เหมาะสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี และบุคคลทั่วไป
ที่มีความสนใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและการแก้ปัญหา
เพื่อหาค่าปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า
กระแสตรงและกระแสสลับ

DC and AC Electrical Circuits

SE-ED
inspiration starts here

รองศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

ซีเอ็ด

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

โดย รองศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย โดย รองศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร © พ.ศ. 2559

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

บุญเรือง วังศิลาบัตร, รศ.
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ. -- กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2559.
344 หน้า
1. วงจรไฟฟ้า - - กระแสตรง.
I. ชื่อเรื่อง.
621.31912

Barcode (e-book) 9786160838639

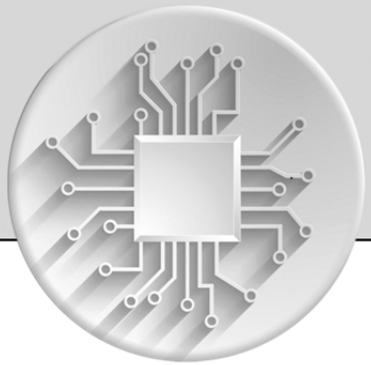
SE-ED
inspiration starts here

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

เลขที่ 1858/87-90 ถนนเทพรัตน แขวงบางนาใต้ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2826-8000

หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com



คำนำ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทอย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่สามารถแปลงผันไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ได้โดยง่าย เช่น แปลงผันไปเป็นพลังงานแสงสว่าง แปลงผันไปเป็นพลังงานความร้อน แปลงผันไปเป็นพลังงานกลให้เครื่องจักรกลสามารถทำงานได้ ซึ่งการแปลงผันพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ นั้น ทำให้มนุษย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ได้อย่างมากมาย ดังเช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เห็นอยู่ภายในที่พักอาศัยโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าพลังงานไฟฟ้าจะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็อาจจะทำอันตรายต่อทรัพย์สินและอาจถึงแก่ชีวิตของมนุษย์ได้เช่นเดียวกัน ถ้าใช้งานพลังงานไฟฟ้าอย่างไม่ถูกวิธี

พลังงานไฟฟ้ามีด้วยกันอยู่สองแบบคือ ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้งานกับมนุษย์ได้น้อย และไฟฟ้ากระแส ซึ่งสามารถไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าให้สามารถทำงานได้ โดยที่ไฟฟ้ากระแสยังแบ่งออกเป็นสองลักษณะอีกด้วย คือ ไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะ จะมีคุณสมบัติและมีวิธีการคำนวณในวงจรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ที่จะนำไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะไปใช้งาน จะต้องทำการศึกษาถึงคุณสมบัติและผลตอบสนองต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นภายในวงจรไฟฟ้านั้นๆ ให้เข้าใจเป็นอย่างดี และจะต้องศึกษาถึงวิธีการคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นในวงจรของไฟฟ้ากระแสทั้งสองลักษณะนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยต่อทรัพย์สินและชีวิตของมนุษย์นั้นเอง

SE-ED
inspiration starts here

หนังสือเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นจากเอกสารประกอบการสอน ที่ผู้เขียนใช้ทำการสอนในวิชาวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระดับปริญญาตรี มาไม่ต่ำกว่า 4 ปี โดยรวบรวมมาจากตำราต่างประเทศและภายในประเทศ พร้อมทั้งเพิ่มเติมเนื้อหา และปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 12 บท โดยตั้งแต่บทที่ 1 จนถึงบทที่ 7 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและการคำนวณปริมาณไฟฟ้าต่างๆ ภายในวงจรด้วยวิธีต่างๆ บทที่ 8 จนถึงบทที่ 12 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสสลับและการคำนวณปริมาณไฟฟ้าต่างๆ ภายในวงจรทั้งไฟฟ้ากระแสสลับระบบเฟสเดียวและไฟฟ้ากระแสสลับระบบสามเฟส

สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ภายในหนังสือเล่มนี้ จะเป็นแบบมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป จะแตกต่างกันที่การเขียนทิศทางของแรงดันไฟฟ้า ทั้งที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าและที่ตกคร่อมภาระหรือโหลดต่างๆ ภายในวงจร ซึ่งในหนังสือเล่มนี้จะใช้ระบบการเขียนทิศทางของแรงดันไฟฟ้าแบบที่กำหนดโดย

ผู้ใช้ (Consumer Counting System; CCS) ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งผู้เขียนได้รับการถ่ายทอดมาตั้งแต่ในสมัยที่ผู้เขียนกำลังศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในระดับปริญญาตรี และผู้เขียนคิดว่า เป็นระบบการเขียนทิศทางแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้ผู้ที่กำลังศึกษาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าสามารถเข้าใจและลดความผิดพลาดจากการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้าได้เป็นอย่างมาก ผู้เขียนจึงนำมาถ่ายทอดต่อให้กับท่านผู้อ่านหนังสือเล่มนี้อีกต่อหนึ่งด้วย

หนังสือเล่มนี้เหมาะสมสำหรับ นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ที่มีความสนใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้า ทั้งในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งผู้เขียนหวังใจไว้ว่า หนังสือเล่มนี้คงจะมีประโยชน์สำหรับท่านผู้ที่ได้อ่านไม่มากก็น้อย

หนังสือเล่มนี้ได้ทำการแก้ไขและปรับปรุง เพื่อให้เป็นมาตรฐานการพิมพ์ และให้ถูกต้องตามมาตรฐานการพิมพ์ทั่วไปด้วย เช่น การใช้คำศัพท์ให้เป็นไปตามมาตรฐานของศัพท์บัญญัติตามราชบัณฑิตยสถานและวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย การเขียนอักษรตัวแปรถูกแก้ไขให้เป็นตัวเอนเพื่อความเป็นมาตรฐานสากล อีกทั้งปรับขนาดของตัวอักษรกรีกให้มีขนาดที่เล็กลงและเหมาะสมสวยงาม และได้แก้ไขคำผิดต่างๆ ให้ถูกต้องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

สุดท้ายนี้ ถึงแม้หนังสือเล่มนี้จะได้รับการปรับปรุงให้เป็นไปตามมาตรฐานการพิมพ์ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แล้วก็ตาม แต่ก็ยังอาจจะมีความผิดพลาดและความบกพร่องที่คงหลงเหลืออีกบ้าง ซึ่งผู้เขียนต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย พร้อมทั้งยินดีน้อมรับคำติและคำชม เพื่อที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขในการพิมพ์ครั้งต่อไป

SE-ED
inspiration starts here

รองศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ปริมาณไฟฟ้าและกฎของโอห์ม	**9**
1.1 บทนำ	9
1.2 ปริมาณและหน่วยวัดทางไฟฟ้า	9
1.3 วงจรไฟฟ้า	12
1.4 ตัวต้านทานไฟฟ้า	13
1.4.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	13
1.4.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	15
1.4.2 การต่อตัวต้านทานแบบผสม	18
1.5 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลตา (Δ) และ วาย (Y)	22
1.5.1 แปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย	22
1.5.2 แปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบวายให้เป็นแบบเดลตา	24
1.6 กฎของโอห์ม	26
1.7 คุณสมบัติของวงจรอนุกรม	28
1.8 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	31
1.9 คุณสมบัติของวงจรขนาน	32
1.10 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	34
1.11 วงจรวีตสโตนบริดจ์	35
แบบฝึกหัดท้ายบท	37
บทที่ 2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	**41**
2.1 บทนำ	41
2.2 กฎของเคอร์ชอฟฟ์	41
2.3 หลักการและวิธีการนำกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้ในการแก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้า	48
2.4 เมตริกซ์และดีเทอร์มีแนนต์	54
แบบฝึกหัดท้ายบท	60
บทที่ 3 เมชเคอร์เรนต์ หรือลูปเคอร์เรนต์	**65**
3.1 บทนำ	65

SE-ED
inspiration starts here

3.2 หลักการและวิธีการแก้ปัญหาทางไฟฟ้าโดยใช้เมชเคอร์เรนต์ หรือลูปเคอร์เรนต์ 65
3.3 การกำหนดจำนวนวงรอบของกระแสและเขียนลงในเมตริกซ์อย่างรวดเร็ว 69
3.4 เทคนิคในการกำหนดวงรอบกระแส 73
แบบฝึกหัดท้ายบท 77
บทที่ 4 โนดโวลเตจ 83
4.1 บทนำ 83
4.2 ขั้นตอนการเขียนสมการของโนดโวลเตจ 84
4.3 การใช้โนดโวลเตจในการแก้ปัญหาทางไฟฟ้า 84
แบบฝึกหัดท้ายบท 93
บทที่ 5 ทฤษฎีการวางซ้อน 97
5.1 บทนำ 97
5.2 หลักการและวิธีการใช้ทฤษฎีการวางซ้อนแก้ปัญหาทางไฟฟ้า 97
แบบฝึกหัดท้ายบท 104
บทที่ 6 ทฤษฎีบทของเทเวนินและทฤษฎีบทของนอร์ตัน 107
6.1 บทนำ 107
6.2 ทฤษฎีบทของเทเวนิน 107
6.3 ทฤษฎีบทของนอร์ตัน 114
แบบฝึกหัดท้ายบท 123
บทที่ 7 ทฤษฎีบทของมิลล์แมน 127
7.1 บทนำ 127
7.2 การนำทฤษฎีบทของมิลล์แมนมาใช้ในการแก้ปัญหาทางไฟฟ้า 130
แบบฝึกหัดท้ายบท 145
บทที่ 8 ไฟฟ้ากระแสสลับ 147
8.1 บทนำ 147
8.2 ลักษณะของไฟฟ้ากระแสสลับ 147
8.3 การเหนี่ยวนำไฟฟ้า 150
8.4 การกำเนิดแรงดันไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์ 153
8.5 ความเร็วเชิงมุม 159
8.6 สมการชั่วขณะกับตำแหน่งเริ่มต้นของรูปคลื่นไซน์ 161
8.7 ปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงดันและกระแสไฟฟ้าสลับ 164
8.7.1 คาบเวลา 164
8.7.2 ความถี่ 165
8.7.3 ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่น 166

SE-ED
inspiration starts here

8.7.4 ค่าประสิทธิผลของรูปคลื่น 169
8.7.5 เฟสระหว่างรูปคลื่น 177
8.8 ภาระหรือโหลดในวงจรไฟสลับ 178
8.9 ความต้านทานไฟฟ้าและความนำกระแสไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าสลับ 182
8.9.1 ความต้านทานกระแสไฟฟ้า 182
8.9.2 ความนำกระแสไฟฟ้า 182
8.9.3 รีแอกแตนซ์ 182
8.9.4 ซัสเซปแตนซ์ 183
8.9.5 อิมพีแดนซ์ 183
8.9.6 แอดมิตแตนซ์ 184
8.10 จำนวนเชิงซ้อน 184
8.10.1 คอนจูเกตจำนวนเชิงซ้อน 187
8.10.2 การบวกและการลบจำนวนเชิงซ้อน 187
8.10.3 การคูณและการหารจำนวนเชิงซ้อน 188
8.11 ไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์กับจำนวนเชิงซ้อน 190
8.12 เฟสเซอร์ไดอะแกรมและอิมพีแดนซ์ไดอะแกรม 191
8.13 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของภาระแบบต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าสลับ 193
8.13.1 ตัวต้านทานบริสุทธิ์ 193
8.13.2 ตัวเหนี่ยวนำบริสุทธิ์ 194
8.13.3 ตัวเก็บประจุไฟฟ้าบริสุทธิ์ 195
แบบฝึกหัดท้ายบท 197
บทที่ 9 การต่อภาระในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ **201**
9.1 บทนำ 201
9.2 การต่อภาระแบบอนุกรมในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 201
9.2.1 วงจรการต่อ *R-L* อนุกรม 201
9.2.2 วงจรการต่อ *R-C* อนุกรม 208
9.2.3 วงจรการต่อ *R-L-C* อนุกรม 213
9.3 การต่อภาระแบบขนานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 220
9.3.1 วงจรการต่อ *R-L* ขนาน 220
9.3.2 วงจรการต่อ *R-C* ขนาน 224
9.3.3 วงจรการต่อ *R-L-C* ขนาน 228
9.4 การต่อภาระแบบผสม ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 233
9.4.1 การต่อวงจรผสมแบบต่อขนานก่อนอนุกรมในวงจรไฟฟ้าสลับ 238

SE-ED
inspiration starts here

9.4.2 การต่อวงจรผสมแบบต่ออนุกรมก่อนขนานในวงจรไฟฟ้าสลับ 241
แบบฝึกหัดท้ายบท 244
บทที่ 10 วงจรรีโซแนนซ์ 244
10.1 บทนำ 249
10.2 วงจรรีโซแนนซ์แบบอนุกรม 249
10.3 วงจรรีโซแนนซ์แบบขนาน 261
แบบฝึกหัดท้ายบท 276
บทที่ 11 กำลังไฟฟ้าในระบบไฟสลับ 281
11.1 บทนำ 281
11.2 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าสลับกับภาระแบบต่าง ๆ 282
11.3 ลักษณะของกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าสลับ 287
11.3.1 กำลังไฟฟ้าปรากฏ 288
11.3.2 กำลังไฟฟ้าจริง 288
11.3.3 กำลังไร้งาน 288
11.4 กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน 290
11.5 การแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ 295
แบบฝึกหัดท้ายบท 303
บทที่ 12 ระบบไฟฟ้าสามเฟส 307
12.1 บทนำ 307
12.2 การกำเนิดแรงดันไฟสลับระบบสามเฟส 307
12.3 ลำดับเฟส 310
12.4 การต่อวงจรในระบบไฟฟ้าสามเฟส 312
12.4.1 การต่อขดลวดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสแบบวาย 314
12.4.2 การต่อขดลวดของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟสแบบเดลตา 327
แบบฝึกหัดท้ายบท 336
ดัชนี 339
บรรณานุกรม 342

SE-ED
inspiration starts here

ปริมาณไฟฟ้าและกฎของโอห์ม
(Electrical Quantity and Ohm's Law)

1.1 บทนำ

การศึกษาในเรื่องของไฟฟ้า ตั้งแต่การกำเนิดไฟฟ้าสถิตซึ่งเกิดขึ้นจากความต่างศักย์ของประจุไฟฟ้าภายในอนุภาคของอิเล็กตรอนอิสระและโปรตอนซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติ และโดยปกติแล้วไฟฟ้าสถิตจะไม่สามารถนำมาใช้ทำงานให้เกิดประโยชน์ได้มากนัก แต่เมื่อทำให้อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ไปในสายตัวนำไฟฟ้าผ่านไปยังภาระ ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลภายในสายตัวนำนั้น ซึ่งการไหลของกระแสไฟฟ้านี้จะเกิดพลังงานไฟฟ้าและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าสามารถแปลงผันไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ได้ เช่น แปลงผันไปเป็นพลังงานแสง แปลงผันไปเป็นพลังงานความร้อน แปลงผันไปอยู่ในรูปแบบของพลังงานกล เป็นต้น

SE-ED
inspiration starts here

ถึงแม้ว่ากระแสไฟฟ้าจะมีประโยชน์ต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก แต่ก็อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตของมนุษย์ได้ด้วยเช่นกันถ้านำไปใช้งานไม่ถูกต้อง ดังนั้น จึงควรที่จะทำการศึกษาในเรื่องของกระแสไฟฟ้าให้เข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้นำเอากระแสไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและมีความปลอดภัย

1.2 ปริมาณและหน่วยวัดทางไฟฟ้า

ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า เราควรที่จะทราบถึงปริมาณทางไฟฟ้า ศัพท์ และตัวอักษรย่อของปริมาณทางไฟฟ้าเหล่านั้น รวมถึงหน่วยวัดทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้า ซึ่งในที่นี้จะกล่าวไว้พอสังเขป ดังต่อไปนี้

1.2.1 คูลอมบ์ (Coulomb)

คูลอมบ์ (Coulomb) เป็นหน่วยของประจุไฟฟ้า ตามชื่อของนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสผู้ค้นพบ คือ Charles Augustin de Coulomb ใช้ตัวอักษรย่อว่า Q

ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ หมายถึง อิเล็กตรอนจำนวน 6.2×10^{18} ตัว เคลื่อนที่ผ่านจุดจุดหนึ่ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ อิเล็กตรอน 1 ตัว จะมีค่าของประจุไฟฟ้าเท่ากับ 1.602×10^{-19} คูลอมบ์ นั่นเอง

1.2.2 แอมแปร์ (Ampere)

แอมแปร์ (Ampere) เป็นหน่วยวัดของกระแสไฟฟ้า ตามชื่อของนักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสผู้ค้นพบ คือ Andre Marie Ampere ใช้ตัวอักษรย่อว่า A และกำหนดให้อักษรย่อของกระแสไฟฟ้า (Electric current) ใช้เป็น I

กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ หมายถึง ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ เคลื่อนที่ผ่านจุดจุดหนึ่งในเวลา 1 วินาที ซึ่งสามารถที่จะเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$Q = I \cdot t$$

เมื่อ Q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ [Coulomb]

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ [A]

t คือ เวลา มีหน่วยเป็น วินาที [Second]

SE-ED
inspiration starts here

1.2.3 โวลต์ (Volt)

โวลต์ (Volt) เป็นหน่วยของการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุด ใช้ตัวย่อเป็น V เช่น ความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและลบของถ่านไฟฉาย 1 ก้อน จะมีขนาดเป็น 1.5 โวลต์ หรือความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและลบของแบตเตอรี่รถยนต์ จะมีขนาด 12 โวลต์ เป็นต้น

โดยทั่วไป เราจะเรียกค่าความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดนั้นว่า *"แรงดันไฟฟ้า"* ใช้ตัวอักษรย่อเป็น E และมีหน้าที่เป็นตัวผลักดันให้กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าไม่มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าก็ไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ผ่านไปในวงจรไฟฟ้าได้

1.2.4 กำลังงานไฟฟ้า (Electrical power)

กำลังงานไฟฟ้า (Electrical power) เป็นผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า ใช้ตัวอักษรย่อเป็น P หมายถึง ความสามารถในการผลักดันให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไป และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรแล้วทำให้เกิดงานขึ้น โดยอัตราส่วนของงานต่อเวลาที่เกิดขึ้นนี้ จะเป็นปริมาณของกำลังไฟฟ้า และมีหน่วยเป็นวัตต์ ใช้ตัวอักษรย่อเป็น W และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$P = E \cdot I$$

เมื่อ P คือ กำลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ [Watt, W]

E คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ [Volt, V]

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ [Ampere, A]

นอกจากนั้น หน่วยของกำลังไฟฟ้าที่นิยมเรียกกัน เช่น *แรงม้า* หรือ *กำลังม้า* (Horse Power, *HP*) ซึ่งเป็นหน่วยเปรียบเทียบของกำลังทางกลที่ได้จากแรงของม้า ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับกำลังไฟฟ้าดังสมการต่อไปนี้

1 แรงม้า = 746 วัตต์

1.2.5 พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy)

พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy) เป็นผลคูณของกำลังงานไฟฟ้ากับเวลา ดังนั้น หน่วยของพลังงานไฟฟ้าจึงมีหน่วยเป็น วัตต์-วินาที (Watt-second, Ws) หรือในกรณีที่หน่วยของกำลังไฟฟ้าใหญ่ขึ้น เป็น กิโลวัตต์-วินาที หรือในหน่วยที่ทั้งกำลังไฟฟ้าและเวลาเป็นหน่วยที่ใหญ่ขึ้นเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (Kilowatt-hour) โดยที่หน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง นี้ จะเป็นหน่วยที่ทางการไฟฟ้าใช้ในการคิดคำนวณค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตามที่พักอาศัยในแต่ละแห่งซึ่งได้ใช้ไป และมักจะเรียกหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง นี้ว่า เป็น *"ยูนิต"* (Unit) หรือ *หน่วย* โดยที่

1 ยูนิต หรือ 1 หน่วย = 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.2.6 ความนำไฟฟ้า (Electrical conductance)

ความนำไฟฟ้า (Electrical conductance) หมายถึง ความสามารถที่จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ ใช้ตัวอักษรย่อว่า G มีหน่วยเป็นซีเมน (Siemen, S) และวัสดุที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าจะเรียกว่า *"ตัวนำไฟฟ้า"* (Electrical conductor)

SE-ED inspiration starts here

1.2.7 ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistance)

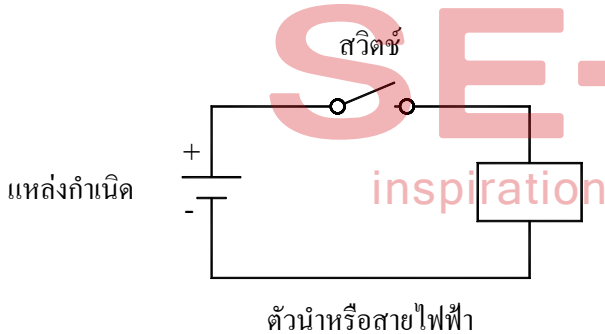
ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistance) คือ ความสามารถในการจำกัดหรือต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ใช้ตัวอักษรย่อว่า R มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm, Ω) และวัสดุที่มีความสามารถในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า จะเรียกว่า *"ตัวต้านทานไฟฟ้า"* (Electrical resistor) ดังนั้น ความต้านทานไฟฟ้าจึงเป็นส่วนกลับกันกับความนำไฟฟ้า และสามารถเขียนความสัมพันธ์เป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$R = \frac{1}{G} \ [\Omega] \quad \text{หรือ} \quad G = \frac{1}{R} \ [\text{S}]$$

1.3 วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า คือ การทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐาน 4 อย่างด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 คือ

1. แหล่งกำเนิดหรือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า
2. สวิตช์ไฟฟ้า
3. ภาระ หรือ โหลด (Load) ทางไฟฟ้า
4. ตัวนำหรือสายไฟฟ้า



SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรไฟฟ้า

จากส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรไฟฟ้า แหล่งกำเนิดจะทำหน้าที่ผลักดันให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าไปยังภาระหรือโหลดทางไฟฟ้า ซึ่งภาระหรือโหลดนั้นจะทำหน้าที่แปลงเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปแบบอื่นๆ ตามความต้องการในการใช้ประโยชน์ ซึ่งการไหลของกระแสไฟฟ้านี้ จะถูกตัดต่อโดยสวิตช์ เมื่อสวิตช์ทำการต่อวงจรทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เราจะเรียกว่า *"วงจรปิด"* (Close

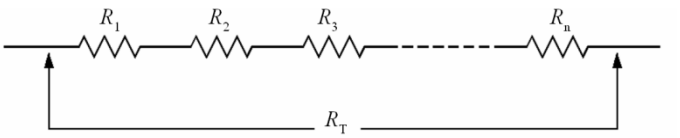
circuit) และในทางกลับกัน เมื่อสวิตช์ทำการตัดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหล เราจะเรียกว่า "*วงจรเปิด*" (Open circuit)

1.4 ตัวต้านทานไฟฟ้า

โดยปกติโหลดทางไฟฟ้าหรือภาระจะทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ดังนั้น โหลดทางไฟฟ้าหรือภาระจึงเปรียบเสมือนกับตัวความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร ซึ่งสามารถแบ่งรูปแบบการต่อตัวต้านทานในขั้นพื้นฐานออกเป็น 3 รูปแบบ คือ การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม การต่อตัวต้านทานแบบขนาน และการต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังต่อไปนี้

1.4.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานมาต่อเรียงกันไป โดยนำปลายของตัวต้านทานตัวที่หนึ่ง ต่อกับต้นของตัวต้านทานตัวที่สอง และเรียงต่อกันไปเรื่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.2



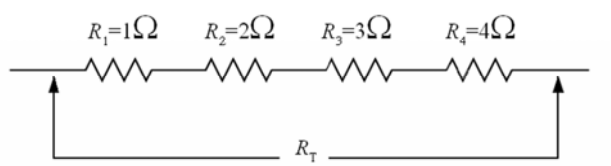
รูปที่ 1.2 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

SE-ED
inspiration starts here

จากรูปค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้น พึงสังเกตว่า ค่าความต้านทานรวมที่ได้ จะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมกันในวงจรเสมอ

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

ตัวอย่างที่ 1-1 จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.3



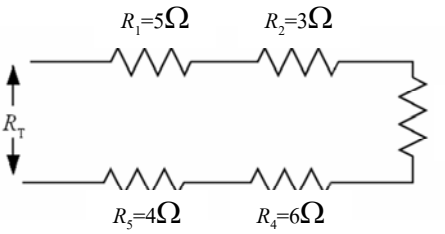
รูปที่ 1.3 ตัวอย่างที่ 1-1

วิธีทำ

จาก $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$= 1\Omega + 2\Omega + 3\Omega + 4\Omega = 10\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-2 จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างที่ 1-2

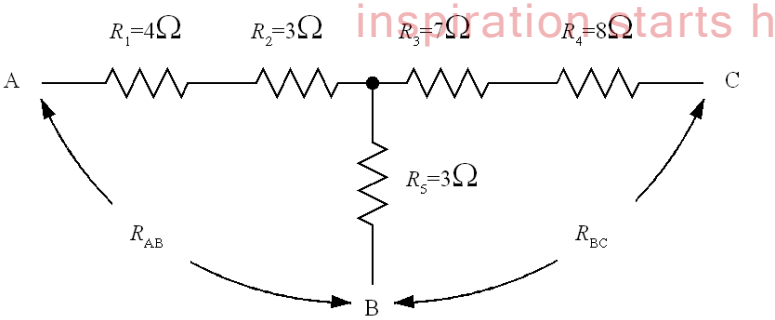
วิธีทำ

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

$= 5\Omega + 3\Omega + 2\Omega + 6\Omega + 4\Omega = 20\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-3 จงหาค่าความต้านทานระหว่างจุด A-B, ระหว่างจุด B-C และ ระหว่างจุด A-C ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.5

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.5 ตัวอย่างที่ 1-3

วิธีทำ

จาก (จุด A-B) $R_{AB} = R_1 + R_2 + R_5$

$= 4\Omega + 3\Omega + 3\Omega = 10\Omega$ ▲

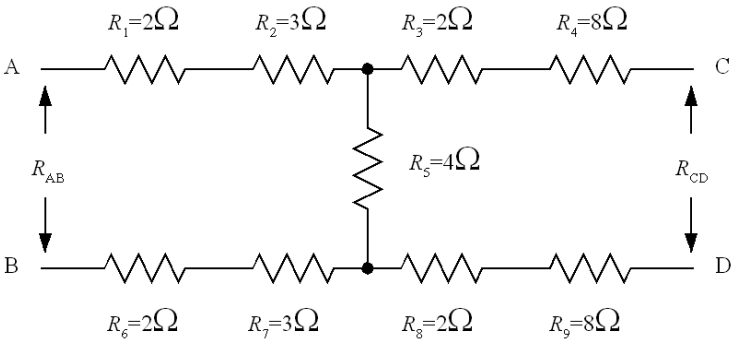
จาก (จุด B-C) $R_{BC} = R_3 + R_4 + R_5$

$= 7\Omega + 8\Omega + 3\Omega = 18\Omega$ ▲

จาก (จุด A-C) $R_{AC} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$

$= 4\Omega + 3\Omega + 7\Omega + 8\Omega = 22\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-4 จงหาค่าความต้านทานระหว่างจุด A-B และ ระหว่างจุด C-D ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างที่ 1-4

วิธีทำ

จาก (จุด A-B) $R_{AB} = R_1 + R_2 + R_5 + R_6 + R_7$

$= 2\Omega + 3\Omega + 4\Omega + 2\Omega + 3\Omega = 14\ \Omega$ ▲

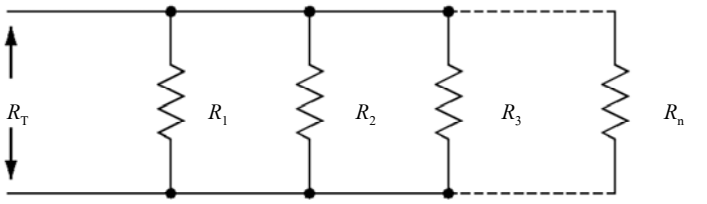
และ จาก (จุด C-D) $R_{CD} = R_3 + R_4 + R_5 + R_8 + R_9$

$= 2\Omega + 8\Omega + 4\Omega + 2\Omega + 8\Omega = 24\ \Omega$ ▲

SE-ED
inspiration starts here

1.4.2 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน หมายถึง การนำต้นของตัวต้านทานตัวที่หนึ่งต่อกับต้นของตัวต้านทานตัวที่สอง และนำเอาปลายของตัวต้านทานตัวที่หนึ่งต่อกับปลายของตัวต้านทานตัวที่สอง เรียงขนานกันไป ดังแสดงในรูปที่ 1.7

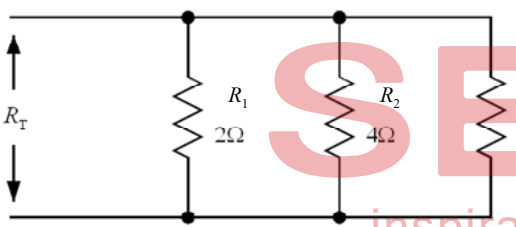


รูปที่ 1.7 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

จากรูปที่ 1.7 ค่าความต้านทานรวม (R_T) สามารถที่จะคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ และพึงสังเกตจากสมการว่า ค่าของความต้านทานรวมที่ได้ จะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจรที่นำตัวต้านทานมาต่อขนานกันเสมอ

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

ตัวอย่างที่ 1-5 จงหาค่าความต้านทานรวม ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 ตัวอย่างที่ 1-5

SE-ED
inspiration starts here

วิธีทำ จาก

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

$$= \frac{1}{2\Omega}+\frac{1}{4\Omega}+\frac{1}{8\Omega}$$

$$= 0.5\text{S} + 0.25\text{S} + 0.125\text{S}$$

$$= 0.875\text{S}$$

$$R_T = \frac{1}{0.875\text{S}} = 1.14\Omega$$ ▲

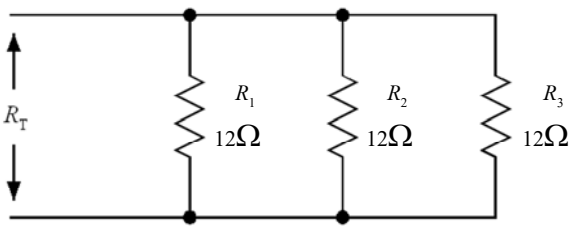
ในกรณีที่ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานกันนั้นมีค่าเท่ากันทุกตัว เราจะสามารถคำนวณหาค่าของความต้านทานรวมของวงจรจากสมการดังต่อไปนี้

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

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่เท่ากันทุกตัว $(R = R_1 = R_2 = \ldots = R_n)$

N คือ จำนวนตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานกัน

ตัวอย่างที่ 1-6 จงหาค่าความต้านทานรวม ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 ตัวอย่างที่ 1-6

วิธีทำ

จาก $R_T = \frac{R}{N} = \frac{12\Omega}{3} = 4\Omega$ ▲

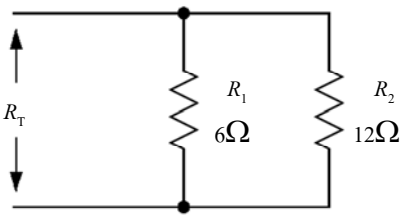
SE-ED
inspiration starts here

และถ้าในกรณีที่มีความต้านทานต่อขนานกันอยู่สองตัว การคำนวณหาค่าความต้านทานรวมจะเป็นดังสมการต่อไปนี้

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

ดังนั้น จะได้ $R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

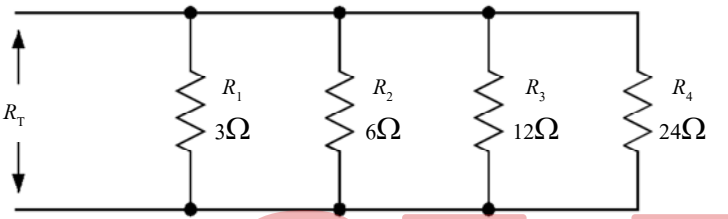
ตัวอย่างที่ 1-7 จงหาค่าความต้านทานรวม ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 ตัวอย่างที่ 1-7

วิธีทำ จาก $R_T = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{6\Omega \cdot 12\Omega}{6\Omega + 12\Omega} = 4\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-8 จงหาค่าความต้านทานรวม ของวงจรดังแสดงในรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 ตัวอย่างที่ 1-8

SE-ED
inspiration starts here

วิธีทำ ให้ $R_A = R_1 // R_2 = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{3\Omega \cdot 6\Omega}{3\Omega + 6\Omega} = 2\Omega$

$R_B = R_3 // R_4 = \dfrac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \dfrac{12\Omega \cdot 24\Omega}{12\Omega + 24\Omega} = 8\Omega$

และ $R_T = R_A // R_B = \dfrac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} = \dfrac{2\Omega \cdot 8\Omega}{2\Omega + 8\Omega} = 1.6\Omega$ ▲

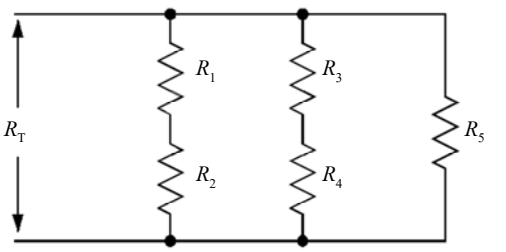
1.4.3 การต่อตัวต้านทานแบบผสม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม จะเป็นการรวมเอาวิธีการต่อตัวต้านทานทั้งแบบอนุกรมและการต่อตัวต้านทานแบบขนาน เป็นวงจรย่อยๆ เข้าด้วยกัน ดังนั้น ในการคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร

จึงต้องใช้พื้นฐานความรู้จากการต่อตัวต้านทานทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานมาประกอบกัน การต่อตัวต้านทานแบบผสมจะมีลักษณะการต่ออยู่สองลักษณะคือ

1. การต่อตัวต้านทานผสมแบบอนุกรม-ขนาน

การต่อวงจรในลักษณะนี้ จะมีวงจรการต่อตัวต้านทานเป็นแบบอนุกรมเป็นวงจรย่อยๆ อยู่หลายๆ วงจรย่อย ต่อจากนั้นจึงต่อวงจรย่อยๆ ที่มีลักษณะเป็นวงจรอนุกรมนั้นๆ มาขนานกันอีกทีหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 การต่อตัวต้านทานผสมแบบอนุกรม-ขนาน

ในวงจรรูปที่ 1.12 จะเห็นว่า R_1, R_2 ต่ออนุกรมกันเป็นวงจรย่อย เช่นเดียวกันกับ R_3, R_4 ต่อจากนั้นจึงมาต่อขนานกับตัวต้านทาน R_5 จึงจะเป็นค่าความต้านทานรวมของวงจร

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1-9 จากรูปที่ 1.12 ถ้ากำหนดให้ $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$ และ $R_5 = 6\Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวม R_T ของวงจร

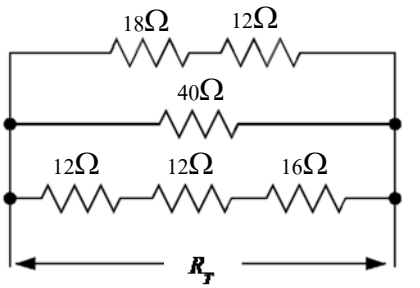
วิธีทำ

จากวงจรจะได้

$$\begin{aligned} R_T &= (R_1 + R_2) \,//\, (R_3 + R_4) \,//\, R_5 \\ &= (2\Omega + 10\Omega) \,//\, (8\Omega + 4\Omega) \,//\, 6\Omega \\ &= (12\Omega \,//\, 12\Omega) \,//\, 6\Omega \\ &= 6\Omega \,//\, 6\Omega \\ &= 3\Omega \end{aligned}$$

▲

ตัวอย่างที่ 1-10 จากรูปที่ 1.13 จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



รูปที่ 1.13 ตัวอย่างที่ 1-10

วิธีทำ

จากวงจรจะได้ $R_T = (18\Omega + 12\Omega) \,//\, (40\Omega) \,//\, (12\Omega + 12\Omega + 16\Omega)$

$= 30\Omega \,//\, 40\Omega \,//\, 40\Omega$

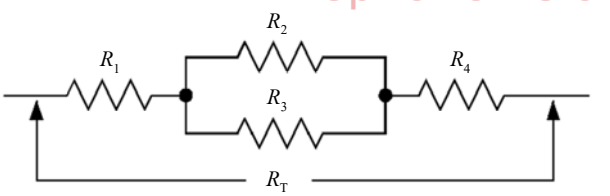
$= 30\Omega \,//\, 20\Omega$

$= 12\Omega$ ▲

2. การต่อตัวต้านทานผสมแบบขนาน-อนุกรม

การต่อวงจรในลักษณะนี้ จะมีวงจรการต่อตัวต้านทานเป็นแบบขนานเป็นวงจรย่อยๆ อยู่หลายๆ วงจรย่อย ต่อจากนั้นจึงนำมาต่ออนุกรมกันอีกทีหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1.14

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.14 การต่อตัวต้านทานผสมแบบขนาน-อนุกรม

จากรูปที่ 1.14 จะเห็นว่า R_2, R_3 นั้นต่อขนานกันอยู่ก่อน ต่อจากนั้นจึงมาต่ออนุกรมร่วมกับ R_1 และ R_4 จึงจะเป็นค่าความต้านทานรวมของวงจร

ตัวอย่างที่ 1-11 จากรูปที่ 1.14 ถ้ากำหนดให้ $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 12\Omega$ และ $R_4 = 4\Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวม R_T ของวงจร

วิธีทำ

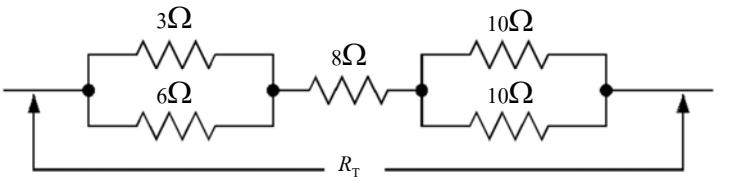
จากวงจรจะได้ $R_T = R_1 + (R_2 // R_3) + R_4$

$= 2\Omega + (6\Omega \ // \ 12\Omega) + 4\Omega$

$= 2\Omega + 4\Omega + 4\Omega$

$= 10\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-12 จากรูปที่ 1.15 จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



รูปที่ 1.15 ตัวอย่างที่ 1-12

วิธีทำ

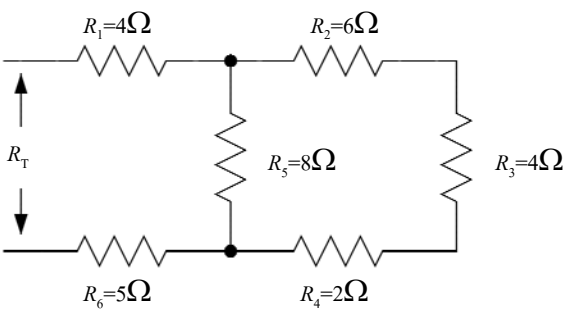
จากรูปที่ 1.15 เราจะได้ $R_T = (3\Omega // 6\Omega) + 8\Omega + (10\Omega // 10\Omega)$

$= 2\Omega + 8\Omega + 5\Omega$

$= 15\Omega$ ▲

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1-13 จากรูปที่ 1.16 จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



รูปที่ 1.16 ตัวอย่างที่ 1-13

วิธีทำ

จากวงจรจะได้ $R_T = R_1 + \{R_5 // (R_2 + R_3 + R_4)\} + R_6$

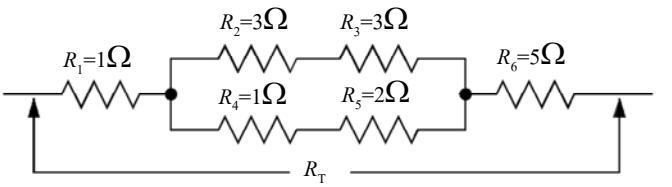
$= 4\Omega + \{8\Omega // (6\Omega + 4\Omega + 2\Omega)\} + 5\Omega$

$= 4\Omega + (8\Omega // 12\Omega) + 5\Omega$

$= 4\Omega + 4.8\Omega + 5\Omega$

$= 13.8\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-14 จากรูปที่ 1.17 จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



รูปที่ 1.17 ตัวอย่างที่ 1-14

วิธีทำ

จากวงจรจะได้ $R_T = R_1 + \{(R_2 + R_3) // (R_4 + R_5)\} + R_6$

$= 1\Omega + \{(3\Omega + 3\Omega) // (1\Omega + 2\Omega)\} + 5\Omega$

$= 1\Omega + (6\Omega // 3\Omega) + 5\Omega = 1\Omega + 2\Omega + 5\Omega$

$= 8\Omega$ ▲

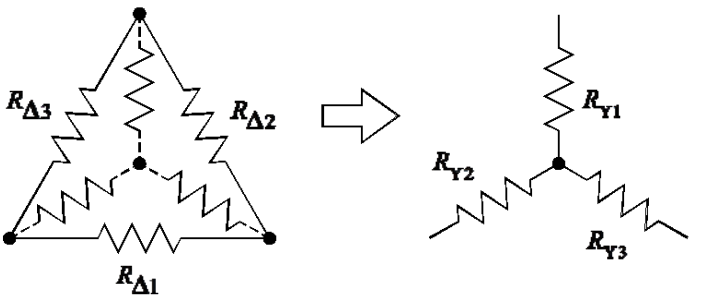
SE-ED
inspiration starts here

1.5 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลตา (Δ) และวาย (Y)

ในการหาค่าความต้านทานรวมของวงจรตามที่กล่าวมาแล้วนั้น จะกระทำได้โดยง่ายเมื่อตัวต้านทานที่นำมาต่อกันในวงจรอยู่ในรูปของการต่ออนุกรมกันหรือต่อขนานกันอย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าตัวต้านทานเหล่านั้นถูกต่อให้เป็นแบบเดลตา การหาค่าความต้านทานรวมของวงจรก็จะไม่สามารถทำได้ง่ายนัก การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อในรูปแบบของเดลตาให้เป็นรูปแบบของวาย จะทำให้ปัญหาดังกล่าวนี้หมดไป และทำให้การคำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรกระทำได้ง่ายขึ้น

1.5.1 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย

พิจารณาวงจรการต่อตัวต้านทานดังแสดงในรูปที่ 1.18



รูปที่ 1.18 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย

จากรูปที่ 1.18 จะได้ค่าความต้านทานที่แปลงจากวงจรเดลตาไปเป็นวายดังสมการต่อไปนี้

$$R_{Y1} = \frac{R_{\Delta 2} \cdot R_{\Delta 3}}{R_{\Delta 1} + R_{\Delta 2} + R_{\Delta 3}} = \frac{R_{\Delta 2} \cdot R_{\Delta 3}}{\sum R_{\Delta}}$$

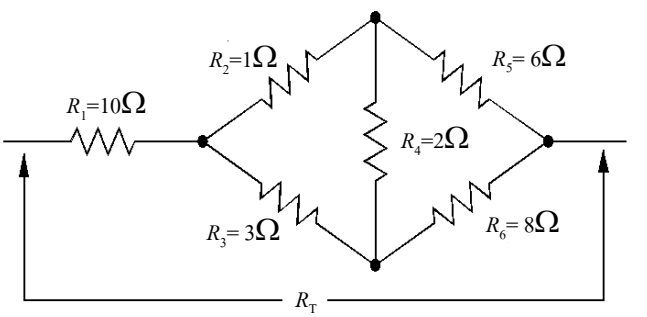
$$R_{Y2} = \frac{R_{\Delta 1} \cdot R_{\Delta 3}}{R_{\Delta 1} + R_{\Delta 2} + R_{\Delta 3}} = \frac{R_{\Delta 1} \cdot R_{\Delta 3}}{\sum R_{\Delta}}$$

$$R_{Y3} = \frac{R_{\Delta 1} \cdot R_{\Delta 2}}{R_{\Delta 1} + R_{\Delta 2} + R_{\Delta 3}} = \frac{R_{\Delta 1} \cdot R_{\Delta 2}}{\sum R_{\Delta}}$$

SE-ED
inspiration starts here

ในที่นี้ $\sum R_{\Delta}$ หมายถึง ผลรวมของความต้านทานทั้งสามตัวที่ต่อแบบเดลตา ซึ่งมีค่าเท่ากับ $R_{\Delta 1} + R_{\Delta 2} + R_{\Delta 3}$ ส่วน R_{Y1} , R_{Y2} และ R_{Y3} หมายถึง ค่าความต้านทานที่ต่อเป็นแบบวาย ซึ่งแปลงมาจากความต้านทานที่ต่อกันในรูปแบบของเดลตาตามในรูปที่ 1.18 นั่นเอง

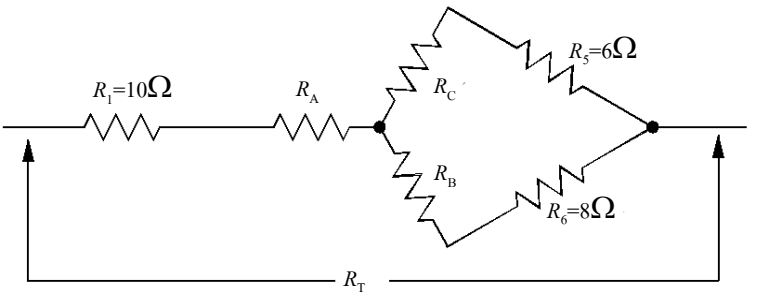
ตัวอย่างที่ 1-15 จากวงจรในรูปที่ 1.19 จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



รูปที่ 1.19 ตัวอย่างที่ 1-15

วิธีทำ

ทำการแปลง R_2, R_3 และ R_4 ซึ่งอยู่ในรูปแบบของเดลตาให้เป็นวาย ดังแสดงในรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 แทน R_2, R_3 และ R_4 ด้วย R_A, R_B และ R_C

จากรูปที่ 1.20 จะได้

$$R_A = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{1\Omega \cdot 3\Omega}{1\Omega + 3\Omega + 2\Omega} = 0.5\Omega$$

$$R_B = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{3\Omega \cdot 2\Omega}{1\Omega + 3\Omega + 2\Omega} = 1\Omega$$

$$R_C = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{1\Omega \cdot 2\Omega}{1\Omega + 3\Omega + 2\Omega} = 0.33\Omega$$

จากวงจรจะได้

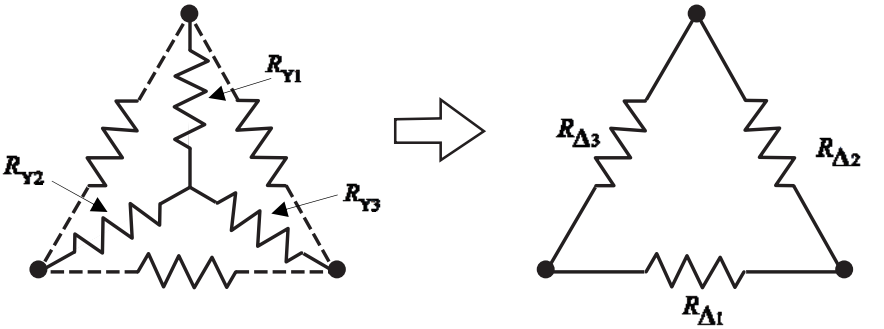
$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_A + \{(R_C + R_5) \,//\, (R_B + R_6)\} \\ &= 10\Omega + 0.5\Omega + \{(0.33\Omega + 6\Omega) \,//\, (1\Omega + 8\Omega)\} \\ &= 10\Omega + 0.5\Omega + (6.33\Omega \,//\, 9\Omega) \\ &= 10\Omega + 0.5\Omega + 3.72\Omega \\ &= 14.22\Omega \end{aligned}$$

▲

SE-ED
inspiration starts here

1.5.2 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบวายให้เป็นแบบเดลตา

พิจารณาวงจรการต่อตัวต้านทานดังแสดงในรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 การแปลงค่าความต้านทานที่ต่อแบบวายให้เป็นแบบเดลตา

จากรูปที่ 1.21 จะได้ค่าความต้านทานที่แปลงจากวงจรวายไปเป็นเดลตาดังสมการต่อไปนี้

$$R_{\Delta 1} = \frac{R_{Y1}R_{Y2} + R_{Y2}R_{Y3} + R_{Y1}R_{Y3}}{R_{Y1}} = \frac{\sum R_Y}{R_{Y1}}$$

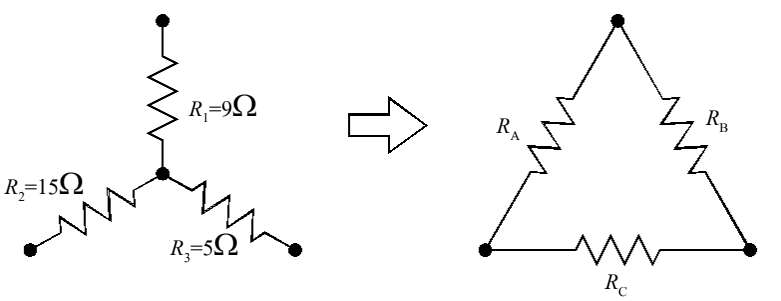
$$R_{\Delta 2} = \frac{R_{Y1}R_{Y2} + R_{Y2}R_{Y3} + R_{Y1}R_{Y3}}{R_{Y2}} = \frac{\sum R_Y}{R_{Y2}}$$

$$R_{\Delta 3} = \frac{R_{Y1}R_{Y2} + R_{Y2}R_{Y3} + R_{Y1}R_{Y3}}{R_{Y3}} = \frac{\sum R_Y}{R_{Y3}}$$

ในที่นี้ $\sum R_Y$ หมายถึง ผลรวมของผลคูณของความต้านทานแต่ละคู่ที่นำต่อเป็นวงจรแบบวาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ $R_{Y1}R_{Y2} + R_{Y2}R_{Y3} + R_{Y1}R_{Y3}$ ส่วน $R_{\Delta 1}$, $R_{\Delta 2}$ และ $R_{\Delta 3}$ หมายถึง ค่าความต้านทานที่ต่อเป็นแบบเดลตาซึ่งแปลงมาจากความต้านทานที่ต่อกันในรูปแบบของวาย ตามในรูปที่ 1.21

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1-16 จากในรูปที่ 1.22 จงแปลงค่าความต้านทานจากรูปแบบการต่อแบบวาย ให้เป็นเดลตา



รูปที่ 1.22 ตัวอย่างที่ 1-16

วิธีทำ

จากในรูปที่ 1.22 จะได้

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_1R_2 + R_2R_3 + R_1R_3 \\ &= 9\Omega \cdot 15\Omega + 15\Omega \cdot 5\Omega + 9\Omega \cdot 5\Omega \\ &= 135\Omega^2 + 75\Omega^2 + 45\Omega^2 \\ &= 255\Omega^2\end{aligned}$$

ดังนั้น จะได้

$$R_A = \frac{\sum R_Y}{R_3} = \frac{255\Omega^2}{5\Omega} = 51\Omega \quad \blacktriangle$$

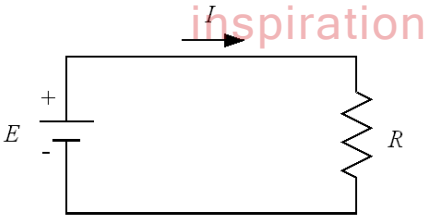
$$R_B = \frac{\sum R_Y}{R_2} = \frac{255\Omega^2}{15\Omega} = 17\Omega \quad \blacktriangle$$

$$R_C = \frac{\sum R_Y}{R_1} = \frac{255\Omega^2}{9\Omega} = 28.33\Omega \quad \blacktriangle$$

1.6 กฎของโอห์ม

เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1826 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ ยอร์จ ไซมอน โอห์ม (George Simon Ohm) ได้ทำการทดลองค้นพบความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และค่าความต้านทาน ที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 1.23 และได้กล่าวไว้ว่า *"ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ค่าของกระแสไฟฟ้าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร และจะเป็นปฏิภาคโดยกลับกันกับค่าของความต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร"*

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.23 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน

จากข้อความของคำกล่าวข้างต้น สามารถที่นำมาเขียนเป็นสมการทางไฟฟ้า และเรียกกันโดยทั่วไปว่า *"กฎของโอห์ม"* (Ohm's Law) ดังต่อไปนี้

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{หรือ} \quad R = \frac{E}{I} \quad \text{หรือ} \quad E = I \cdot R$$

โดยที่ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ [A]

E คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ [V]

R คือ ความต้านทานไฟฟ้าภายในวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม [Ω]

จากกฎของโอห์มดังกล่าวข้างต้นนี้ ยังสามารถประยุกต์นำมาใช้ในการคำนวณกำลังไฟฟ้าภายในวงจรไฟฟ้าได้ ดังสมการดังต่อไปนี้

$$P = I \cdot E \quad \text{หรือ} \quad P = I^2 R \quad \text{หรือ} \quad P = \frac{E^2}{R}$$

โดยที่ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ [W]

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ [A]

E คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ [V]

R คือ ความต้านทานไฟฟ้าภายในวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม [Ω]

ตัวอย่างที่ 1-17 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 50V ต่ออยู่กับตัวต้านทาน 10 Ω ดังในรูปที่ 1.23 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานนี้

วิธีทำ

จาก $I = \frac{E}{R}$

$= \frac{50\,\text{V}}{10\,\Omega} = 5\text{A}$ ▲

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1-18 กระแส 50mA ไหลผ่านตัวต้านทาน 2 kΩ จงหาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานตัวนี้

วิธีทำ

จาก $E = I \cdot R$

$= 50\text{mA} \cdot 2\,\text{k}\Omega = 100\text{ V}$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-19 หลอดไฟฟ้า ขนาด 12V/60W เมื่อสว่างจะมีค่าความต้านทานเท่าไร

วิธีทำ

จาก $P = \frac{E^2}{R}$

ดังนั้น $R = \frac{E^2}{P} = \frac{(12\text{V})^2}{60\text{W}} = 2.4\Omega$ ▲

ตัวอย่างที่ 1-20 จงหากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทาน 1 kΩ เมื่อต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 V

วิธีทำ

จาก $I = \frac{E}{R} = \frac{12\text{V}}{1\text{k}\Omega}$

$= 12\text{mA}$

และ $P = I^2 R = (12\text{mA})^2 \cdot 1\text{k}\Omega$

$= 144\text{mW}$

หรือ จาก $P = \frac{E^2}{R} = \frac{(12\text{V})^2}{1\text{k}\Omega}$

$= 144\text{mW}$ ▲

SE-ED
inspiration starts here

ตามตัวอย่างข้างต้นนั้น เป็นการนำเอาความรู้เรื่องกฎของโอห์มมาใช้แก้ปัญหาทางไฟฟ้าอย่างง่ายๆ นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะนำกฎของโอห์มไปใช้แก้ปัญหาทางไฟฟ้ากับวงจรไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ซึ่งมีการต่อความต้านทานแบบอนุกรม หรือแบบขนาน ซึ่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในการต่อความต้านทานแบบผสมได้เช่นกัน

1.7 คุณสมบัติของวงจรอนุกรม

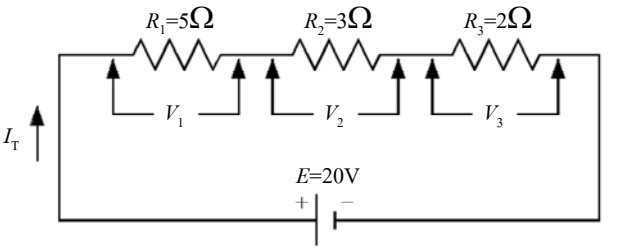
เมื่อต่อตัวต้านทานเป็นวงจรอนุกรม จะมีคุณสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ผลรวมของความต้านทานย่อยๆ แต่ละตัว จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานรวมทั้งหมดของวงจร
2. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวที่นำมาต่ออนุกรมกัน จะเป็นกระแสเดียวกัน และมีค่าเท่ากัน
3. ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจร จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร

4. ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานย่อยๆ แต่ละตัว จะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร

พิจารณาตัวอย่างที่ 1-21 ต่อไปนี้ ซึ่งจะเป็นการแสดงคุณสมบัติของวงจรอนุกรมทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตัวอย่างที่ 1-21 จากวงจรในรูปที่ 1.24 จงคำนวณหาค่าของ ความต้านทานรวมของวงจรกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว และกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ความต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 1.24 ตัวอย่างที่ 1-21

วิธีทำ

จาก $R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 5\Omega + 3\Omega + 2\Omega = 10\Omega$

$I_T = E / R_T = 20\text{V} / 10\Omega = 2\text{A}$

$V_1 = I_T R_1 = 2\text{A} \cdot 5\Omega = 10\text{V}$

$V_2 = I_T R_2 = 2\text{A} \cdot 3\Omega = 6\text{V}$

$V_3 = I_T R_3 = 2\text{A} \cdot 2\Omega = 4\text{V}$

และ $V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 10\text{V} + 6\text{V} + 4\text{V} = 20\text{V}$

หรือ $V_T = E = 20\text{V}$

$P_1 = I_T V_1 = 2\text{A} \cdot 10\text{V} = 20\text{W}$

$P_2 = I_T V_2 = 2\text{A} \cdot 6\text{V} = 12\text{W}$

$P_3 = I_T V_3 = 2\text{A} \cdot 4\text{V} = 8\text{W}$

หรือ $P_1 = I_T^2 R_1 = (2\text{A})^2 \cdot 5\Omega = 4\,\text{A}^2 \cdot 5\Omega = 20\text{W}$

$P_2 = I_T^2 R_2 = (2\text{A})^2 \cdot 3\Omega = 4\,\text{A}^2 \cdot 3\Omega = 12\text{W}$

$P_3 = I_T^2 R_3 = (2\text{A})^2 \cdot 2\Omega = 4\,\text{A}^2 \cdot 2\Omega = 8\text{W}$

SE-ED
inspiration starts here

และ $P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 20\text{W} + 12\text{W} + 8\text{W} = 40\text{W}$

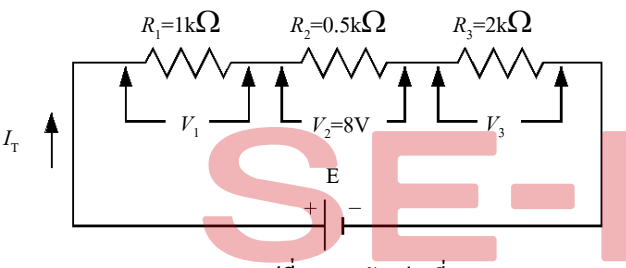
หรือ $P_T = I_T E = 2\text{A} \cdot 20\text{V} = 40\text{W}$

หรือ $P_T = I_T^2 R_T = (2\text{A})^2 \cdot 10\Omega = 4\text{A}^2 \cdot 10\Omega$

$= 40\text{ W}$ ▲

จากตัวอย่างที่ 1-21 จะเห็นว่า ผลของการคำนวณจะเป็นไปตามคุณสมบัติของวงจรอนุกรมตามกล่าวเอาไว้ข้างต้นทุกประการ และสามารถที่จะทำการคำนวณหาคุณลักษณะทางไฟฟ้าของวงจรได้ในหลายวิธีการ

ตัวอย่างที่ 1-22 จากวงจรในรูปที่ 1.25 กำหนดให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน R_2 มีค่าเป็น 8V จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย และกำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร



รูปที่ 1.25 ตัวอย่างที่ 1-22

SE-ED
inspiration starts here

วิธีทำ

$I_T = V_2 / R_2 = 8\text{V} / 0.5\text{ k}\Omega = 0.016\text{A} = 16\text{mA}$

$V_1 = I_T \cdot R_1 = 16\text{mA} \cdot 1\text{k}\Omega = 16\text{V}$

$V_3 = I_T \cdot R_3 = 16\text{mA} \cdot 2\text{k}\Omega = 32\text{ V}$

$\therefore E = V_1 + V_2 + V_3 = 16\text{V} + 8\text{V} + 32\text{V} = 56\text{V}$

หรือ $E = I_T (R_1 + R_2 + R_3) = 16\text{mA}\ (3.5\text{ k}\Omega) = 56\text{V}$

$P_1 = I_T V_1 = 16\text{mA} \cdot 16\text{ V} = 256\text{mW}$

$P_2 = I_T V_2 = 16\text{mA} \cdot 8\text{ V} = 128\text{mW}$

$P_3 = I_T V_3 = 16\text{mA} \cdot 32\text{ V} = 512\text{mW}$

$\therefore P_T = P_1 + P_2 + P_3 = (256+28+512)\text{mW} = 896\text{mW}$

หรือ $P_T = I_T E = 16\text{mA} \cdot 56\text{V}$

$= 896\text{mW}$ ▲

1.8 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage divider circuit)

จากวงจรอนุกรมที่ประกอบด้วยตัวต้านทานที่ต่อเรียงกันหลายๆ ตัว เมื่อพิจารณาวงจรการต่อในขั้นต่ำสุดคือ เฉพาะเมื่อทำการต่อตัวต้านทานในวงจรเพียงสองตัวเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 1.26 เราสามารถที่จะหาสมการในการคำนวณหาค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวได้ ดังต่อไปนี้

จาก $R_T = R_1 + R_2$

ดังนั้น $I_T = E / R_T$

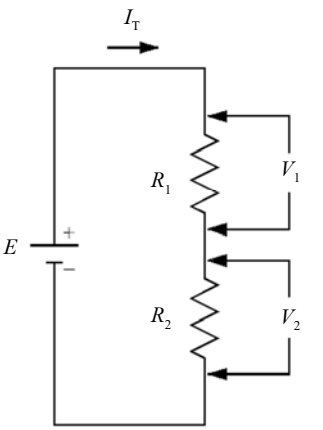
$= E / (R_1 + R_2)$

$\therefore V_1 = I_T \cdot R_1$

$= \dfrac{E \cdot R_1}{R_1 + R_2}$

และ $V_2 = I_T \cdot R_2$

$= \dfrac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2}$



รูปที่ 1.26 วงจรแบ่งแรงดัน

SE-ED
inspiration starts here

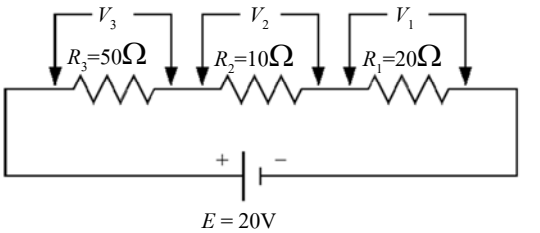
จากรูปที่ 1.26 จะเห็นว่า แรงดันที่ตกคร่อมความต้านทาน V_1 และ V_2 ถูกแบ่งออกมาจากแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า E ดังนั้น จึงเรียกวงจรในลักษณะนี้ว่า *วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า* และสามารถคำนวณหาค่าของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวได้ จากสมการดังต่อไปนี้

$$V_k = \frac{E \cdot R_k}{R_T}$$

เมื่อ $k = 1 \ldots n$

และ R_T คือ ผลรวมของความต้านทานในวงจรอนุกรม

ตัวอย่างที่ 1-23 จากวงจรในรูปที่ 1.27 จงหาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจร



รูปที่ 1.27 ตัวอย่างที่ 1-23

วิธีทำ

จากวงจร $V_k = (E \cdot R_k) / R_T$

จะได้ $V_1 = (E \cdot R_1) / R_T$

$= (20\text{V} \cdot 20\Omega) / (20\Omega + 10\Omega + 50\Omega)$

$= (20\text{V} \cdot 20\Omega) / (80\Omega) = 5.0\text{V}$

$V_2 = (E \cdot R_2) / R_T$

$= (20\text{V} \cdot 10\Omega) / (80\Omega) = 2.5\text{V}$

และ $V_3 = (E \cdot R_3) / R_T$

$= (20\text{V} \cdot 50\Omega) / (80\Omega) = 12.5\text{V}$ ▲

SE-ED
inspiration starts here

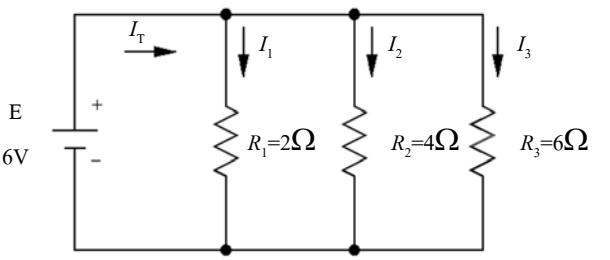
1.9 คุณสมบัติของวงจรขนาน

เมื่อต่อความต้านทานเป็นวงจรขนาน จะมีคุณสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากันเนื่องจากใช้แหล่งจ่ายไฟร่วมกัน
2. ผลรวมของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวที่นำมาต่อขนานกัน จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรทั้งหมด
3. ผลรวมของค่าความนำไฟฟ้าในแต่ละสาขา มีค่าเท่ากับค่าความนำไฟฟ้าร่วมทั้งหมดของวงจร
4. ผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละสาขา จะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร

พิจารณาตัวอย่างที่ 1-24 ต่อไปนี้ ซึ่งจะเป็นการแสดงคุณสมบัติของวงจรขนานทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตัวอย่างที่ 1-24 จากวงจรในรูปที่ 1.28 จงคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร ค่าความนำไฟฟ้าร่วมทั้งหมดของวงจร และกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละสาขา รวมถึงกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร



รูปที่ 1.28 ตัวอย่างที่ 1-24

วิธีทำ

จากวงจรจะได้ $I_1 = E/R_1 = 6V/2\Omega = 3.0A$

$I_2 = E/R_2 = 6V/4\Omega = 1.5A$

$I_3 = E/R_3 = 6V/6\Omega = 1.0A$

$\therefore I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 3A + 1.5A + 1A = 5.5A$

$G_1 = 1/R_1 = 1/2\Omega = 0.50S$

$G_2 = 1/R_2 = 1/4\Omega = 0.25S$

$G_3 = 1/R_3 = 1/6\Omega = 0.17S$

$\therefore G_T = G_1 + G_2 + G_3 = 0.5S + 0.25S + 0.17S = 0.92S$

หรือ $G_T = I_T/E = 5.5A/6V = 0.92S$

$P_1 = E \cdot I_1 = 6V \cdot 3A = 18W$

$P_2 = E \cdot I_2 = 6V \cdot 1.5A = 9W$

$P_3 = E \cdot I_3 = 6V \cdot 1A = 6W$

$\therefore P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 18W + 9W + 6W = 33W$

หรือ $P_T = E \cdot I_T = 6V \cdot 5.5A = 33W$ ▲

SE-ED inspiration starts here

1.10 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current divider circuit)

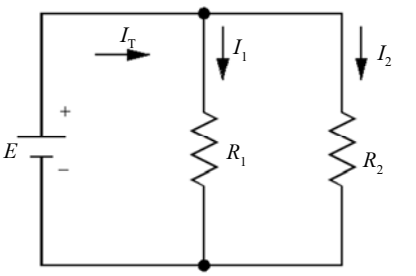
จากวงจรขนานที่ประกอบด้วยตัวต้านทานที่ต่อขนานกันหลายๆ ตัว เมื่อพิจารณาวงจรการต่อในขั้นต่ำสุดคือ เฉพาะเมื่อทำการต่อตัวต้านทานขนานกันเพียงสองตัวเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 1.29 เราสามารถจะหาสมการในการหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวได้ ดังต่อไปนี้

จาก $R_T = R_1 // R_2 = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

และ $E = I_T \cdot R_T = I_T \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

ดังนั้น $I_1 = E / R_1 = \dfrac{I_T \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

และ $I_2 = E / R_2 = \dfrac{I_T \cdot R_1}{R_1 + R_2}$



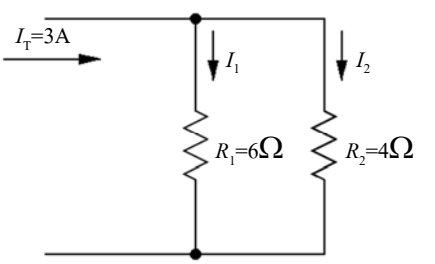
รูปที่ 1.29 วงจรแบ่งกระแส

จากรูปที่ 1.29 จะเห็นว่า กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสองคือ I_1 และ I_2 จะถูกแบ่งมาจากกระแสที่ไหลเข้าไปยังจุดต่อแยกของกระแส I_T ดังนั้น จึงเรียกวงจรในลักษณะนี้ว่า *วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า* และสามารถคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวได้จากสมการข้างต้นนั้น ซึ่งทำให้ง่ายต่อการคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขา

พึงสังเกตว่า สมการของวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าจะคล้ายกันกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า จะแตกต่างกันตรงการสลับตำแหน่งของตัวต้านทานเท่านั้น ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่ควรระมัดระวังในการนำสมการเหล่านี้ไปใช้คำนวณในวงจรไฟฟ้าด้วย

SE-ED
inspiration starts here

ตัวอย่างที่ 1-25 จากวงจรในรูปที่ 1.30 จงคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 1.30 ตัวอย่างที่ 1-25

วิธีทำ

จาก $I_1 = \dfrac{I_T \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

$= 3\text{A} \cdot 4\Omega \ / (6\Omega + 4\Omega)$

$= 1.2\text{A}$

และ $I_2 = \dfrac{I_T \cdot R_1}{R_1 + R_2}$

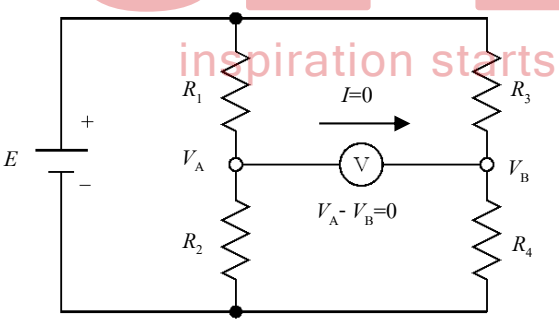
$= 3\text{A} \cdot 6\Omega \ / (6\Omega + 4\Omega)$

$= 1.8\text{A}$ ▲

1.11 วงจรวีตสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

วงจรวีตสโตนบริดจ์ เป็นวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันไฟฟ้าของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าสองจุด ดังแสดงในรูปที่ 1.31 ซึ่งจะพบว่า ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จุดแบ่งแรงดันไฟฟ้าของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าทั้งสองมีค่าเท่ากัน ซึ่งก็คือผลต่างของแรงดันไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ จะส่งผลให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลไปมาระหว่างจุดแรงดันไฟฟ้าทั้งสองนั้น และเรียกสภาวะที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลไปมาระหว่างจุดแรงดันไฟฟ้าทั้งสองนี้ว่า *"บริดจ์สมดุล"* ทั้งนี้ วงจรวีตสโตน-บริดจ์ เรียกชื่อตามผู้ที่ค้นพบคือ เซอร์ ชาร์ลส์ วีตสโตน (Sir Charles Wheatstone)

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.31 วงจรวีตสโตนบริดจ์

จากรูปที่ 1.31 เมื่อวงจรบริดจ์เกิดสมดุล จะพบว่า ที่จุดแบ่งแรงดันไฟฟ้า V_A จะต้องมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากันกับที่จุดแบ่งแรงดันไฟฟ้า V_B จึงจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปมาระหว่างจุดแบ่งแรงดันไฟฟ้าทั้งสอง มีค่าเป็นศูนย์ และขณะที่วงจรบริดจ์สมดุล จะสามารถเขียนสมการได้ดังต่อไปนี้

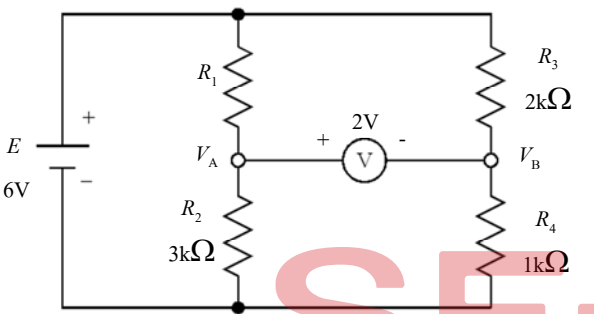
$$V_A = V_B$$

$$\frac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{E \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{หรือ} \quad \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

ตัวอย่างที่ 1-26 จากวงจรในรูปที่ 1.32 จงคำนวณหาค่าของ R_1 เมื่ออ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดด้วยโวลต์มิเตอร์มีค่าเป็น 2V



รูปที่ 1.32
ตัวอย่างที่ 1-26

SE-ED
inspiration starts here

วิธีทำ

จาก $V_A - V_B = 2\text{V}$ ดังนั้น $V_A = 2\text{V} + V_B$

และ $$V_B = \frac{E \cdot R_4}{R_3 + R_4} = \frac{6\text{V} \cdot 1\text{k}\Omega}{2\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega} = 2\text{V} \quad \therefore \quad V_A = 2\text{V} + V_B = 4\text{V}$$

จาก $$V_A = \frac{E \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

ดังนั้น $$R_1 = \frac{R_2 (E - V_A)}{V_A} = \frac{3\text{k}\Omega(6\text{V} - 4\text{V})}{4\text{V}} = 1.5\text{k}\Omega$$ ▲

วงจรไฟฟ้า
กระแสตรงและกระแสสลับ
DC and AC Electrical Circuits

หนังสือเล่มนี้ใช้สำหรับการเรียนวิชาวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระดับปริญญาตรี แบ่งออกเป็น 12 บท บทที่ 1 จนถึงบทที่ 7 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและการคำนวณปริมาณไฟฟ้าภายในวงจรด้วยวิธีต่าง ๆ จากบทที่ 8 จนถึงบทที่ 12 จะกล่าวถึงวงจรไฟฟ้ากระแสสลับและการคำนวณปริมาณไฟฟ้าภายในวงจร ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับระบบเฟสเดียวและไฟฟ้ากระแสสลับระบบสามเฟส หนังสือเล่มนี้เหมาะสมสำหรับ นักเรียน นักศึกษา และบุคคลทั่วไป ที่มีความสนใจเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า ทั้งในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

ประวัติผู้เขียน

รองศาสตราจารย์บุญเรือง วังศิลาบัตร

การศึกษา

- วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การทำงาน

- พ.ศ. 2552 - ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
- พ.ศ. 2537 - 2552 อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
- พ.ศ. 2533 - 2537 อาจารย์ประจำสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยช่างกลปทุมวัน
- พ.ศ. 2530 - 2533 อาจารย์ประจำแผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ

รายวิชาที่สอน

- การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น, เครื่องมือวัดและการวัดทางไฟฟ้า
- วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการออกแบบวงจร, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์, ระบบและแปลงสภาพสัญญาณ

SE-ED
inspiration starts here

ISBN 978-616-08-2389-5
9 786160 823895
250 บาท

คู่มือเรียน -สอบ/อุดมศึกษา-วงจรไฟฟ้า, ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

www.se-ed.com sbc.fans