

4 กำลังไฟฟ้า (Power)

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง กำลังไฟฟ้าบนอุปกรณ์สามารถคำนวณได้จากผลคูณของแรงดันกับกระแสที่ไหลในอุปกรณ์นั้น แต่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจำเป็นต้องทราบค่าตัวประกอบกำลัง (power factor) ของอุปกรณ์หรือของวงจรนั้นด้วย

ค่าตัวประกอบกำลังคือค่า Cosine ของมุมระหว่างกระแสกับแรงดันบนอุปกรณ์ หรือวงจรนั้นๆ และต้องระบุด้วยว่าเป็นแบบ นำหน้า (leading) หรือแบบตามหลัง (Lagging) เพื่อทราบลักษณะของอุปกรณ์นั้นๆ

กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเป็นปริมาณเชิงซ้อน (Complex power, S) แยกออกเป็นส่วนที่เป็นกำลังไฟฟ้าจริง (Real power, P) และส่วนที่เป็นกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Reactive power, Q) ได้ดังสมการ

Complex power :	$S = V \cdot I^* = VI \angle \theta^\circ$	หน่วยคือ VA (Volt Ampere)
ทำเป็น Polar form	$S = VI \cos(\theta) + jVI \sin(\theta)$	
กำหนดให้	$S = P + jQ$	
ดังนั้น	$P = \text{Re}[S] = VI \cos(\theta)$	เรียกว่า Real power หน่วยคือ Watt
	$Q = \text{Im}[S] = VI \sin(\theta)$	เรียกว่า Reactive power หน่วยคือ VAR
เมื่อ	$I = I \angle \theta^\circ \quad I^* = I \angle -\theta^\circ$	
Power Factor(PF)	$PF = \cos(\theta)$	

47

Complex Power

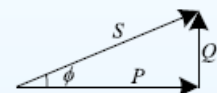
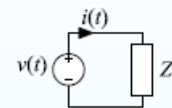
14: Power in AC Circuits

- Average Power
- Cosine Wave RMS
- Power Factor
- Complex Power
- Power in R, L, C
- Tellegen's Theorem
- Power Factor Correction
- Ideal Transformer
- Transformer Applications
- Summary

$$\text{If } \tilde{V} = \frac{1}{\sqrt{2}} |V| e^{j\theta_V} \text{ and } \tilde{I} = \frac{1}{\sqrt{2}} |I| e^{j\theta_I}$$

The **complex power** absorbed by Z is $S \triangleq \tilde{V} \times \tilde{I}^*$ where * means complex conjugate.

$$\begin{aligned} \tilde{V} \times \tilde{I}^* &= |\tilde{V}| e^{j\theta_V} \times |\tilde{I}| e^{-j\theta_I} = |\tilde{V}| |\tilde{I}| e^{j(\theta_V - \theta_I)} \\ &= |\tilde{V}| |\tilde{I}| e^{j\phi} = |\tilde{V}| |\tilde{I}| \cos \phi + j |\tilde{V}| |\tilde{I}| \sin \phi \\ &= P + jQ \end{aligned}$$



Complex Power: $S \triangleq \tilde{V} \tilde{I}^* = P + jQ$ measured in **Volt-Amps (VA)**

Apparent Power: $|S| \triangleq |\tilde{V}| |\tilde{I}|$ measured in **Volt-Amps (VA)**

Average Power: $P \triangleq \Re(S)$ measured in **Watts (W)**

Reactive Power: $Q \triangleq \Im(S)$ Measured in **Volt-Amps Reactive (VAR)**

Power Factor: $\cos \phi \triangleq \cos(\angle \tilde{V} - \angle \tilde{I}) = \frac{P}{|S|}$

Machines and transformers have capacity limits and power losses that are independent of $\cos \phi$; their ratings are always given in **apparent power**.

Power Company: Costs \propto apparent power, Revenue \propto average power.

S = กำลังไฟฟ้าเชิงซ้อน มีหน่วยเป็นโวลท์แอม (VA)

V = แรงดัน rms บนอุปกรณ์หรือวงจร (V)

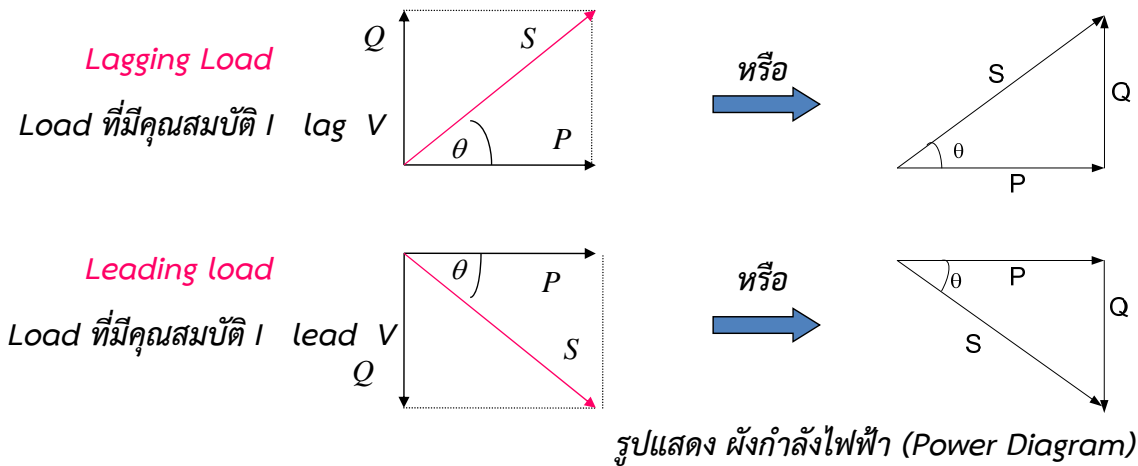
I = กระแส rms ในอุปกรณ์หรือวงจร (A)

I^* = กระแสคอนจูเกต (มีขนาดเท่ากันแต่มีมุมตรงกันข้าม)

P = กำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ย มีหน่วยเป็นวัตต์(W)

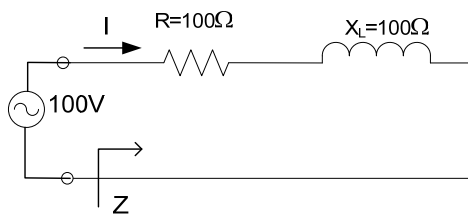
Q = กำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ย มีหน่วยเป็น วาร์(VAR)

เครื่องหมายของกำลังรีแอกตีฟจะเป็นบวกเมื่ออุปกรณ์ต้องการค่า Q และเป็นลบเมื่ออุปกรณ์จ่ายค่า Q กำลังไฟฟ้า สามารถเขียนเป็นผังกำลังไฟฟ้า ได้ในรูป



49

ตัวอย่าง 5.16 จงหากำลังไฟฟ้าในวงจรของตัวอย่างที่ 5.10



วิธีทำ เนื่องจากเรารู้ค่าของแรงดันและกระแสเป็น

$$V = 100 \angle 0^\circ \quad \text{และ} \quad I = 0.707 \angle -45^\circ$$

ดังนั้น

$$I^* = 0.707 \angle 45^\circ$$

Complex Power $S = V \cdot I^* = 100 \times 0.707 \angle 45^\circ = 70.7 \angle 45^\circ$ VA Ans

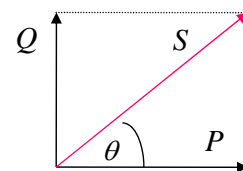
$$P = VI \cos(\theta) = 100 \times 0.707 \cos(45^\circ)$$

Real Power $P = 50$ Watts Ans

$$Q = VI \sin(\theta) = 100 \times 0.707 \sin(45^\circ)$$

Reactive Power $Q = 50$ VAR Ans

Power Factor $PF = \cos(45^\circ) = 0.707$ Lagging Load Ans



50

สรุป ค่า Power สำหรับไฟเอซี มี Power อยู่ 3 แบบคือ

1. **Complex Power** คือค่า Power รวมทั้งหมดมีทั้งขนาดและมุม

$$S = VI \angle \theta^\circ \quad \text{หน่วยคือ VA (Volt Ampere)}$$

หรือ **Apparent Power** คือค่า Power รวมทั้งหมดมีเฉพาะขนาด

$$|S| = VI \quad \text{หน่วยคือ VA (Volt Ampere)}$$

2. **Real Power** คือค่า Power ที่ให้พลังงานแก่เราเกิดจาก R

$$P = VI \cos(\theta) \quad \text{หน่วยคือ Watt}$$

3. **Reactive Power** คือค่า Power ที่ไม่ให้พลังงานแก่เราเกิดจาก L และ C

$$Q = VI \sin(\theta) \quad \text{หน่วยคือ VAR (Volt Ampere Reactance)}$$

เพิ่มเติม: **Power Factor** คือเทอมคงที่ค่าหนึ่งที่จะทำให้ค่า Real Power มีค่ามากหรือน้อย

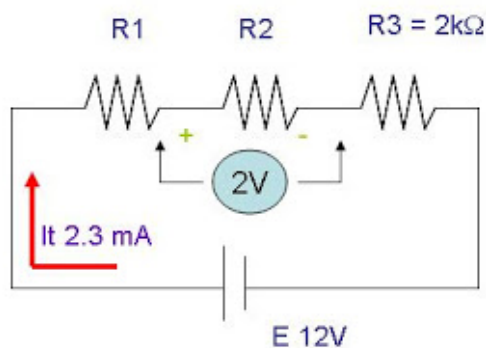
$$PF = \cos(\theta) \quad \text{ไม่หน่วย}$$

เมื่อ θ° คือค่ามุมระหว่างแรงดัน(V) และ กระแส (I)

51

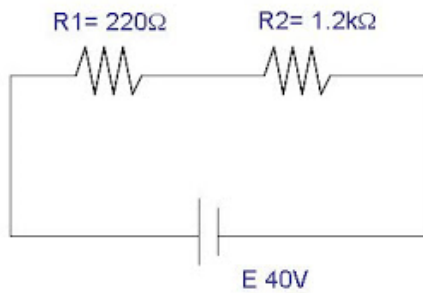
ตัวอย่าง

จากรูปกำหนดให้แหล่งจ่ายมีค่า 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่ากับ 2.3 mA
แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม $R_2 = 2V$ จงหาขนาดของ R_1 , R_2 และกำลังที่ตกคร่อม
 R_1 , R_2 , R_3



ตัวอย่าง

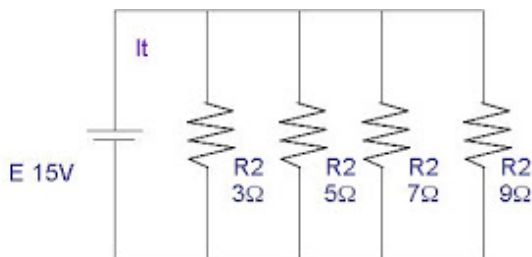
วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม $R1 = 220 \Omega$, $R2 = 1.2 \text{ k}\Omega$ แหล่งจ่ายมีค่าแรงดัน 40V
จงหาค่าความต้านทานรวม, กระแสในวงจร, กำลังที่ $R1$, $R2$ และกำลังรวม



Source: <http://aunewbuathong.blogspot.com/2011/08/blog-post.html>

ตัวอย่าง

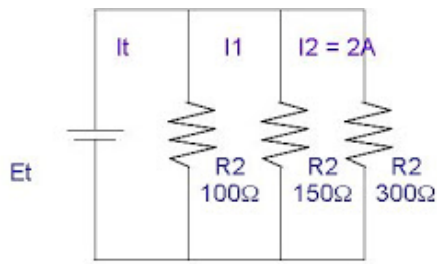
จากวงจรไฟฟ้าจงหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมและกำลังไฟฟ้าแต่ละตัว มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า = 15V



Source: <http://aunewbuathong.blogspot.com/2011/08/blog-post.html>

ตัวอย่าง

จากรูปวงจรไฟฟ้าแบบขนาน มีค่า $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 150\Omega$, $R_3 = 300\Omega$
มีค่ากระแสไหลผ่าน $R_2 = 2A$ จงหาค่า P_t , P_1 , P_2 , P_3 , I_1 , I_3 , R_t



Source: <http://aunewbuathong.blogspot.com/2011/08/blog-post.html>

55

ตัวอย่าง

1. พัดลมใช้กำลังไฟฟ้า 50 วัตต์ และใช้ไฟฟ้าบ้านที่แรงดัน 220 โวลต์ จงหาว่าพัดลมตัวนี้กินกระแสไฟฟ้าเท่าใด? (ตอบ 0.227 A)

2. มอเตอร์ปั้มน้ำ 2 แรงม้า (HorsePower: HP) ใช้ไฟฟ้า 1 เฟส 220 V จงหาว่ามอเตอร์ปั้มน้ำตัวนี้กินกระแสไฟฟ้าเท่าใด? (1 HP=746 W) (ตอบ 6.78 A)

3. ที่เนมเพลทมอเตอร์บอกค่าการกินกระแสไฟฟ้าเป็น 3.39 A ใช้ไฟฟ้า 220 V จงหาค่ากำลังไฟฟ้า? (ตอบ มอเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้า 746 W หรือมีขนาด 1 แรงม้า)

Source: <https://www.solarhub.co.th/solar-information/electrical-basic/299-watts-volt-ampare> 56

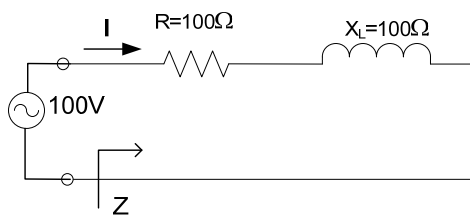
ตัวอย่าง

มีหลอดไฟ 3 หลอด ทุกหลอดมีกำลังไฟฟ้าเท่ากัน = 90 **watt** มี 2 หลอดที่ต่ออนุกรมกัน ส่วนอีกหลอดต่อขนานกับอีก 2 หลอดแรก ถามว่ากำลังไฟฟ้ารวมได้เท่าไร (ตอบ 135 **w**)

Source: <https://pantip.com/topic/32671008>

57

ตัวอย่าง 5.17 จงหาลำดับกำลังไฟฟ้าในวงจรของตัวอย่างที่ 5.16 หากมี Z ขนาดเท่ากันมาต่อขนาน
จงหาลำดับจริงรวม

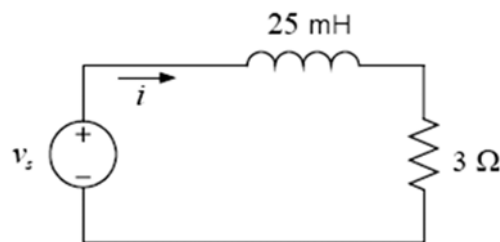


Questions & Discussion?

59

แบบฝึกหัดบทที่ 4

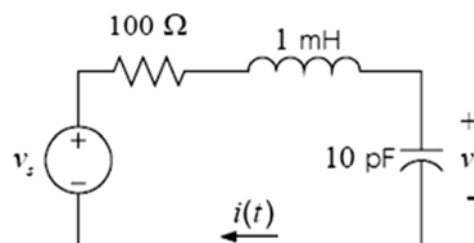
1. จากวงจรจงคำนวณหาค่ากระแส $i(t)$ เมื่อ $V_s(t) = 10 \cos 300t$ และกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย V_s
- Complex Power , Real Power , Reactive Power , Power Factor



จงเขียน Phasor Diagram

V_s, I, V_R, V_L

2. จากวงจรจงคำนวณหาค่ากระแส $i(t)$ เมื่อ $V_s(t) = 10 \cos(10^7 t + 90)$ และกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย V_s
- Complex Power , Real Power , Reactive Power , Power Factor

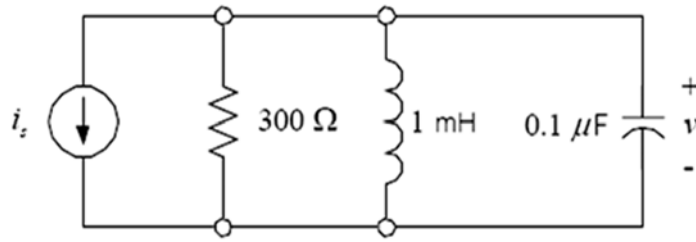


จงเขียน Phasor Diagram

V_s, I, V_R, V_L, V_C

60

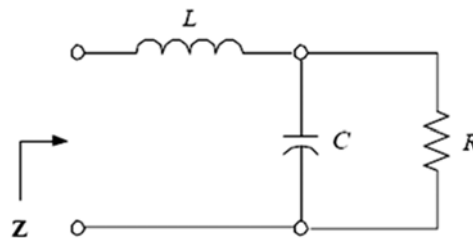
3. จากวงจรจงคำนวณหาค่าแรงดัน $v(t)$ เมื่อ $i_s(t) = 5 \cos(10^5 t - 120^\circ)$



4. จงหาค่าแรงดันรวม $v = v_1 + v_2$ เมื่อ

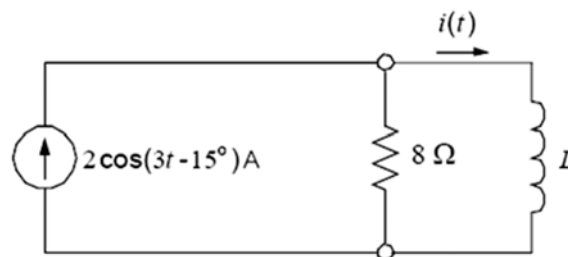
$$v_1 = 150 \cos(377t - \pi/6) \quad v_2 = 200 \angle 60^\circ$$

5. พิจารณาวงจร RLC ในรูปข้างล่าง เมื่อ $R = 10 \text{ kOhms}$ และความถี่ $f = 10 \text{ kHz}$ จงหาค่าความเหนี่ยวนำ L และค่าความจุ C ที่จะทำให้อิมพีแดนซ์ $Z = 100 + j0 \text{ Ohm}$

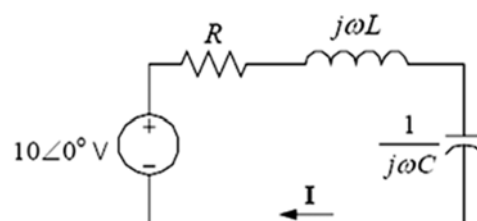


61

6. จากวงจรจงคำนวณหาค่าคงที่ B และค่าความเหนี่ยวนำ L เมื่อ $i(t) = B \cos(3t - 51.87^\circ) \text{ A}$



7. พิจารณาวงจร RLC ในรูปข้างล่าง เมื่อ $R = 10 \text{ Ohms}$ $C = 100 \mu\text{F}$ $L = 1 \text{ mH}$ และ $\omega = 10^3 \text{ rad/sec}$ จงหาค่าเฟสเซอร์กระแส I และผังเฟสเซอร์ของกระแสและแรงดันต่างๆ



62