Republic of Iraq

Ministry of Higher Education

and Scientific Research

Al-Mustaqbal University College

Computer Engineering Techniques Department

Subject: Fundamentals of Electrical Engineering

First Class

Lecture Nine

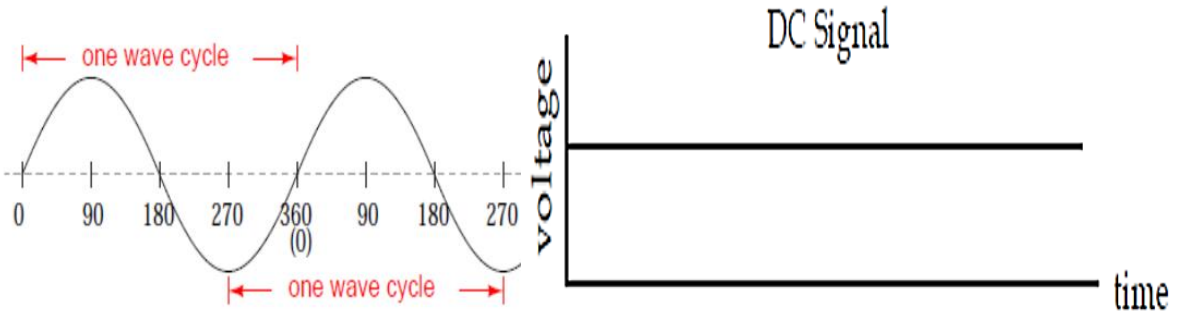
By

Dr. Jaber Ghaib

MSc. Sarah Abbas

التيار المتناوب Alternative Current

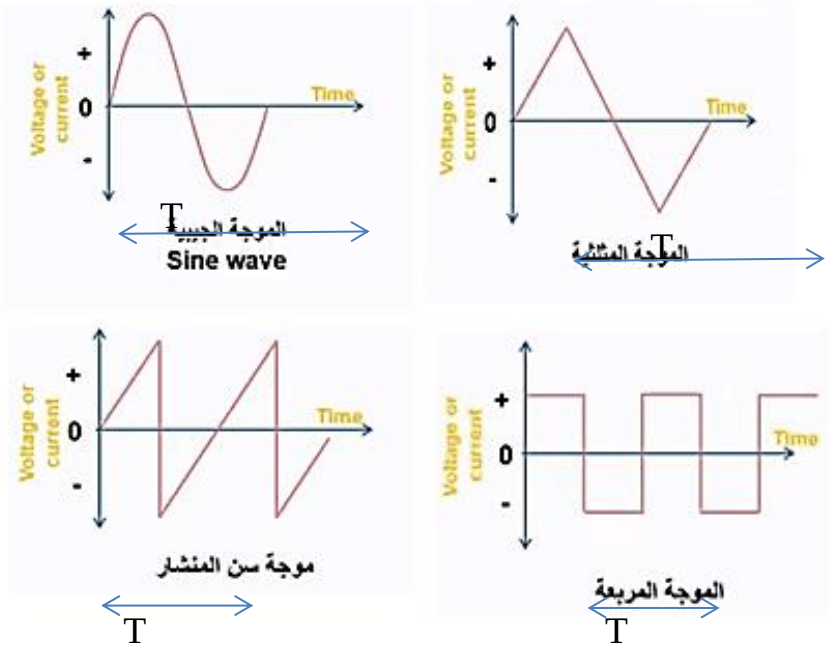
هو التيار المتغير الذي يعيد نفسه بانتظام بعد مرور دورة كاملة وله قيمة موجبة في نصف دورة من تغيره وقيمة سالبة في النصف الأخر منها حيث يكون معدل التيار لدورة كاملة صفرا. وتوجد انواع من التيار المتناوب ويعتمد شكلها على المصدر الذي يولدها (مولد ذبذبات Function generator) مثل الموجة الجيبية والمربعة والمنشارية .في حين يكون التيار المستمر ثابت القيمة التيار المباشر أو التيار المستمر)يرمز له DCأي Direct Current)هو عبارة عن تدفقٍ ثابتٍ للإلكترونات من منطقة ذات جهد عال إلى أخرى ذات جهد أقل. ً يحدث ذلك عادة في الفلزات كالأسلاك الكهربية، ولكن قد يحدث أيضا خلال أشباه الموصلات أو العوازل أو حتى في الفراغ كما في حالة الأشعة الأيونية أو الإلكترونية. وتتدفق الشحنة الكهربية في حالة التيار المباشر في نفس الاتجاه، وبذلك فهو يختلف عن التيار المتردد(AC). استُخدم التيار المباشر تجاريا لأول نقل للطاقة الكهربية (الذي طوره توماس إديسون في أواخر القرن التاسع عشر). ولكننا اليوم نستخدم التيار المتردد لكل استخدامات نقل الطاقة الكهربية لأنه ملائم أكثر من التيار المباشر لأغراض توزيع ونقل الطاقة الكهربية



التيار المتناوب (AC) التيار المستمر (DC)

بعض الإشكال الشائعة للتيار المتناوب

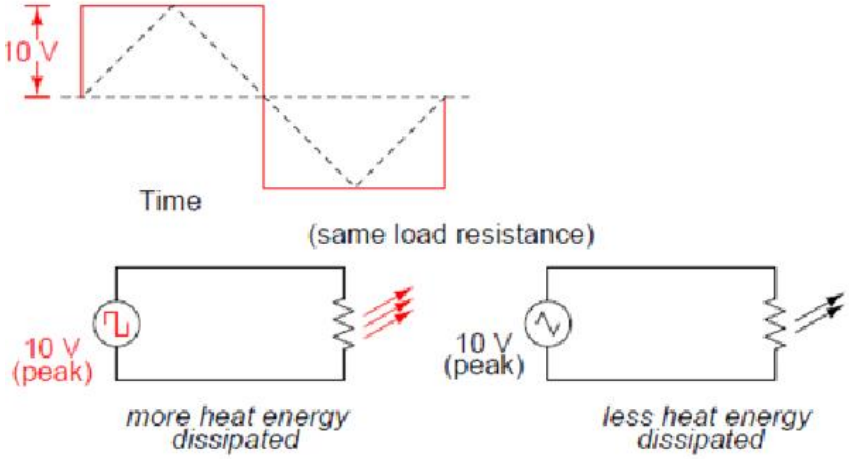
أمثلة التيار المتردد:



حيث إن T هي المدة اللازمة لدورة كاملة من التيار و مدة الذبذبة تقاس بالثانية ،عدد الذبذبات في الثانية الواحدة هو التردد f ويقاس بالهيرتزHz . وتكتب معادلة التيار لمتناوب:

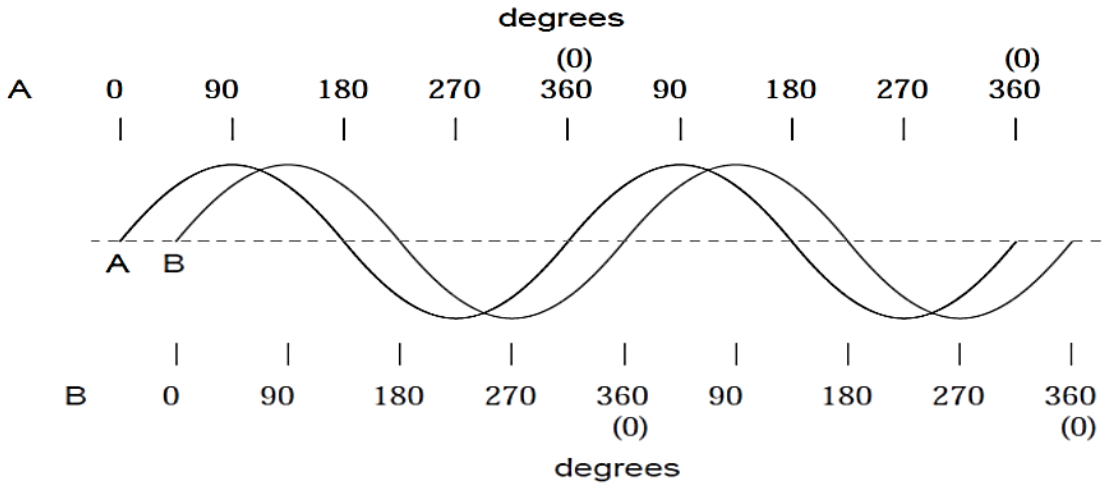
$$I = I_0 \sin wt$$

حيث ان I_0 : : القيمة العظمى للتيار ، w :السرعة الزاوية لتغير طور للتيار.

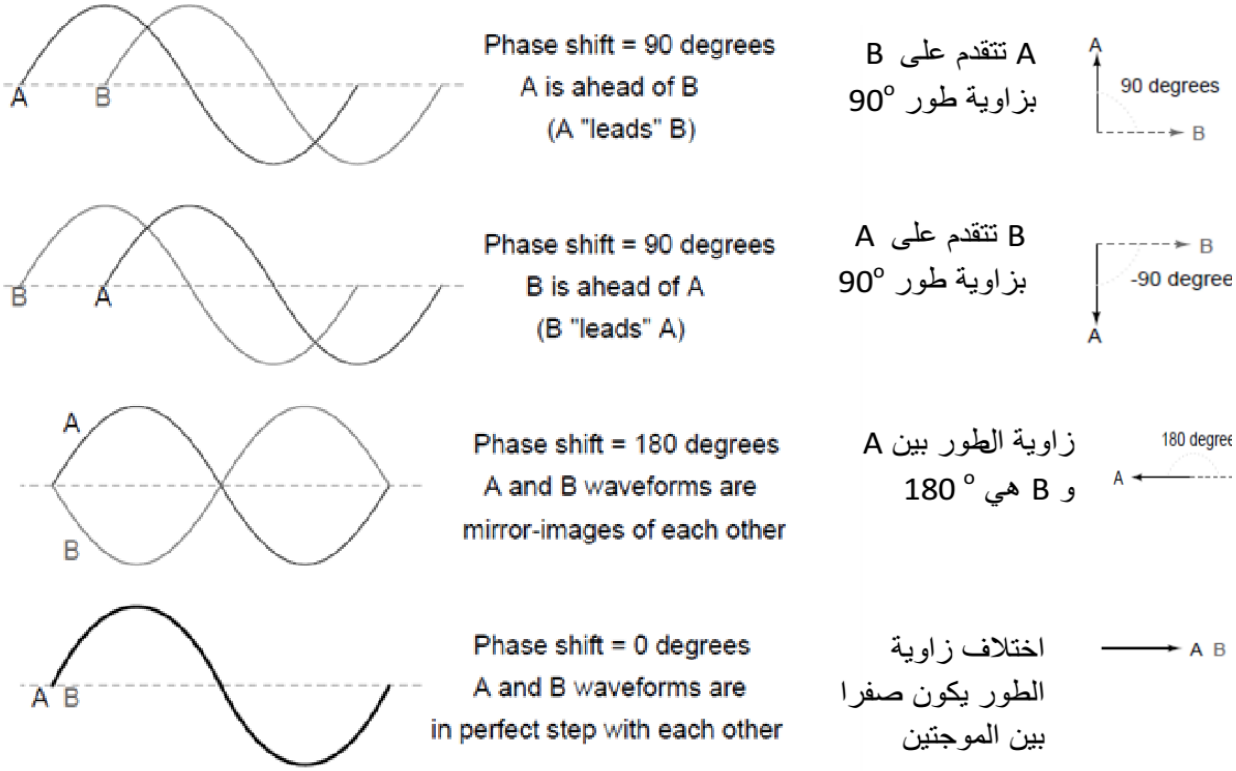


الموجة المربعة تولد حرارة مفقودة اكبر مع نظيرتها الموجه المثلثة حيث كلا الموجتان لهما سعة تساوي 10فولت.

فرق الطور (Phase)



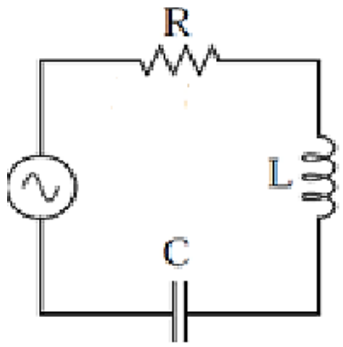
يلاحظ من الشكل أعلاه على سبيل المثال ان الموجتين Aو B مختلفتين في الطور حيث ان الموجةA متقدمة بمقدار 45^{o}عن الموجة B



Examples of phase shifts.

دائرة التوالي لمقاومة R وملف L ومتسعة C

من المعلوم من ربط التوالي ان التيار ($I = I_o \sin wt$) نفسه يمر في كل عنصر .الان نجد فرق الجهد على طرفي كل عنصر للدائرة الكهربائية



١ـ فرق الجهد على طرفي المقاومة:

$$V_R = R\,I = R\,I_o \sin wt = V_{o(R)} \sin wt$$

حيث ان $V_{o(R)}$ = القيمة العظمى لفرق الجهد على طرفي المقاومة وهو يساوي $R\,I_o$.

٢ـ فرق الجهد على طرفي المتسعة:

$$V_c = \frac{I_o}{wc}\ sin\ (wt - 90) = V_{o(c)}\ sin\ (wt - 90)$$

حيث ان $V_{o(C)}$ = القيمة العظمى لفرق الجهد على طرفي المتسعة وهو يساوي $\frac{I_0}{wc}$.

$X_c = \frac{1}{wc}$ والتي تسمى الرداة السعوية للدائرة.

٣ـ فرق الجهد على طرفي المحاثة V_L

$$V_L = wL\,I_o\ sin\ (wt + 90) = V_{o(L)}\ sin\ (wt + 90)$$

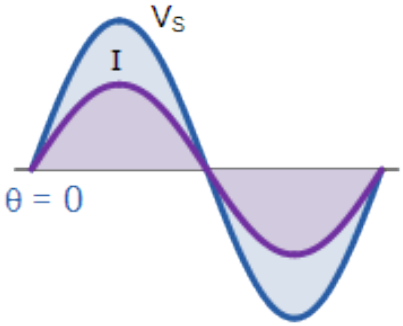
حيث ان $V_{o(L)}$ = القيمة العظمى لفرق الجهد على طرفي الملف وهو يساوي $wL\ I_0$.

$X_L = wL$ والتي تسمى الرداة السعوية للدائرة.

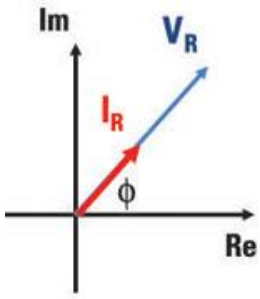
ومن خلال مقارنة معادلة التيارمع معادلة فرق الجهد على لكل عنصر من الدائرة نجد الاتي:

- فرق الجهد على طرفي المقاومة يكون بنفس طور التيار المار بها اي ان زاوية الطور هي صفر.
- فرق الجهد على طرفي المحاثة يتقدم على التيار و V_Rبزاوية 90^o.
- فرق الجهد على طرفي المتسعة يتاخر عن التيار و V_Rبزاوية 90^o.

في حالة المقاومة



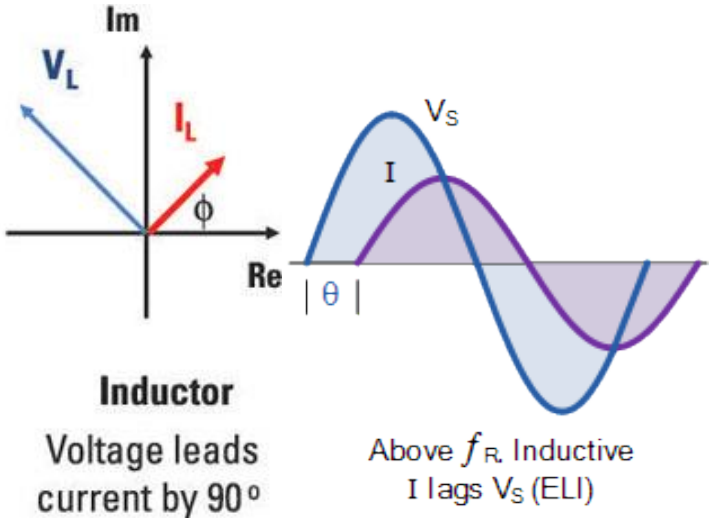
At f_R, I in phase with V_S



Resistor

Voltage in phase with current

في حالة المحاثة

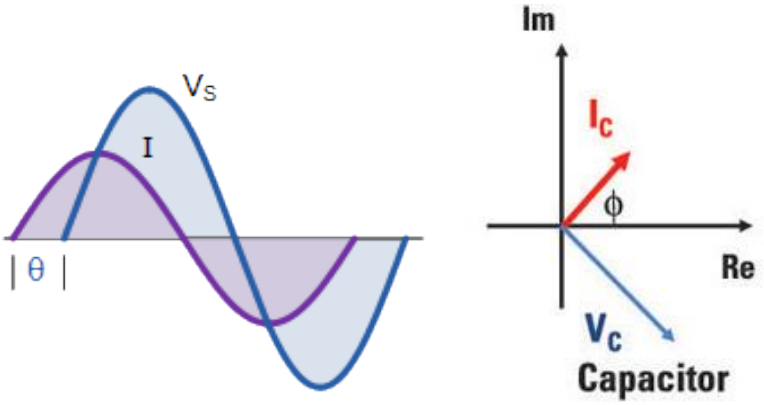


Inductor

Voltage leads current by 90°

Above f_R, Inductive
I lags V_S (ELI)

في حاله المتسعة



Below f_R, Capacitive
I leads V_S (ICE)

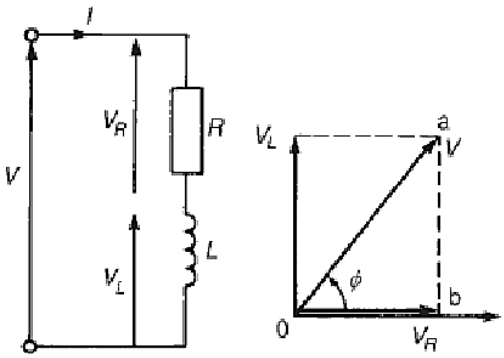
Capacitor

Voltage lags current by 90°

دوار التوالي والتوازي للتيار المتناوب (A.C Series circuit)

دوائر التوالي المقاومة- محاثة (R-L)

هذه الدائرة تحتوي على مقاومة ومحاثة مبروطة على التوالي. الفولتية المسلطة تساوي المجموع الاتجاهي للفولتيات خلال كل من المقاومة V_R والمحاثة V_L كما موضح في الرسم



$$\mathbf{V = V_R + jV_L}$$

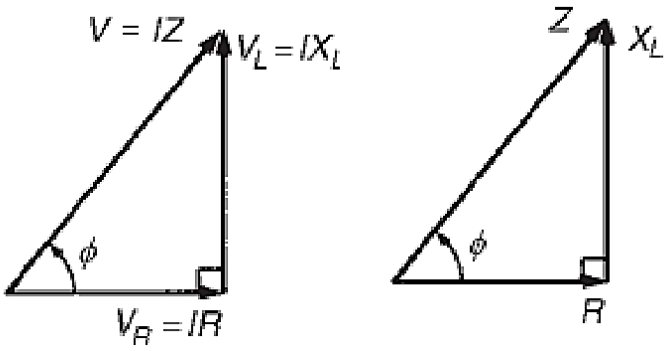
الممانعة الكلية في الدائرة (Impedance(Z))

$$\mathbf{Z = R + jX_L}$$

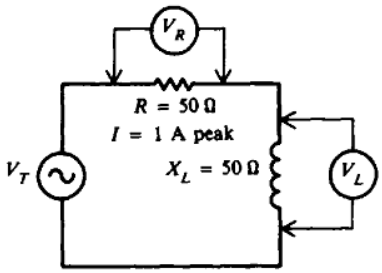
$$\boldsymbol{Z = |Z| \angle \theta}$$

$$\boldsymbol{|Z| = \sqrt{R^2 + {X_L}^2}}$$

$$\boldsymbol{\theta = tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right) \; lagging}$$



Example 1: A **RL** series ac circuit has a current of **1 A** peak with **R** = **50 Ω** and $\mathbf{X_L}$= **50 Ω**. Calculate $\mathbf{V_R}$, $\mathbf{V_L}$, $\mathbf{V_T}$, and $\boldsymbol{\theta}$. Draw the phasor diagram of $\mathbf{V_T}$ and **I.**



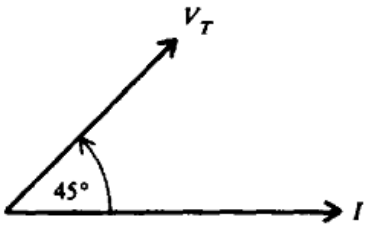
Sol:

$$V_R = IR = 1(50) = 50 \text{ V peak}$$

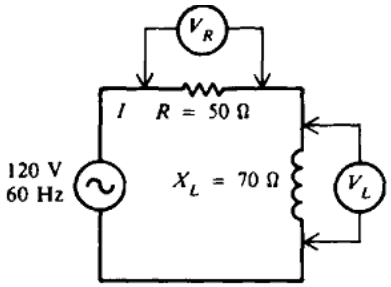
$$V_L = IX_L = 1(50) = 50 \text{ V peak}$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$
$$= \sqrt{50^2 + 50^2} = \sqrt{2500 + 2500} = \sqrt{5000} = 70.7 \text{ V peak}$$

$$\boldsymbol{\theta = tan^{-1}\left(\frac{V_L}{V_R}\right) = tan^{-1}\left(\frac{50}{50}\right) = tan^{-1}(1) = 45^0}$$



Example 2: If a 50 Ω R and a 70 Ω X_L are in series with 120V applied, find the following:
Z, θ, I, V_R and V_L. What is the phase angle of V_L, V_R and V_T with respect to I?



Sol:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$= \sqrt{50^2 + 70^2} = \sqrt{2500 + 4900} = \sqrt{7400} = 86\ \Omega$$

$$\theta = tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$$

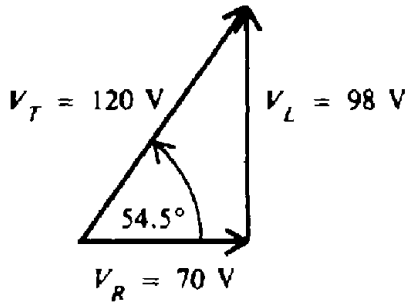
$$= tan^{-1}\left(\frac{70}{50}\right) = tan^{-1}(1.4) = 54.5^0$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{120}{86} = 1.40 \text{ A}$$

$$V_R = IR = 1.40(50) = 70.0 \text{ V}$$

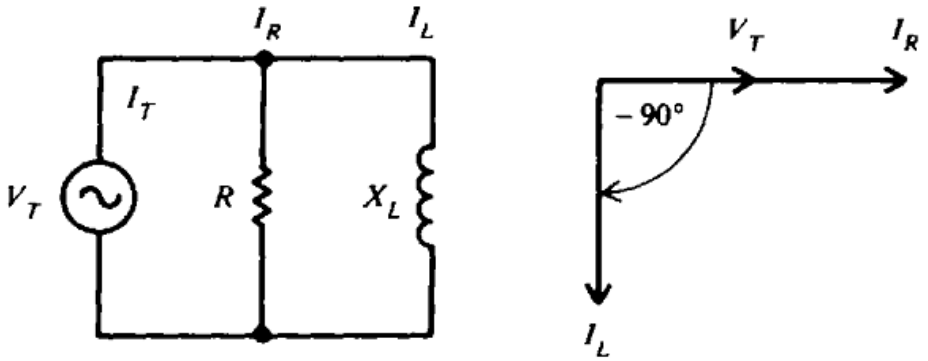
$$V_L = IX_L = 1.40(70) = 98.0 \text{ V}$$

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$
$$= \sqrt{(70.0)^2 + (98.0)^2} = \sqrt{14\,504} \approx 120 \text{ V}$$



دوائر التوازي المقاومة- محاثة (R-L)

هذه الدائرة تحتوي على مقاومة ومحاثة مبروطة على التوالي. الفولتية المسلطة تساوي المجموع الاتجاهي للفولتيات خلال كل من المقاومة V_R والمحاثة V_L كما موضح في الرسم

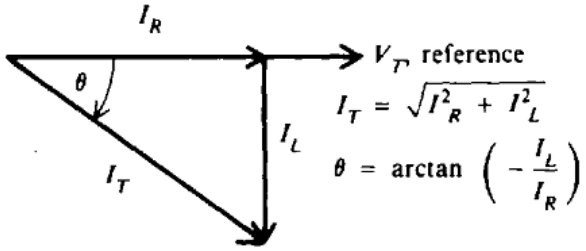


(a) Circuit (b) Phasor diagram

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$\tan\theta = -\frac{I_L}{I_R}$$

$$\theta = tan^{-1}(\frac{-I_L}{I_R})$$



(c) Current-phasor triangle

Example 3: A RL parallel ac circuit has 100-Vpeak applied across **R**=20Ω and X_L=20 Ω Find $\mathbf{I_R}$, $\mathbf{I_L}$, $\mathbf{I_T}$, andθ.Draw the phasor.

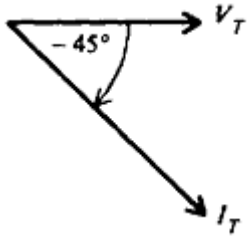
Sol:

$$I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A peak} \qquad Ans.$$

$$I_L = \frac{V_T}{X_L} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A peak} \qquad Ans.$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$= \sqrt{5^2 + 5^2} = \sqrt{50} = 7.07 \text{ A peak}$$

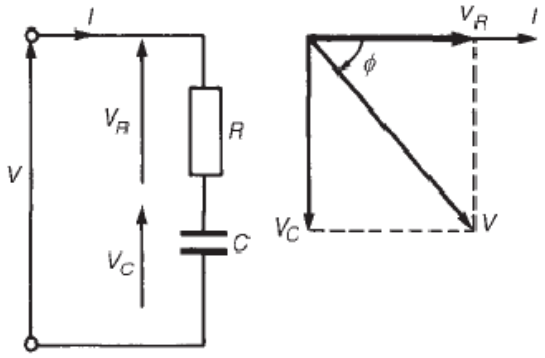


$$\boldsymbol{\theta = tan^{-1}\left(\frac{-I_L}{I_R}\right)}$$

$$\boldsymbol{= tan^{-1}\left(\frac{-5}{5}\right) = tan^{-1}(-1) = -45^0}$$

دوائر التوالي المقاومة- متسعة (R-C)

هذه الدائرة تحتوي على مقاومة ومتسعة مبروطة على التوالي. الفولتية المسلطة تساوي المجموع الاتجاهي للفولتيات خلال كل من المقاومة V_R والمحاثة V_C كما موضح في الرسم



$$\mathbf{V = V_R - jV_C}$$

الممانعة الكلية في الدائرة (Impedance(Z))

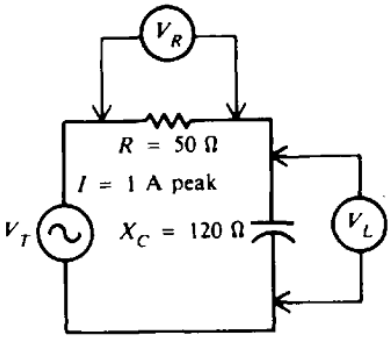
$$\mathbf{Z = R - jX_C}$$

$$\boldsymbol{Z = |Z|\angle\theta}$$

$$\boldsymbol{|Z| = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}}$$

$$\boldsymbol{\theta = tan^{-1}\left(\frac{X_C}{R}\right) \; leading}$$

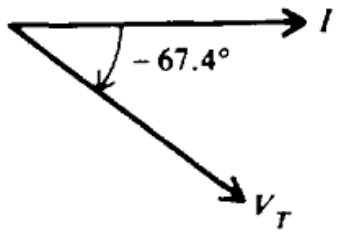
Example 4: A RC series ac circuit has a current of 1 A peak with R = 50 Ω and X_C=120Ω. Calculate V_R, V_C, V_T and θ. Draw the phasor diagram of V_C and I.



Sol:

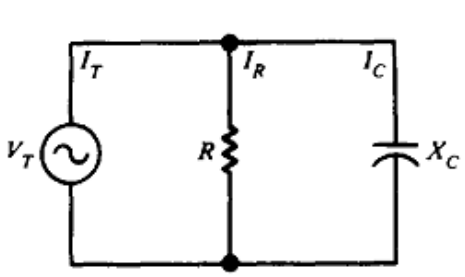
$$V_R = IR = 1(50) = 50 \text{ V peak}$$
$$V_C = IX_C = 1(120) = 120 \text{ V peak}$$
$$V_T = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$
$$= \sqrt{50^2 + 120^2}$$
$$= \sqrt{2500 + 14\,400} = \sqrt{16\,900} = 130 \text{ V peak}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(-\frac{V_C}{V_R}\right)$$
$$= \tan^{-1}\left(-\frac{120}{50}\right) = \tan^{-1}(-2.4) = -67.4°$$

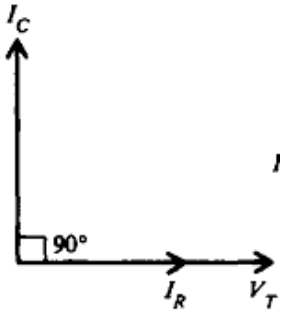


دوائر التوازي المقاومة- متسعة (R-C)

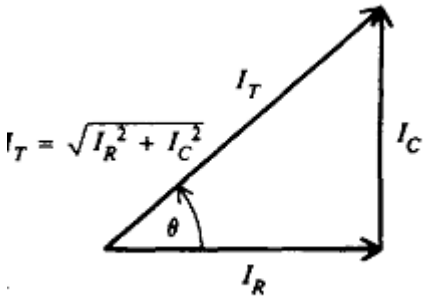
هذه الدائرة تحتوي على مقاومة ومتسعة مبروطة على التوازي. الفولتية المسلطة تساوي المجموع الاتجاهي للفولتيات خلال كل من المقاومة V_R والمحاثة V_C كما موضح في الرسم



(a) Circuit



(b) Phasor diagram



(c) Current-triangle phasor

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$\tan \theta = \frac{I_C}{I_R}$$

$$\theta = tan^{-1} \frac{I_C}{I_R}$$

Example 5: A 15Ω resistor and a capacitor of 20 Ω capacitive reactance are placed in parallel across a120-V ac line. Calculate I_R, I_C, I_T, θ, and Z. Draw the phasor diagram.

Sol:

$$I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{120}{15} = 8\ \text{A} \qquad \textit{Ans.}$$

$$I_C = \frac{V_T}{X_C} = \frac{120}{20} = 6\ \text{A} \qquad \textit{Ans.}$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

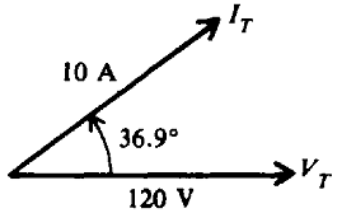
$$= \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{100} = 10\ \text{A} \qquad \textit{Ans.}$$

$$\theta = tan^{-1}\frac{I_C}{I_R}$$

$$= tan^{-1}\frac{6}{8} = tan^{-1}\,0.75 = 36.9° \qquad \textit{Ans.}$$

$$Z_T = \frac{V_T}{I_T}$$

$$= \frac{120}{10} = 12\ \Omega \qquad \textit{Ans.}$$



(*b*) Phasor diagram