รายวิชาฟิสิกส์สำหรับครู 2
เรื่อง ไฟฟ้ากระแสสลับ
และการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า AC

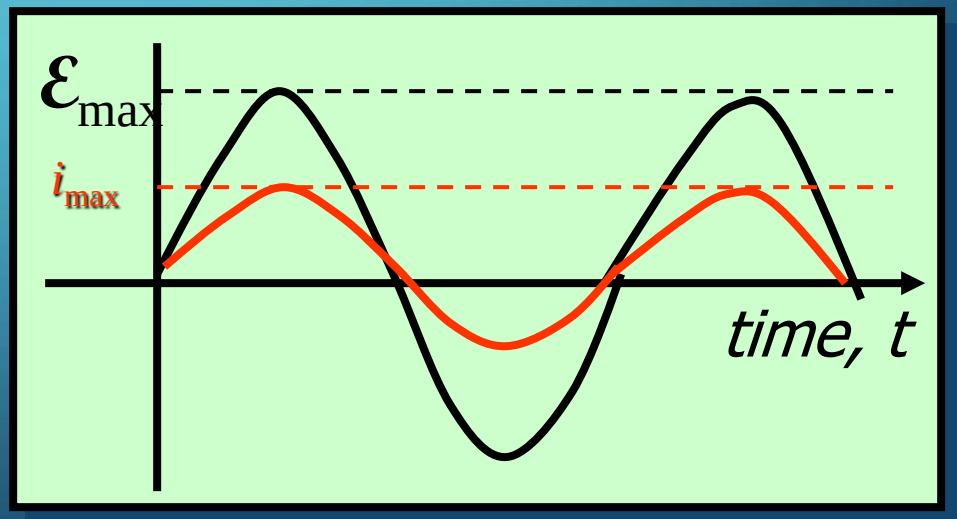
ALTERNATING CURRENTS

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับเกิดจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่มีลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นและมีการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูดขึ้นอยู่กับเวลา

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสไฟฟ้าในรูปของคลื่นไซน์

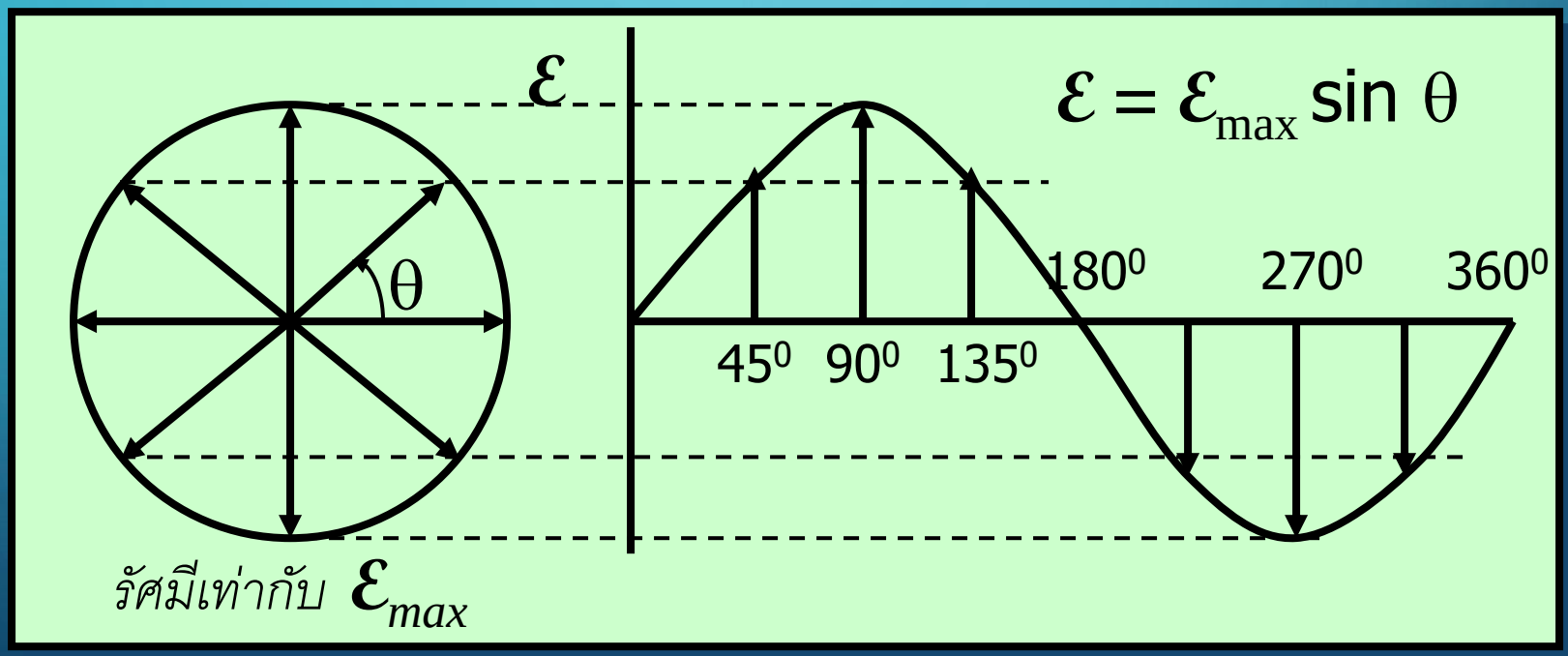
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} \sin \theta$$

$$i = i_{max} \sin \theta$$



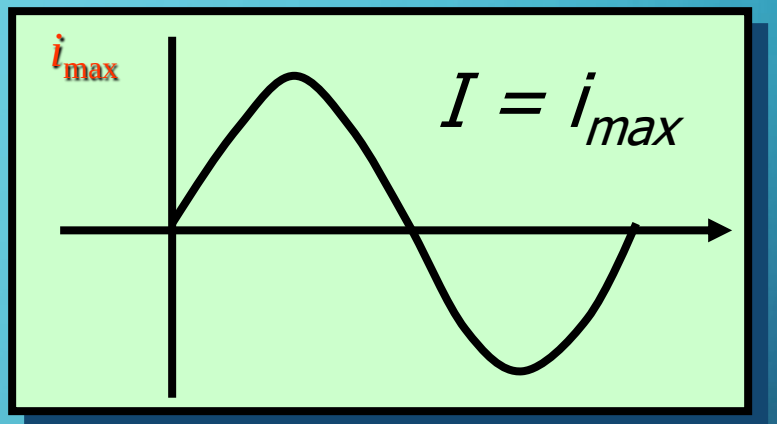
เวกเตอร์การหมุน

ระบบพิกัดของแรงเคลื่อนไฟฟ้ายังผล หรือ **emf** หาได้จาก $\mathcal{E}_{max} \sin \theta$



กระแสไฟฟ้าสลับยังผล หรือ EFFECTIVE AC CURRENT

กระแสเฉลี่ยมีค่าเท่ากับศูนย์ และมีค่าเป็นบวกและลบได้



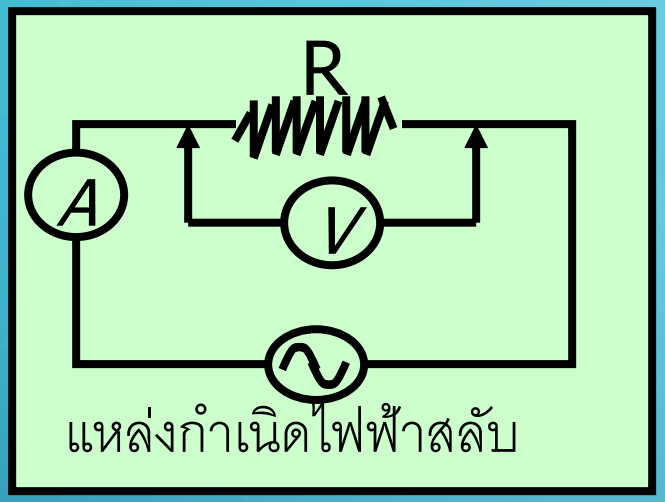
แต่หากพิจารณาพลังงานซึ่งไม่มีทิศทางจะมีค่าไม่เป็นลบเราจึงใช้ปริมาณที่เรียกว่า "root-mean-square" โดยบางครั้งเรียกว่า ค่ายังผล หรือ the effective current I_{eff}

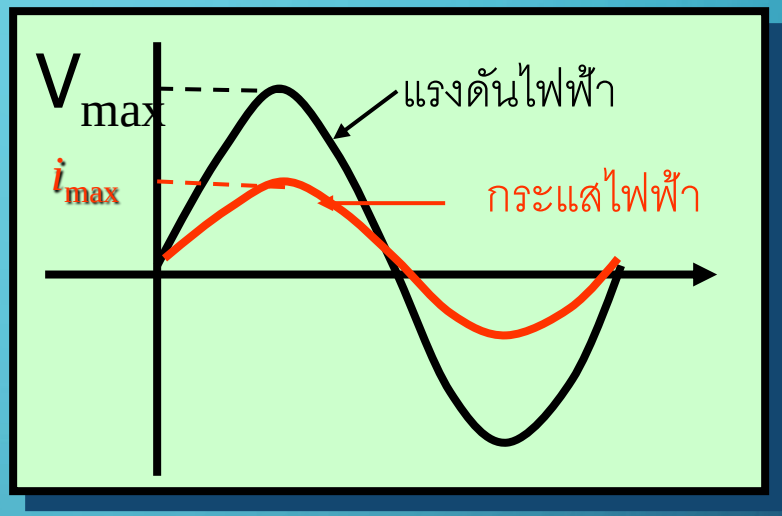
$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I^2}{2}} = \frac{I}{0.707}$$

The effective ac current:

$$i_{eff} = 0.707\ i_{max}$$

ความต้านทานไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจะไม่เป็นคลื่น



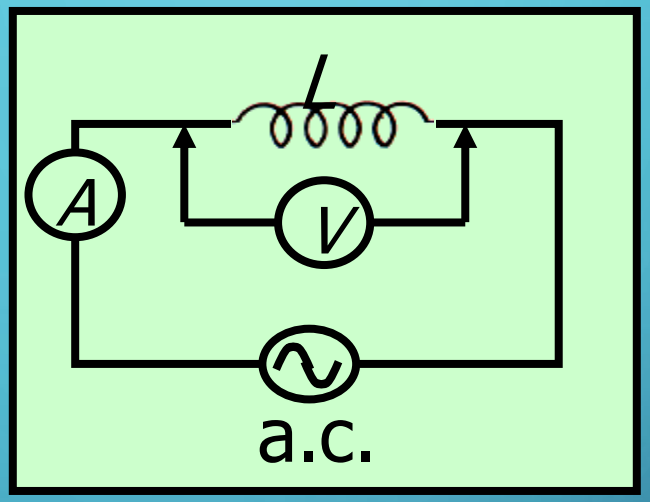


กรณี แรงดันและกระแสไฟฟ้าจะอยู่เฟสเดียวกัน

กฎของโอห์ม : $V_{eff} = i_{eff}R$

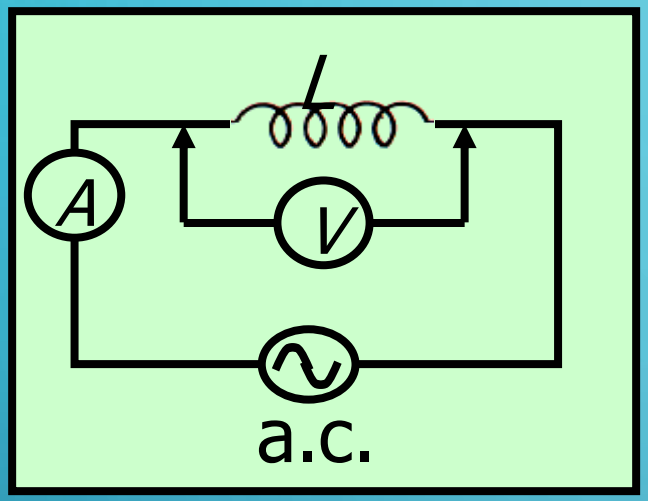
ตัวต้านทานเหนี่ยวนำ

inductive reactance X_L



Inductive reactance X_L ขึ้นอยู่กับหรือเป็นฟังก์ชันของค่าความเหนี่ยวนำและความถี่ของกระแสไฟฟ้าสลับ

การคำนวณค่าความต้านทานเหนี่ยวนำ



Inductive Reactance:

$X_L = 2\pi fL$ Unit is the Ω

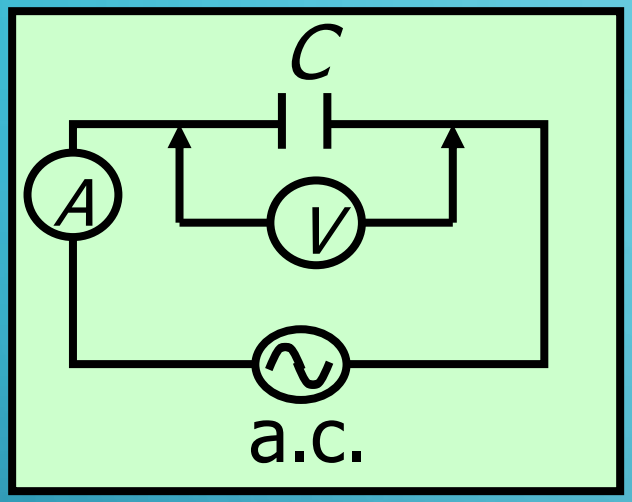
Ohm's law: $V_L = iX_L$

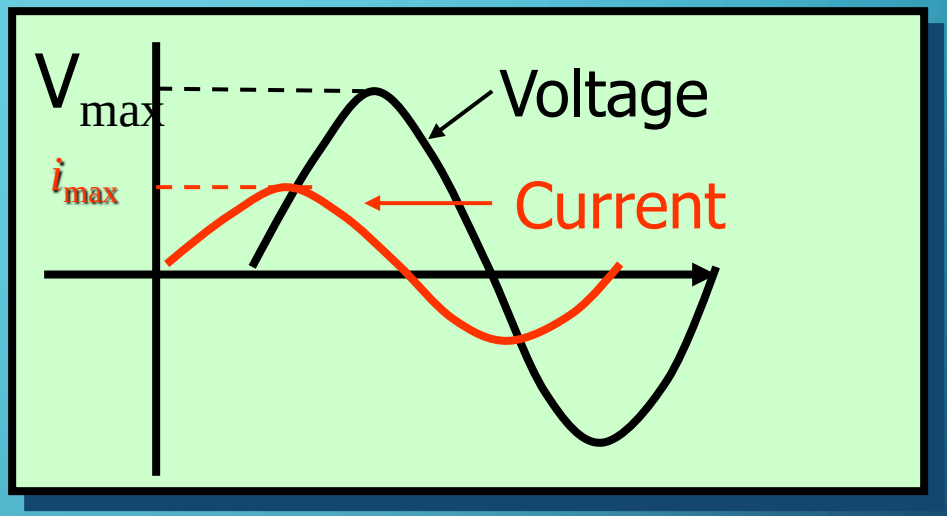
แรงเคลื่อนไฟฟ้า **V** *ในวงจรที่มีค่ากระแสไฟฟ้าคงที่ค่าหนึ่งเราสามารถหาค่าความต้านทานเหนี่ยวนำได้ในหน่วยของเฮนรี* **H** *และความถี่ในหน่วยของเฮิร์ต* Hz

$$V_L = i(2\pi fL)$$

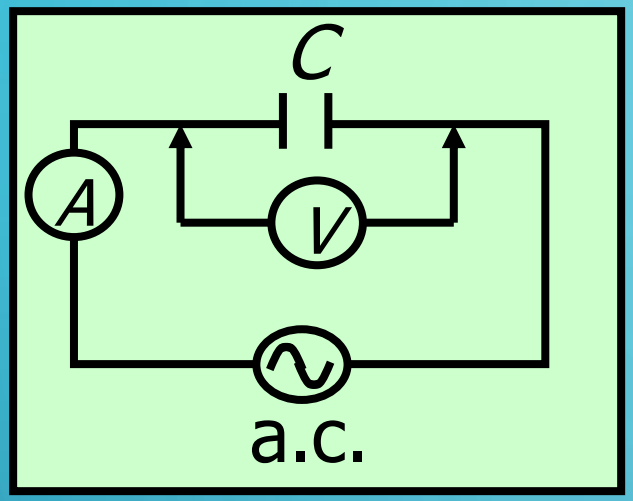
กฎของโอห์ม : $V_L = i_{eff}X_L$

ตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้าสลับ





การคำนวณค่าความจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำในวงจร



ความจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำหน่วยเป็นฟารัด **F**

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad \text{Unit is the } \Omega$$

Ohm's law: $V_C = iX_C$

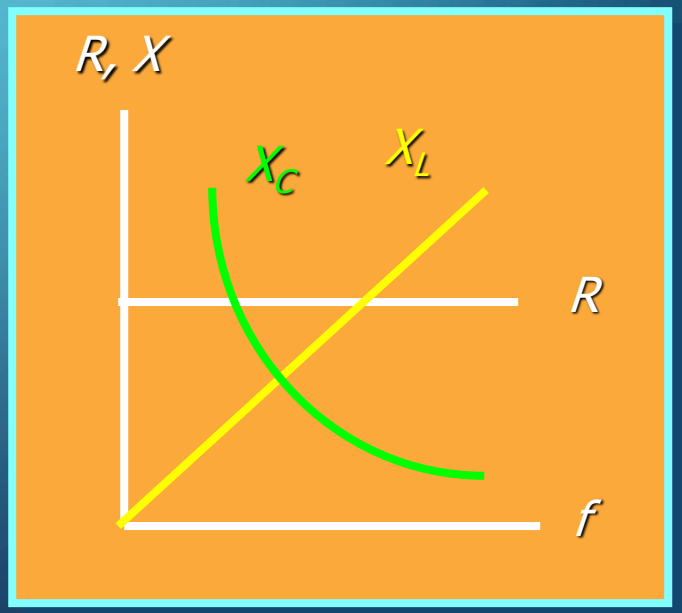
กฎของโอห์ม : $V_C = i_{eff}X_C$

ความถี่กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

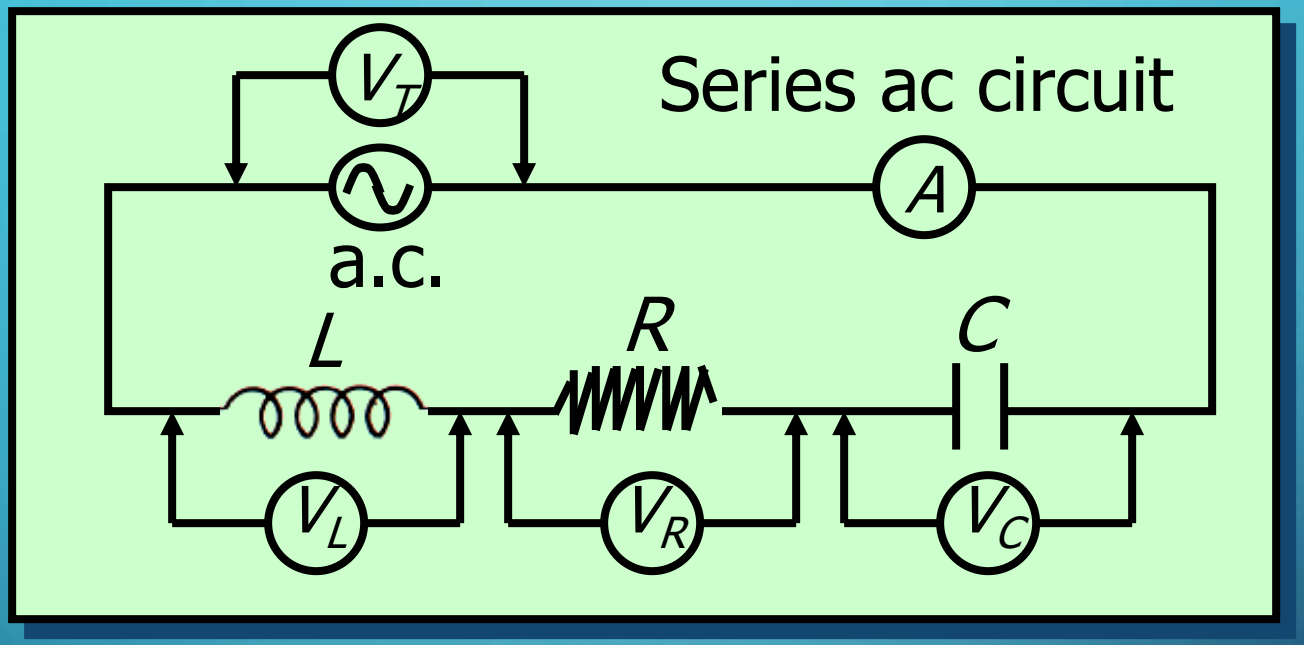
ความต้านทาน ***R*** มีค่าคงที่และไม่ขึ้นกับความถี่ ***f*** *แต่ความต้านทานตัวอื่นๆ ได้แก่ ขดลวดเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ จะขึ้นกับความถี่*

$$X_L = 2\pi fL$$

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

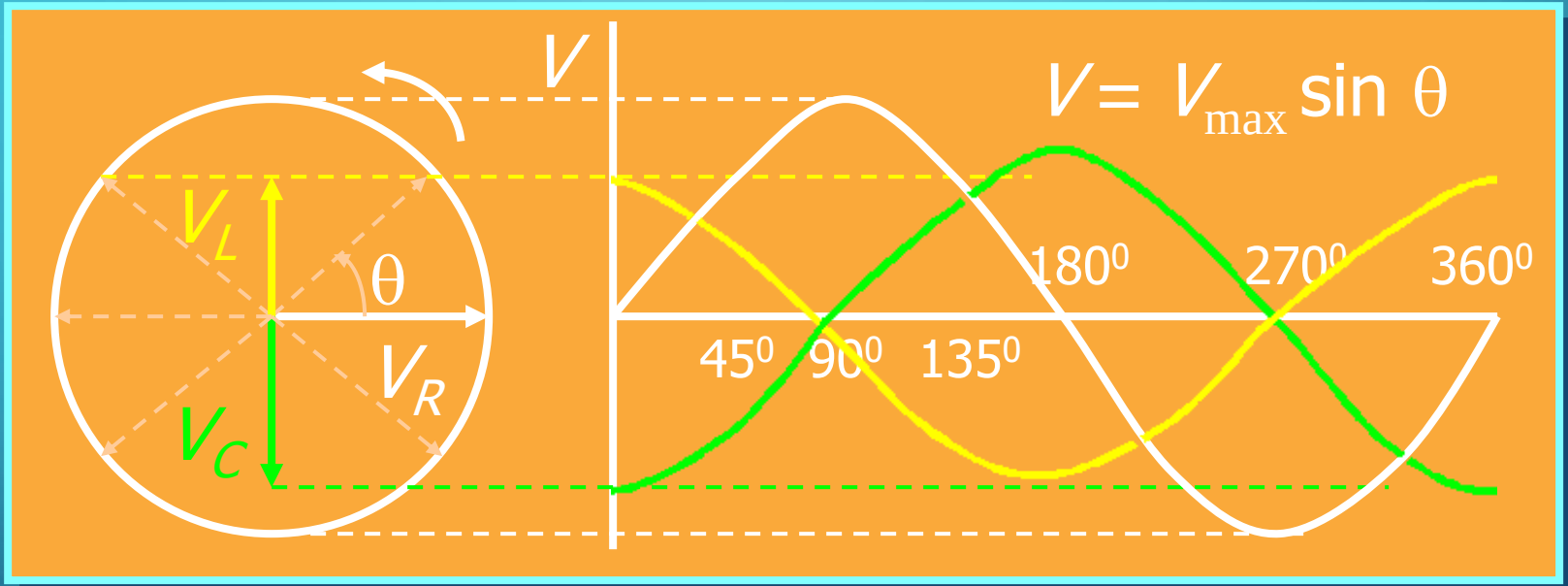


วงจรอนุกรม LRC



เฟสที่เกิดขึ้นในวงจรอนุกรมไฟฟ้ากระแสสลับ

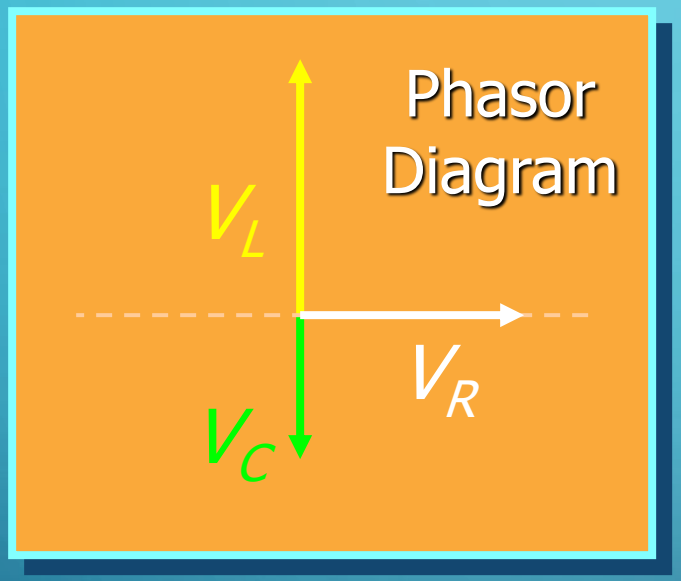
แรงดันไฟฟ้าจะนำกระแสในขดลวดเหนี่ยวนำแต่จะตามเฟสของตัวเก็บประจุสำหรับความต้านทานปกติจะอยู่ในเฟสเดียวกัน

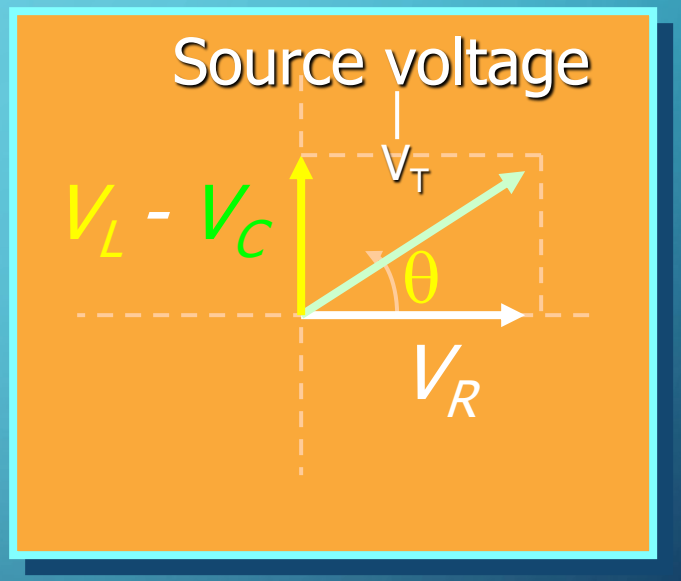


เราสามารถใช้ เฟสเซอร์ไดอะแกรมช่วยในการพิจารณาคลื่นของแต่ละองค์ประกอบของ *R*, *L*, และ *C* *ได้*. กระแส *i* จะมีเฟสเดียวกันกับ V_R *เสมอ*

เฟสเซอร์และแรงดันไฟฟ้า

ที่เวลาเท่ากับ 0 สมมุติว่าเราอ่านค่าแรงดันได้ V_L, V_R และ V_C สำหรับวงจรอนุกรมกระแสสลับ จงหา V_T

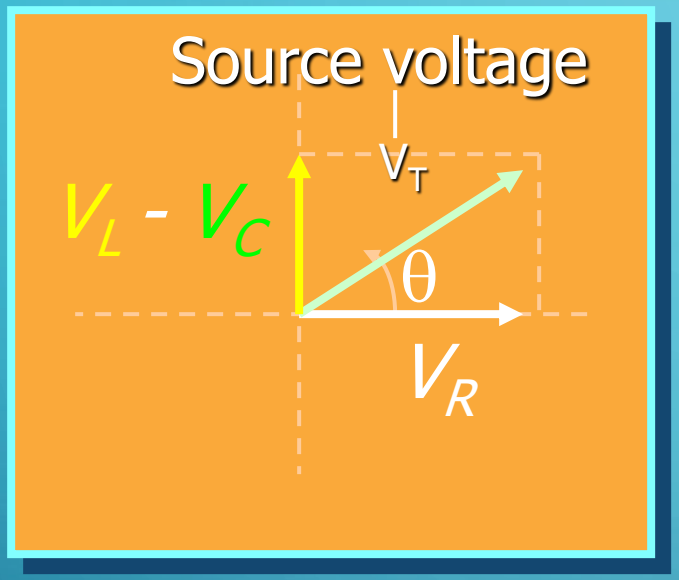




เราสามารถใช้ความต่างเฟสช่วย โดยการหาค่าเวกเตอร์ลัพธ์จากเฟสเซอร์ไดอะแกรมข้างต้น

$V_T = \Sigma \mathbf{V_i}$ มุม θ คือมุมเฟสของวงจร

การคำนวณแรงดันไฟฟ้ารวม



พิจารณาในรูปแบบเวกเตอร์

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

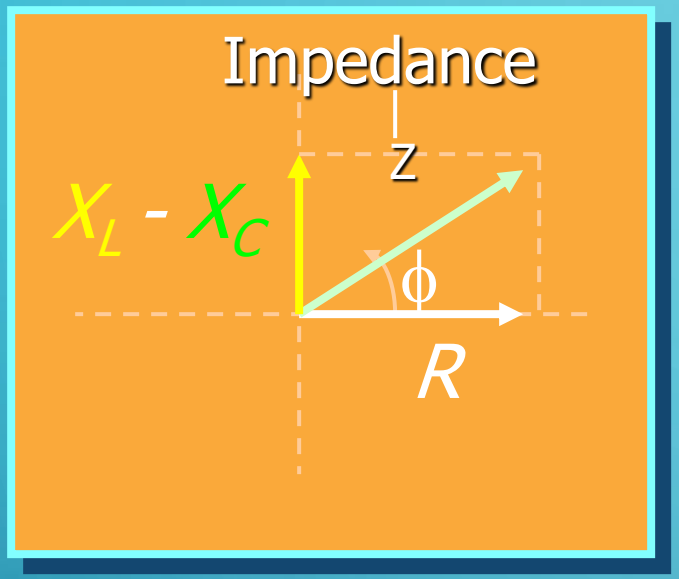
$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

ซึ่งทำให้ได้ $V_R = iR$; $V_L = iX_L$; and $V_C = iX_C$

แทนค่าเหล่านี้จงในสมการข้างต้นทำให้เรา ได้

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

การหาค่าอิมพีแดนซ์ในวงจร (ความต้านทานรวม)



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

Impedance *Z* คือ

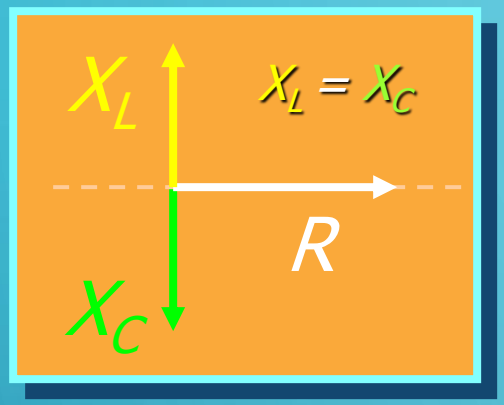
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

จากกฎของโอห์ม

$$V_T = iZ \quad \text{or} \quad i = \frac{V_T}{Z}$$

ค่าอิมพีแดนซ์ เป็นการรวมความต้านทานต่างๆที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีทั้งความต้านทานและความเหนี่ยวนำ

ความถี่เรโซแนนซ์



เรโซแนนซ์หรือค่ากำลังมากที่สุด (Maximum Power) จะเกิดเมื่อ

$$X_L = X_C$$

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

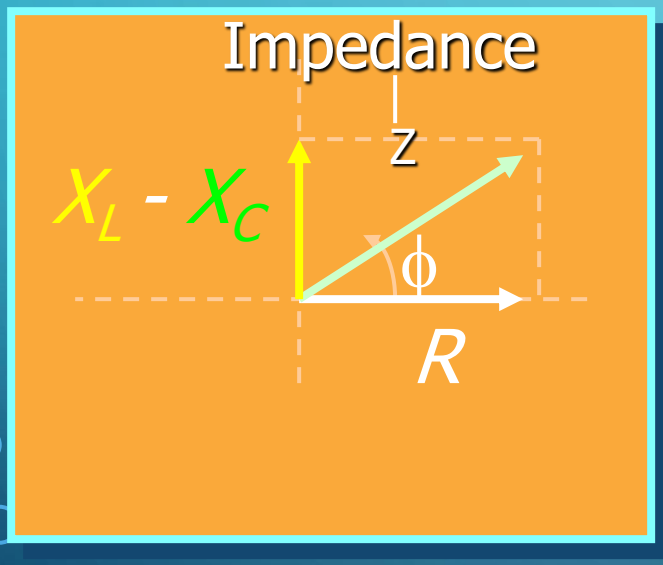
ความถี่เรโซแนนซ์ f_r

$X_L = X_C$ ➡ $2\pi fL = \dfrac{1}{2\pi fC}$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

การหากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

กำลังจะเกิดขึ้นจากค่าอิมพีแดนซ์ที่เกิดจากส่วนของความต้านทาน และแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น แต่ไม่เกิดกำลังกับค่าความเหนี่ยวนำ



$$P = iV \cos \phi$$

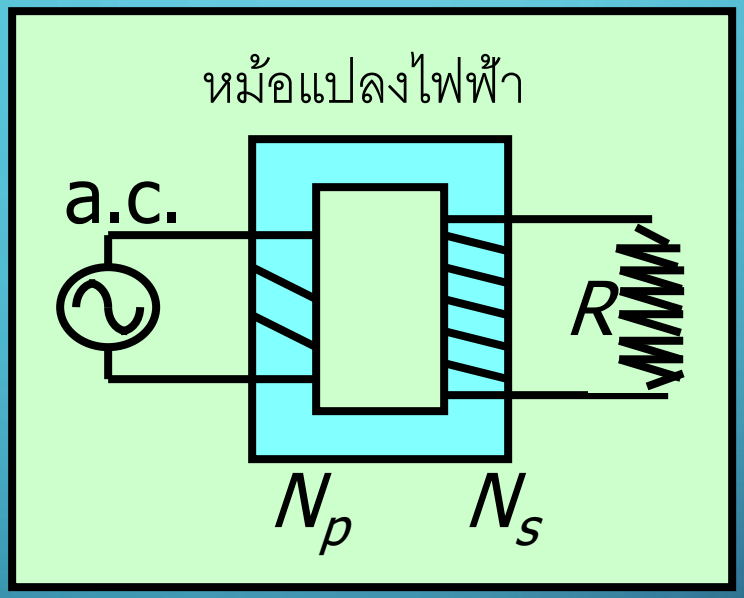
$$P = i^2R$$

Cos ϕ เป็นส่วนที่นำให้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น เรียกว่า

power factor

หม้อแปลงไฟฟ้า

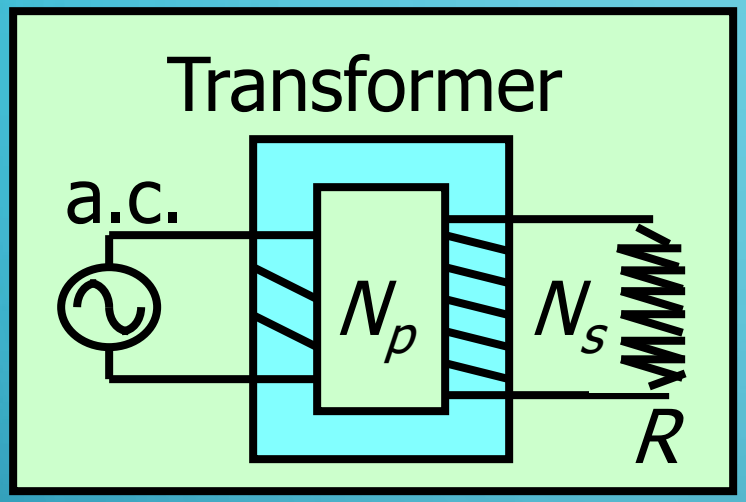
เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นและต่ำลง ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



แรงดันไฟฟ้ายังผล

$$\mathcal{E}_P = -N_P \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_S = -N_S \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



$$\mathcal{E}_P = -N_P \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_S = -N_S \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$\Delta\phi/\Delta t$ เป็นค่าการเหนี่ยวนำของขดลวดหน่วยเวลา ที่เรียกว่า ฟลักซ์

The transformer equation:

$$\frac{\mathcal{E}_P}{\mathcal{E}_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

สรุปสูตร

$$i_{eff} = 0.707\ i_{max}$$

$$V_{eff} = 0.707\ V_{max}$$

$X_L = 2\pi fL$ Unit is the Ω

Ohm's law: $V_L = iX_L$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ Unit is the Ω

Ohm's law: $V_C = iX_C$

$$\frac{\mathcal{E}_P}{\mathcal{E}_S} = \frac{N_P}{N_S} \qquad \mathcal{E}_P i_P = \mathcal{E}_S i_S$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$\tan\phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$$

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

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$V_T = iZ \quad \text{or} \quad i = \frac{V_T}{Z}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$P = iV\cos\phi$$

$$P = i^2R$$