Engineering
By TycoonOz

พิมพ์ครั้งที่ 4

ตะลุยข้อสอบ
วิศวกรไฟฟ้า

เจาะลึกครบทุกวิชา เนื้อหาตรงประเด็น เข้าใจง่าย

เล่มที่ 1

กิตติภณ ทองพรหม

เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ตะลุยข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า

สงวนลิขสิทธิ์:

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในหนังสือ ตะลุยข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า ไปทำซ้ำหรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆหรือด้วยวิธีอื่นใดไม่ว่าจะเป็นทางอิเล็คทรอนิกส์ การถ่ายเอกสาร การบันทึก การสแกนหรืออื่นๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางผู้เขียน นายกิตติภณ ทองพรหม

ผู้เขียน: นายกิตติภณ ทองพรหม

จัดทำโดย: Electrical engineering by TycoonOz (EET)

ออกแบบปก: นางสาวอนงนาต เยี่ยมศุภโชค

รูปเล่มและประสานงาน: นางสาวอนงนาต เยี่ยมศุภโชค

ช่องทางติดต่อ: Kittipon.ee@outlook.com

Facebook : ติวข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า by TycoonOz

บทนำ

ผมเชื่อว่ามีหลายคนที่กำลังเตรียมตัวสอบแต่ไม่รู้ว่าจะต้องเตรียมตัวอย่างไรบ้างหรือเริ่มอ่านจากอะไรก่อนดีเนื่องจากมีเนื้อหามากมายให้อ่าน หรือบางคนกำลังมองหาแนวทางว่าการสอบเป็นแบบไหนต้องเตรียมตัวอะไรบ้าง เพราะเพิ่งสอบเป็นครั้งแรก หรืออาจมีหลายคนที่แค่อยากมีหนังสือเก็บเอาไว้สำหรับทบทวนความรู้เพิ่มเติม ไม่ว่าด้วยเหตุผลอะไรผมเชื่อว่าหนังสือเล่มนี้จะตอบโจทย์คุณไม่มากก็น้อยครับ

เหตุผลที่ผมเขียนหนังสือเล่มนี้ขึ้นมาก็เพราะว่าอยากเก็บความรู้ต่างๆที่ได้เจอมาบันทึกไว้ ไม่ว่าจะเป็นข้อสอบ ประสบการณ์ ปัญหาต่างๆ โดยในหนังสือเล่มนี้จะเน้นเนื้อหาไปทางข้อสอบวิชาการ และอาจผสมกับการนำทฤษฎีในข้อสอบไปอธิบายปัญหาในชีวิตการทำงานที่พบเจอได้ ผมเชื่อว่าหลายๆคนในที่นี้มีความสามารถในตัวอยู่แล้วแต่บางทีเวลาอาจทำให้เราลืม หรือจำได้บ้างในบางเรื่องและนั้นเป็นสาเหตุที่ผมชอบเก็บบันทึกความรู้ต่างๆไว้เพื่อมาทวนได้เสมอในวันที่เราต้องใช้มันด้วยเหตุนี้ผมก็เลยอยากมาแชร์ความรู้ให้กับคนที่สนใจไม่ว่าด้วยเหตุผลอะไรก็ตามและที่ผมเลือกเขียนหนังสือแนวข้อสอบวิศวกรไฟฟ้านั้นเพราะผมมองว่ามันเป็นก้าวแรก และเป็นก้าวเล็กๆที่สำคัญสำหรับหลายคนเพราะในสังคมปัจจุบันที่เน้นวัดความสามารถคนจากคะแนนข้อสอบ ก่อนดูที่ผลงานและความสามารถของบุคคลนั้น

“โอกาสที่มาพร้อมกับการสอบ....”

จากประสบการณ์หลายปีที่ผมได้ตระเวรสอบหลายๆสนามมา ทำให้ผมค้นพบว่า ข้อสอบ ในหลายๆสนามนั้นมีหลักการคล้ายๆกันคือ เน้นข้อสอบชุดเดิมๆวนไป หรือก็หมายความว่าถ้าคุณเคยสอบสนามนี้มาแล้วในสนามหน้าคุณอาจเจอข้อสอบที่คล้ายๆกันซึ่งมีหลายคนมาถามผมว่าถ้าอยากสอบติดต้องทำยังไง ผมก็จะแนะนำให้คุณไปสอบสักครั้งไม่ต้องรอให้พร้อมไปสอบเพื่อให้ได้รู้แนวทางก่อนว่าในสนามนั้นเขาออกอะไรบ้างและสถานที่สอบ ขั้นตอนการสอบ เป็นแบบไหนหลังจากนั้นคุณก็เก็บข้อมูลมาเพื่อในปีหน้าหากเปิดสอบอีกครั้งคุณจะได้มีโอกาสมากยิ่งขึ้นแต่ถ้าหากคุณไม่มีเวลาลองผิดลองถูกการที่คุณมีหนังสือเล่มนี้ก็ถือว่าคุณกำลังมาถูกทางเพราะผมได้เขียนสิ่งที่ผมเจอมาให้เพื่อเป็นแนวทางให้คุณได้อ่านและทบทวนเพื่อเป็นก้าวเล็กๆให้คุณได้เริ่มเพื่อเป็นก้าวต่อไปตามที่คุณหวัง

นายกิตติภณ ทองพรหม

ผู้เขียน

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่1 Circuit	1
บทที่ 2 Measurement	21
บทที่ 3 High Volt	34
บทที่ 4 Machine	51
บทที่ 5 Power system	70
บทที่ 6 Power plant & Power distribution	101
บทที่ 7 Protection and rely	111
บทที่ 8 E-max	131
บทที่ 9 System design	154
เทคนิคการสอบและสัมภาษณ์	181

บทที่ 1 Circuit

พื้นฐานที่ควรรู้ก่อนสอบ

1.ประจุและกระแสไฟฟ้า

กระแส คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของประจุต่อวินาที

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad ; \quad q = \int_{t_0}^{t} i dt$$

Ex.1 $q = 5t\sin 4\pi t mC$, $t = 0.5s$, $I = ?$

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{d(5t\sin 4\pi t)}{dt} mA$$
$$I = 20\pi t\cos(4\pi) + 5\sin(4\pi t)$$
$$at\, t = 0.5s$$
$$I = 20\pi(0.5)\cos(4\pi) + 5\sin(4\pi(0.5))$$
$$I = 31.42mA$$

Ex.2 $q = ?, \quad I = 3t^2 - t$, $t_0 = 1, t = 2$

$$q = \int_1^2 (3t^2 - t) = \left[\frac{3t^3}{3} - \frac{t^2}{2}\right]_1^2$$
$$q = \left[\frac{3(2)^3}{3} - \frac{(2)^2}{2}\right] - \left[\frac{3(1)^3}{3} - \frac{(1)^2}{2}\right]$$
$$q = 5.5C$$

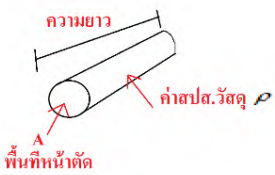
2. Basic law

- Voltage & Power

$$\Delta W = \Delta q V \quad , \quad W = \int_{t_0}^{t} P\Delta t$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta q V}{\Delta t} = IV$$

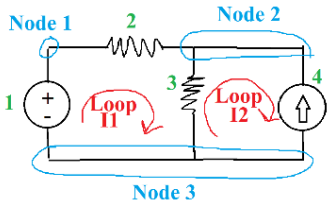
- Resistance



$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1}{G_{siemes}}$$

$$P = IV = I^2R = \frac{V^2}{R}$$

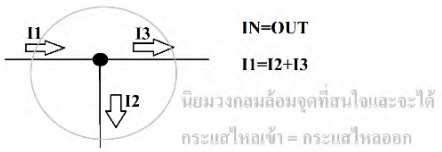
- Nodes, Branches and Loops



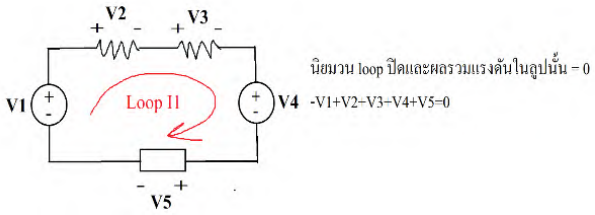
เราควรต้องมองให้ออกว่าใน 1 วงจรนั้นประกอบไปด้วย อุปกรณ์กี่ชิ้น มีกี่ loop กี่ node เพื่อเป็นพื้นฐานในการคำนวณ KCL KVL ในบทต่อไป

- KCL

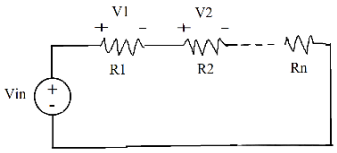
$$\sum I = 0, \quad I_{in} = I_{out}$$



- KVL



- วงจรอนุกรม

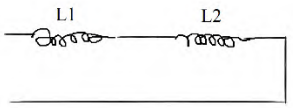


$R_{eq} = R_1 + R_2$

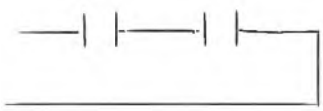
I กระแสเท่ากันหมด

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + ... + R_n} V_{in}$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + ... + R_n} V_{in}$$



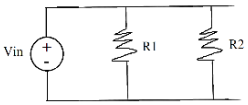
XL=XL1+XL2; wL1+wL2;
L1+L2=Lรวม



XC=XC1+XC2

$$\frac{1}{\omega C_{eq}} = \frac{1}{\omega C_1} + \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{eq}}$$

- วงจรขนาน



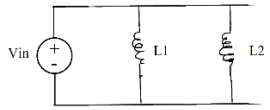
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{in} = V_1 = V_2$$

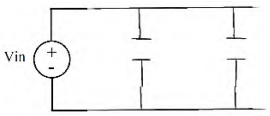
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_{in}$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_{in}$$



$$\frac{1}{XL_{eq}} = \frac{1}{XL_1} + \frac{1}{XL_2}$$

$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

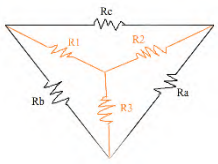


$$\frac{1}{XC_{eq}} = \frac{1}{XC_1} + \frac{1}{XC_2}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{\omega C_{eq}}} = \frac{1}{\frac{1}{\omega C_1}} + \frac{1}{\frac{1}{\omega C_2}}$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

- Wye-Delta transform



$Delta \rightarrow Y$

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

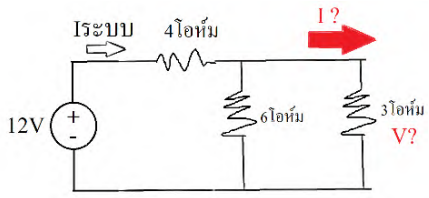
$Y \rightarrow Delta$

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

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

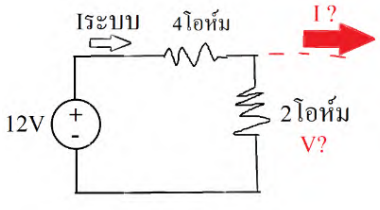
$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$

Ex.3 จงหากระแส, แรงดัน และกำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน 3 โอห์ม ว่ามีค่าเท่าใดดังรูป



วิธีทำ อันดับแรกเราควรหากระแสทั้งระบบให้ได้ก่อนว่ามีค่าเท่าไร หลังจากนั้นค่อยสังเกตความต้านทาน 3 // 6 อยู่ดังนั้นแรงดันเท่ากัน ถ้าหาแรงดันที่ 6 ก็ได้เหมือนกันแล้วค่อยใช้ Current divider หรือจะใช้วิธี KCL KVL หาเลยก็ได้ครับแล้วแต่ถนัดเพราะทำได้หลายวิธีมาก

$$6\Omega // 3\Omega = \frac{6x3}{6+3} = 2\Omega$$



Current divider

$$I_{load} = \frac{R_{6\Omega}}{R_{6\Omega}+R_{3\Omega}} I_{system} = \frac{6}{6+3} x2A$$

$$I_{load} = \frac{4}{3} A$$

$$P = I_{load} V_{load} = \frac{4}{3} x4 = 5.333W$$

$$I_{system} = \frac{V}{R_{total}} = \frac{12}{4+2} = 2A$$

$$V_{2\Omega} = V_{load}$$

$$V_{load} = V_{2\Omega} = I_{system} R_{2\Omega} = 2x2 = 4V ----$$

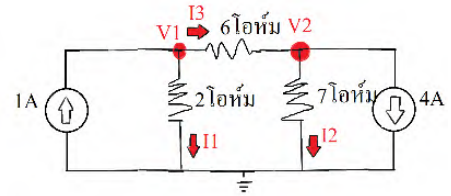
3. Node Analysis

Step 1. **เลือก** Node

2. KCL Iout = Iin

3. I = (VH-VL)/R

Ex.4 **จงหากระแส** I1, I2, I3, V1, V2 **ตามรูป**



$Node1$

$I_{in} = I_{out}$

$1 = I_1 + I_3$

$1 = \frac{V_1 - 0}{2} + \frac{V_1 - V_2}{6}$

$6 = 3V_1 + V_1 - V_2$

$4V_1 - V_2 = 6 - - - (1)$

$Node2$

$I_{in} = I_{out}$

$I_3 = I_2 + 4$

$\frac{V_1 - V_2}{6} = \frac{V_2 - 0}{7} + 4$

$7V_1 - 7V_2 = 6V_2 + 168$

$7V_1 - 13V_2 = 168 - - - (2)$

แก้สมการ 1,2 เพื่อหาค่า V1 V2

$V_1 = -2V$

$V_2 = -14V$

$I_1 = \frac{V_1}{2} = \frac{-2}{2} = -1A$

$I_2 = \frac{V_2}{7} = \frac{-14}{7} = -2A$

$I_3 = \frac{V_1 - V_2}{6} = \frac{-2 - (-4)}{6} = 2A$

**เครื่องหมายลบ หมายถึง ทิศทางตรงข้าม

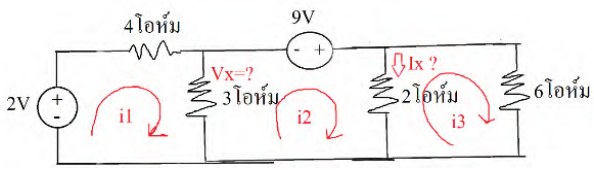
4. Mesh Analysis

Step 1. **เลือก loop ปิด**

2. KVL **ผลรวม** V = 0

3. **ทำครบทุก loop แล้วแก้สมการ**

Ex.5 **จงหาแรงดัน** Vx, Ix **ตามรูป**



จากโจทย์สามารถใช้วิธีแบบ Node analysis คิดได้เช่นกันแล้วแต่ความถนัด แต่ครั้งนี้ขอใช้วิธี Mesh ในการคิดเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้อ่านอีกวิธี

$Mesh;\ \sum V = 0$

$loop1;$

$-2 + 4i_1 + 3i_1 - 3i_2 = 0$

$7i_1 - 3i_2 = 2 ----(1)$

$loop2;$

$3i_2 - 3i_1 - 9 + 2i_2 - 2i_3 = 0$

$-3i_1 + 5i_2 - 2i_3 = 9 -----(2)$

$loop3;$

$2i_3 - 2i_2 + 6i_3 = 0$

$8i_3 = 2i_2$

$i_3 = \frac{i_2}{4} -----(3)$

แก้สมการ 1,2,3 เพื่อหาค่ากระแสลูป

** แนะนำใช้เครื่องคิดเลขที่สมัยเรียนมหาวิทยาลัยใช้กัน กดฟังก์ชั่นแก้สมการแล้วพิมพ์ มันจะหาค่ามาให้เลย

$i_1 = 1.6A$

$i_2 = 3.06A$

$i_3 = 0.76A$

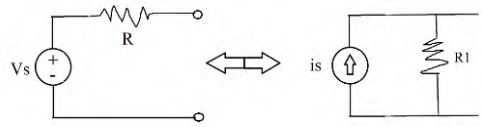
$I_x = i_2 - i_3 = 3.06 - 0.76$

$I_x = 2.3A$

$V_x = (i_1 - i_2)xR_{3\Omega} = (1.6 - 3.06)x3$

$V_x = -4.4V$

5. Source Transformation

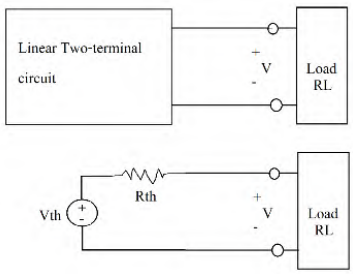


$$V_s = I_s R \qquad I_s = \frac{V_s}{R}$$

การแปลงรูปแหล่งจ่ายแรงดันเป็นกระแสเพื่อเปลี่ยนรูปวงจร ถือเป็นเทคนิคในการยุบวงจรให้ง่ายๆตามความถนัด

6. Thevenin's Theorem

คือการลดรูปวงจรที่ซับซ้อนให้เหลือแต่ Vth, Rth เพื่อให้สามารถคำนวณโหลด RL ที่ปรับเปลี่ยนไปมาได้ง่าย



$$I_s = \frac{V_{Th}}{R_{th} + R_L}$$

$$V_L = R_L I_L = \frac{R_L}{R_{th} + R_L} V_{Th}$$

ขั้นตอนการทำ

1.ปิดแหล่งจ่ายที่อย่างออก

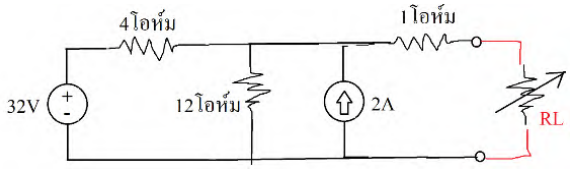
(V ให้shot I ให้Open) ให้เหลือแต่ R

2.หา Req = Rth

3.วน loop KVL หา V ที่ขนานกับโหลด

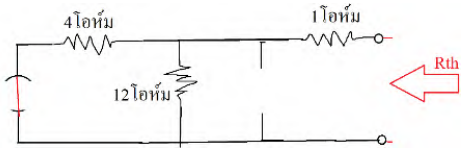
Rth คือ R ทั้งหมดในวงจรที่ไม่ใช่โหลด

Ex.6 จงหา Vth Rth ของวงจรดังรูปและหากระแสโหลดเมื่อ ความต้านทานโหลดมีค่าดังนี้ 6, 16, 36 โอห์ม ตามลำดับ



วิธีทำ

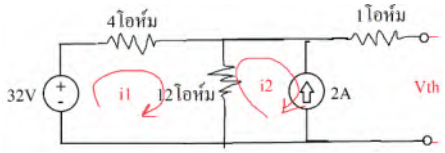
Step 1 ปิดแหล่งจ่ายที่อย่างอื่นออก (V ให้Shot I ให้Open) ให้เหลือแต่ R



Step 2 หา Req = Rth

$$R_{th} = (4//12)+1 = \frac{4x12}{4+12}+1 = 4\Omega$$

Step 3 วนloop KVL หา V ที่ขนานกับโหลด

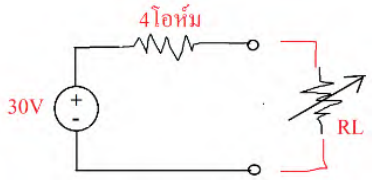


$$loop2: KVL = 0$$
$$i_2 = -2A$$

$$loop1: KVL = 0$$
$$-32V - 4i_1 + 12(i_1 - i_2) = 0 \quad ;i_2 = -2A$$
$$-32V - 4i_1 + 12(i_1 - (-2)) = 0$$
$$i_1 = 0.5A$$

$$V_{th} = 12(i_1 - i_2) = 12(0.5+2) = 30V$$

จะเห็นได้ว่าหากไม่ยุบวงจรให้เป็น Thevenin ก่อน เวลาโหลดเปลี่ยนเราจะต้องมานั่งคำนวนใหม่ทุกครั้งซึ่งอาจใช้เวลามากกว่า



$$I_L = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{30}{4 + R_L}$$

$$;R_L = 6$$

$$I_L = \frac{30}{4 + R_L} = \frac{30}{4 + 6} = 3A$$

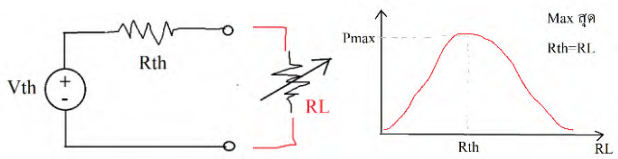
$$;R_L = 16$$

$$I_L = \frac{30}{4 + R_L} = \frac{30}{4 + 16} = 1.5A$$

$$;R_L = 36$$

$$I_L = \frac{30}{4 + R_L} = \frac{30}{4 + 36} = 0.75A$$

7. Maximum Power Transfer



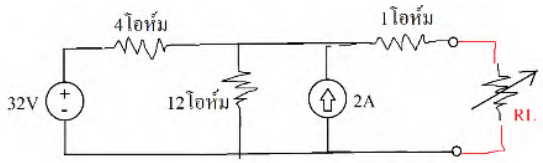
$$P = I^2 R_L = \left(\frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} \right)^2 R_L$$

$$Power \max \; ;R_L = R_{th}$$

$$P = \left(\frac{V_{th}}{R_{th} + R_{th}} \right)^2 R_{th} = \frac{V_{th}^{\,2}}{4R_{th}^{\,2}} R_{th}$$

$$P = \frac{V_{th}^{\,2}}{4R_{th}}$$

Ex.7 จาก Ex.6 จงหา Power max ของวงจร

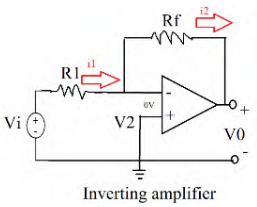


$$R_{th} = R_L = 4\Omega$$

$$V_{th} = 30V$$

$$P = \frac{V_{th}^{\,2}}{4R_{th}} = \frac{30^2}{4x4} = 56.25W$$

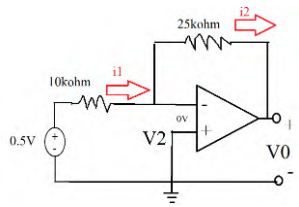
8. Amplifier



$$V_0 = -\frac{R_f}{R_1}V_i$$

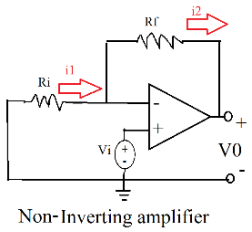
$$i_1 = i_2 = \frac{V_1 - 0}{R_1}$$

Ex.8 จากวงจร Amplifier ตามรูป จงหาแรงดันขาออกและกระแสที่ความต้านทาน 10k ohm

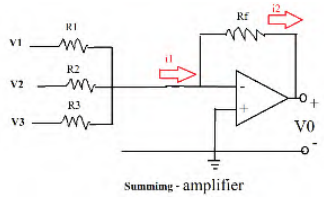


$$V_0 = -\frac{R_f}{R_1}V_i = \frac{-25k}{10k}x0.5V = -1.25V$$

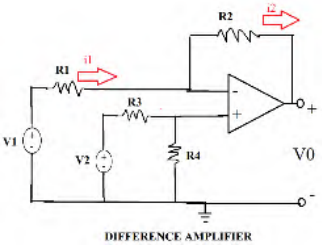
$$i_1 = i_2 = \frac{V_1 - 0}{R_1} = \frac{0.5V}{10k} = 0.05mA$$



$$V_0 = (1 + \frac{R_f}{R_i})V_i$$



$$V_0 = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2 + \frac{R_f}{R_3}V_3\right)$$

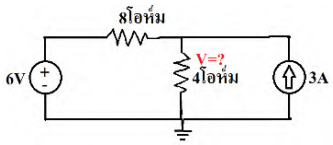


$$V_0 = \frac{R_2(1 + R_1/R_2)}{R_1(1 + R_3/R_4)}V_2 - \frac{R_2}{R_1}V_1$$

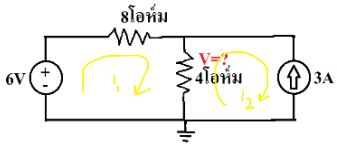
$$V_0 = \frac{R_2}{R1}(V_2 - V_1) \quad ; \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

ตะลุยโจทย์กันเถอะ!!

Ex.9 **จงหาแรงดันที่ความต้านทาน 4 โอห์ม ดังรูป**



วิธีทำ



KVL; Loop 1

$$-6V + 8i_1 + 4(i_1 - i_2) = 0 \quad \text{---- สมการ 1}$$

KVL; Loop 2

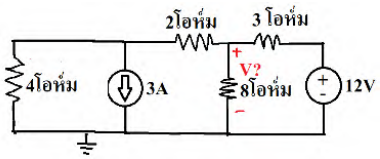
$$i_2 = -3A \quad \text{---- สมการ 2}$$

$$V_{4\Omega} = 4(i_1 - i_2) = 4(-0.5 - (-3))$$
$$V_{4\Omega} = 10V$$

แทน สมการ 2 ใน สมการ 1

$$i_1 = -0.5A$$

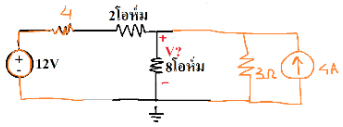
Ex.10 **หาแรงดันที่ความต้านทาน 8 โอห์ม**



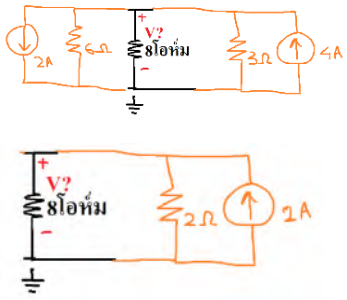
วิธีทำ สามารถใช้วิธีไหนก็ได้แล้วแต่ถนัดความจริงข้อนี้จะใช้วิธี KVL เหมือนข้อที่ 8 ก็ได้ แต่ครั้งนี้จะขอใช้เทคนิค source transform + Current divider

Step แรกจะทำการ source transform ไปเรื่อยๆจนได้รูปวงจรที่ง่ายสำหรับการคำนวณก่อน โดยที่เราจะไม่แตะ 8 โอห์ม ที่เราต้องการหาค่า

Source transform ครั้งที่ 1: ถ้าหากเราคิดว่า ok แล้วก็หยุดได้ แต่สำหรับผมสามารถทำอีกครั้งได้โดยยุบให้วงจรด้านซ้ายให้เป็น กระแสเหมือนกัน เพื่อให้กระแสขนานกันเอามาลบกันเองได้ และเอา R มาขนานกัน ***หมายเหตุ*** รูปข้างล่างมีจุดผิด 1 จุด ถ้าหาได้แสดงว่าเริ่มเข้าใจหลัก Source transform แล้ว



Source transform ครั้งที่ 2: จะเห็นว่าเราสามารถยุบรวมได้ให้ง่ายขึ้นอีกครั้ง



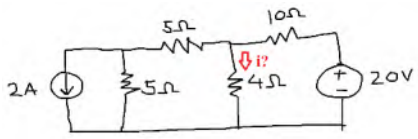
Current divider

$$I_{8\Omega} = \frac{2}{2+8} I_{in} = \frac{2}{10} x2 = 0.4A$$

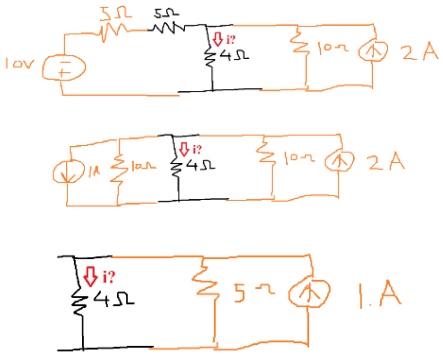
Voltage at 8 ohm

$$V = IR = 0.4x8 = 3.2V$$

Ex.11 หากระแสที่ไหลที่ความต้านทาน 4 โอห์ม



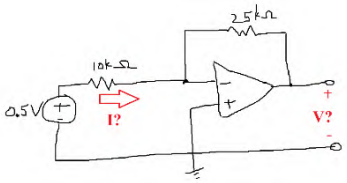
วิธีทำ ใช้วิธีแปลงรูปให้ง่ายต่อการหาก่อน หากไม่ทำก็ได้นะครับ จะใช้ node analysis ก็ได้



Current divider

$$I_{4\Omega} = \frac{5}{4+5} I_{in} = \frac{5}{9} x1 = 0.55A$$

Ex.12 วงจร Op-amp จงหากระแสวงจร และแรงดันขาออกมีค่าเท่าไร



$$\frac{v_0}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{25}{10} = -2.5$$

$$v_0 = -2.5v_i = -2.5(0.5) = -1.25V$$

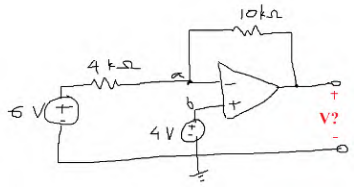
Current

$$i_{10k\Omega} = \frac{v_1 - 0}{R_1} = \frac{0.5 - 0}{10x10^3} = 50\mu A$$

$$i_{25k\Omega} = \frac{0 - v_0}{R_2} = \frac{0 - (-1.25)}{25x10^3} = 50\mu A$$

$$i_{system} = i_{10k\Omega} = i_{25k\Omega}$$

Ex.13 วงจร Op-amp จงหาแรงดันขาออกมีค่าเท่าไร



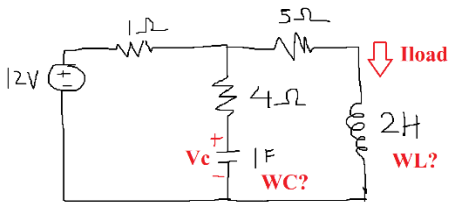
วิธีทำ โจทย์ข้อนี้จะเห็นว่ามีแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ op-amp ทั้งขั้ว + และ – ดังนั้นควรคิดทีละแหล่งจ่ายแล้วค่อยมารวมกันจะได้ผลลัพท์นั่นเอง

$$v_{01} = -\frac{R_f}{R_i}V_+ = -\frac{10}{4}x6 = -15V$$

$$v_{02} = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right)V_- = \left(1 + \frac{10}{4}\right)4 = 14V$$

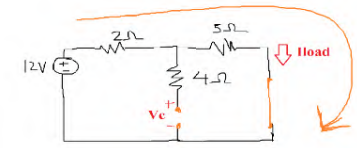
$$V_{out} = v_{01} + v_{02} = -15 + 14 = -1V$$

Ex.14 จากรูปวงจรจงหากระแสโหลด แรงดันที่คาปาซิเตอร์ และกำลังไฟฟ้าที่ขดลวดเหนี่ยวนำ และคาปาซิเตอร์



วิธีทำ ในโจทย์เป็นกระแสตรง ดังนั้นเราสามารถลัดวงจรที่ขดลวดเหนี่ยวนำและเปิดวงจรที่คาปาซิเตอร์

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi(0)2 = 0\Omega$$
$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi(0)1} = \infty\Omega$$

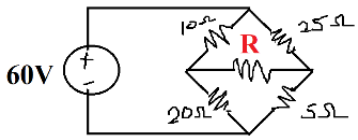


$$W_c = \frac{1}{2}CV_c^2 = \frac{1}{2}x1x10^2 = 50J$$
$$W_L = \frac{1}{2}LI_L^2 = \frac{1}{2}x2x2^2 = 4J$$

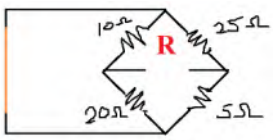
$$i_L = \frac{V}{R} = \frac{12}{1+5} = 2A$$

$$V_c = V_{R_5\Omega} = i_L R_{5\Omega} = 2x5 = 10V$$

Ex.15 **วงจรสมมูลจงหาค่า** Rth, Vth, Power max

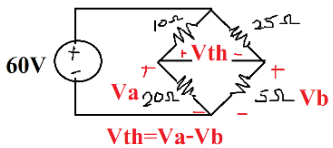


- การหา Rth นั้นให้ปิดแหล่งจ่าย



$$R_{th} = (10//20)//(25//5)$$
$$R_{th} = \frac{10x20}{10+20} + \frac{25x5}{25+5}$$
$$R_{th} = \frac{20}{3} + \frac{125}{30} = \frac{325}{30}$$
$$R_{th} = 10.833\Omega$$

- การหา Vth



$$V_1 = \frac{R_1}{\sum_{n=1}^{n} R} x V_{in} \quad ;Voltage\ divider$$
$$V_a = \frac{20}{20+10} x60V = 40V$$
$$V_b = \frac{5}{5+25} x60V = 10V$$
$$V_{th} = V_a - V_b = 40V - 10V = 30V$$