

الوحدة التعليمية: الدارات الكهربائية في التيار المتناوب

1- التيار المتناوب:

التيار المستمر ثابت ولا يتغير مع الزمن أي اتجاه التيار لا يتغير.

لتكن التجربة التالية:

نقوم بتدوير مغناطيس امام وشيعة متصلة براسم الاهتزازات المهبطي
ملاحظة: نلاحظ إشارة كهربائية متناوبة على جهاز راسم الاهتزازات المهبطي

التفسير: تعود هذه الإشارة الكهربائية المتناوبة الى توليد قوة كهربائية متحركة الناتجة عن تغير التدفق الذي انتجه دوران المغناطيس امام الوشيعة من السهل إنتاج تيار متناوب أكثر من التيار المستمر

النتيجة:

يوجد نوع اخر من التيار وهو التيار المتناوب الذي يتغير مع الزمن ويأخذ على التناوب قيم موجبة وقيم سالبة أي اتجاه التيار يتغير.

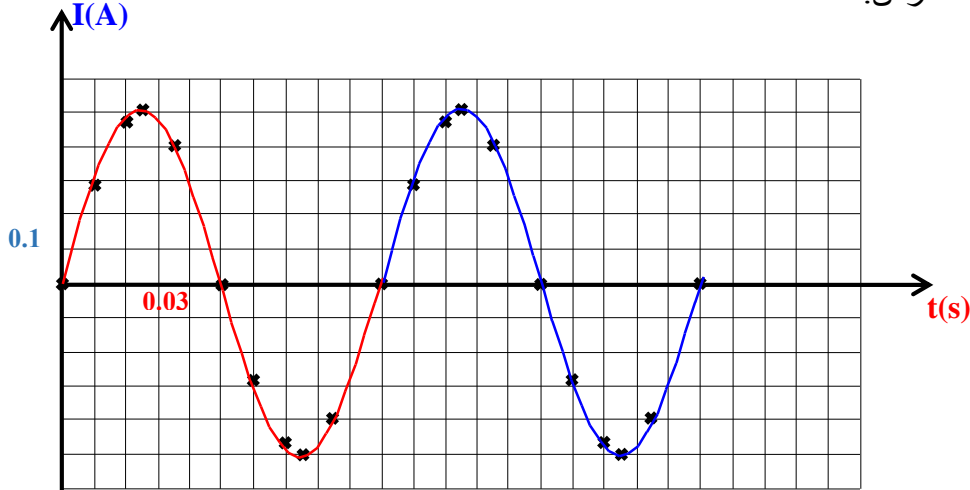
2- المقادير المميزة للتيار المتناوب :

نشاط:

من خلال التجربة السابقة قمنا بقياس التيار الكهربائي المتناوب الناتج، فتحصلنا على القيم الآتية:

t (s)	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
I (A)	0	0.29	0.47	0.5	0.4	0	-0.29	-0.47	-0.5	-0.4	0	0.29	0.47	0.5	0.4	0	-0.29	-0.47	-0.5	-0.4	0

منحنى التيار بدلالة الزمن.



ملاحظة: - نلاحظ ان الإشارة المتشكلة خلال 0.10 ثواني الاولى تبقى تتكرر مع مرور الزمن

- هذه المدة هي الزمن الذي يدور فيها المغناطيس دورة كاملة

تسمى هذه المدة ب الدور T ووحدته هي الثانية (s)

$$F = \frac{1}{T}$$

التواتر: هو عدد المرات التي تتكرر فيها الإشارة في الثانية الواحدة رمزه F ووحدته الهرتز Hz.

التيار الأعظمي:

من المنحنى نستنتج ان قيمة التيار الأعظمي هي: $I_{max} = 0.5A$ وهي القيمة القصوى للتيار .

$$\omega = 2\pi F = 2\pi / T$$

النبض: هو السرعة الزاوية للإشارة

$$\alpha = \omega \cdot t$$

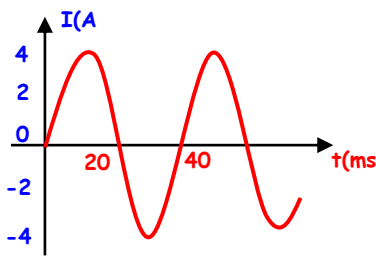
الزاوية : α [rad]

ω [rad/s] : النبض . T [s] : الدور (زمن) .

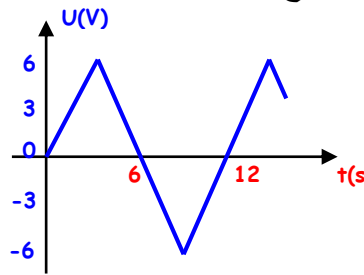
- 3/ مختلف الإشارات :

- إشارة أحادية الاتجاه: هي إشارة كهربائية لا تغير فيها الشحنات الكهربائية جهة تحركها (اما إشارة سالبة او موجبة)
- إشارة ثنائية الاتجاه: هي إشارة كهربائية تغير فيها الشحنات الكهربائية جهة تحركها (إشارة تارة موجبة وتارة سالبة).
- إشارة متناظرة: هي إشارة كهربائية تكون فيها كمية الكهرباء المتجهة في الاتجاه الموجب مساوية لكمية الكهرباء المتجهة في الاتجاه السالب.
- إشارة دورية: هي إشارة تتكرر بنفس الشكل خلال مدة زمنية T تسمى الدور حيث $f(t+T)=f(t)$.
- إشارة متناوبة: هي إشارة ثنائية الاتجاه متناظرة ودورية.
- إشارة جيبية : هي إشارة متناوبة لها شكل الدالة الجيبية.

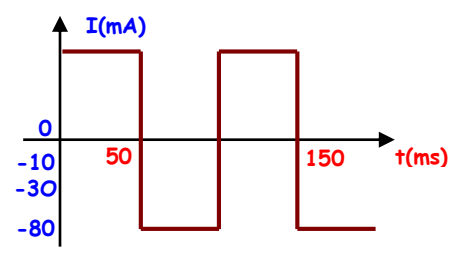
تمرين: حدد شكل و نوع الإشارات التالية ثم استنتج الدور و القيمة العظمى و احسب التواتر والنبض .



إشارة جيبية



إشارة مثلثية متناوبة



إشارة مربعة متناوبة

$$T=400\text{ms} \quad F=0,0025\text{Hz}$$

$$I_{\text{max}}=4\text{A} \quad \omega=0,016\text{rd/s}$$

$$T=12\text{s} \quad F=0,83\text{Hz}$$

$$U_{\text{max}}=6\text{V} \quad \omega=0,52\text{rd/s}$$

$$T=100\text{ms} \quad F=10\text{Hz}$$

$$I_{\text{max}}=80\text{mA} \quad \omega=62,8\text{rd/s}$$

- 4/ العبارة اللحظية لتوتر أو تيار جيبى :

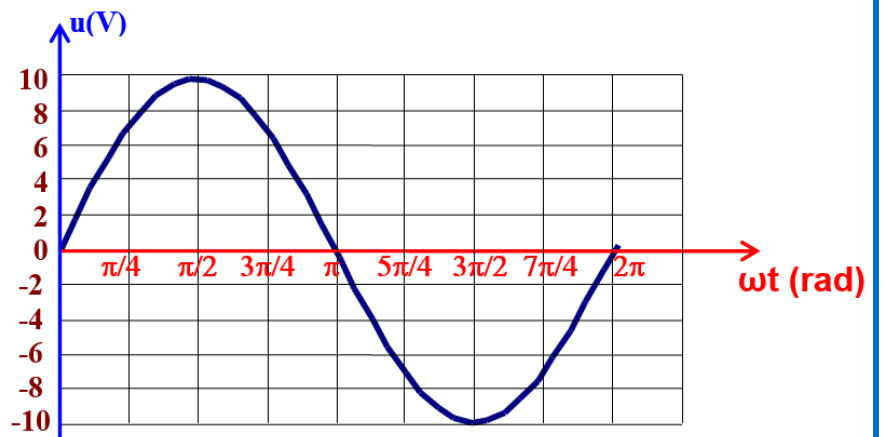
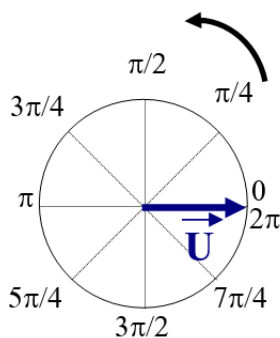
$$u(t) = U_{\text{max}} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$i(t) = I_{\text{max}} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

القيمة اللحظية للتوتر : $u(t)$ [V] القيمة العظمى : U_{max} [V] النبض : ω [rad/s]
الزمن (بالثانية) : t [s] الطور الابتدائي : φ [rad] هي الزاوية الموافقة للحظة $t=0$

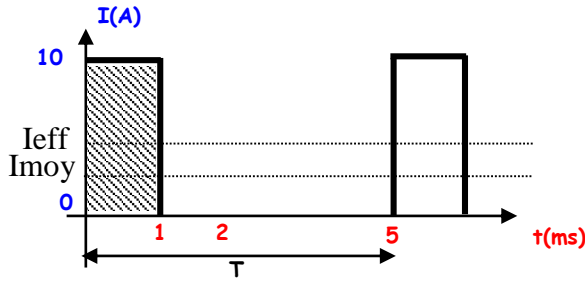
نشاط: أتمم الجدول وأرسم منحنى التوتر على المعلم الديكارتي : $u(t) = 10 \sin(\omega t)$.

ωt (rad)	0	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$	π	$5\pi/4$	$3\pi/2$	$7\pi/4$	2π
$\sin(\omega t)$	0	0.7	1	0.7	0	-0.7	-1	-0.7	0
$u(t)$ (v)	0	7	10	7	0	-7	-10	-7	0



- 5/ القيمة المتوسطة :

لنكن الإشارة التالية:



نحسب كمية الكهرباء المنقولة خلال الدور T

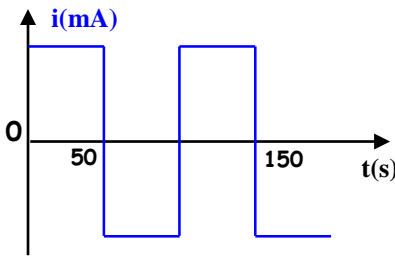
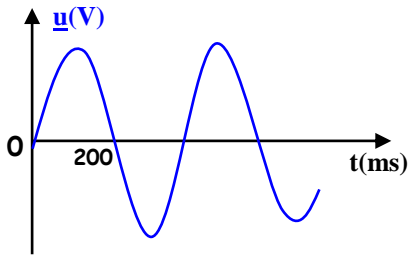
$$q = i \cdot t = 10A \cdot 1ms = 10 \text{ mC}$$

كمية الكهرباء المنقولة بين 1ms و 5ms معدومة .

في نفس الزمن المكافئ إلى الدور T تيار مستمر لا ينعدم أبداً، ينقل نفس الكمية q حيث:

$$I_{moy} = q / T = 10 \text{ mC} / 5 \text{ ms} = 2A.$$

I_{moy} هي القيمة المتوسطة لهذا التيار الدوري.



- استنتج القيمة المتوسطة للإشارات التالية:

القيمة المتوسطة لإشارة متناوبة أو جيبية معدومة.

- 5/ القيمة الفعالة :

نحسب كمية الحرارة خلال الدور T

$$W = R \cdot I^2 \cdot t = R \cdot 10^2 \cdot 1 = 100R$$

بالنسبة للتيار المستمر الذي ينتج نفس كمية الحرارة

$$W = R \cdot I_{eff}^2 \cdot T = R \cdot I_{eff}^2 \cdot 5$$

$$I_{eff}^2 = 100 \cdot R / 5 \cdot R = 20$$

$$I_{eff} = 4.472 \text{ A}$$

$$U_{eff} = U_{max} / \sqrt{2}$$

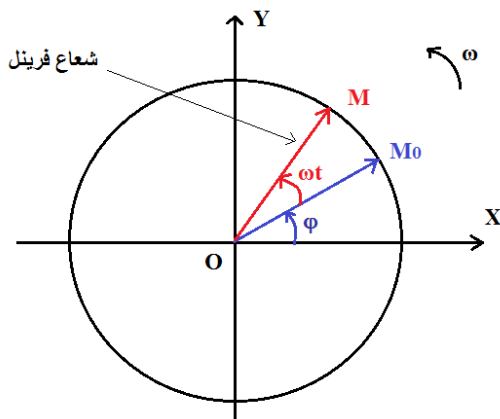
$$I_{eff} = I_{max} / \sqrt{2}$$

القيمة الفعالة لتيار أو توتر جيبية هي

نشاط:

القيمة الفعالة للشبكة سونلغاز هي 220V

- اوجد القيم العظمى للتوتر الشبكة ثم اكتب العبارة اللحظية للتوتر.



- 6/ التمثيل الشعاعي (تمثيل فرينل):

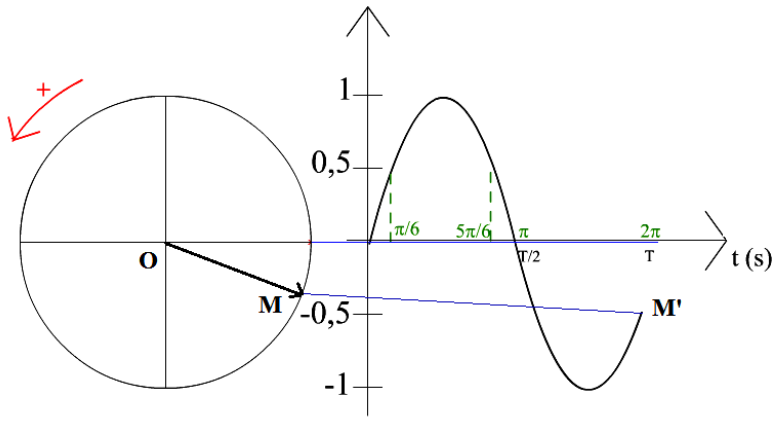
لدوال جيبية بحيث يسمح باستبدال دالة جيبية بشعاع هدفه مقارنة دالتين جيبيتين بنفس التردد f

شعاع فرينل: لكل مقدار جيبية $u(t) = U_{max} \sin(\omega t + \phi)$ شعاعاً OM حيث:

- طول الشعاع OM تساوي القيمة العظمى U_{max} $||OM|| = U_{max}$

- الزاوية (OM_0, OX) تمثل فرق الطور ϕ أي الزاوية في اللحظة $t=0$

- الزاوية (OM, OM_0) تمثل الطور اللحظي ωt أي الزاوية في اللحظة t

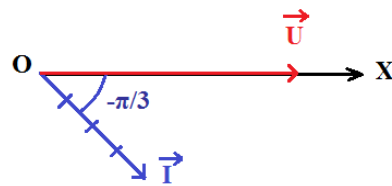


دوران الشعاع: نقطة M فوق الدائرة، النقطة M' فوق مستوي الشعاع OM يدور دورة كاملة خلال دور T

النشاط:

بواسطة تمثيل فريزل مثل الأزواج التوتر والتيار

I(A)	$4 \sin(\omega t - \pi/3)$	$6 \sin(\omega t)$	$8 \sin(\omega t + \pi/4)$	$7 \sin(\omega t - \pi/12)$
U(V)	$220 \sin(\omega t)$	$150 \sin(\omega t - \pi/6)$	$380 \sin(\omega t + \pi/2)$	$310 \sin(\omega t + \pi/4)$



$$i(A) = 4 \sin(\omega t - \pi/3)$$

$$U(V) = 220 \sin(\omega t)$$

7/- ممانعة ثنائي القطب غير فعال وخطي:

ثنائي قطب غير فعال و خطي هو عبارة عن دائرة كهربائية لا تحتوي على قوة محرقة كهربائية، ووسائطها لها قيم ثابتة

مثل المكثفة C – وشيعة L - مقاومة R

اذ غدينا ثنائي القطب بتوتر جيبى $U(t) = U_{\max}(\omega t + \phi)$ يجتازها تيار $I(t) = I_{\max}(\omega t)$ فان القيم الفعالة U و I

متناسبان طرديا و نضع : $U = Z \cdot I$ حيث Z يمثل ممانعة الحقيقية ثنائي القطب، وحدتها أوم Ω

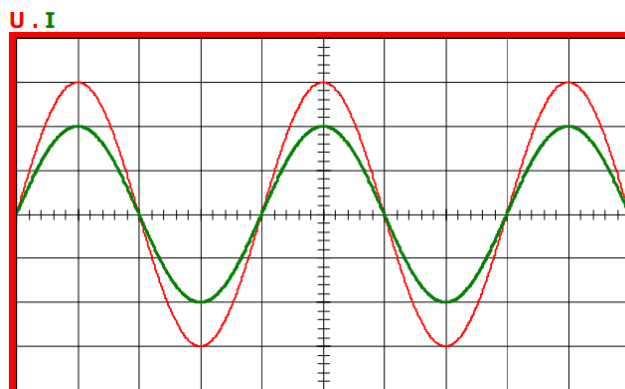
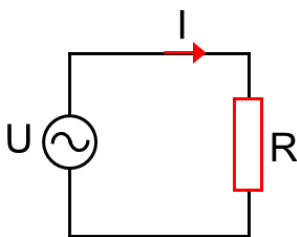
8/- قانون اوم لمختلف الدارات الكهربائية:

- حالة مقاومة: $I(t) = I_{\max}(\omega t)$ ، $U(t) = U_{\max}(\omega t + \phi)$

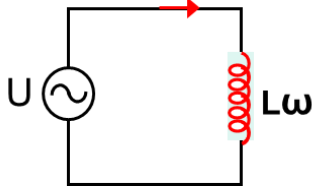
التيار I و التوتر U على توافق في الطور الابتدائي

$$\phi = 0, Z = R$$

تمثيل فريزل

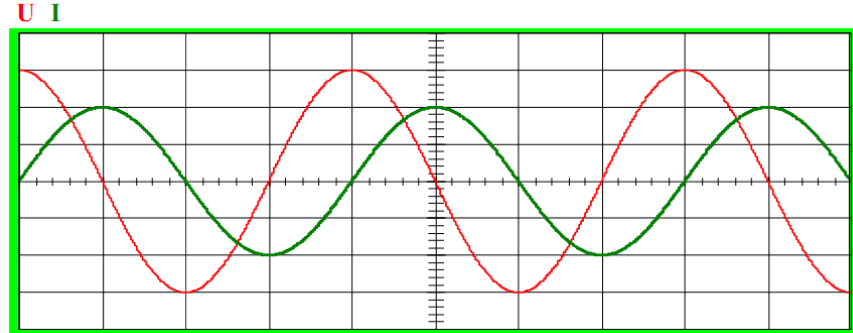
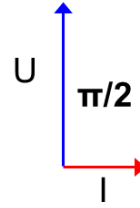


- حالة وشيعة L:

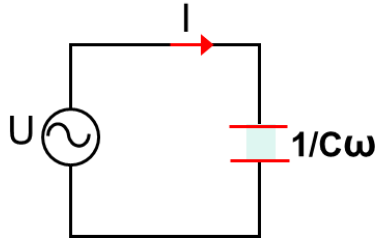


التوتر U متقدم بالنسبة للتيار I
 $\varphi = \pi/2$, $Z_L = L\omega$

تمثيل فريزل

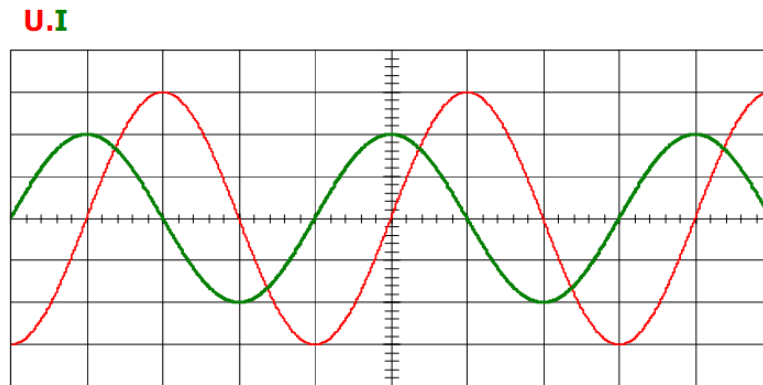
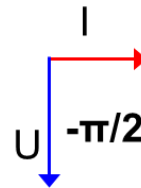


- حالة مكثفة C:



التوتر U متأخر بالنسبة للتيار I
 $\varphi = -\pi/2$, $Z_C = 1/C\omega$

تمثيل فريزل

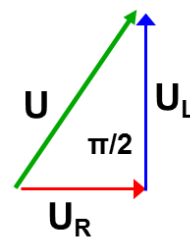
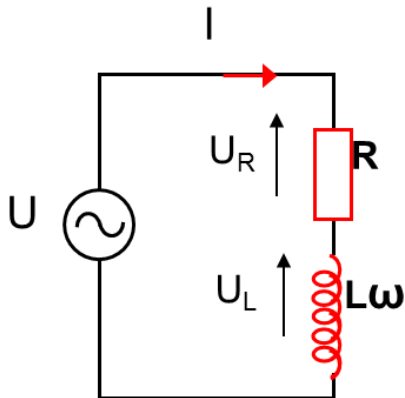


- حالة مقاومة R و وشيعة L على التسلسل:

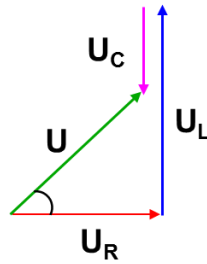
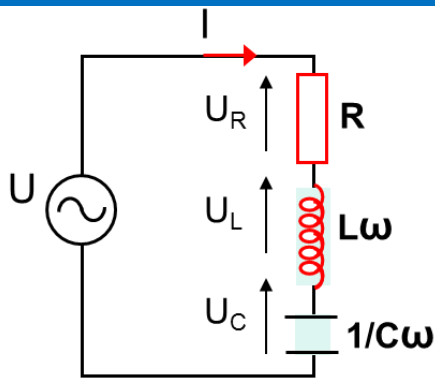
$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$$

$$\tan \varphi = L\omega / R$$

تمثيل فريزل



- دارة RLC على التسلسل:

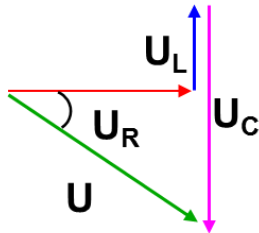


• حالة الاولى: $Z_L > Z_C$

فعل الوشيعة يغلب على فعل المكثفة (دارة حثية)

$$\varphi > 0$$

تمثيل فريزل



تمثيل فريزل

• حالة الثانية: $Z_L < Z_C$

فعل المكثفة يغلب على فعل الوشيعة (دارة سعوية)

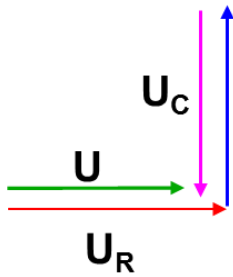
$$\varphi < 0$$

• حالة الثالثة: $Z_L = Z_C$

فعل المكثفة يساوي فعل الوشيعة (حالة تجاوب)

$$Z = R$$

$$\varphi = 0$$



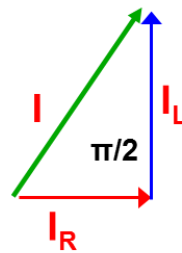
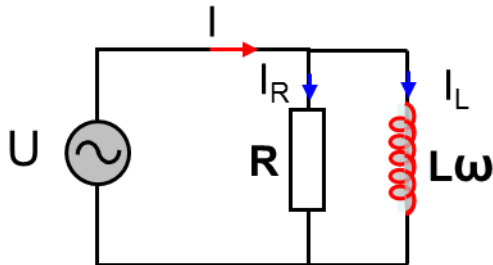
تمثيل فريزل

ممانعة التركيب و فرق الطور:

$$\tan \varphi = \frac{L\omega - 1/C\omega}{R}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$$

- دارة RL على التوازي (التفرع):



$$I = I_R + I_L$$

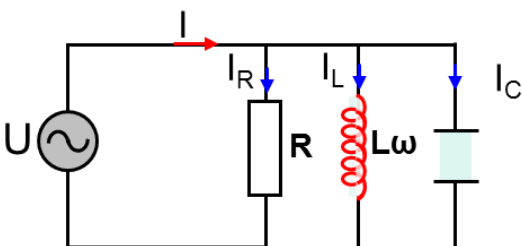
$$Z = \frac{1}{\sqrt{(1/R)^2 + (1/L\omega)^2}}$$

$$\tan \varphi = 1/RL\omega$$

فرق الطور

تمثيل فريزل

- دارة RLC على التوازي (التفرع):



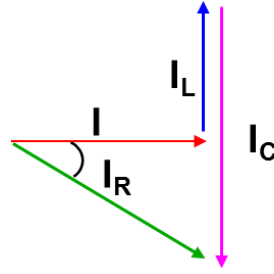
$$I = I_R + I_L + I_C$$

• حالة الاولى: $Z_L > Z_C$

فعل الوشيعة يغلب على فعل المكثفة (دارة حثية)

$$\varphi > 0$$

تمثيل فريزل

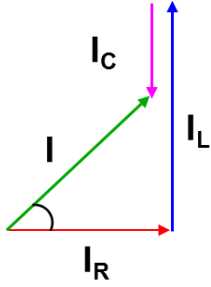


حالة الثانية: $Z_L > Z_C$

فعل المكثفة يغلب على فعل الوشيعية (دائرة سعوية)

$$\varphi < 0$$

تمثيل فريزل



حالة الثالثة: $Z_L = Z_C$

فعل المكثفة يساوي فعل الوشيعية (حالة تجاوب)

$$Z = R$$

$$\varphi = 0$$

ممانعة التركيب و فرق الطور

$$\tan \varphi = R(C\omega - 1/L\omega)$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{1/R^2 + (C\omega - 1/L\omega)^2}}$$

9- الاستطاعة في التيار المتناوب الجيبي:

1-9. الاستطاعة اللحظية:

نعرف الاستطاعة اللحظية بالجداء $P = U \cdot I$ وحداتها الواط (W)

$$i(t) = I\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \quad u(t) = U\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$P(t) = u(t) \cdot i(t) = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi) \cdot I\sqrt{2} \sin(\omega t) = 2 \cdot U \cdot I \cdot \sin(\omega t + \varphi) \cdot \sin(\omega t)$$

$$P(t) = U \cdot I \cdot \cos \varphi - U \cdot I \cdot \cos(2\omega t + \varphi)$$

2-9. الاستطاعة الفعالة: هي القيمة المتوسطة للاستطاعة اللحظية وحدتها الواط $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

ملاحظة: $\cos \varphi$ يمثل عامل الاستطاعة.

مثال: دائرة تحتوي على مقاومة R : لدينا $\varphi = 0$ اذا $\cos \varphi = 1$ اذا $P = U \cdot I$ مع $U = R \cdot I$ اذا المقاومة تستهلك

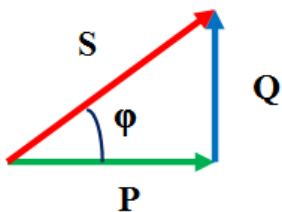
الطاقة الكهربائية

3-9. الاستطاعة الظاهرية: تعرف بالجداء $S = U \cdot I$ وحدتها فولط أمبير (VA)

4-9. الاستطاعة الارتكاسية او الردية: تعرف ب $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ وحدتها فولط أمبير رادي VAR

5-9. العلاقة ما بين الاستطاعات:

التمثيل الشعاعي التالي يمثل مثلث الاستطاعات



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = U \cdot I$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S}$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

10- نظرية بوشرو: Boucherot

في دارة كهربائية تحتوي على عدة مستقبلات (أجهزة) تتجاوزها تيارت جيبية.

- الاستطاعة الفعالة الكلية المستهلكة تساوي مجموع الاستطاعات الفعالة المستهلكة من طرف كل جهاز
 - الاستطاعة الرادية الكلية المستهلكة تساوي مجموع الاستطاعات الردية المستهلكة من طرف كل جهاز
- نقول اذا ان هناك انحفاظ للاستطاعات الفعلية و الردية

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

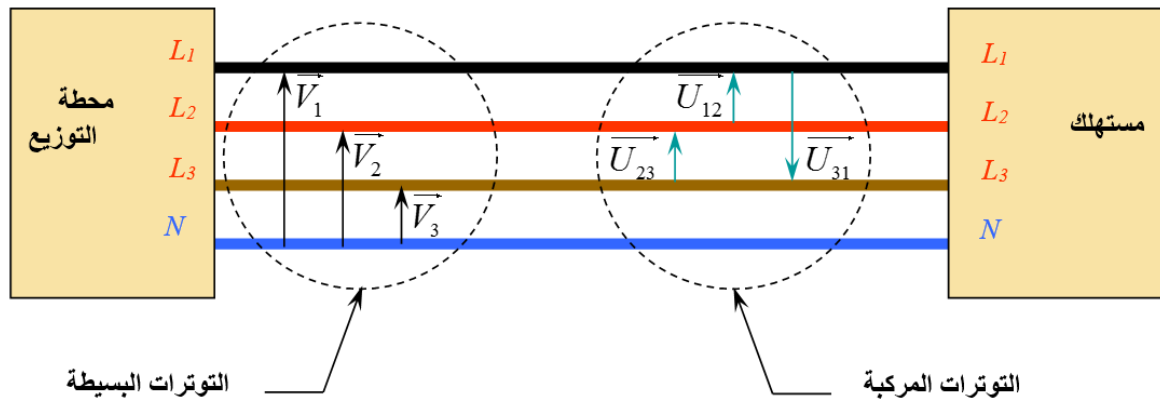
11- تحسين عامل الاستطاعة (رفعه):

لتحسين عامل الاستطاعة $\cos \varphi$ و الذي حددتها سونلغاز ما بين 0.8 و 0.99 يجب وضع مكثفات داخل الشبكة ، وتحسب قيمة المكثفة المضافة حسب العلاقة التالية

$$C = \frac{P_i (tg \varphi_1 - tg \varphi_2)}{U^2 . \omega}$$

12- التيار المتناوب ثلاثي الطور:

التيار المتناوب ثلاثي الطور هو نظام يحتوي على ثلاثة توترات جيبية لها نفس التردد (التواتر)، ونفس القيمة الفعالة، حيث فرق الطور بين توترين متتابعين هو $2\pi/3$ (120°)
يعتبر هذا النظام متوازنا، وإذا فقد إحدى هذه الخصائص فقد النظام صفة التوازن. ينقل هذا النظام بواسطة 4 نواقل (ناقل حيادي وثلاثة نواقل للأطوار).



♦ التوترات البسيطة: هي التوترات المأخوذة بين المحايد وأحد الأطوار الثلاثة. في النمط المتوازن لدينا:

$$\begin{aligned} \vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \vec{V}_3 &= \vec{0} \\ V_1 &= V_2 = V_3 = V \end{aligned}$$

في النظام الشائع الاستعمال: $V=220v$

♦ التوترات المركبة: هي التوترات المأخوذة بين طورين من الأطوار الثلاثة. في النمط المتوازن لدينا:

$$\begin{aligned} \vec{U}_{12} + \vec{U}_{23} + \vec{U}_{31} &= \vec{0} \\ U_{12} &= U_{23} = U_{31} = U \end{aligned}$$

في النظام الشائع الاستعمال: $U=380v$

1-12- العلاقة بين التوترات البسيطة والمركبة:

$$\begin{aligned}\vec{U}_{12} &= \vec{V}_1 - \vec{V}_2 \\ \vec{U}_{23} &= \vec{V}_2 - \vec{V}_3 \\ \vec{U}_{31} &= \vec{V}_3 - \vec{V}_1\end{aligned}$$

العلاقة بالأشعة:

$$\frac{380}{220} = \sqrt{3}$$

$$U = V \sqrt{3} \Rightarrow \frac{U}{V} = \sqrt{3}$$

العلاقة بين القيم الفعالة:

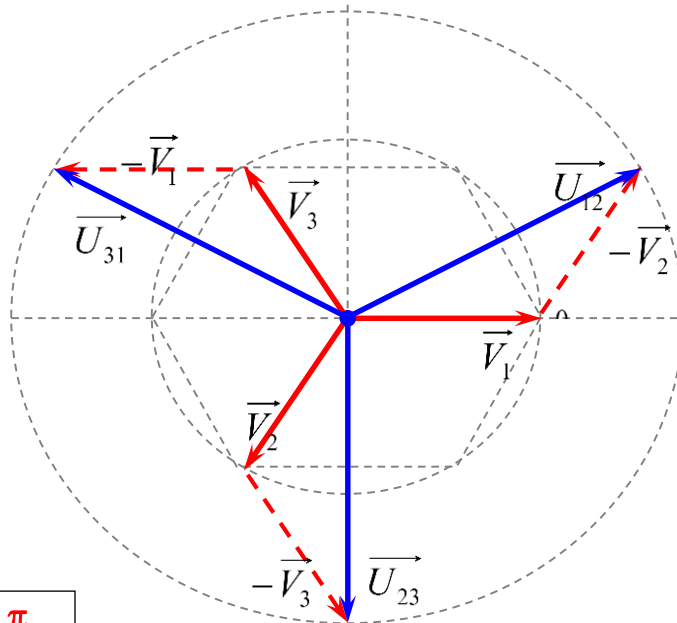
2-12- تمثيل فريزل:

$$v_1(t) = V \sqrt{2} \sin(\omega t)$$

$$v_2(t) = V \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$v_3(t) = V \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

لدينا العبارات اللحظية للتوترات البسيطة:



$$u_{12}(t) = U \sqrt{2} \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$$

$$u_{23}(t) = U \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$u_{31}(t) = U \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{7\pi}{6})$$

من البيان نستنتج العبارات اللحظية للتوترات والمركبة:

3-12- المنحنيات البيانية للتوترات اللحظية البسيطة والمركبة

