สถาบัน THE BEST CENTER
2145/7 ซ.รามคำแหง 43/1 ถ.รามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240
โทร.0-2318-6868, 0-2314-1492 โทรสาร 0-2718-6274
www.thebestcenter.com facebook.com/bestcentergroup
คุณภาพทางวิชาการต้องมาที่ 1

ดร.สิงห์ทอง บัวชุม
DPA, ปร.ด., รป.ด., รป.ม., นม., นบ.

คู่มือเตรียมสอบ

นายทหารประทวน (วิศวกร)

(กลุ่ม TOF-6) กองทัพอากาศ

แนวข้อสอบมากกว่า 250 ข้อ

ปี69

ความรู้ความสามารถทั่วไปและความสามารถที่ใช้เฉพาะตำแหน่ง

เนื้อหาการสอบ (วิชาความรู้ความสามารถเฉพาะตำแหน่ง) (กลุ่ม TOF-6)

(1) วงจรไฟฟ้า
(2) แม่เหล็กไฟฟ้า
(3) สายส่งสัญญาณ
(4) อุปกรณ์และวงจรสื่อสาร
(5) สายอากาศและการกระจายคลื่น
(6) ระบบสื่อสาร
(7) การสื่อสารข้อมูลและเครือข่าย
(8) การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ตัวอย่างแนวข้อสอบภายในเล่ม

- แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบควบคุมทางไฟฟ้า
- แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสื่อสารและโทรคมนาคมอิเล็กทรอนิกส์
- แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเครื่องรับ-ส่งวิทยุสื่อสาร
- แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นด้านอุปกรณ์และวงจรสื่อสาร
- แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นด้านสายอากาศและการกระจายคลื่น
- แนวข้อสอบความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics)
- รวมแนวข้อสอบ 2 ชุด

สนใจสั่งซื้อ หรือสอบถามเพิ่มเติม โทร.081-496-9907

LINE: @thebestcenter

290.-

คู่มือสอบนายทหารประทวน (วิศวกร) (กลุ่ม TOF-6) กองทัพอากาศ

รวบรวมและเรียบเรียงโดย.....

ฝ่ายวิชาการ สถาบัน THE BEST CENTER

ห้ามตัดต่อหรือคัดลอกส่วนใดส่วนหนึ่งของเนื้อหา

สงวนลิขสิทธิ์ตาม พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ราคา 290 บาท

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

The Best Center InterGroup Co., Ltd.

บริษัท เดอะเบสท์ เซ็นเตอร์ อินเตอร์กรุ๊ป จำกัด

บริหารงานโดย ดร.สิงห์ทอง บัวชุมและอาจารย์จันทนี บัวชุม (ติวเตอร์กุ้ง ย่าน ม. ราม)

เลขที่ 2145/7 ซอยรามคำแหง 43/1 ถนนรามคำแหง แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

โทรศัพท์.081-496-9907,0-2314-1492, 0-2318-6868 โทรสาร. 0-2718-6274 line id: @ thebestcenter

www.thebestcenter.com หรือ www.facebook.com/bestcentergroup

คู่มือสอบ
นายทหารประทวน (วิศวกร)
(กลุ่ม TOF-6) กองทัพอากาศ

ราคา 290 -.

คำนำ

สำหรับชุดคู่มือสอบสำหรับตำแหน่งนายทหารประทวน (วิศวกร) (กลุ่ม TOF-6) กองทัพอากาศ เล่มนี้ ทางสถาบัน THE BEST CENTER และฝ่ายวิชาการของสถาบันได้เรียบเรียงขึ้น เพื่อให้ผู้สมัครสอบใช้สำหรับเตรียมสอบในการสอบแข่งขันฯในครั้งนี้

ทางสถาบัน THE BEST CENTER ได้เล็งเห็นความสำคัญจึงได้จัดทำหนังสือ เล่มนี้ขึ้นมา ภายในเล่มประกอบด้วยทุกส่วนที่กำหนดในการสอบ เจาะข้อสอบทุกส่วน พร้อมคำเฉลยอธิบาย มาจัดทำเป็นหนังสือชุดนี้ขึ้น เพื่อให้ผู้สอบได้เตรียมตัวอ่านล่วงหน้า มีความพร้อมในการทำข้อสอบ

ท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทางสถาบัน THE BEST CENTER ที่ได้ให้การสนับสนุนและมีส่วนร่วมในการจัดทำต้นฉบับ ทำให้หนังสือเล่มนี้สามารถสำเร็จขึ้นมาเป็นเล่มได้ พร้อมกันนี้คณะผู้จัดทำขอน้อมรับข้อบกพร่องใดๆ อันเกิดขึ้นและยินดีรับฟังความคิดเห็นจากทุกๆท่าน เพื่อที่จะนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

ขอให้โชคดีในการสอบทุกท่าน

ฝ่ายวิชาการ

สถาบัน The Best Center

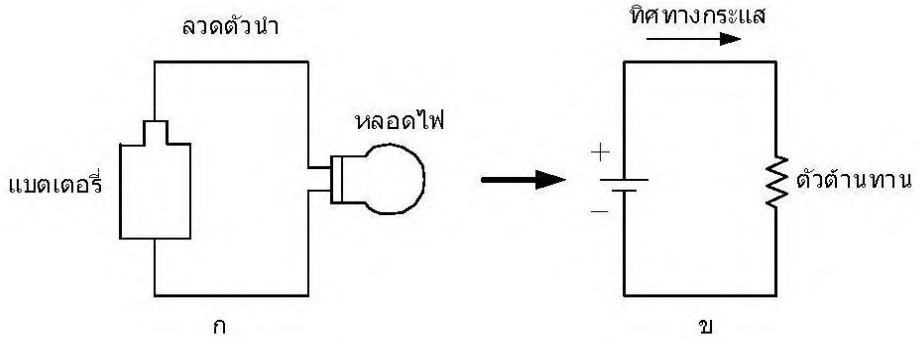
www.thebestcenter.com

สารบัญ

- ความรู้เกี่ยวกับหลักการด้านไฟฟ้าเบื้องต้น 1
- ความรู้เกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง 53
- ความรู้ทางด้านระบบสื่อสารเบื้องต้น 84
- ความรู้ด้านโทรศัพท์ โทรสาร การสื่อสารข้อมูลและสายอากาศ 156
- ความรู้ด้านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ 168
- ความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics) 180
- ความรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า การติดตั้งวงจรไฟฟ้า 204
- ความรู้ด้านการวิเคราะห์และคำนวณวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 213
- ความรู้ด้านการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง 226
- ความรู้ด้านเครื่องมือตรวจวัดทางไฟฟ้า การตรวจทดสอบและการวัด 229
- ความรู้เกี่ยวกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ 234
- ความรู้เกี่ยวกับการซ่อมแซม บำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวไฟฟ้า และระบบไฟฟ้า 244
- ความรู้เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าสื่อสาร 272
  - แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบควบคุมทางไฟฟ้า 281
  - แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสื่อสารและโทรคมนาคม อิเล็กทรอนิกส์ 285
  - แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคเครื่องรับ–ส่งวิทยุสื่อสาร 289
  - แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นด้านอุปกรณ์และวงจรสื่อสาร 292
  - แนวข้อสอบความรู้เบื้องต้นด้านสายอากาศและการกระจายคลื่น 297
  - แนวข้อสอบความรู้เกี่ยวกับแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics) 302
  - รวมแนวข้อสอบ ชุดที่ 1. 306
  - รวมแนวข้อสอบ ชุดที่ 2. 322
- เทคนิคการสอบสัมภาษณ์ 335

ความรู้เกี่ยวกับหลักการด้านไฟฟ้าเบื้องต้น

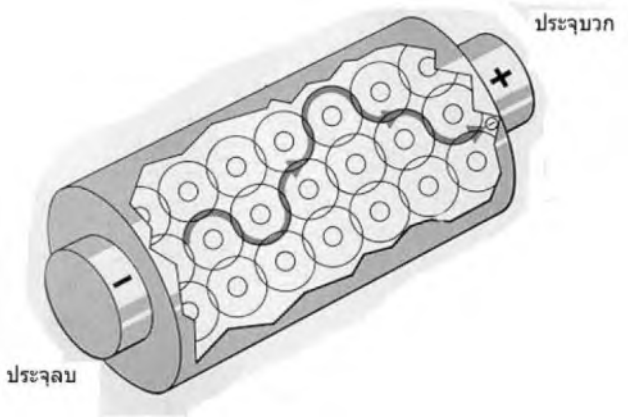
พื้นฐานทางไฟฟ้า (Basic Concept)



รูปที่ 1 (ก) วงจรไฟฟ้าทางกายภาพ (ข) วงจรสมมูล

– ไฟฟ้าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของประจุ

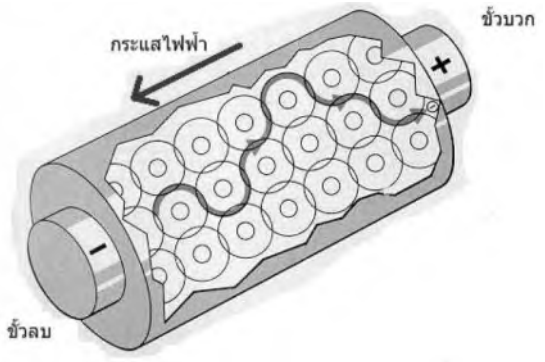
– วงจรไฟฟ้าคือการเชื่อมต่อร่วมกันระหว่างองค์ประกอบทางไฟฟ้าในลักษณะวงปิด เพื่อให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้อย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2 เคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

– ประจุอิเล็กตรอนอิสระจะถูกผลักโดยประจุลบและถูกดึงดูดโดยประจุบวก โดยเคลื่อนตัวไปยังประจุบวก

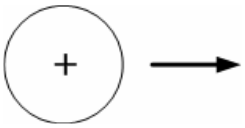
– การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระดังกล่าวจะตอบสนองต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก



รูปที่ 3 การนิยามขนาดและทิศทางของกระแสไฟฟ้า

– กระแสไฟฟ้าสามารถนิยามได้ในเทอม “ขนาดและทิศทาง”

➢กระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4 ทิศทางของประจุไฟฟ้าบวก

– ปกติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าจะถูกแทนด้วยทิศทางการไหลของประจุบวก

– ข้อกำหนดดังกล่าวถูกค้นพบโดย Benjamin Freaklin และถูกใช้มาจนกระทั่งปัจจุบัน

$$i(t) = \frac{dq}{dt}$$

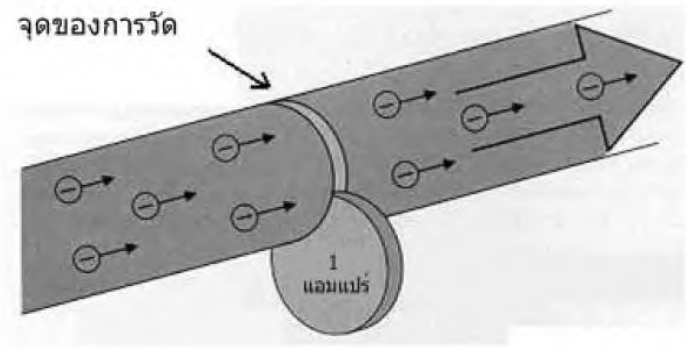
i คือ กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์หรือ คุลอม/วินาที

q คือ ประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมโดยในอิเล็กตรอนหนึ่งตัวมีประจุเท่ากับ

-1.602×10^{-19} คูลอม

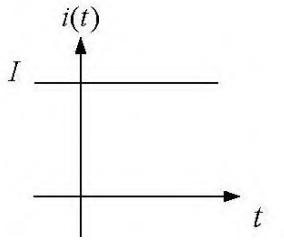
t คือ เวลามีหน่วยเป็นวินาที

– โดย 1 คูลอมต่อวินาที = 1 แอมแปร์ = 6.02×10^{18} อิเล็กตรอนต่อวินาที



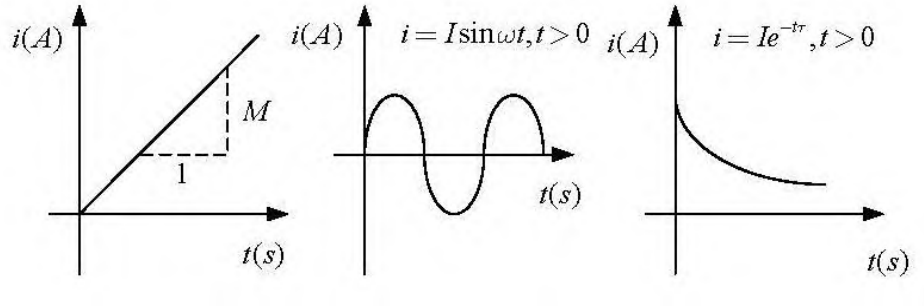
รูปที่ 5 กระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ

➢รูปแบบต่างๆของกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 6 ไฟฟ้ากระแสตรง

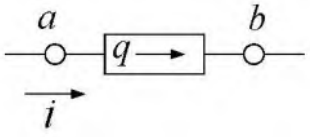
– กระแสไฟฟ้าคงที่ i(t)= I เรียกว่าไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current,DC)



รูปที่ 7 ไฟฟ้ากระแสสลับ

– ลักษณะของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดต่อ a เมื่อประจุไฟฟ้า q(t)=3t−2 คูลอมบ์



รูปที่ 8 รูปตัวอย่างที่ 1

<u>วิธีทำ</u>

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = 3A$$

➢ระบบหน่วย

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร	m
มวล	กิโลกรัม	kg
เวลา	วินาที	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A
อุณหภูมิ	เควิน	K
ความเร่ง	เมตร/ วินาที^{2}	m/ s^2
ความเร็ว	เมตร/วินาที	m/ s
แรง	นิวตัน	N

พลังงานและงาน	จูล	J
กำลัง	วัตต์	W
ประจุ	คูลอม	C
ความต้านทาน	โอห์ม	Ω
ความต่างศักย์	โวลต์	V
ความส่องสว่าง	แคลเดลล่า	cd

สัญลักษณ์	คำที่เติมนำหน้า	องค์ประกอบ
10−12	พิโก	p
10−9	นาโน	n
10−6	ไมโคร	μ
10−3	มิลลิ	m
10−2	เซนติ	c
103	กิโล	k
106	เมกะ	M
109	จิกะ	G
1012	เทรา	T

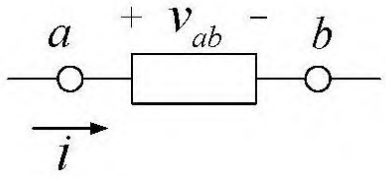
➢**ความต่างศักย์** (Voltage)

– ตัวแปรพื้นฐานในวงจรไฟฟ้านอกจากกระแสไฟฟ้าแล้วยังมีอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญคือแรงดันไฟฟ้า

– โดยแรงดันไฟฟ้าคือการอธิบายถึงพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุข้ามจุดต่อขององค์ประกอบในวงจร

$$v(t) = \frac{dwt(t)}{dt}$$

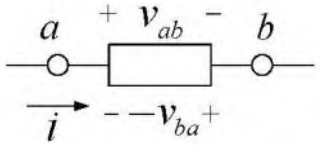
– เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านองค์ประกอบของวงจรจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมที่ขั้วต่อขององค์ประกอบนั้นๆ ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แรงดันตกคร่อมและกระแสที่ไหลผ่านองค์ประกอบในวงจร

– ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าจะถูกกำหนดโดยขั้วของมันเองโดยจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งแสดงการกำหนดขั้วของแรงดันได้สองวิธี

$$\frac{v}{ab} = -\frac{v}{ba}$$



รูปที่ 10 แสดงความต่างศักย์กลับขั้ว

➢**กำลังและพลังงาน**

– กำลังไฟฟ้าคือ อัตราการจ่ายหรือดูดกลืนพลังงานต่อเวลา

$$p(t) = \frac{dw}{dt}$$

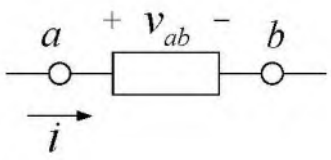
p คือกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

W คือพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือเวลามีหน่วยเป็นวินาที (sec)

$$p(t) = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = vi$$

ต่อไปเป็นการพิจารณาว่าองค์ประกอบในวงจรทำหน้าที่ดูดกลืนหรือจ่ายกำลังไฟฟ้า



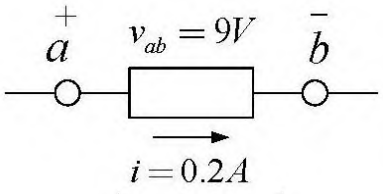
รูปที่ 11 Passive sign convention

– การพิจารณาจะใช้ Passive sign convention

– โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่ขั้วบวกและไหลออกจากขั้วลบของแรงดันดังรูปที่ 11

– ด้วยลักษณะการกำหนดข้างต้นจะได้ p = vi คือกำลังไฟฟ้าที่ถูกดูดกลืนโดยองค์ประกอบในวงจรนั้นคือ p>0 แต่ถ้า p<0 แล้วกำลังไฟฟ้าจะถูกจ่ายโดยองค์ประกอบในวงจร

ตัวอย่างที่ 2 จากรูปที่ 12 จงหากำลังไฟฟ้าและพิจารณาองค์ประกอบวงจร ดังกล่าวทำหน้าที่จ่ายหรือดูดกลืนกำลังไฟฟ้า

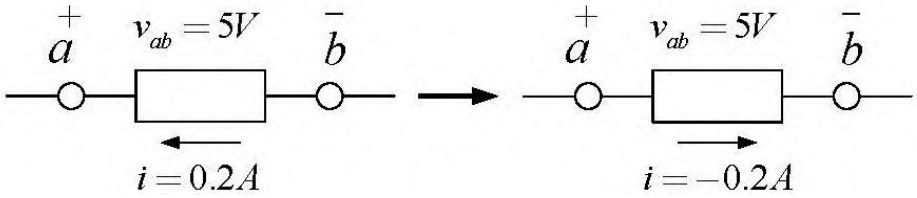


รูปที่ 12 รูปตัวอย่างที่ 2

P=9x0.2=1.8w

พบว่า p เป็นบวกดังนั้นองค์ประกอบดังกล่าวทำหน้าที่ดูดกลืนกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 3 พิจารณารูปที่ 13 จงหากำลังไฟฟ้าและพิจารณาว่าองค์ประกอบของวงจรดังกล่าวทำหน้าที่จ่ายหรือดูดกลืนกำลังไฟฟ้า



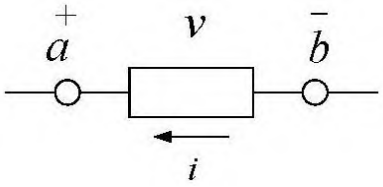
รูปที่ 13 รูปตัวอย่างที่ 3

วิธีทำ

$$p = 5 \times -0.002 = -0.01W$$

พบว่า P<0 ดังนั้นองค์ประกอบดังกล่าวทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 4 พิจารณาองค์ประกอบของวงจรดังรูปที่ 14 โดย $v = -8e^{-t}V$ และ$i = 20e^{-t}$ A กำหนดให้กระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นศูนย์ ณ เวลา t <0 จงหาพลังงานที่จ่ายโดยองค์ประกอบดังกล่าว ณ เวลา t =1 วินาที



รูปที่ 14 รูปตัวอย่างที่ 4

<u>วิธีทำ</u>

$$p = vi = (-8e^{-t})(20e^{-t}) = -160e^{-2t}W$$

ตัวแปรทางไฟฟ้านี้ให้พลังงานถ้าพลังงานไฟฟ้า

$$w(t) = \int_0^t p d\tau = \int_0^t -160e^{-2\tau} d\tau = -160\frac{e^{-2\tau}}{-2}\Big|_0^t = 80(e^{-2t} - 1)$$

w(1)=−69.2J (เครื่องหมาย ลบ แสดงว่าแหล่งจ่ายพลังงานส่งผ่านพลังงาน)

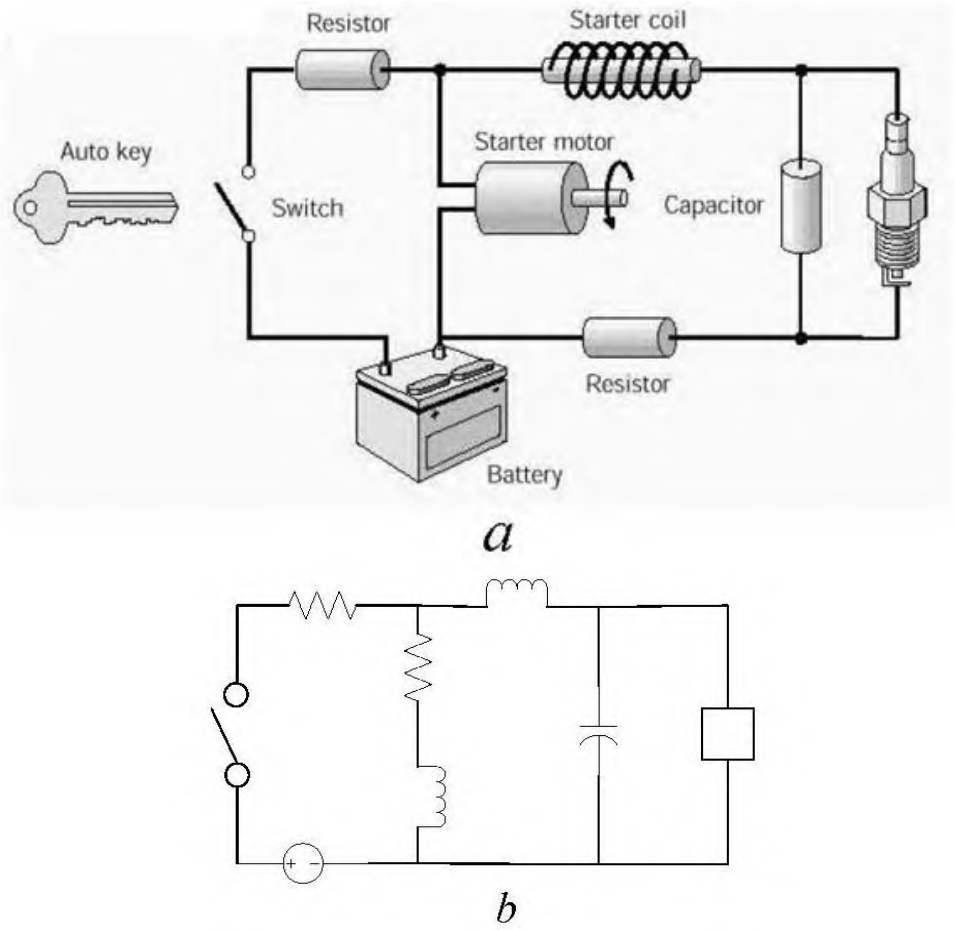
กฎพื้นฐานทางไฟฟ้า (Basic Law)

เราจะแบบจำลองทางไฟฟ้าให้เป็นวงจรสมมูลได้อย่างไร

– วิศวกรจะใช้แบบจำลองเพื่อแทนองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า จากนั้นทำการต่อแบบจำลองขององค์ประกอบต่างๆ ให้เป็นวงจรสมมูลดังแสดงดังรูปที่ 1

– แบบจำลองคือ สมการที่ใช้แทนองค์ประกอบหรือวงจรไฟฟ้า

– แบบจำลองของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์ที่ใช้พิจารณาในวิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจะพิจารณาเพียงแค่แบบจำลองเท่านั้น แต่ปกติแล้วอุปกรณ์ต่างๆจะมีความไม่เป็นเชิงเส้นอยู่

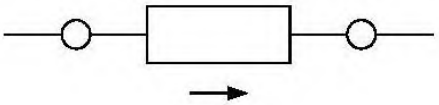


รูปที่ 1 a) วงจรทางกายภาพ b)วงจรสมมูลหรือแบบจำลอง

องค์ประกอบวงจรแบบ Active และ Passive

– Passive element จะทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานไฟฟ้า

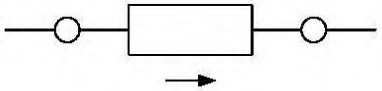
– Active element จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2 Passive Convention

– พลังงานทั้งหมดที่ถูกดูดกลืนโดยองค์ประกอบแบบ Passive เมื่อพิจารณาตามPassive sign convention ดังรูปที่ 2 จะมีเครื่องหมายเป็นบวกเสนอโดย

$$w = \int_{-\infty}^{t} vid\tau \geq 0 \text{ สำหรับทุกค่าของ } t$$



รูปที่ 3 Passive Convention

– ปกติแล้วองค์ประกอบแบบ Active จะเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเช่น แบตเตอรี่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อพิจารณาตาม Passive sign convention ตามรูปที่ 3องค์ประกอบแบบ Active จะมีเครื่องหมายของพลังงานที่จ่ายเป็น “ลบ” เสมอโดยสำหรับค่าที่น้อยที่สุดของ t

$$w = \int_{-\infty}^{t} vid\tau < 0 \text{ สำหรับค่าน้อยที่สุดของ } t$$

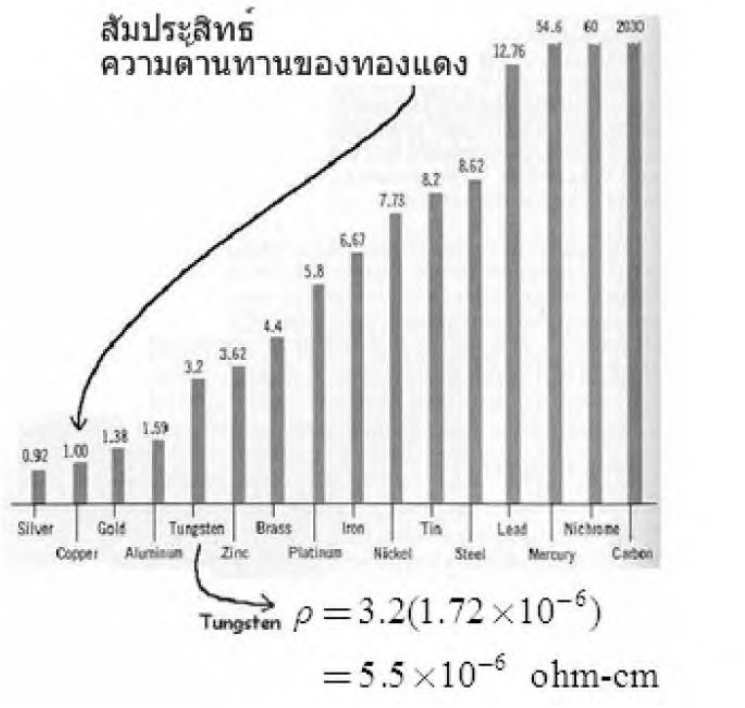
➢สัมประสิทธิ์ความต้านทาน

– ความสามารถของอุปกรณ์ในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าเราเรียกว่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน สัญลักษณ์คือ ρ มีหน่วยเป็นโอห์ม-เซนติเมตร(Ω−cm)

– อุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำไฟฟ้าได้ดีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ำดังแสดงในตารางที่ 1

วัสดุ	ค่าความต้านทาน
ทองแดง	1.72×10^{-6}
อลูมิเนียม	2.7×10^{-6}
คาร์บอน	4×10^{-3}
ซิลิกอน	2.3×10^{5}
โพลีเอสเทอร์	1×10^{18}

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ความต้านทานของวัสดุแต่ละชนิด

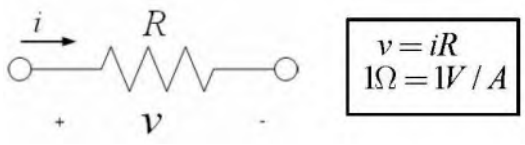


รูปที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของวัสดุต่างๆ

➢ความต้านทาน

– คุณสมบัติทางฟิสิกส์ขององค์ประกอบหรืออุปกรณ์ซึ่งกำหนดการไหลของกระแสไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์แทนด้วย R และมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

✪กฎของโอห์ม (Ohm's Law)



รูปที่ 5 สัญลักษณ์ความต้านทาน

– กฎของโอห์มสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในวงจรที่มีองค์ประกอบเป็นความต้านทานหรือตัวต้านทานดังรูปที่ 5

– โอห์มสามารถคำนวณได้จากสมการค่าความต้านทานของวัสดุสามารถหาได้จาก

$$R = \frac{pl}{A}$$

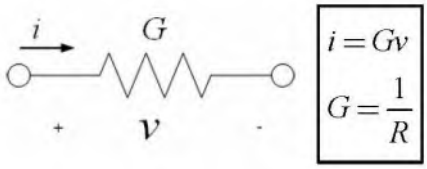
R คือค่าความต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม

ρ คือสัมประสิทธิ์ความต้านทานของวัสดุมีหน่วยเป็นโอห์ม-เซนติเมตร

l คือความยาวของขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

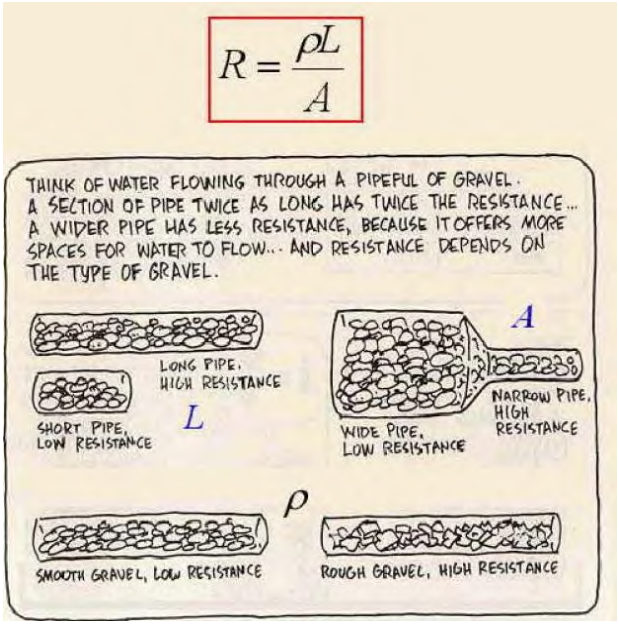
A คือพื้นที่หน้าตัดของขดลวดมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

นอกจากนี้กฎของโอห์มยังสามารถอธิบายในเทอมของความนำ (Conductance), G ขององค์ประกอบได้โดย

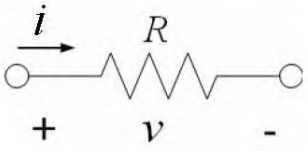


รูปที่ 6 สัญลักษณ์ของความต้านทานและความนำ

ลักษณะเทียบเคียงทางฟิสิกส์ของความต้านทาน



กำลังไฟฟ้าในตัวต้านทาน



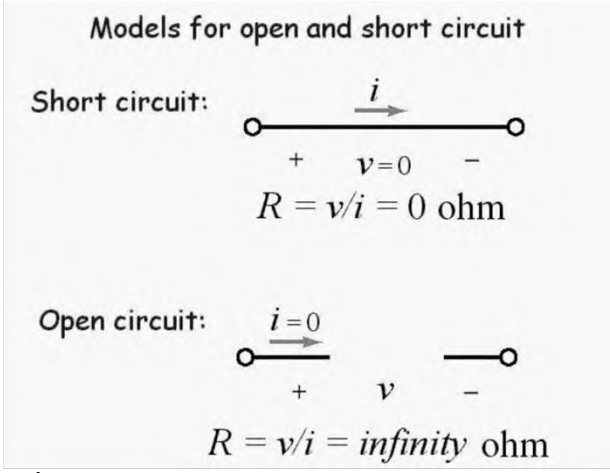
รูปที่ 7 Passive sign convention

– กำลังไฟฟ้าที่ถูกจ่ายไปยังตัวต้านทานดังรูปที่ 7

$$p = vi = v\left(\frac{v}{R}\right) = \frac{v^2}{R} = i^2 R$$

– จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าจะมีเครื่องหมายเป็นบวก นั้นหมายความว่าตัวต้านทานคืออุปกรณ์แบบ Passive ทำหน้าที่ดูดกลืนกำลังไฟฟ้า

แบบจำลองสำหรับ วงจรเปิดและวงจรปิด



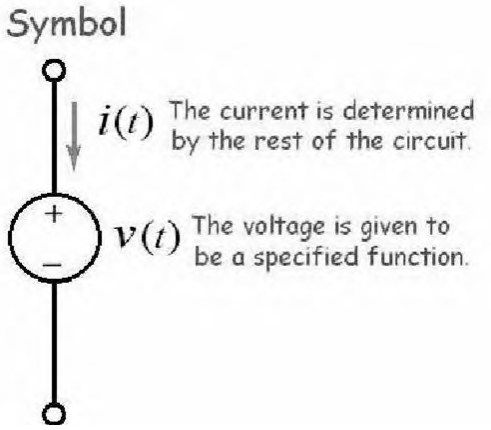
รูปที่ 8 รูปแสดงค่าคามต้านทานในขณะเปิดและปิดวงจร

➢**แหล่งจ่ายอิสระ (**Independent Source)

– แหล่งจ่าย คือแหล่งจ่ายอิสระของแรงดันไฟฟ้าที่สามารถให้พลังงานกับวงจรไฟฟ้า

– แหล่งจ่ายอิสระ คือแหล่งกำเนิดกระแสหรือแรงดันไฟฟ้าที่ไม่ขึ้นกับตัวแปร

– สัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายกระแสอิสระแสดงดังรูปที่ 9

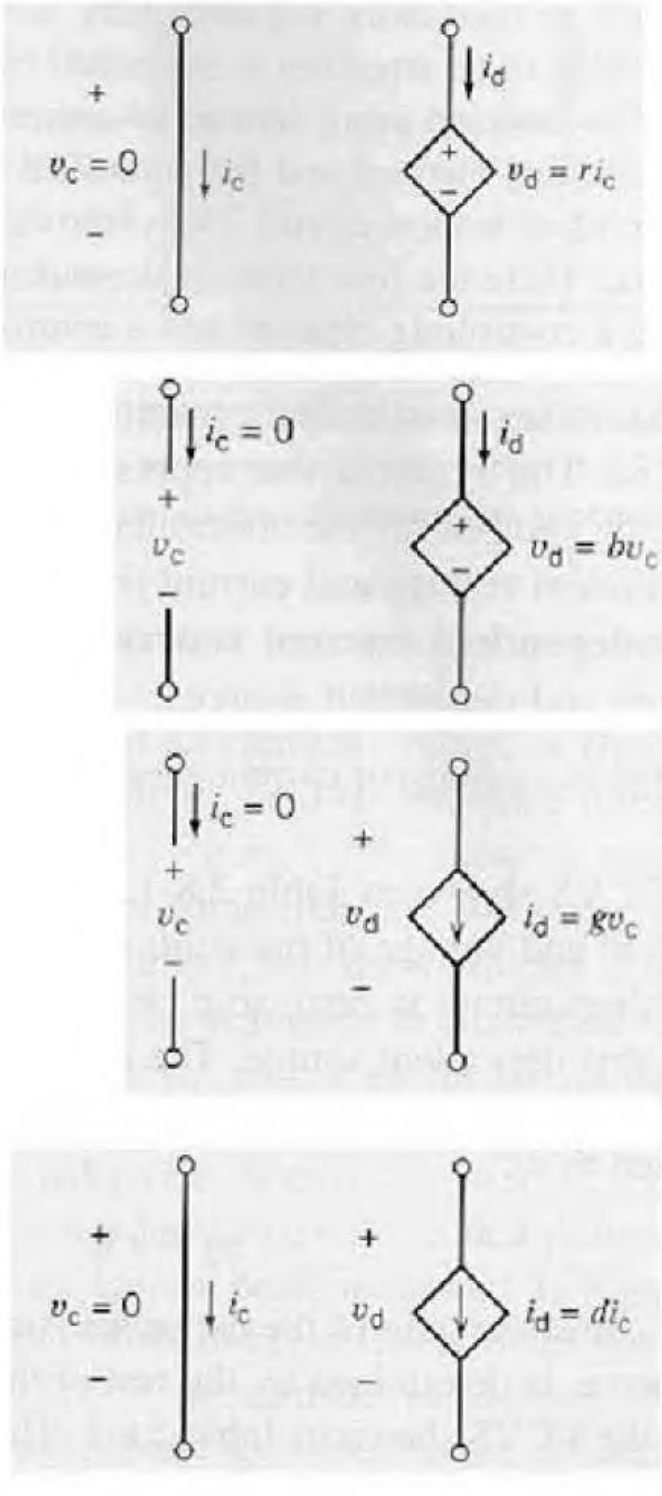


รูปที่ 9 สัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายอิสระ

➢**แหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่อิสระ** (Dependent source)

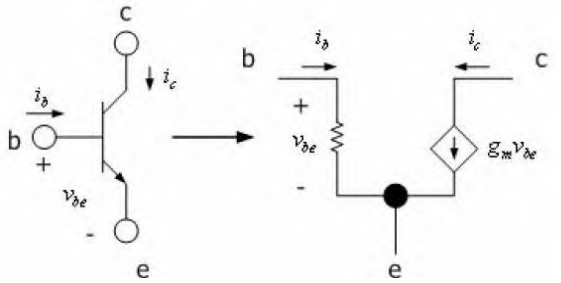
– แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าอิสระ แหล่งกำเนิดกระแสและแรงดันไฟฟ้าจึงขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นๆ ในวงจรดังรูปที่ 10

– แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าอิสระมีอยู่ทั้งหมด 4 ชนิด ด้วยกันคือ CCVS, VCVS,VCCS และ CCCS



รูปที่ 10 แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าอิสระ

ตัวอย่าง แหล่งจ่ายไฟอิสระถูกใช้เป็นแบบจำลองทรานซิสเตอร์ในที่นี้เป็นแบบVCCS ใช้กับทรานซิสเตอร์ แบบ BJT ในช่วงเชิงเส้น



รูปที่ 11 **รูปตัวอย่าง**

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า (Method of Analysis)

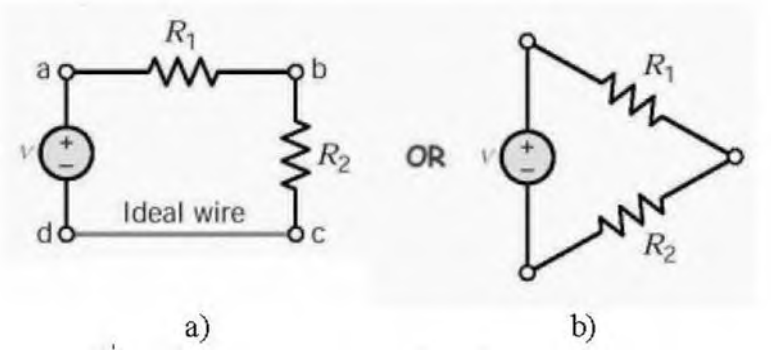
วงจรที่มีองค์ประกอบเป็นความต้านทาน (Resistive Circuits)

ความต้านทานเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้มากที่สุดในวงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปในบทนี้เป็นการวิเคราะห์วงจรที่เป็นวงจรความต้านทาน ซึ่งเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายและตัวต้านทาน

กฎที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์

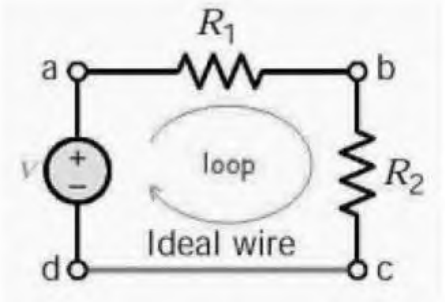
- กฎของโอห์ม (V = RI)
- กฎกระแสเคอร์ชอฟฟ์
- กฎแรงดันเคอร์ชอฟฟ์

วงจรพื้นฐานที่ประกอบไปด้วยแหล่งจ่ายอิสระและตัวต้านทานสองตัวขึ้นไปดังแสดงในรูป



รูปที่ 1 a)รูปวงจรอย่างง่าย b) รูปโนดของวงจร

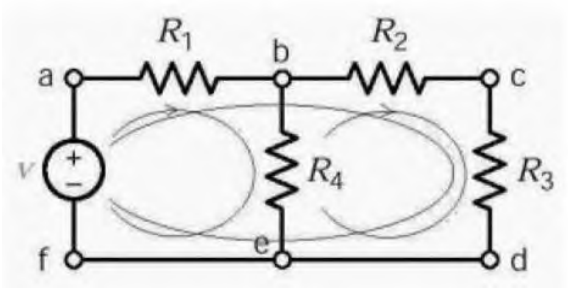
a, b, c และ d เรียกว่าโนด คือ จุดต่อที่มีองค์ประกอบของวงจรตั้งแต่ 2 องค์ประกอบขึ้นไปขึ้นไป



รูปที่ 2 รูปแสดงลูปของวงจรความต้านทาน

ถ้าเริ่มต้นเดินจากโนด a ไปที่โนด b, c, d และกลับไปยังโนด a เส้นทางดังกล่าวเรียกว่าเส้นทางปิด โดยเส้นทางปิดนี้จะเรียกว่า “ลูป (Loop)”

ตัวอย่างที่ 1จงแสดงลูปในวงจร



รูปที่ 3 รูปตัวอย่างที่ 1

<u>วิธีทำ</u> จากวงจรมีลูปทั้งหมด 3 ลูป

ลูป 1 : a-b-e-f-a

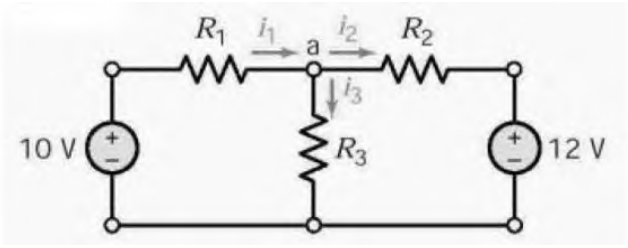
ลูป 2 : b-c-d-e-b

ลูป 3 : a-b-c-d-e-f-a

☯กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff’s Law)

กฎกระแสเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff’s Current Law : KCL)กฎของกระแสเคอร์ชอฟฟ์ คือผลรวมทางพีชคณิตของกระแสที่ไหลเข้าโนดใดๆมีค่าเท่ากับศูนย์ที่ทุกๆเวลา

ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4 รูปตัวอย่างที่ 2

<u>วิธีทำ</u>

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

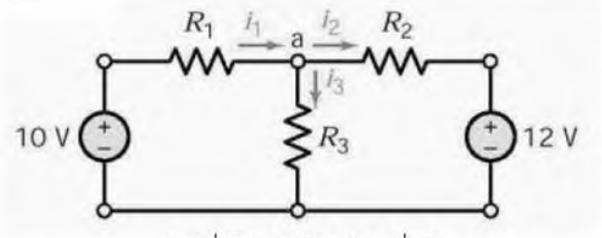
หรือ $i_1 = i_2 + i_3$

(ผลรวมกระแสที่ไหลเข้าโนด) = (ผลรวมกระที่ไหลออกจากโนด)

☯กฎแรงดันเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's current Law : KVL)

กฎของแรงดันเคอร์ชอฟฟ์คือผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันในเส้นทางปิดใดๆมีค่าเท่ากับศูนย์ที่ทุกๆเวลา

ตัวอย่างที่ 3 จงหาค่า R_2 ของวงจร



รูปที่ 5 รูปตัวอย่างที่ 3

วิธีทำ จาก KVL จะได้

ลูป 1, $-10+v_1+v_3=0$ (1)

ลูป 2, $-v_3+v_2+12=0$ (2)

ลูป 3, $-10+v_1+v_2+12=0$ (3)

เมื่อให้ $R_1=10\Omega, R_3=1\Omega, v_2=-10V$ และ $i_3=2A$ หาค่า R_2 ได้โดย

ใช้กฎของโอห์ม, $v_3=R_3i_3=1(2)=2V$

จากสมการ (1), $v_1=10-v_3=10-2=8V$

ใช้กฎของโอห์ม, $v_1=R_1i_1$

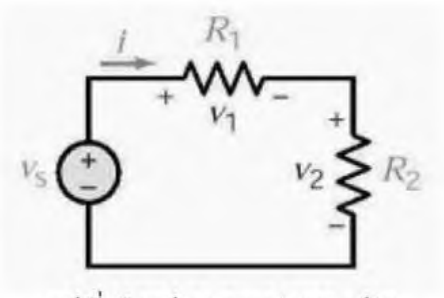
$i_1=v_1/R_1=8/8=1A$

จาก KCL ที่โนด a, $i_1-i_2-i_3=0$

$i_2=i_1-i_3=1-2=-1A$

ดังนั้น $R_2=v_2/i_2=-10/-1=10\Omega$

วงจร แบ่งแรงดัน (Voltage Divider Circuit)



รูปที่ 6 รูปวงจรแบ่งแรงดัน

จากกฎ KVL จะได้, $-v_s + v_1 + v_2 = 0$

จากกฎของโอห์ม $v_1 = R_1 i_1, v_2 = R_2 i_2$

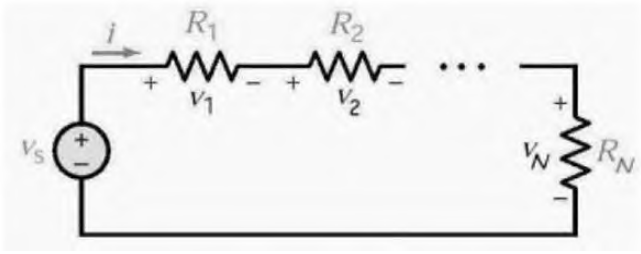
จะได้ $-v_s + R_1 i_1 + R_2 i_2 = 0$ หรือ $i = \dfrac{v_s}{R_1 + R_2}$

สุดท้ายจะได้

$$v_1 = R_1 i = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_s$$

$$v_2 = R_2 i = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_s$$

รูปแบบทั่วไปของวงจรแบ่งแรงดัน



รูปที่ 7 รูปทั่วไปของวงจรความต้านทานต่ออนุกรม

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่ n คือ

$$v_n = R_n i = \frac{R_N}{R_1 + R_2 + ... R_N} v_s$$

กรณีรูปวงจรความต้านทานต่ออนุกรมดังรูป

KVL: $$-v_s + v_1 + v_2 + ... + v_N = 0$$

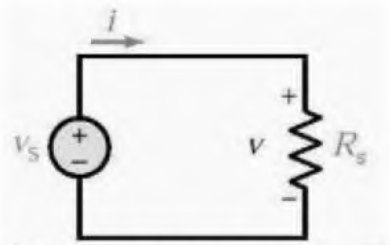
$$-v_s + R_1 i + R_2 i + ... + R_N i = 0$$

จะได้ $$i = \frac{v_s}{R_1 + R_2 + ... + R_N} = \frac{v_s}{R_s}$$

เมื่อ

$$R_s = R_1 + R_2 + ... + R_N$$

คือ ความต้านทานสมมูลของวงจร



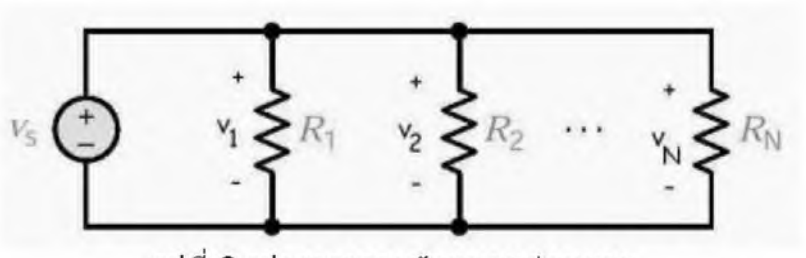
รูปที่ 8 รูปวงจรความต้านทานสมมูล

KVL: $$-v_s + v = 0$$

$$-v_s + R_s i = 0$$

$$i_s = v_s / R_s$$

กรณีที่วงจรความต้านทานต่อขนาน



รูปที่ 9 รูปวงจรความต้านทานต่อขนาน

KVL loop 1 : $-v_s + v_1 = 0 \rightarrow v_1 = v_s$

loop 2 : $-v_s + v_2 = 0 \rightarrow v_2 = v_s$

.

.

.

loop n : $-v_s + v_N = 0 \rightarrow v_N = v_s$

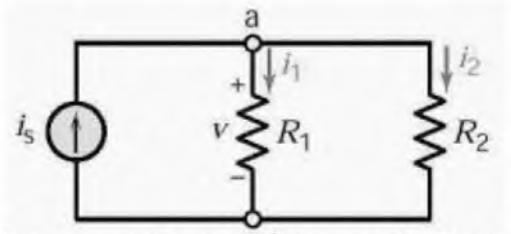
ดังนั้น

$$v_1 = v_2 = \ldots = v_N$$

จากรูปข้างบน

$$i_n = v_s / R_n$$
$$i_s = i_1 + i_2 + \ldots i_n$$

พิจารณารูปวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 10 รูปวงจรความต้านทานที่ต่อขนานกับแหล่งจ่ายกระแส

จากวงจรข้างบนจะได้,

KCL ที่โนด a : $i_s = i_1 + i_2$

กฎของโอห์ม, $i_1 = v / R_1$ และ $i_2 = v / R_2$

จะได้ $i_s = \dfrac{v}{R_1} + \dfrac{v}{R_2} = \dfrac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} v$

หรือ

$$v = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} i_s$$

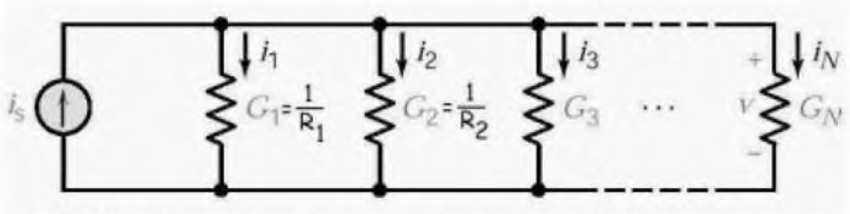
$$i_1 = \frac{v}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_s$$
$$i_2 = \frac{v}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i_s$$

ให้ $G_1 = \frac{1}{R_1}$ และ $G_2 = \frac{1}{R_2}$

จะได้ $G_p = G_1 + G_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$

และ $i_1 = \frac{G_1}{G_p} i_s, i_2 = \frac{G_2}{G_p} i_s$

พิจารณาวงจรต่อไปนี้



รูปที่ 11 รูปวงจรความต้านทาน n ตัวต่อขนานกับแหล่งจ่ายกระแส

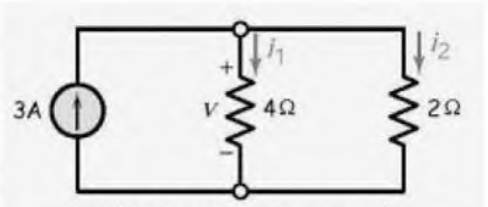
จากรูปวงจรข้างต้นจะได้

$$G_p = \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_N}$$

และ

$$i_n = \frac{G_n}{G_p} i_s$$

<u>ตัวอย่างที่ 4</u> หากระแส i_1 , i_2 และ v ในวงจร



รูปที่ 12 รูปวงจรตัวอย่างที่ 4

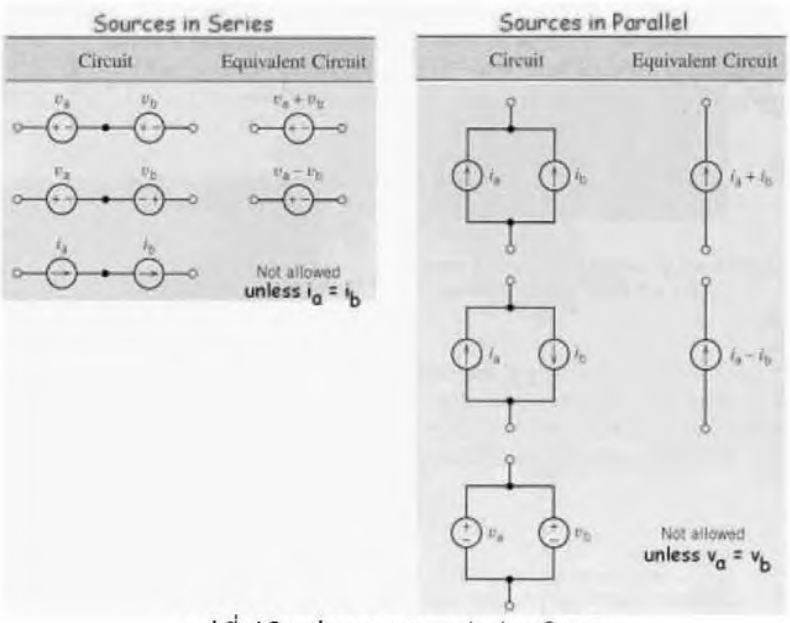
วิธีทำ

$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_s = \frac{2}{4+2} 3 = 1A$$

$$i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i_s = \frac{4}{4+2} 3 = 2A$$

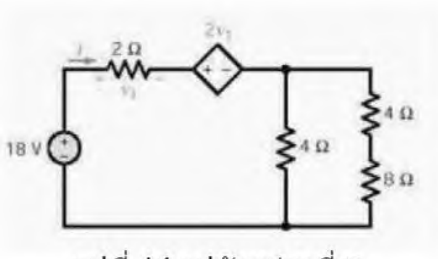
$$v = R_1 i_1 = (4)(1) = 4V$$

การรวมแหล่งจ่ายอิสระ



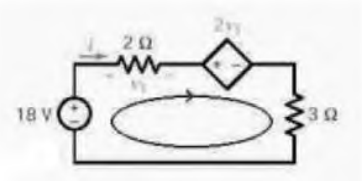
รูปที่ 13 รูปการรวมแหล่งจ่ายอิสระ

ตัวอย่างที่ 5 หาค่ากระแส i



รูปที่ 14 รูปตัวอย่างที่ 5

วิธีทำ ทำการรวมความต้านทานจะได้



$$1/R = 1/4 + 1/(4+8) = 4/12 = 1/3$$

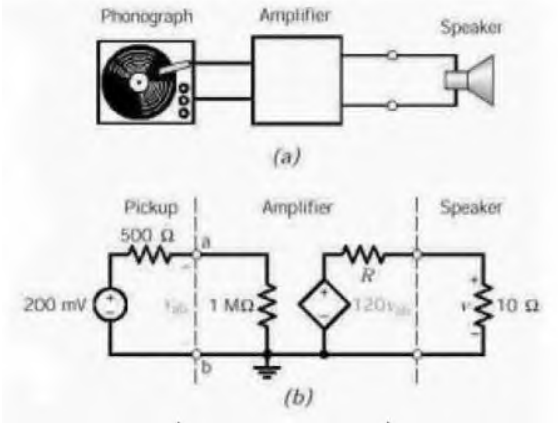
KVL : $$-18 + v_1 + 2v_1 + 3i = 0$$

เมื่อ $v_1 = 2i$,

$$-18 + 2i + 2(2i) + 3i = 0$$

$$i = 2A$$

ตัวอย่างที่ 6 ระบบที่ประกอบด้วยชุดอ่านแผ่นเสียง, ชุดวงจรขยายและลำโพงดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งสามารถเขียนเป็นวงจรเทียบเคียงดังแสดงในรูป จงหาความต้านทานที่ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดมีค่า 16 V และหากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับลำโพง



รูปที่ 15 รูปตัวอย่างที่ 6

วิธีทำ ใช้การแบ่งแรงดัน,

$$v_{ab} = \frac{10^6}{10^6 + 500} 0.2 = 0.2V$$

ใช้หลักการเดียวกันที่ลูปขวามือ,

$$V = \frac{10}{10+R} 120 v_{ab} = \frac{10}{10+R}(120)(0.2)$$

เมื่อ $$V = 16 = \frac{240}{10+R}$$

ดังนั้นจะได้ $$R = 5\Omega$$

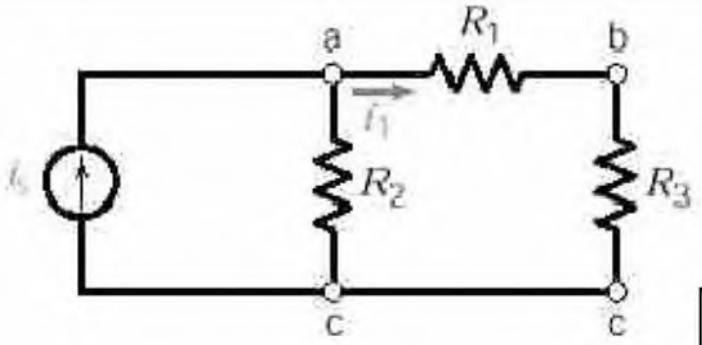
และ $$P = \frac{V^2}{R} = \frac{16^2}{5} = 25.6W$$

☯เทคนิคการวิเคราะห์วงจรที่มีเพียงความต้านทาน

ในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์วงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทานมีแหล่งจ่ายแรงดันและกระแส เมื่อวงจรมีความซับซ้อนมากขึ้นเส้นจำนวนของโนดเพิ่มขึ้น เทคนิคการวิเคราะห์วงจร มี สองวิธี คือ

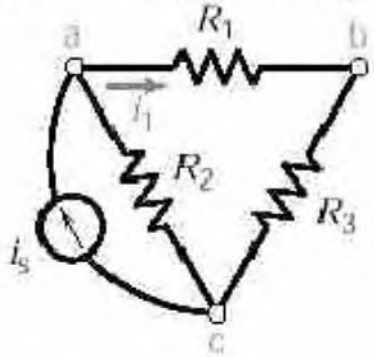
1. วิธีแรงดันโนดหรือ Node analysis
2. วิธีกระแสเมชหรือ Mesh analysis

การวิเคราะห์แรงดันโนดกับวงจรที่มีแหล่งจ่ายกระแส



รูปที่ 16

– พิจารณาวงจรดังรูปที่ 16 สามารถลดรูปวงจรได้ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17

ใช้กฎของโอห์มในแต่ละโนด จะได้

$$i_2 = \frac{v_a}{R_2}$$

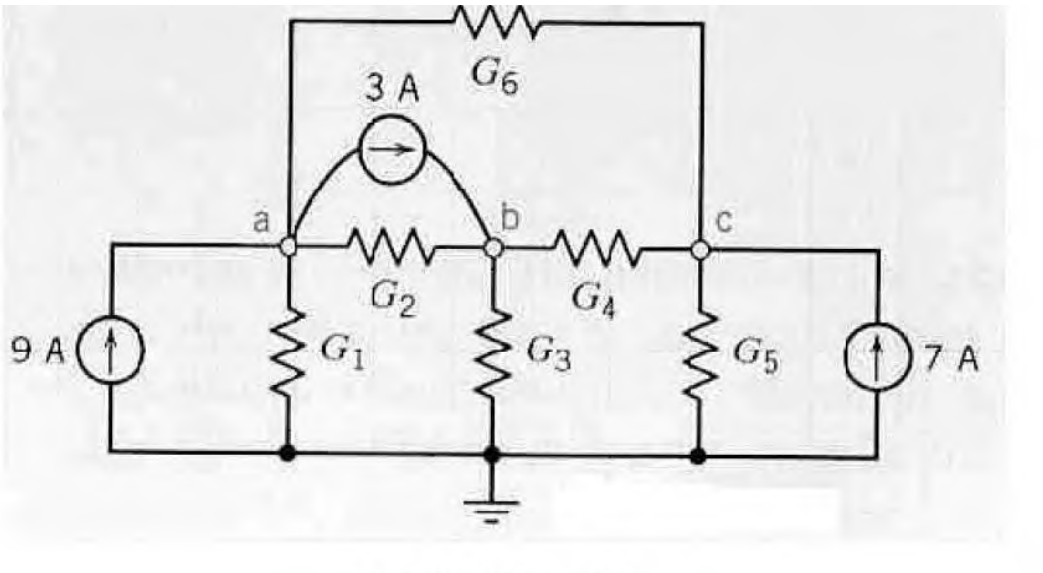
$$i_3 = \frac{v_a}{R_3}$$

$$i_1 = \frac{v_a}{R_1} = \frac{v_a - v_b}{R_1}$$

หรืออธิบายในเทอมกระแสที่ไหลผ่านตัวนำคือ

$$i_2 = G_2 v_a \quad i_3 = G_3 v_a \quad i_1 = G_1 v_a$$

ตัวอย่างที่ 7 พิจารณาวงจรดังรูปที่ 18 จงหาแรงดันที่โนด v_a, v_b และ v_c เมื่อค่าความนำทุกค่าเท่ากับ 1S



รูปที่ 18 รูปตัวอย่างที่ 7

โนด a: $(G_1+G_2+G_3)v_a - G_2v_b - G_6v_c = 9-3$

โนด b: $-G_2 + (G_4+G_2+G_3)v_b - G_4v_c = 3$

โนด c: $-G_6v_a - G_4v_b + (G_4+G_5+G_6)v_c = 7$

แทนค่าความนำทุกตัวจะได้

$$\begin{aligned} 3v_a - v_b - v_c &= 6 \\ -v_a + 3v_b - v_c &= 3 \\ -v_a - v_b + 3v_c &= 7 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$G = \begin{bmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad i_6 = \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ 7 \end{pmatrix}$$

$$v_a = \frac{\begin{vmatrix} 6 & -1 & -1 \\ 3 & 3 & -1 \\ 7 & -1 & 3 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$\Delta = \det \begin{vmatrix} 3 & -1 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & -1 & 3 \end{vmatrix}$$

$$= 3(8) - (-1)(-4) - 1(4) = 16$$

$$v_a = \frac{1}{\Delta}[6(8) - 3(4) + 7(4)] = \frac{88}{16}V = 5.5V$$

เช่นเดียวกันจะได้

$$v_b = \frac{1}{16}\begin{vmatrix} 3 & 6 & -1 \\ -1 & 3 & -1 \\ -1 & 7 & 3 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{16}[3(16)+1(25)-1(-3)] = \frac{76}{16}V = 4.75V$$

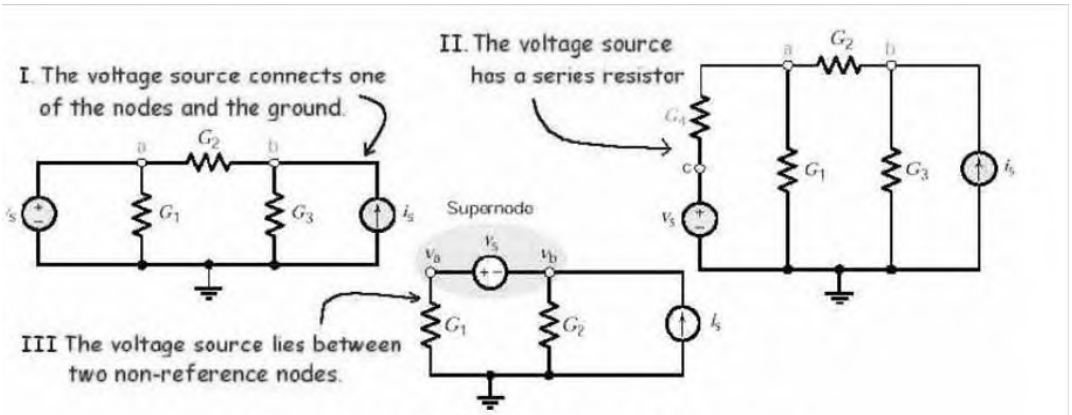
และ

$$v_c = \frac{1}{16}\begin{vmatrix} 3 & -1 & 6 \\ -1 & 3 & 3 \\ -1 & -1 & 7 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{1}{16}[3(24)+(-1)-1(-21)] = \frac{92}{16}V = 5.75V$$

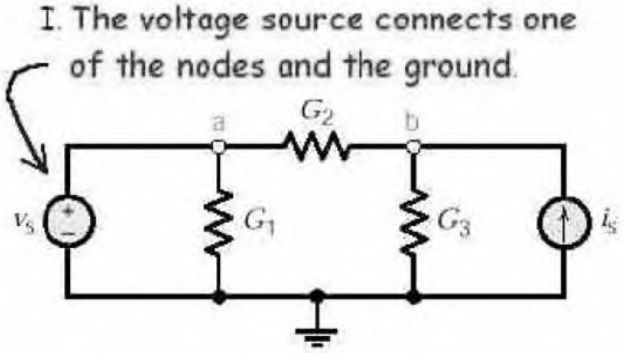
การวิเคราะห์แรงดันโนดกับวงจรที่มีทั้งแหล่งจ่ายแรงดันและกระแส

– สามารถแบ่งพิจารณาได้สามกรณี คือ



รูปที่ 19 รูปวงจรที่มีทั้งแหล่งจ่ายแรงดันและกระแส

– กรณีที่ I นี้จะง่ายต่อการวิเคราะห์โดยใช้เพียง KCL ที่โนด b และแก้สมการแรงดันที่โนด b เท่านั้น นั่นคือ

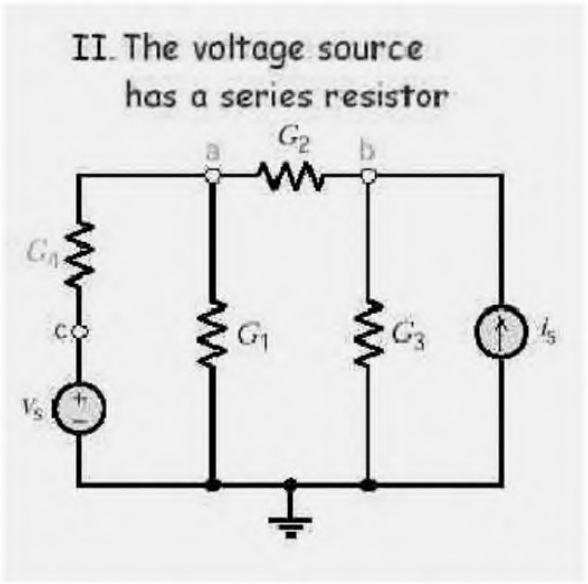


$$v_a = v_b$$

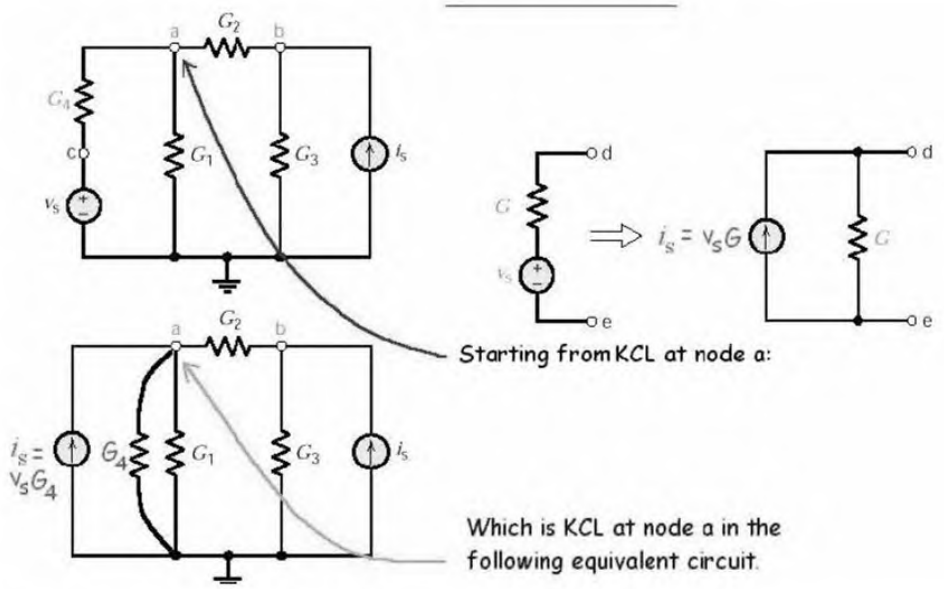
$$i_s = G_3 v_b + G_2 (v_b - v_a)$$

ดังนั้น

$$v_b = \frac{i_s + G_2 v_s}{G_2 + G_3}$$



– ทำการแปลงแหล่งจ่ายแรงดันเป็นแหล่งจ่ายกระแสดังนี้



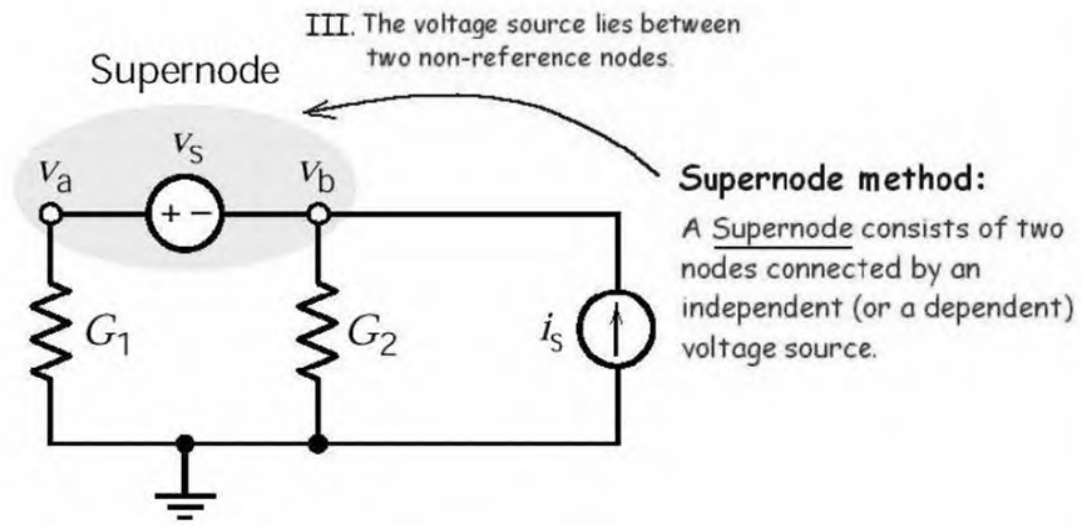
เริ่มต้นด้วย KCL ที่โนด a

$$(v_a - v_b)G_2 + (v_a - v_s)G_4 = 0$$

หรือ

$$(v_a - v_b)G_2 + (G_1 + G_4)v_a = v_s G_4$$

– ขั้วคือ KCL ที่โนด a ในวงจรสมมูลดังนี้



วิธี Supernode

- Supernode จะประกอบด้วยโนดสองโนดที่ต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันอิสระ

KCL ที่ Supernode

$$v_a G_1 + v_b G_2 = i_s$$

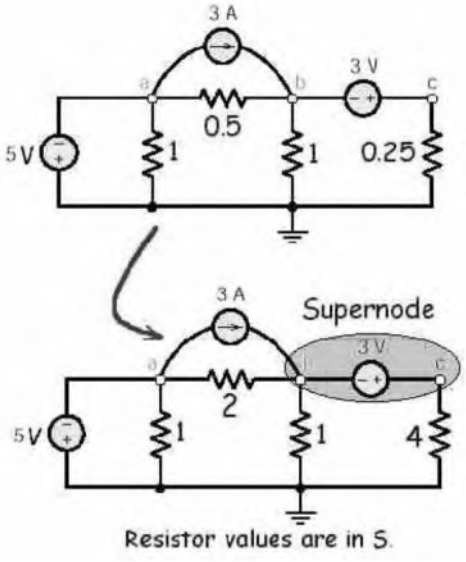
ภายใน Supernode คือ

$$v_a - v_b = v_s$$

แก้สมการจะได้

$$v_b = \frac{i_s - G_1 v_s}{G_1 + G_2}$$

<u>ตัวอย่างที่ 8</u> หาค่าแรงดันของทุกโนดค่าความต้านทานในรูปมีหน่วยเป็นโอห์ม



วิธีทำ

ที่โนด a

$$v_a = -5V$$

ที่ Super node

$$v_c - v_b = 3V$$

KCL ที่ Super node

$$1 \times v_b + 2(v_b - v_a) + 4v_c = 3$$

จะได้

$$v_b = -\frac{19}{7}V$$

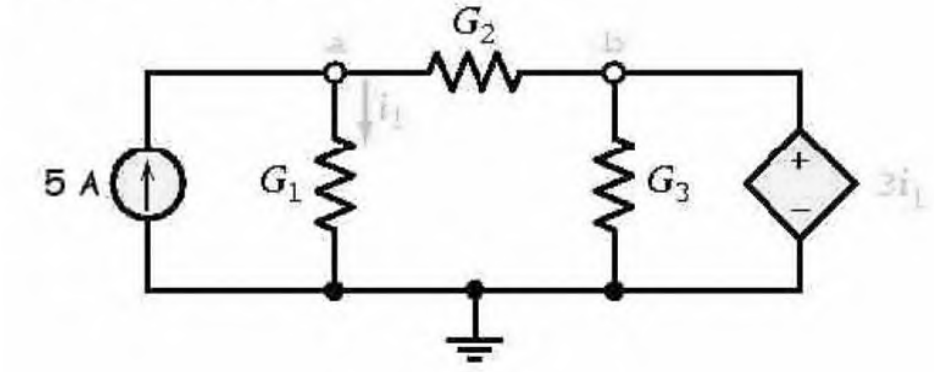
สุดท้ายจะได้

$$v_c = 3 + v_b = \frac{2}{7}V$$

➢วิเคราะห์วงจรโนดกับแหล่งจ่ายไม่อิสระ

– ถ้าวงจรมีแหล่งจ่ายไม่อิสระสมการแรงดันโนดจะต้องเพิ่มสมการที่มีผลของแต่ละแหล่งจ่ายที่ไม่อิสระนี้เราสามารถอธิบายได้ด้วยตัวอย่างดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 9 จงหาแรงดันที่ v_a, v_b และกระแส i_1



วิธีทำ

KCL ที่โนด a

$$G_1 v_a + G_2(v_a - v_b) = 5$$

ที่โนด b

$$v_b = 3i_1$$

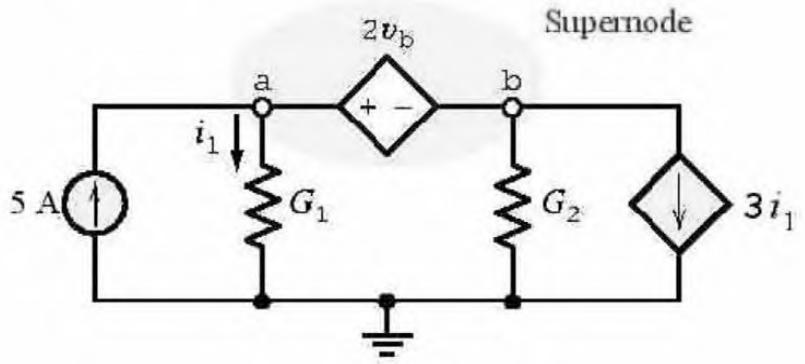
จากกฎของโอห์ม

$$i_1 = G_1 v_a$$

$$(v_a, v_b, i_1) \longrightarrow \begin{bmatrix} \dfrac{-5}{(-G_1 - G_2 + 3G_2G_1)} \\ -15\dfrac{G_1}{(-G_1 - G_2 + 3G_2G_1)} \\ -5\dfrac{G_1}{(-G_1 - G_2 + 3G_2G_1)} \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1 \quad G_2 = 1 \quad v_a = -5$

ตัวอย่างที่ 10 จงหาแรงดันที่ v_a, v_b และกระแส i_1



วิธีทำ

KCL ที่ Super node

$$G_1 v_a + G_2 v_b = 5 - 3i$$

ใน Super node

$$v_a - v_b = 2v_b$$

จากกฎของโอห์ม

$$i_1 = G_1 v_a$$

$$(v_a, v_b, i_1) \longrightarrow \begin{bmatrix} \dfrac{15}{(12G_1 + G_2)} \\ \dfrac{5}{(12G_1 + G_2)} \\ 15\dfrac{G_1}{(12G_1 + G_2)} \end{bmatrix}$$