขียนวงจรไฟฟ้าใหม่ได้ดังรูป ...



วงจรวิทสโตนบริดจ์ที่ดัดแปลงใหม่

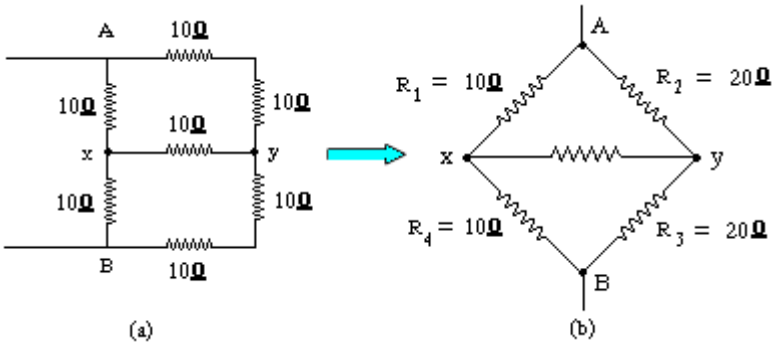
จะเห็นว่า ... ศักย์ไฟฟ้าที่จุด x เท่ากับศักย์ไฟฟ้าที่จุด y แน่นอน ดังนั้น ถ้ามีความต้านทาน หรือ แอมมิเตอร์ หรือลวดตัวนำ มาโยงระหว่าง x กับ y ย่อมไม่มีความหมาย คือ เอาออกได้เลย โดยไม่มีผลเปลี่ยนแปลง เรียกลักษณะนี้ว่า Wheatstone Bridge

ตัวอย่าง จากวงจร จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A และ B



(a)

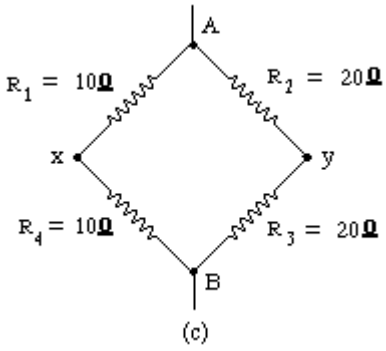
วิธีทำ เขียนวงจรใหม่โดยกรดึงลวดต้านทานให้ตรง จะได้วงจรใหม่ดังรูป



(a) (b)

(b)

จากวงจร (b) $R_1R_3 = R_2R_4$ แสดงว่า ความต้านทานต่อแบบวิทสโตนบริดจ์ เขียนวงจรใหม่ได้ดังรูป (c) …



(c)

จากวงจร จะได้ว่า ...

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{40} + \frac{1}{20}$$

$$R_{AB} = \frac{20 \times 40}{60}$$

$$\therefore \quad R_{AB} = \frac{800}{60} = 13.3 \text{ โอห์ม}$$