

# คัมภีร์ วิศวกรไฟฟ้า

ติวข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า by TycoonOz

กิตติภณ ทองพรหม

เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เจ้าของเพจ ติวข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า by TycoonOz  
ผู้เขียนหนังสือ ตะลุยข้อสอบวิศวกรไฟฟ้า เล่ม 1 และ เล่ม 2





# ข้อสอบวิศวกรรมไฟฟ้า

## สงวนลิขสิทธิ์:

ห้ามนำส่วนหนึ่งส่วนใดในหนังสือ ตะลุยข้อสอบวิศวกรรมไฟฟ้า ไปทำซ้ำหรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ หรือด้วยวิธีอื่นใดไม่ว่าจะเป็นทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายเอกสาร การบันทึก การสแกนหรืออื่นๆ โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางผู้เขียน นายกิตติภณ ทองพรหม

ผู้เขียน: นายกิตติภณ ทองพรหม

จัดทำโดย: Electrical engineering by TycoonOz (EET)

ออกแบบปก: นางสาวอนงนาต เยี่ยมศุภโชค

รูปเล่มและประสานงาน: นางสาวอนงนาต เยี่ยมศุภโชค

ENGINEERING  
By TycoonOz

ช่องทางติดต่อ: Kittipon.ee@outlook.com

Facebook: ติวข้อสอบวิศวกรรมไฟฟ้า by TycoonOz

## บทนำ

ผมเชื่อว่ามีหลายคนที่กำลังเตรียมตัวสอบแต่ไม่รู้ว่าจะต้องเตรียมตัวอย่างไรบ้างหรือเริ่มอ่านจากอะไรก่อนดีเนื่องจากมีเนื้อหามากมายให้อ่าน หรือบางคนกำลังมองหาแนวทางว่าการสอบเป็นแบบไหนต้องเตรียมตัวอะไรบ้าง เพราะเพิ่งสอบเป็นครั้งแรก หรืออาจมีหลายคนที่เคยอยากมีหนังสือเก็บเอาไว้สำหรับทบทวนความรู้เพิ่มเติม ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลอะไรผมเชื่อว่าหนังสือเล่มนี้จะตอบโจทย์คุณไม่มากก็น้อยครับ

เหตุผลที่ผมเขียนหนังสือเล่มนี้ขึ้นมา ก็เพราะว่าอยากเก็บความรู้ต่างๆ ที่ได้เจอมาบันทึกไว้ ไม่ว่าจะ เป็นข้อสอบ ประสบการณ์ ปัญหาต่างๆ โดยในหนังสือเล่มนี้จะเน้นเนื้อหาไปทางข้อสอบวิชาการ และอาจผสมกับการนำทฤษฎีในข้อสอบไปอธิบายปัญหาในชีวิตการทำงานที่พบเจอได้ ผมเชื่อว่าหลายๆคนในที่นี่มีความสามารถในตัวอยู่แล้วแต่บางทีเวลาอาจทำให้เราลืม หรือจำได้บ้างในบางเรื่องและนั่นเป็นสาเหตุที่ผมชอบเก็บบันทึกความรู้ต่างๆไว้เพื่อมาทวนได้เสมอในวันที่เราต้องใช้มันด้วยเหตุนี้ผมก็เลยอยากมาแชร์ความรู้ให้กับคนที่สนใจไม่ว่าด้วยเหตุผลอะไรก็ตามและที่ผมเลือกเขียนหนังสือแนวข้อสอบวิศวกรรมไฟฟ้านั้นเพราะผมมองว่ามันเป็นก้าวแรก และเป็นก้าวเล็กๆที่สำคัญสำหรับหลายคนเพราะในสังคมปัจจุบันที่เน้นวัดความสามารถคนจากคะแนนข้อสอบ ก่อนดูที่ผลงานและความสามารถของบุคคลนั้น

“โอกาสที่มาพร้อมกับการสอบ....”

จากประสบการณ์หลายปีที่ผมได้ตระเวนสอบหลายๆสนามมา ทำให้ผมค้นพบว่า ข้อสอบในหลายๆสนามนั้นมีหลักการคล้ายๆกันคือ เน้นข้อสอบชุดเดิมๆวนไป หรือก็หมายความว่าถ้าคุณเคยสอบสนามนี้มาแล้วในสนามหน้าคุณอาจเจอข้อสอบที่คล้ายๆกันซึ่งมีหลายคนมาถามผมว่าถ้าอยากสอบติดต้องทำยังไง ผมก็จะแนะนำให้คุณไปสอบสักครั้งไม่ต้องรอให้พร้อมไปสอบเพื่อให้ได้รู้แนวทางก่อนว่าในสนามนั้นเขาออกอะไรบ้างและสถานที่สอบ ขั้นตอนการสอบ เป็นแบบไหนหลังจากนั้นคุณก็เก็บข้อมูลมาเพื่อในปีหน้าหากเปิดสอบอีกครั้งคุณจะได้มีโอกาสมากยิ่งขึ้นแต่ถ้าหากคุณไม่มีเวลาลองฝึกลองดูการที่คุณมีหนังสือเล่มนี้ก็ถือว่าคุณกำลังมาถูกทางเพราะผมได้เขียนสิ่งที่ผมเจอมาให้เพื่อเป็นแนวทางให้คุณได้อ่านและทบทวนเพื่อเป็นก้าวเล็กๆให้คุณได้เริ่มเพื่อเป็นก้าวต่อไปตามที่คุณหวัง

นายกิตติภณ ทองพรหม

ผู้เขียน

# สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 Measurement	1
บทที่ 2 Circuit	36
บทที่ 3 High Volt	64
บทที่ 4 Electrical Machine	113
บทที่ 5 E - Max	177
บทที่ 6 Power plant	202
บทที่ 7 Protection and rely	249
บทที่ 8 System design	299
บทที่ 9 Power system	364

ENGINEERING  
By TycoonOz



# Measurement

ENGINEERING

By TycoonOz

## เราพูดถึงเรื่องอะไรบ้างในบทนี้ ?

1. ระบบหน่วยพื้นฐานและมาตรฐานการวัดเบื้องต้น
2. การวัดและหลักการทำงานของมิเตอร์
3. การนำไปประยุกต์ใช้
4. การคำนวณค่าไฟทั้งแรงต่ำ และแรงสูงเบื้องต้น
5. ตะลุมโงทย์

โดยทั้งหมดนี้จะเน้นในเชิงการปูพื้นฐานที่ควรรู้ การนำไปใช้ในข้อสอบรวมถึงชีวิตจริง พร้อมการนำไปประยุกต์ใช้ Case study ต่างๆที่ผู้เขียนเคยพบเจอมา

ENGINEERING  
By TycoonOz



### ระบบ SI หน่วยไฟฟ้าที่ควรรู้มีอะไรบ้าง

Quantity	Unit	Symbol	Units
Force	Newton	N	Kg.m/s <sup>2</sup>
Energy	Joule	J	N.m
Power	watt	W	J/s
Pressure	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>
Electric potential	volt	V	W/A
Electric Resistance	ohm	Ω	V/A
Electric Conductance	siemens	S	I/Ω
Electric Charge	coulomb	C	A.s
Electric Capacitance	farad	F	C/V
Magnetic Flux	weber	Wb	V.s
Magnetic Flux Density	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>
Inductance	henry	H	Wb/A
Frequency	hertz	Hz	2π/s*
Illumination	lux	lx	cd.sr/m <sup>2</sup>
Luminous Flux	lumen	lm	cd.sr

### ระบบหน่วย Prefix SI ที่ควรรู้

ตัวคูณ	หน่วยคำเต็มหน้า	สัญลักษณ์
10 <sup>12</sup>	เทระ (Tera)	T
10 <sup>9</sup>	จิกะ (Giga)	G
10 <sup>6</sup>	เมกะ (Mega)	M
10 <sup>3</sup>	กิโล (Kilo)	K
10 <sup>-3</sup>	มิลลิ (Milli)	m
10 <sup>-6</sup>	ไมโคร (Micro)	μ
10 <sup>-9</sup>	นาโน (Nano)	n
10 <sup>-12</sup>	พิโค (Pico)	p

กิตติคุณ ทองพรหม

Facebook: ตัวอย่างสอบวิศวกรไฟฟ้า by TycoonOz

## สูตรทางไฟฟ้าที่ควรรู้

$$V = IR$$

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

$$P_{1\text{phase}} = IV \cos \theta$$

$$P_{3\text{phase}} = \sqrt{3} IV \cos \theta$$

$$P = \frac{W}{t}$$

$$S = IV$$

$$Q = IV \sin \theta$$

$$PF = \cos^{-1} \theta$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$V_{\text{Line}} = \sqrt{3} V_{\text{phase}}$$

$$R = \frac{\rho l}{A}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$R_{\text{serie}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$R_{\text{parallel}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\omega = \text{rad / s} = \text{rpm} \times \frac{2\pi}{60}$$

$$P = T\omega$$

$$N = \frac{120f}{p}$$

## ตะลุยโจทย์

1. หากมิเตอร์อ่านค่าไฟได้ 1kWh อยากทราบว่ากินไฟกี่ joule

$$J = Ws$$

$$J = Ws \times \frac{h}{3,600s}$$

$$1000 \times J = k \times Ws \times \frac{h}{3,600s}$$

$$KWh = 3,600 \times 1,000 \times J = 3.6MJ$$

2. หน่วยความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กคืออะไร

ตอบ Tesla (T)

3. มวล ในระบบหน่วย SI มีหน่วยเป็นอะไร

ตอบ กิโลกรัม

4. สัญญาณแรงดันและกระแสมาตรฐานในเครื่องวัดอุตสาหกรรมมีค่าเท่าไรบ้าง

- แรงดัน VT ที่นิยม: 1V ถึง 5V

- กระแส CT ที่นิยม: 4 มิลลิแอมป์ ถึง 20 มิลลิแอมป์

ที่ไม่เริ่มจากศูนย์เนื่องจากป้องกัน error ของอุปกรณ์ เช่นหากอุปกรณ์ไม่ทำงานจะเท่ากับศูนย์

5. การสอบกลับได้ของระบบ SI คืออะไร

เป็นลำดับขั้นการทดสอบอุปกรณ์ว่าเชื่อถือได้หรือไม่ โดยจะเทียบกับอุปกรณ์ที่สูงกว่าในการเทียบว่าอุปกรณ์ที่เราต้องการมาสอบเทียบนั้นยังวัดผลได้ถูกต้องแม่นยำไหม

โดยจะแบ่งตามนี้ เรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด

มาตรฐานนานาชาติ > มาตรฐานปฐมภูมิ > มาตรฐานทุติยภูมิ > มาตรฐานใช้งาน > อุปกรณ์การวัด

## 6. หน่วยมูลฐาน กับหน่วยอนุพัทธ์มีอะไรบ้างยกตัวอย่าง

หน่วยมูลฐาน      เมตร กิโลกรัม วินาที แอมแปร์ เคลวิน โมล แคนเดลา

หน่วยอนุพัทธ์      โวลต์ โอห์ม วัตต์

## 7. มอเตอร์มีความเร็ว 500 rpm คิดเป็นความเร็วเชิงมุมเท่าไร

$\Omega = \text{rad/s}$  ข้อนี้ทางผู้เขียนขอใช้วิธีตัดหน่วย ซึ่งเป็นเทคนิคที่เอาไปใช้ได้ทุกๆสูตรบนโลกนี้ในการแปลงหน่วย

$$\omega = \frac{500 \text{ รอบ}}{\text{นาที}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{รอบ} \cdot 2\pi} \times \frac{\text{นาที}}{60 \text{ sec}} = 52.30 \text{ rad/s}$$

หรือ สรุปลง่ายๆโดยใช้สูตร

$$\text{rpm} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

8. มอเตอร์มีความเร็วเชิงมุม  $40\pi$  คิดเป็นความเร็วรอบเท่ากับกี่รอบต่อนาที rpm

$$\text{rpm} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\text{rpm} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{40\pi \text{ rad}}{\text{s}}$$

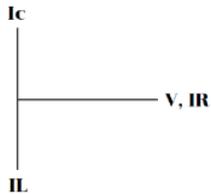
$$\text{rpm} = 120 \text{ rpm}$$

9. เมื่อป้อนแรงดันกระแสสลับ  $V_{\text{max}} = 100\text{V}$  ให้กับหลอดไฟอยากทราบว่าหากต้องการป้อนแรงดันกระแสตรงให้กับหลอดไฟเพื่อให้สว่างเท่ากันควรป้อนแรงดันเท่าใด

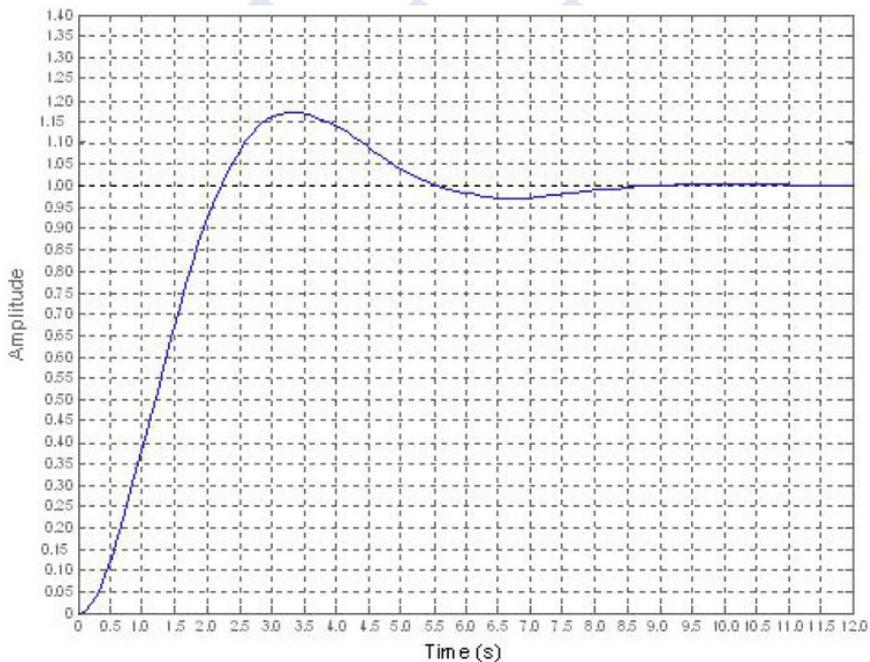
$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70.71$$

10. เมื่อต่อตัวเก็บประจุเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับค่ากระแสจะทำมูอย่างไรเมื่อเทียบกับแรงดัน

นำแรงดันอยู่ 90 องศา



11. จากกราฟจงตอบคำถามดังนี้



11.1 เวลายอด Peak time มีค่าประมาณเท่าใด

ค่าสูงสุด ในที่นี้ที่เวลา 3.3 sec

### 11.2 เวลาพุ่ง Rise time ของผลตอบสนองมีค่าประมาณเท่าใด

Rise time 10% – 90%

ตั้งนั้นช่วงที่ 10% : 0.5 sec

ส่วนช่วงที่ 90% : 2 sec

ตั้งนั้นช่วงเวลา rise time จะใช้ระยะเวลา  $2 - 0.5 = 1.5$  sec

### 11.3 เวลาคงตัว Setting time มีค่าประมาณเท่าใด

Setting time คือช่วงที่สวิงไปมาไม่เกิน 5%

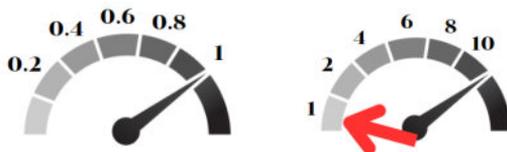
จากกราฟจะอยู่เวลาประมาณ 7.5 sec

### 12.ค่าขีดเริ่ม threshold ของเครื่องมือวัดหมายถึงอะไร

คือ ค่าที่มากที่สุดที่เครื่องวัดยังไม่สามารถวัดได้ ดังนั้นในการเลือกเครื่องมือเอาไปใช้งานต้องคำนึงถึงย่านที่ใช้วัด หากใช้เครื่องมือตัวใหญ่ไปวัดค่าน้อยๆบางทีเครื่องมือวัดอาจจะไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากค่าที่วัดน้อยเกินไป

### 13.เครื่องมือวัดกระแส 2 ตัวมีความยาวสเกลเท่ากันโดยตัวหนึ่งมีพิสัย 0 ถึง 1 A และอีกตัวหนึ่งมีพิสัย 0 ถึง 10A อยากทราบว่าเครื่องมือวัดตัวไหนมีความไวมากกว่ากัน

ตอบ เครื่องมือตัวที่หนึ่งมีความไวมากกว่าเนื่องจากย่านเล็กกว่าหรือถ้าให้เห็นภาพ



จะเห็นว่าหากเราใช้มิเตอร์ที่ย่านการวัดสูงแต่ไปวัดค่าน้อยๆเข็มแทบไม่ขยับซึ่งมีผลต่อ error ได้สูงมากจากการอ่าน

#### 14. ความไว sensitivity ของเครื่องมือวัดหมายถึงอะไร

ตอบ อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของผลการวัดต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการวัด

#### 15. ความเที่ยงตรง precision หมายถึงอะไร

ตอบ ความเข้ากันระหว่างค่าวัดแต่ละครั้งที่ได้จากการวัดแบบทวนซ้ำ

#### 16. ในการวัดแรงดันของแบตเตอรี่ได้ค่าแรงดันดังนี้ 20.20, 19.90, 20.05, 20.10, 19.85, 20V อยากทราบว่า การวัดครั้งไหนมีค่าเที่ยงตรงที่สุด

ตอบ เที่ยงตรงสุดเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่าที่วัด

$$AVG = \frac{\sum sum}{N} = \frac{20+20+19+90+20.5+20+10+19.85+20}{6} = 20.01$$

ดังนั้น ครั้งที่ 6 ใกล้เคียงสุด 20V

#### 17. ข้อมูลจากการวัดค่าความต้านทานจำนวนหนึ่งมีดังนี้ 10.16, 10.15, 10.14, 10.05, 10, 9.99 ohm ค่าเฉลี่ยของการวัดค่าความต้านทานมีค่าเท่าใด

$$AVG = \frac{\sum sum}{N} = \frac{10.16+10.15+10.14+10.05+10+9.99}{6} = 10.086 \text{ Ohm}$$

#### 18. ข้อมูลจากการวัดค่าความต้านทานจำนวนหนึ่งมีดังนี้ 10,16,10,15,10,14,10,05,10,9,99 ohm จงหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^{\infty} (X_i - \bar{X})^2 \right)}$$

$$AVG = \frac{\sum sum}{N} = \frac{10.16+10.15+10.14+10.05+10+9.99}{6} = 10.086 \text{ Ohm}$$

$$\sqrt{\frac{1}{6} \left( \sum_{i=1}^{\infty} (X_i - \bar{X})^2 \right)}$$

เอาค่าที่วัดได้มาลบกับค่าเฉลี่ย 10.086 ใส่เข้าไปและยกกำลัง 2 ตามสูตรจะได้ค่า SD = 0.08

19. โวลต์มิเตอร์กระแสสลับตัวหนึ่งวัดแรงดันได้ 0 - 1000V และมีความแม่นยำ ± 5% ของค่าเต็มสเกล ถ้านำมิเตอร์ตัวนี้ไปวัดแรงดันที่ 400 V ค่าที่อื่นได้จากมิเตอร์จะมีค่าอยู่ระหว่างเท่าใดบ้าง

$$400 \pm \left( 0.5 \times \frac{1000 \text{ ค่าเต็มสเกล}}{100} \right)$$

$$400 \pm 5 \text{ V}$$

20. ความแม่นยำของการวัดปริมาณ A และ B มีค่าเป็น ±4% ของ A และ ± 3% ของ B จงหาความแม่นยำหากนำ A-B คิดเป็นกี่ % ถ้ากำหนดให้ A มีค่าเป็น 2 เท่า B

\*\* จะเป็นบวกหรือลบ error จะเอามาบวกกันเสมอ

$$\text{error} = 2(\%A) + (\%B)$$

$$\text{error} = 2(\pm 4\%) + (\pm 3\%)$$

$$\text{error} = \pm 8\% + \pm 3\% = \pm 11\%$$

21. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวหนึ่งวัดค่าได้  $0.1 \pm 0.01 \text{ A}$  และค่าแรงดันวัดได้  $5 \pm 0.25 \text{ V}$  จงหาค่ากำลังสูญเสียในตัวต้านทานนี้

$$P = IV = 0.1 \times 5 = 0.5 \text{ W}$$

ส่วน error ในกรณีนี้ เป็นการเอามาคูณดังนั้น %error ต้องคิดแยกทีละตัว แล้วค่อยเอามาบวกกัน

Error คิดจาก 100% หรือก็คือทำให้ตัวหลักเป็น 100

$$\text{ที่ } I = 0.1 \pm 0.01 \text{ A}$$

$$\text{Error}_I = \frac{0.01}{0.1} \times 100 = 10\%$$

$$\text{ที่ } V = 5 \pm 0.25V$$

$$\text{Error}_V = \frac{0.25}{5} \times 100 = 5\%$$

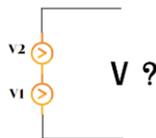
$$\text{Error รวม} = \text{Error}_i + \text{Error}_V = 10\% + 5\% = 15\%$$

$$\text{คำตอบจะได้ } 0.5W \pm 15$$

22. ก่อนใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทานจะต้องทำการปรับศูนย์ Adjust zero เพราะอะไร

คำตอบ เพื่อชดเชยแรงดันแบดที่เครื่องวัด

23. จงหาแรงดันไฟฟ้า  $V_1 = 100V \pm 1\%$  และ  $V_2 = 80V \pm 5\%$  ได้ผลรวมเท่าใด คิดเป็น % ค่าผิดพลาดเท่าไร และค่าความผิดพลาดสมบูรณ์



$$\text{อนุกรม } V_1 + V_2 = 100V + 80V = 180V$$

$$\text{Error} = \left( \frac{100 \times 1\%}{100} \right) + \left( \frac{80 \times 5\%}{100} \right) + 1 + 4 = \pm 5V$$

$$\% \text{Error} = \frac{5}{180} \times 100\% = 2.78\%$$

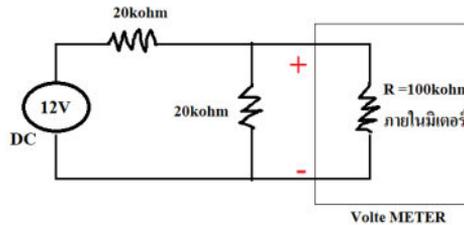
24. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวหนึ่งวัดค่าได้  $5 \pm 2\% A$  และค่าแรงดันวัดได้  $10 \pm 3\% V$  จงหาค่ากำลังสูญเสียในตัวต้านทานนี้

$$P = IV, \quad P = 5 \times 10 = 50W$$

$$\text{Error} = 2\% + 3\% = 5\%$$

ดังนั้น กำลังสูญเสียในตัวต้านทานนี้จะมีค่าอยู่ที่  $50W \pm 5\%$

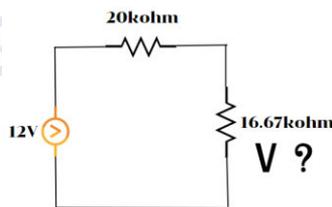
25.มิเตอร์มีความต้านทานภายใน 100kΩ ไปวัดแรงดันตกคร่อมในวงจรดังรูปจงคำนวณหาค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดที่ % และจะอ่านค่าจริงได้เท่าใด



\*\* โจทย์ข้อนี้ในอุดมคติจะต้องอ่านได้ 6V เนื่องจากแหล่งจ่าย 12V และมีค่าความต้านทาน 2 ตัวขนาดเท่ากันดังนั้นแรงดันตกคร่อมต้องเท่ากันหรือก็คือครึ่งหนึ่งของแหล่งจ่าย แต่ในความจริงหากเราเอามิเตอร์ที่คุณภาพไม่ดีที่มีความต้านทานในเครื่องน้อยๆหรือไม่มีฟังก์ชันชดเชยค่าความต้านทานภายในเครื่องนั้นอาจจะทำให้เราอ่านค่าแรงดันที่ได้ผิดจากความจริง

ตัวอย่างในรูปภาพข้างบนจะเห็นว่าความต้านทานในมิเตอร์มีค่า 100 กิโลโอห์มซึ่งมาวัดแรงดัน โดยเทียบเท่าเอาความต้านทานมาขนานกับ 20 กิโลโอห์มซึ่งจะกลายเป็นวงจรใหม่ดังนี้

$$R_{\text{ขนาน}} = \frac{100(20)}{100+20} = 16.67 \text{ Ohm}$$



### Voltage divider

$$V_{R_{16.67 \text{ Ohm}}} = \frac{16.67 (12V)}{16.67+20} = 5.45 \text{ V}$$

โดยถ้าเทียบกับค่าความจริงควรจะเป็น 6V ดังนั้นมี error เท่ากับ?

$$\text{Error} = \frac{5.45V - 6V}{6V} \times 100\% = -9.16\%$$

26. เลข 0.023000 มีเลขนัยสำคัญ significant digits กี่หลัก

ตอบ Digits จะนับศูนย์ด้านหลังทั้งหมดแต่ไม่นับศูนย์ด้านหน้า ดังนั้นในที่นี้จะมีทั้งหมด 5 digit

27. เลข  $2.350050 \times 10^{10}$  มีเลขนัยสำคัญ significant digits กี่หลัก

ตอบ Digits จะนับศูนย์ด้านหลังทั้งหมดแต่ไม่นับศูนย์ด้านหน้า ดังนั้นในที่นี้จะมีทั้งหมด 7 digit

28. โวลต์มิเตอร์กระแสตรงเครื่องหนึ่งมีพิสัย 0 ถึง 100 V มีความไว  $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$  และมีความแม่นยำ  $\pm 3\%$  ของค่าสุดสเกล เมื่อนำโวลต์มิเตอร์นี้ไปต่อวัดแรงดันในวงจรได้ 50 V อยากทราบว่าแรงดันที่อ่านได้มีค่าเท่าใด และความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าเท่าไร

$$\text{ค่าความต้านทานภายในมิเตอร์เท่ากับ } R = \frac{20 \text{ k}\Omega}{\text{V}} \times 100\text{V} = 2 \text{ M}\Omega$$

ความแม่นยำ  $\pm 3\%$  ของค่าสุดสเกล โดยค่าสุดสเกลคือ 100V ดังนั้น error สูงสุดมิเตอร์  $\pm 3\text{V}$

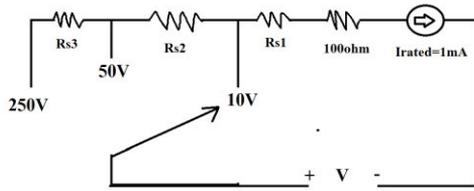
29. โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีความไว 25 กิโลโอห์ม ต่อ โวลต์ และมีพิสัยการวัด 25V จะมีความต้านทานรวมเท่าไร

$$\frac{\Omega}{\text{V}} = \frac{25 \text{ k}\Omega}{\text{V}}$$

ดังนั้น ถ้าพิสัยการวัดที่ 25V ความต้านทานภายในจะเท่ากับ  $25 \times 25 \text{ k}\Omega = 625 \text{ k}\Omega$

30. ความไวของโวลต์มิเตอร์มีหน่วยเป็น

โอห์ม / โวลต์ : เอาไว้บอกค่าความต้านทานมิเตอร์มีค่าเท่าไรโดยเทียบกับย่านการวัดเนื่องจากย่านการวัดแต่ละย่านนั้นจะมีความต้านทานภายในเครื่องไม่เท่ากัน ตามรูปนี้



จะเห็นว่า เมื่อเราต้องการนำเอามิเตอร์ไปวัดย่านที่มากกว่าเดิมเราจะต่ออนุกรมความต้านทานเพิ่มขึ้นเพื่อคงให้กระแสที่ไหลผ่านมิเตอร์มีค่าไม่เกินค่าที่มิเตอร์ไม่พังนั่นเอง

เช่น หากโวลต์มิเตอร์กระแสตรงที่ใช้มีความไว 20,000 โอห์ม / โวลต์ และที่ย่านของกรวัดเท่ากับ 10V จึงคำนวณหาความต้านทานภายในโวลต์มิเตอร์

$$20,000 \frac{\Omega}{V} \times 10V = 200 \text{ k}\Omega$$

31. เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่กระแสไฟลเต็มสเกล 50 uA มีความต้านทานภายใน 1,000 Ω หากต้องการนำไปวัดแรงดัน 50V สามารถวัดได้หรือไม่หากไม่ได้จะต้องทำอย่างไร

ปัจจุบันเครื่องวัดนี้สามารถวัดแรงดันได้สูงสุดที่

$$V = IR = 50 \text{ uA} \times 1,000 \Omega = 50\text{mV}$$

แต่โจทย์ต้องการเอาไปวัดที่ 50V ดังนั้นเราจำเป็นต้องนำความต้านทานมาต่ออนุกรมที่ภายในมิเตอร์เพื่อให้มิเตอร์สามารถวัดแรงดันได้ถึง 50V โดยให้กระแสไหลผ่านมิเตอร์เท่าเดิม

$$V = IR$$

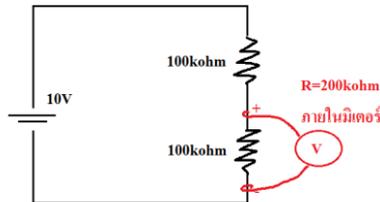
$$R_{\text{รวม}} = \frac{V}{I} = \frac{50V}{50\mu A} = 10^6 \Omega$$

$$R_{\text{รวม}} = R_{\text{ภายในมิเตอร์}} + R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}}$$

$$10^6 \Omega = 1,000 \Omega + R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}}$$

$$R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}} = 999 \text{ k}\Omega$$

31. เมื่อนำมิเตอร์ที่มีความต้านทานภายใน  $200\text{k}\Omega$  ไปวัดแรงดันดังรูปจะอ่านได้กี่โวลต์



ตามทฤษฎีแล้วควรวัดแรงดันตกคร่อมความต้านทานนี้ได้  $5\text{V}$  แต่เนื่องจากมิเตอร์มีความต้านทานภายในทำให้ค่าที่อ่านได้นั้นจะน้อยกว่าเสมอ ดังสมการดังนี้

$$R_{\text{รวม}} = 100\text{k}\Omega // 200\text{k}\Omega = \frac{100\text{k} \times 200\text{k}}{100\text{k} + 200\text{k}} = 66.66\text{k}\Omega$$

โวลต์ที่มิเตอร์

$$V = \frac{66.66\text{k}}{100\text{k} + 66.66\text{k}} \times 10\text{V} = 4\text{V}$$

32. เมื่อมีมิเตอร์วัดกระแสตรงตัวหนึ่งมีความต้านทานภายใน  $5,000\Omega$  มีค่ากระแสเต็มสเกล  $50\mu\text{A}$  ถ้าหากต้องการนำมิเตอร์นี้ไปวัดแรงดัน  $10\text{V}$  สามารถทำได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้ต้องทำอย่างไร

$$R_{\text{รวม}} = \frac{10\text{V}}{50\mu\text{A}} = 200\text{k}\Omega$$

$$R_{\text{รวม}} = R_{\text{ภายในมิเตอร์}} + R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}}$$

$$200\text{k}\Omega = 5,000\Omega + R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}}$$

$$R_{\text{อนุกรมที่เอามาต่อเพิ่ม}} = 195\text{k}\Omega$$

33. เมื่อมีมิเตอร์วัดกระแสตรงตัวหนึ่งมีค่าความต้านทานภายใน 5,000Ω มีค่ากระแสเต็มสเกล 50uA ถ้าหากต้องการขยายพิสัยของการวัดเป็น 200uA จะต้องทำอย่างไร

ขยายพิสัยกระแสจะต้องเอาความต้านทานมาขนานเพื่อให้กระแสแยกไหลไปตั้งนั้นความต้านทานที่นำมาขนานนั้นจะมีแรงดันกัน

$$V_{\text{เต็ม}} = V_{\text{หลังขยายย่านการวัด}}$$

$$50\mu\text{A} (5,000) = 200\mu\text{A} \times R_{\text{รวม}}$$

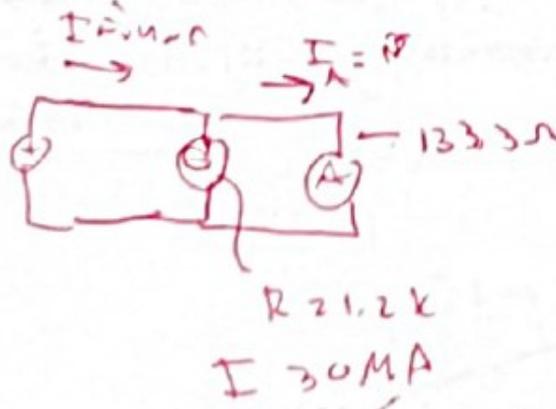
$$R_{\text{รวม}} = 1,250\Omega = \frac{5,000 \times R_1}{5,000 + R_1}$$

$$6.25 \times 10^6 + 1,250 R_1 = 5,000 R_1$$

$$R_1 = 1,666.66 \Omega$$

34. แอมมิเตอร์กระแสตรงตัวหนึ่งประกอบด้วยตัวต้านทาน 133.3Ω ต่อขนานกับโวลต์มิเตอร์ที่มีความต้านทานภายใน 1.2kΩ และค่ากระแสเต็มสเกลอยู่ที่ 30uA อยากรทราบว่ามีเตอร์ตัวนี้จะวัดกระแสได้สูงสุดเท่าใด

ลองฝึกวาดก่อนทำโจทย์ดูนะจะได้เห็นภาพวงจรและจะเข้าใจขึ้น \*\*



Current divider

$$I_2 = \frac{133.33}{1.2k + 133.33} I_{\text{ระบบ}} \quad \text{โดย } I_2 = 30 \text{ uA}$$

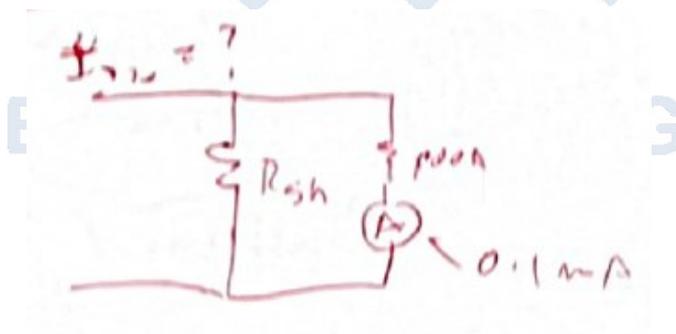
$$I_{\text{ระบบ}} = 300 \text{ uA}$$

35. ในการใช้โวลต์มิเตอร์แบบเข็มชี้ควรเลือกย่านการวัดเพื่อให้เข็มชี้บริเวณใดเพื่อให้ค่าความผิดพลาดของการวัดมีค่าต่ำที่สุด

ตอบ บริเวณกลางสเกล

36. แอมมิเตอร์เครื่องหนึ่งมีความต้านทานภายใน  $100\Omega$  กระแสไฟฟ้าเต็มสเกลอยู่ที่  $0.1\text{mA}$  ต่อขนานกับตัวต้านทาน  $2\Omega$  จงคำนวณหากระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลเข้ามิเตอร์ขณะที่กระแสไฟฟ้าเต็มสเกล

ลองฝึกวาดก่อนทำโจทย์ดูนะจะได้เห็นภาพวงจรและจะเข้าใจขึ้น \*\*

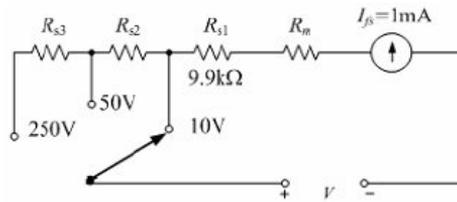


$$i_{\text{มิเตอร์}} = \frac{R_{sh}}{R_{sh} + R_{\text{ภายในมิเตอร์}}} i_{\text{ระบบ}} \quad \text{โดย } i_{\text{มิเตอร์}} = 0.1 \text{ mA}$$

$$0.1 \text{ mA} = \frac{2}{2 + 100} i_{\text{ระบบ}}$$

$$i_{\text{ระบบ}} = 5.1 \text{ mA}$$

37. ให้คำนวณหาความต้านทานทั้งหมดของโวลต์มิเตอร์หลายพิสัยทั้ง 10V 50V และ 250V ดังภาพ



คิดที่พิสัย 10V

$$V = IR$$

$$10 = 1\text{mA} \times (9.9\text{k} + R_m)$$

$$R_m = 100\Omega$$

คิดที่พิสัย 50V

$$V = IR$$

$$50\text{V} = 1\text{mA} \times (9.9\text{k} + 100 + R_2)$$

$$R_2 = 40\text{k}\Omega$$

คิดที่พิสัย 250V

$$V = IR$$

$$250\text{V} = 1\text{mA} \times (9.9\text{k} + 100 + 40\text{k} + R_3)$$

$$R_3 = 200\text{k}\Omega$$

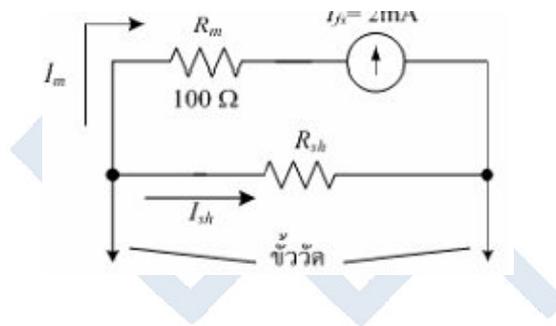
ซึ่งความต้านทานมิเตอร์ในแต่ละย่านพิสัยการวัดก็คือการเอาความต้านทานมาต่ออนุกรมกันตามค่าความต้านทานที่เราได้หามาแล้วแค่นั้นเองจะเห็นว่ายิ่งเราต้องการวัดย่านแรงดันที่สูงขึ้นเราจะต้องนำความต้านทานอนุกรมที่มากยิ่งขึ้นเพื่อลิมิตกระแสที่ไหลในมิเตอร์ให้เท่าเดิมไม่เกินค่าที่มิเตอร์ยอมรับได้

38. มิเตอร์วัดกระแสตรงวัดกระแสได้สูงสุด 0.2mA และมีความต้านทานภายใน 2kΩ มิเตอร์ตัวนี้มี ความไวเท่าใด

$$V = IR = 0.2\text{mA} \times 2\text{ k}\Omega = 0.4\text{V}$$

$$\text{ความไว} = \frac{\Omega}{V} = \frac{2\text{ k}\Omega}{0.4} = 5 \frac{\text{k}\Omega}{V}$$

39. ต้องการให้แอมมิเตอร์ในรูปมีพิสัยการวัดเป็น 5A จะต้องใช้ความต้านทานมาต่อขนานเท่าใด



วิธีทำ

$$V = IR$$

$$R \times 150\text{mA} = 2\text{mA} \times 100\Omega$$

$$R = \frac{0.2}{150\text{mA}} = 1.33\Omega$$

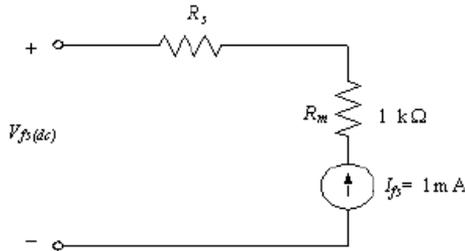
$$R_{\text{รวม}} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$1.33 = \frac{100 (R_2)}{100 + R_2}$$

$$100 + R_2 = 75 R_2$$

$$R_2 = 1.35 \Omega$$

40. ถ้าต้องการให้โวลต์มิเตอร์ในรูปแบบฟิลิ์การวัตอยู่ที่ 400V จะต้องต่อความต้านทานเท่าใดตั้งรูป และความไวโวลต์มิเตอร์ในรูปแบบมีค่าเท่าใด



ความต้านทานที่มาต่อเพิ่ม

$$V = IR$$

$$50 = 1\text{mA} \times (R_s + 1\text{k}\Omega)$$

$$R_s = 49 \text{ k}\Omega$$

ความไวของมิเตอร์เมื่อใช้กับฟิลิ์ 50V

$$\text{ความไว} = \frac{\Omega}{V} = \frac{49\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega}{50V} = \frac{1\text{k}\Omega}{V}$$

41. เมื่อนำแอมมิเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรหรือ DC ไปวัดกระแสไฟฟ้าสลับรูปไซน์ที่มีค่ายอด 100A อยากทราบว่ามิเตอร์กระแสตรงจะอ่านค่าได้เท่าใด

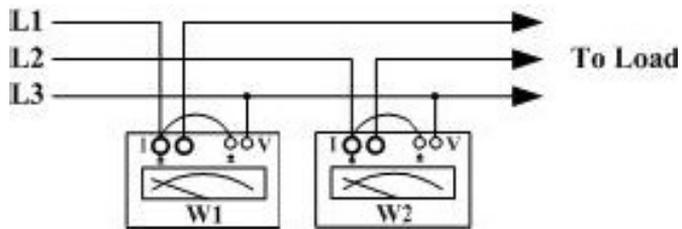
โจทย์ต้องการรู้ว่าหากเราเอามิเตอร์กระแสตรงไปวัดกระแสไฟสลับมิเตอร์จะอ่านเท่าไรซึ่งแน่นอนหากเราเอามิเตอร์กระแสสลับไปอ่านก็จะได้อ่านค่า rms ดังสูตรข้างล่าง

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

แต่ถ้าหากเราเอามิเตอร์กระแสตรงไปวัดมันจะได้ค่าเฉลี่ยแทนซึ่งจะมีค่าน้อยกว่า rms อยู่เล็กน้อยดังสมการข้างล่าง

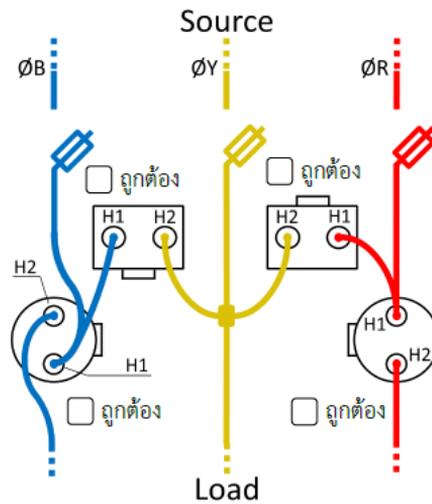
$$I_{\text{avg}} = \frac{2xI_{\text{max}}}{\pi} = \frac{200}{\pi} = 63.66\text{A}$$

#### 42. หลักการวัดแบบ TWO WATT METHOD วัดอย่างไร



TWO WATT METHOD เป็นที่นิยมสำหรับการไฟฟ้าในกรณีวัดค่าพลังงานไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของลูกค้ำแรงสูงโดยก็จะใช้หลักการนี้เหมือนกัน ดังรูป





โดยจะวัดกระแส 2 เฟส และอีกเฟสจะวัดแรงดัน Reference ตามรูปวงจรด้านบน

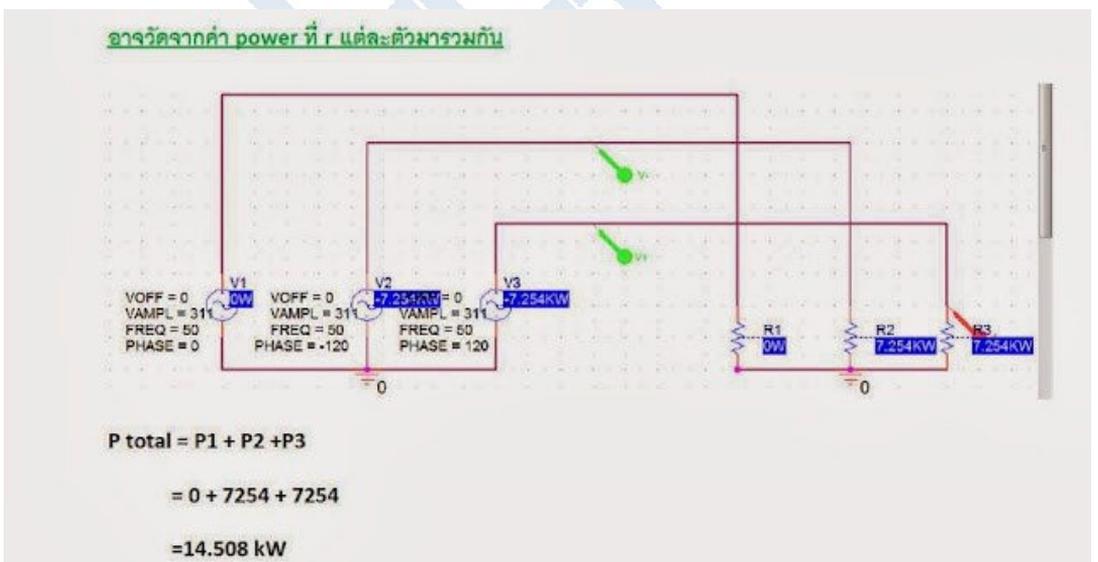
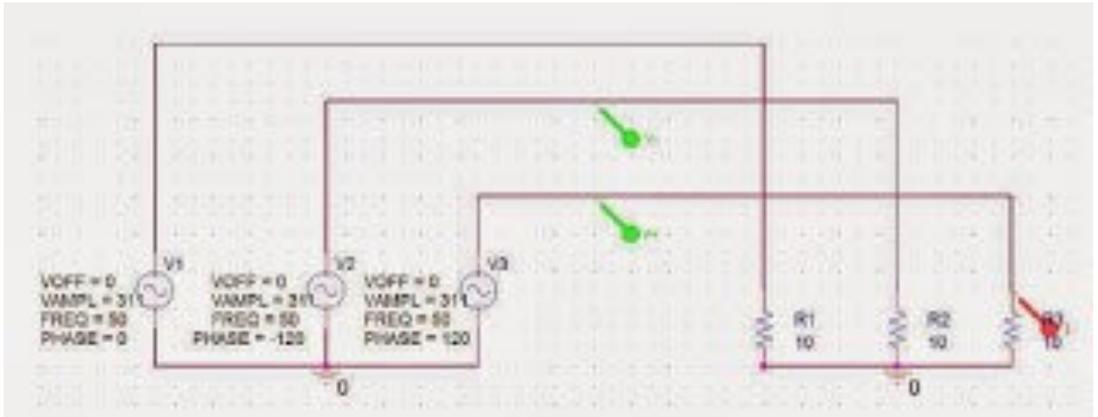
สมการ TWO WATT METHOD

$$P = V_{LL} \cos(30^\circ + \phi) + V_{LL} \cos(30^\circ - \phi)$$

ENGINEERING

By TycoonOz

ความรู้เสริมจากผู้เขียนเคยทำการทดลองจริงและพิสูจน์ว่าเท่ากันกับการคิดแบบปกติ



คิตแบบ 2 watt method (คิต Line-Line โดยใช้ V3 เป็นจุดอ้างอิง)

$$P_{total} = P_1 + P_2; P_1 = V_{line (1-3)} I(1)\cos\phi \text{ และ } P_2 = V_{line (2-3)} I(2)\cos\phi$$

หมายเหตุ เครื่องหมาย ( ) แสดงถึง line ที่คิต

$$P_1 = V_{line (1-3)} I(1)\cos\phi = \frac{538.667}{\sqrt{2}} \times \frac{31}{\sqrt{2}} \times \cos(-30-0) = 7230.74W$$

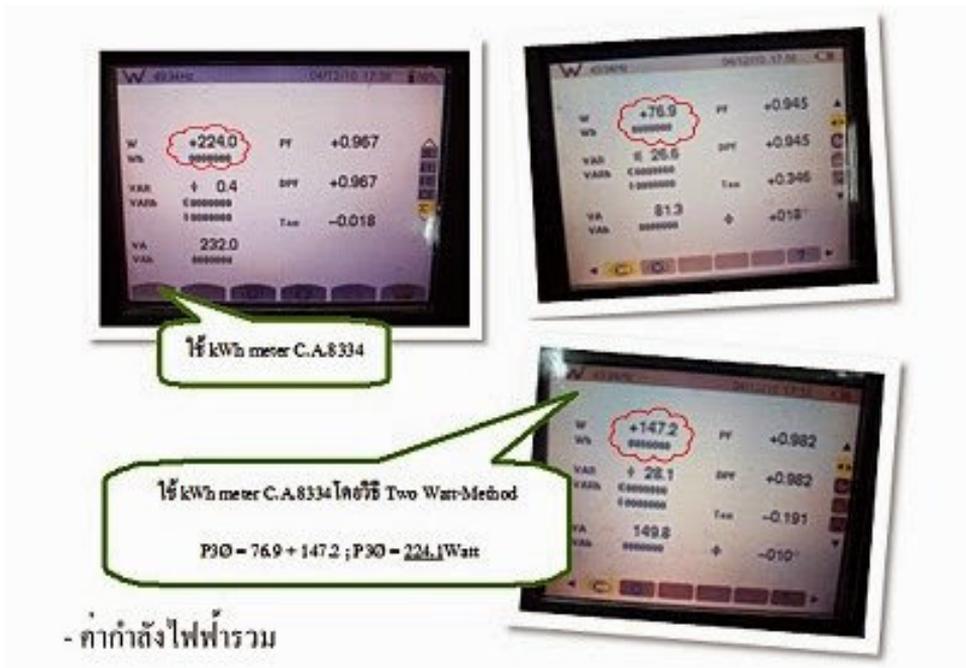
$$P_2 = V_{line (2-3)} I(2)\cos\phi = \frac{538.667}{\sqrt{2}} \times \frac{31}{\sqrt{2}} \times \cos(-90-(-120)) = 7230.74W$$

$$P_{total} = 7230.74 + 7230.74 = 14461.48W = 14.46kW$$



ซึ่งค่าจากภาพที่3นี้ จะเป็นค่าความต่างศักย์และกระแสของแต่ละเฟสซึ่งถ้าเรานำค่ากระแส กับ ความต่างศักย์ของแต่ละเฟสมาคูณกัน จะได้กำลังไฟฟ้าของเฟสนี้ เราสามารถคิดจากอันนี้ก็ได้อย่างเหมือนกัน

$$\begin{aligned}
 P_{\text{total}} &= P_1 + P_2 + P_3 \\
 &= (167.6 * 0.368) + (83.3 * 0.770) + (144.0 * 0.674) \\
 &= 61.67 + 67.14 + 97.056 \\
 &= 225.866 \text{ w}
 \end{aligned}$$



ภาพนี้จะเป็นค่าที่อ่านจากวัตต์มิเตอร์โดยตรงซึ่งภาพทางด้านซ้ายจะเป็นการวัดแบบ 3 เฟสในตัวเดียวส่วนภาพด้านขวามิเตอร์2ตัวเป็นการวัดแบบ two watt method

ซึ่งถ้าเราเอาภาพจากมิเตอร์ด้านซ้าย two watt method มารวมกันจะได้ค่าตรงกับกำลังไฟฟ้ารว

$$\begin{aligned}
 P_{\text{total}} &= P_1 + P_2 \\
 &= 76.9 + 147. \\
 &= 224.1 \text{ w}
 \end{aligned}$$

ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าค่าที่วัดแบบ two watt meter method นั้นมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้ารวม 3 เฟส

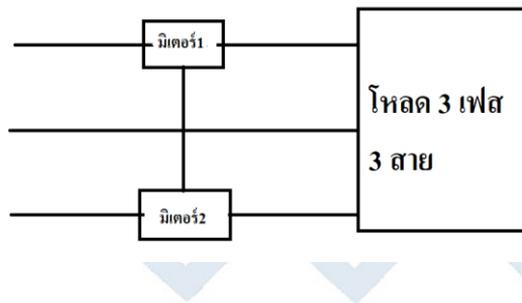
43.หน่วยของ Real power, Apparent power และ Reactive power

Real power = กำลังจริง P (W)

Apparent power = กำลังปรากฏ S (VA)

Reactive power = กำลังจินตภาพ Q (var)

44.วัตต์มิเตอร์ 2 ตัวใช้วัดวงจรไฟฟ้า 3 เฟสอ่านค่าได้ 3000W และ 500W ตามลำดับอยากทราบว่า PF มีค่าเท่าใด



ใช้หลักการของ TWO WATT METHOD

โดยกำลังไฟฟ้ารวม = 3000W + 500W = 3,500W

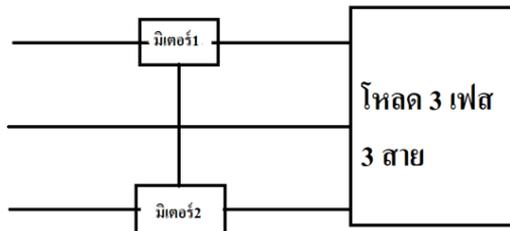
PF ของระบบ

$$PF = \cos \left( \tan^{-1} \sqrt{3} \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \right)$$

$$PF = \cos \left( \tan^{-1} \sqrt{3} \frac{3,000 - 500}{3,000 + 500} \right) = \cos \left( \tan^{-1} (1.237) \right)$$

$$PF = \cos (51.05) = 0.628$$

45.วัตต์มิเตอร์ 2 ตัวใช้วัดวงจรไฟฟ้า 3 เฟสอ่านค่าได้ 3000W และ -500W ตามลำดับขอยกทราบว่า PF มีค่าเท่าใด



ใช้หลักการของ TWO WATT METHOD

$$\text{โดยกำลังไฟฟ้ารวม} = 3000\text{W} + (-500\text{W}) = 2,500\text{W}$$

PF ของระบบ

$$\text{PF} = \cos \left( \tan^{-1} \sqrt{3} \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} \right)$$

$$\text{PF} = \cos \left( \tan^{-1} \sqrt{3} \frac{3,000 - (-500)}{3,000 + (-500)} \right) = \cos \left( \tan^{-1} (2.424) \right)$$

$$\text{PF} = \cos (67.58) = 0.381$$

46. Watt-hour meter ที่ใช้ตามบ้านพักอาศัยเป็นแบบใด

ตอบ เหนี่ยวนาจานหมุน ซึ่งขนาดมิเตอร์ต่างกันความเร็วของการหมุนไม่เท่ากันนะต้องดูว่า หมุน 1 รอบ คือกี่ kWh

#### 47. มิเตอร์ไฟฟ้ามีกี่ขนาด และมีกี่ประเภท

##### มีมิเตอร์ 4 แบบ

- มิเตอร์ 1 เฟส 2 สาย : 5(15) , 15(45) , 30(100) , 50(150)
- มิเตอร์ 3 เฟส 3 สาย : 15(45) , 30(100) , 50(150)
- มิเตอร์ 3 เฟสที่โหลดมากกว่า 200A : จะต้องผ่าน CT โดยจะมี 2 ขนาด 200A , 400A
- มิเตอร์แรงสูง : กรณีโหลดลูกค้ำมากกว่า 400A (หรือหม้อแปลง 300KVA ขึ้นไป)

โดย กพน. กับ กพภ. ก็จะใช้หลักการคล้ายๆกันอาจต่างกันบ้างเล็กน้อยหรือบางมิเตอร์อาจยกเลิกหรือไม่เหมือนกันบ้าง

#### 48. พลังงานไฟฟ้า 1 ยูนิตหมายถึงอะไร

1 ยูนิต = 1kWh หรือก็คือการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

49. การนำ kWh meter ไปวัดโหลดพิกัด 50A 230V โดยค่าปกติมิเตอร์จะหมุน 520 รอบ/kWh  
อยากทราบว่าหมุนไปกี่รอบ

$$P = IV = 50 \times 250 = 11,500W$$

$$W = kW \times \text{hour} = \frac{11,500kW}{1,000} \times \frac{37 \text{ นาที}}{3600 \text{ นาที}} \times \text{hour} = 0.1182 \text{ unit}$$

##### เทียบบัญญัติตาราง

$$1 \text{ unit} = 520 \text{ รอบ}$$

$$0.1182 \text{ unit} \text{ จะเท่ากับ } \frac{0.1182 \times 520}{1} = 61.46 \text{ รอบ}$$

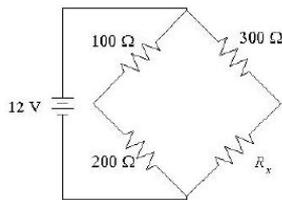
50. ทำการนำ kWh meter ไปวัดโหลดพิกัด 50A 230V ผลปรากฏงานหมุนของมิเตอร์ 61 รอบ ในเวลา 37 วินาที โดยค่าปกติมิเตอร์จะหมุน 520 รอบ/kWh อยากทราบว่าผิดพลาดกี่ %

จากข้อ 49 จะได้ว่างานหมุนจะหมุนที่ 61.46 รอบ ในทางทฤษฎี แต่ความเป็นจริงพบว่ามิเตอร์หมุนเพียง 61 รอบ ดังนั้นมีค่า error อยู่ที่

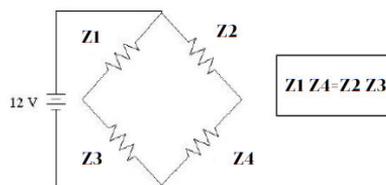
$$\frac{61-61.46}{61.46} \times 100\% = -0.74\%$$

ดังนั้น การไฟฟ้าอ่านค่ามิเตอร์ได้น้อยกว่าความเป็นจริงอยู่ที่ 0.74 เปอร์เซ็นต์

51. วงจรบริดจ์รูปเมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลอยากทราบว่า  $R_x$  มีค่าเท่าใด



วงจรบริดจ์สมการจะเป็น

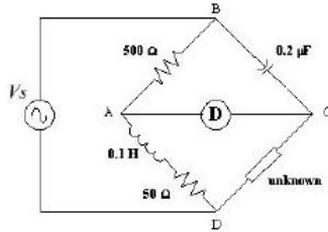


$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

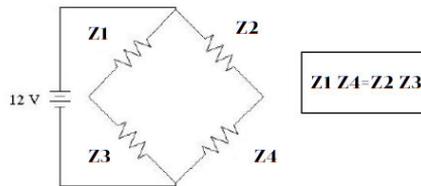
$$100 \times R_x = 300 \times 200$$

$$R_x = 600 \Omega$$

52. วงจรบริดจ์รูปเมื่ออยู่ในสถานะสมดุลอยากทราบว่า Z มีค่าเท่าใดกำหนดความถี่ระบบเท่ากับ 2000Hz



วงจรบริดจ์สมการจะเป็น



$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$$

$$500 \times Z_4 = X_C \times X_L$$

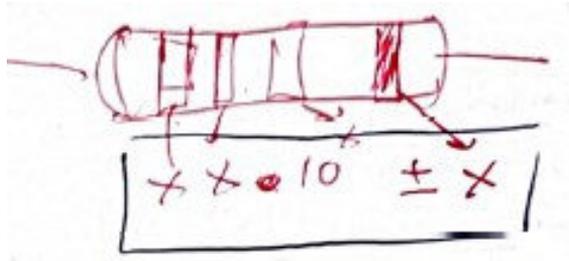
$$500 \times Z_4 = \frac{1}{2\pi f c} \times 2\pi f L$$

$$500 \times Z_4 = \frac{1}{2\pi(200)(0.2\mu)} \times 2\pi(200)(0.1)$$

$$Z_4 = 9997 - 39.7i$$

โดยค่าอิมพีแดนซ์  $Z_4$  เป็นความต้านทาน = 1 กิโลโอห์ม และ  $X_C = 39.7$  โอห์ม  
หรือ ความต้านทาน = 1 กิโลโอห์ม และ ค่าเก็บประจุ = 2 ไมโครฟารัด

53. ตัวต้านทานมีแถบสี 4 สี อยากทราบว่าแต่ละแถบหมายถึงอะไรบ้าง



แถบสีที่ 4 หมายถึงค่า % error

54. พลังงานในตัวเก็บประจุขนาด  $3.6 \mu\text{F}$  เมื่อป้อนแรงดันกระแสตรงค่า  $15\text{V}$

$$Q = \frac{1}{2} CV^2$$

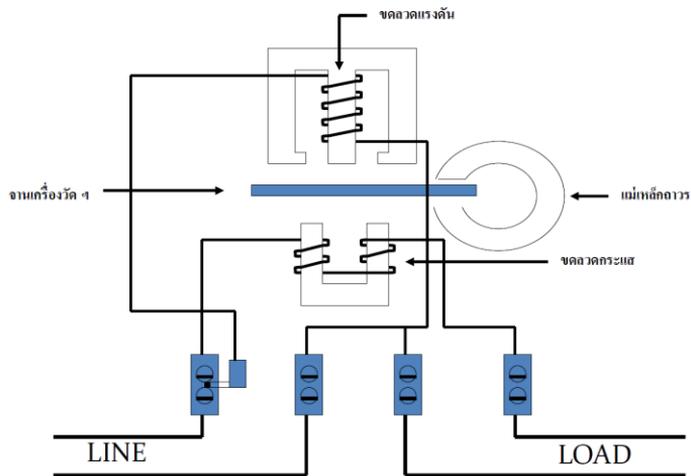
$$Q = \frac{1}{2} (3.6 \times 10^{-6}) (15)^2 = 0.406 \text{ mJ}$$

55. พลังงานในตัวขดลวดมีค่าเท่าใดหากมีกระแสไหลผ่าน  $5.4\text{A}$  และค่าความเหนี่ยวนำขดลวดเท่ากับ  $14.6\text{H}$

$$Q = \frac{1}{2} LI^2$$

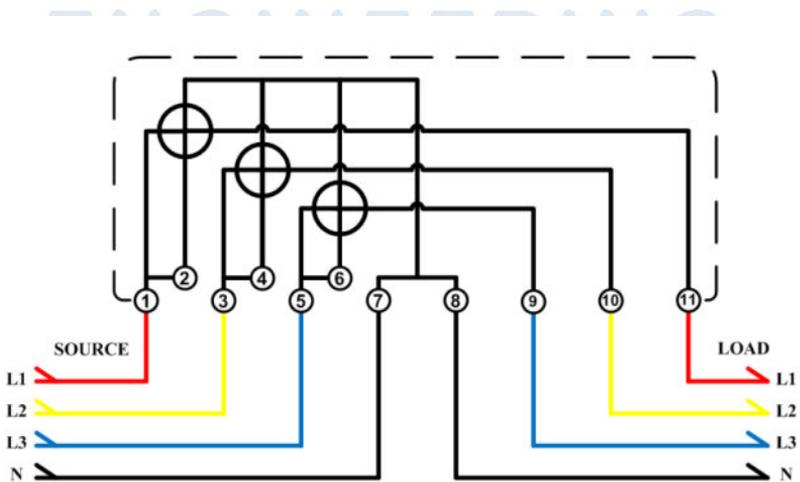
$$Q = \frac{1}{2} (14.6) (5.4)^2 = 212.86\text{j}$$

### 56. การต่อวัดไฟมิเตอร์ 1 เฟส หลักการยังไง

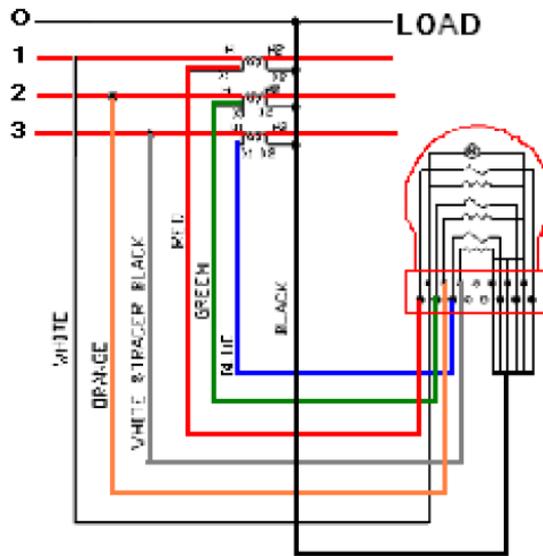


### 57. การต่อวัดไฟมิเตอร์ 3 เฟส หลักการยังไง

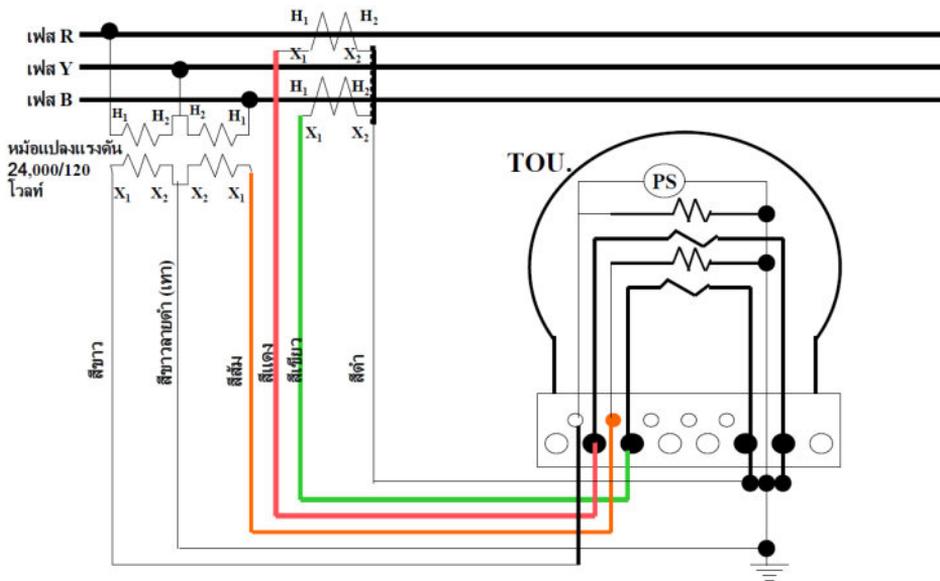
3 เฟส 4 สาย

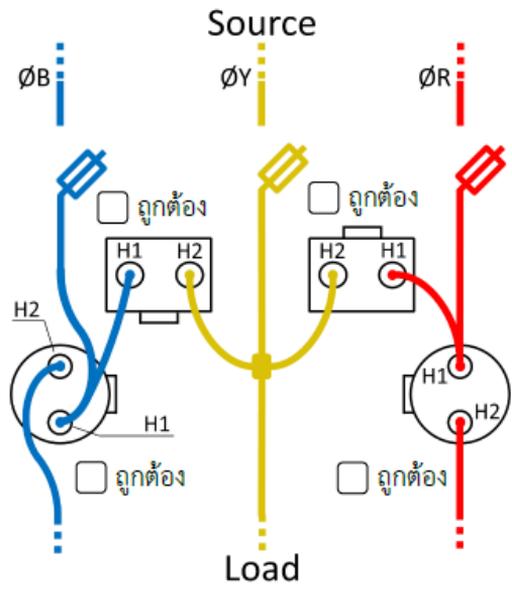


3 เฟส 4 สายประกอบ VT



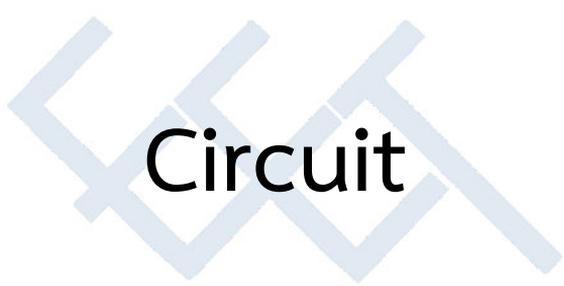
58. การต่อวัดไฟมิเตอร์แรงสูง HT METER





# ENGINEERING

By TycoonOz



**Circuit**

**ENGINEERING**

By TycoonOz