El corrent alterm

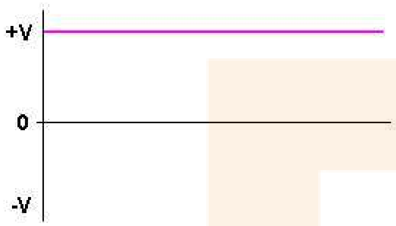
Sitio:	Cursos IOC - Batxillerat	Imprimido por:	Invitado
Curso:	Tecnologia industrial (autoformació IOC)	Día:	lunes, 31 de enero de 2022, 00:54
Libro:	El corrent alterm		

Tabla de contenidos

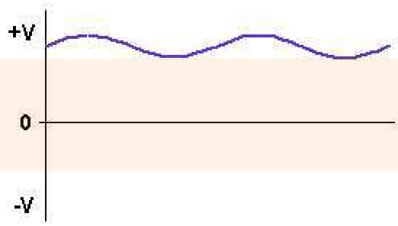
1. El corrent continu i el corrent altern

En funció del sentit de circulació de les càrregues elèctriques podrem parlar de:

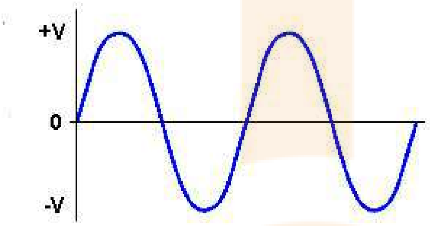
- Corrent continu és aquell en que les càrregues sempre es mouen en un mateix sentit. El corrent continu pot ser constant quan sempre té el mateix valor i variable quan el seu valor varia amb el temps.
- Corrent altern quan les càrregues elèctriques varien el sentit de circulació. La més habitual és el corrent altern sinusoïdal (en funció de la variable sinus) però pot tindre altres formes (triangular, dent de serra, quadrat...).



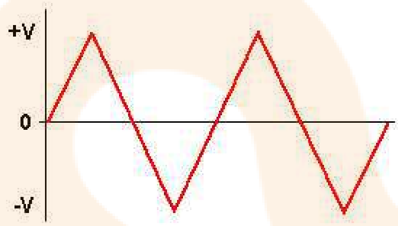
Continu constant



Continu variable (arrissat)



Altern sinusoïdal



Altern triangular

A partir d'aquest moment ens referirem al corrent altern sinusoïdal.

2. Valors fonamentals

Cicle (*c*) és el conjunt de tots els valors pels quals passa un corrent altern abans de reproduir-se idènticament.
Període (*T*) El període és el temps transcorregut entre dos punts equivalents de l'oscil·lació (un cicle). Es mesura en segons [s]

Freqüència (*f*) és el nombre de cicles que es produeixen en un segon. Es mesura amb l'hertz [Hz]

La freqüència i el període són inversament proporcionals, per tant:

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{i} \quad T = \frac{1}{f}$$

Exemple 1

Calcula el període de la xarxa domestica (230 V 50Hz)

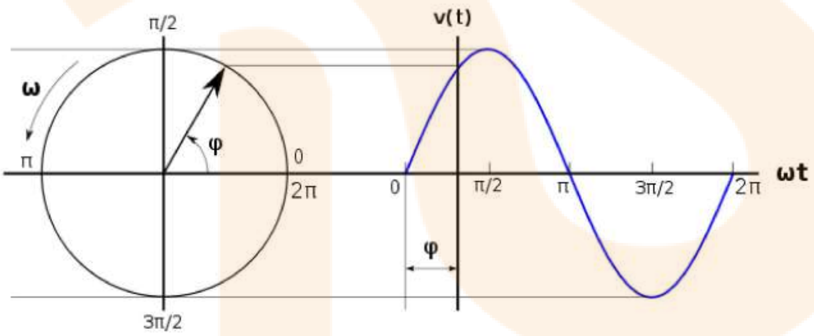
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0{,}02s \;=\; 20ms$$

Valor instantani és el que pren en cada un dels punts del cicle. La variable s'escriu sempre en minúscules (*u, i*) i les unitats corresponents a la variable [V, A].

Al ser un corrent sinusoïdal el valor instantani serà:

$u = U_{max} \sin(\omega t+\varphi)$ per la tensió

$i = I_{max} \sin(\omega t+\varphi)$ pel corrent



ω = velocitat angular [rad/s] o [s^{-1}]
$\omega = 2\pi \cdot f$ (cicle · cicles/segon)

φ = angle de fase o desfasament (angle recorregut)

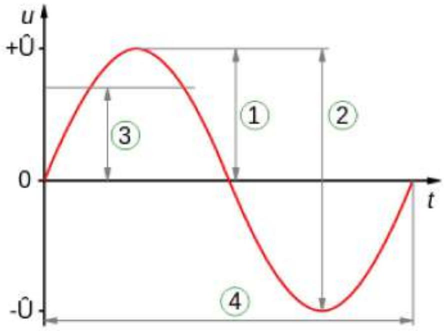
Valor màxim és el màxim valor que pot adoptat un valor instantani. Les variables s'expressen amb el subíndex $_{màx}$ ($U_{màx}$, $I_{màx}$). En cada cicle hi ha un un valor màxim positiu i un negatiu.

Valor eficaç és el valor que produeix els mateixos efectes calorífics, en passar a través d'una resistència elèctrica, que un corrent continu del mateix valor. Tot i que en alguns casos podem trobar la variable escrita amb un subíndex $_{ef}$, s'ha d'escriure sense (*U* ,*I*). Si no es diu res al respecte, aquest és el valor amb el que realitzarem tots els càlculs.

Matemàticament el valor eficaç és el valor quadràtic mitjà.

Pràcticament pel corrent elèctric sinusoïdal serà el valor màxim dividit per √2

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{o} \quad I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$



1. Valor màxim
2. Valor cresta a cresta
3. Valor eficaç
4. Període

Valor mitja. Correspon a la mitjana aritmètica de tots els valor instantanis en un temps determinat (U_{mitj}, I_{mitj}). Si considerem un cicle complert val 0 ja que el semicicle (la mitat del cicle) positiu es resta del negatiu. Si consideren un únic semicicle, el valor mitja val 2/π del valor màxim ≈ 0,636

Exemple 2

Calcula la tensió màxima de la xarxa domestica (230 V 50 Hz)

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \rightarrow U_{max} = U \cdot \sqrt{2} = 230 \cdot \sqrt{2} = 325{,}3\ V$$

3. Comportament dels components passius

Elements passius

Són elements (receptors) que responen de forma proporcional (lineal). Quan parlem d'elements passiu ens referim a:

- **Resistències** (R). Dissipen energia elèctrica en forma d'energia calorífica. La seva unitat és l'ohm [Ω]
- **Bobines** o inductàncies (L). Emmagatzemen energia elèctrica en forma de camp electromagnètic. La seva unitat és l'henry [H]
- **Condensadors** o capacitàncies (C). Emmagatzemen energia elèctrica en forma de camp elèctric. La seva unitat és el farad [F]

La impedància aplicada a l llei d'Ohm

Impedància (Z). És l'oposició al pas d'un corrent elèctric. La impedància és una ampliació de concepte resistència en els circuits de corrent alterna degut al comportament dels diferents elements passius. La seva unitat és l'ohm [Ω]

Així direm que:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Aquesta fórmula ens serveis també pels valors màxims i instantanis

Resistencia pura

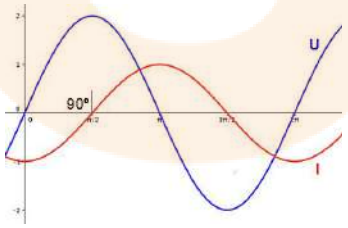
El comportament d'una resistència pura amb un circuit de corrent altern és el mateix que en corrent continu.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R}$$

Inductància pura

Quan es fa circular un corrent variable per una bobina, aquesta crea un camp electromagnètic el qual crea una força contraelectromotriu (ε') que s'oposa a l'increment o disminució del corrent el qual provoca un retard de 90º en el corren elèctric (i) respecte la tensió (u). Les bobines s'oposen ala variació del corrent.

$$\varepsilon' = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$



A partir d'aquesta expressió, matemàticament, podem determinar la impedància a la qual l'anomenarem **reactància inductiva** (X_L). La seva unitat és l'ohm [Ω]

$$X_L = \omega \cdot L$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

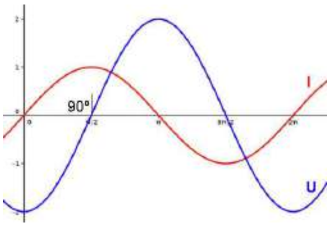
Aplicant la llei d'Ohm $Z = X_L$ tindrem:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{X_L}$$

Capacitància pura

El corrent (i) s'ha d'avançar 90º a la tensió (u) ja que prèviament el condensador s'ha de carregar o descarregar. Els condensador s'oposen al canvi de tensió.

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta (C \cdot u)}{\Delta t}$$



A partir d'aquesta expressió, matemàticament, podem determinar la impedància a la qual l'anomenarem **reactància capacitativa** (X_C). La seva unitat és l'ohm [Ω]

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

Aplicant la llei d'Ohm per $Z = X_C$ tindrem:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{X_C}$$

Exemple 1

Calcula la reactància capacitativa d'un condensador de 100 μF

- si f = 50 Hz
- si f = 5 kHz

Per f = 50 Hz

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 31{,}83\ \Omega$$

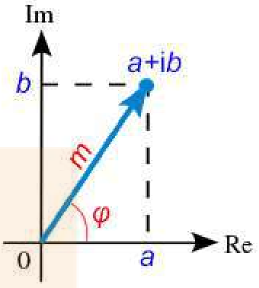
Per f = 5 kHz

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{3} \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 0{,}3183\ \Omega$$

4. Operacions amb vectors

Els vectors els podem representar de dos formes diferents.

- **Notació cartesiana** com un **número complex**. On la part real i l'imaginaria serien les coordenades (**a**, **b**). $a + jb$



En electricitat la unitat imaginaria **i** es substitueix per una **j** i es posa davant per no confondre-ho amb la intensitat.
En els càlculs s'ha de tenir en compte que j^2= -1

- **Notació polar**. On el mòdul **m** és la longitud del vector i l'argument **φ** és el angle. $m_{\varphi°}$

Cal dir que per fer la conversió d'una forma a l'altra ens caldrà utilitzar la trigonometria, tot i que mitjançant la calculadora també es pot fer la conversió directament.

Suma i resta de vectors

Per sumar i restar vectors que van en la mateixa direcció, els podem tenir expressats de forma cartesiana i llavors se sumen o resten les parts reals entre elles i les parts imaginàries entre elles.

Per sumar i restar vectors que formen cert angle entre sí caldrà utilitzar la trigonometria. En el cas de ser vectors perpendiculars es pot recórrer al Teorema de Pitàgores i les funcions sinus i cosinus.

Multiplicació i divisió de vectors

Per **multiplicar** dos vectors expressats de forma polar (mòdul i argument) el mòdul es multiplica i l'argument se suma.

$$A_a \cdot B_b = A \cdot B_{a+b}$$

Exemple: $25_{20} \cdot 5_{15} = (25 \cdot 5)_{20+15} = 125_{35}$

Per **dividir**-los el mòdul es divideix i l'argument es resta.

$$\frac{A_a}{B_b} = \left(\frac{A}{B}\right)_{a-b}$$

Exemple: $\frac{25_{20}}{5_{15}} = \left(\frac{25}{5}\right)_{20-15} = 5_5$

Si treballem en números complexos per multiplicar s'ha de multiplicar cada part del polinomi del numero complex per l'altra.

$$(a+jb)\cdot(c+jd) = (a \cdot c) + (a \cdot jd) + (jb \cdot c) + (jb \cdot jd) = (a \cdot c - b \cdot d) + j(a \cdot d + b \cdot c)$$

Exemple: $(2-j4)\cdot(3+j5) = (2 \cdot 3 - (-4) \cdot 5) + j(2 \cdot 5 + (-4) \cdot 3) = 26 - j2$

Per dividir, has de multiplicar el numerador i el denominador per el conjugat, per solucionar-ho com la multiplicació i després dividir cada part per separat (la real i la imaginaria). Amb això el que es fa és treure la part imaginaria del denominador de la divisió.

El conjugat és el mateix numero complex canviat el signe de la part imaginaria. El conjugat de a+jb serà a-jb.

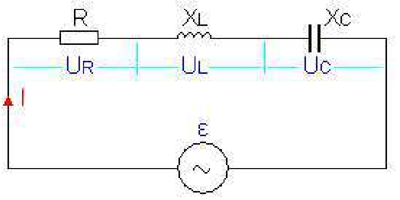
$$\frac{a+jb}{c+jd}=\frac{(a+jb)\cdot(\mathbf{c-jd})}{(c+jd)\cdot(\mathbf{c-jd})}=\frac{a\cdot c-a\cdot jd+jb\cdot c-j^2b\cdot d}{c^2-j^2d^2}=\frac{(a\cdot c+b\cdot d)+j(a\cdot d+b\cdot c)}{c^2+d^2}$$

Exemple: $\frac{a+jb}{c+jd}=\frac{(3+j4)\cdot(1-j2)}{(1+j2)\cdot(1-j2)}=\frac{(3\cdot1+4\cdot2)+j(3\cdot2+4\cdot1)}{1^2+2^2}=\frac{11}{5}+j\frac{12}{5}$

És evident que **per multiplicar i dividir vectors és sempre millor treballar amb notació polar**.

5. Circuits sèrie

Per fer els càlculs tant en els circuits sèrie com els paral·lel s'aplica la llei d'Ohm però sempre **considerant que són vectors**.



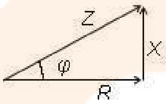
Les tensions se sumen $\vec{\varepsilon} = \overrightarrow{U_R} + \overrightarrow{U_L} + \overrightarrow{U_C}$

El corrent es el mateix per tots els elements $\vec{I} = \vec{I_R} = \vec{I_L} = \vec{I_C}$

Es compleix la llei d'Ohm $\vec{\varepsilon} = \vec{Z} \cdot \vec{I}$

Per determinar el mòdul i angle de $\vec{Z}$

$$\left.\begin{array}{l} Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ \varphi = arctg\left(\dfrac{XL - XC}{R}\right) \end{array}\right\} Z_\varphi$$



Per determinar les tensions parcials

$$\overrightarrow{U_R} = \vec{R} \cdot \vec{I} \qquad \overrightarrow{U_L} = \vec{X_L} \cdot \vec{I} \qquad \overrightarrow{U_C} = \vec{X_C} \cdot \vec{I}$$

Consideracions per resoldre problemes

- S'ha de vigilar si ens donen el valor de la bobina (L) i/o condensador (C) o la impedància (X_L o X_C)
- L'angle de les impedàncies X_L és de 90º i de les X_C és de -90º. La de R val 0º
- En un circuit sèrie la $\vec{\varepsilon}$ està en fase φ = 0º
- El corrent $\vec{I}$ està endarrerit o avançat respecte $\vec{\varepsilon}$ en funció que predomini X_L o X_C. Les bobines l'endarrereixen i els condensadors l'avancen
- Quan és multipliquen dos vectors (expressats com mòdul argument) el mòdul es multiplica i l'argument es suma. Si s'han de dividir el mòdul es divideix i l'argument es resta.

$$X_{a^\circ} \cdot Y_{b^\circ} = (X \cdot Y)_{(a+b)^\circ} \qquad \frac{X_{a^\circ}}{Y_{b^\circ}} = \left(\frac{X}{Y}\right)_{(a-b)^\circ}$$

- Els problemes no sempre tenen perquè solucionar-se amb l'ordre de les preguntes.
- Els llibres no acostumen a posar el símbol de vector sobre les variables per problemes tipogràfics.

Exemple 1

Calculeu el corrent que circula per una resistència de 100 Ω i una bobina de 0,5 H en sèrie que estan connectats a una xarxa de 230 V 50 Hz.

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 0{,}5 = 157{,}1\ \Omega$$

$$\left.\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + {X_L}^2} = \sqrt{100^2 + 157{,}1^2} = 186{,}2\ \Omega \\ \varphi &= arctg\left(\frac{X_L}{R}\right) = arctg\left(\frac{157{,}1}{100}\right) = 57{,}51^\circ \end{aligned}\right\} Z = 186{,}2_{\ 57{,}51^\circ}\Omega$$

$$\vec{\varepsilon} = \vec{Z} \cdot \vec{I}$$

$$\vec{I} = \frac{\vec{\varepsilon}}{\vec{Z}} = \frac{230_{\ 0^\circ}}{186{,}2_{\ 57{,}51^\circ}} = 1{,}235_{\ -57{,}51^\circ}\ A$$

Exemple 2

Calculeu la tensió en cada un dels elements d'un circuit sèrie compost per R = 8 Ω , X_L = 5 Ω i X_C = 11 Ω. connectat a 12 V 50 Hz.

Un cop determinades, dibuixeu el diagrama de tensions.

$$\left.\begin{aligned} Z &= \sqrt{R^2 + ({X_L}^2 - X_C)^2} = \sqrt{8^2 + (5 - 11)^2} = 10\ \Omega \\ \varphi &= arctg\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right) = arctg\left(\frac{11 - 5}{8}\right) = arctg\left(\frac{-6}{8}\right) = -36{,}86^\circ \end{aligned}\right\} Z = 10_{\ -36{,}86^\circ}\ \Omega$$

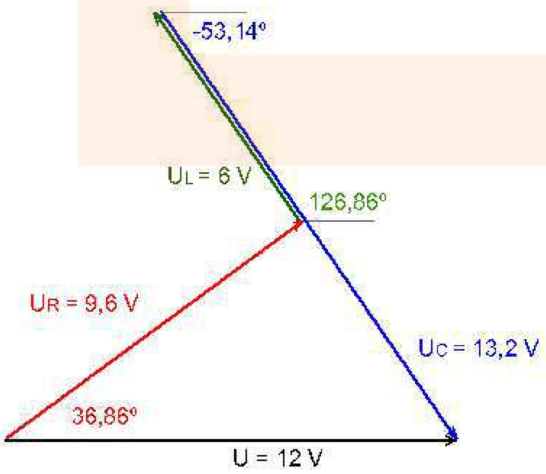
$$\vec{\varepsilon} = \vec{Z} \cdot \vec{I}$$

$$\vec{I} = \frac{\vec{\varepsilon}}{\vec{Z}} = \frac{24_{\ 0^\circ}}{10_{\ -36{,}86^\circ}} = 1{,}2_{\ 36{,}86^\circ}\ A$$

$$\overrightarrow{U_R} = \vec{R} \cdot \vec{I} = 8_{\ 0^\circ} \cdot 1{,}2_{\ 36{,}86^\circ} = 9.6_{\ 36{,}86^\circ}\ V$$

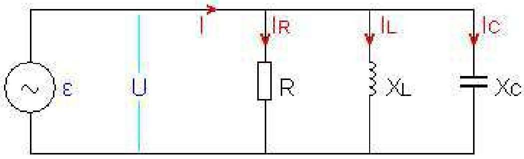
$$\overrightarrow{U_L} = \vec{X_L} \cdot \vec{I} = 5_{\ 90^\circ} \cdot 1{,}2_{36{,}86^\circ} = 6_{\ 126{,}86^\circ}\ V$$

$$\overrightarrow{U_C} = \overrightarrow{X_C} \cdot \vec{I} = 11_{\ -90^\circ} \cdot 1{,}2_{36{,}86^\circ} = 13{,}2_{\ 53{,}14^\circ}\ V$$



6. Circuit paral·lel

Per fer els càlculs tan en els circuits sèrie com els paral·lel també s'aplica la llei d'Ohm però com sempre **considerant que són vectors**.



La tensió es la mateixa per tots els elements $\vec{U} = \vec{\varepsilon} = \vec{U_R} = \vec{U_L} = \vec{U_C}$

Els corrents se sumen $\vec{I} = \vec{I_R} + \vec{I_L} + \vec{I_C}$

Es compleix la llei d'Ohm $\vec{\varepsilon} = \vec{Z} \cdot \vec{I}$

Per determinar el mòdul i angle de $\vec{Z}$ ho podem fer sumant les funcions inverses:

La **conductància** ($\vec{G}$) que és la inversa de la resistència ($\vec{R}$).

L'**admitància** ($\vec{Y}$) que és la inversa de la impedància ($\vec{Z}$).

La **susceptància** $\left(\vec{B_L} \text{ o } \vec{B_C}\right)$ que són les inverses de la reactàncies $\left(\vec{X_L} \text{ o } \vec{X_C}\right)$

La unitat de mesura de la conductància, l'admitància i la susceptància és el siemens (S). $S = \frac{1}{\Omega}$

Per tant:

$$\frac{1}{\vec{Z}} = \frac{1}{\vec{R}} + \frac{1}{\vec{X_L}} + \frac{1}{\vec{X_C}} \quad \Rightarrow \quad \vec{Y} = \vec{G} + \vec{B_L} + \vec{B_C}$$

De totes formes el càlcul de la impedància amb les funcions inverses és una mica feixuc. Per aquest motiu podem utilitzem un camí més senzill a partir dels corrents que circulen per cada branca del circuit paral·lel.

$$\vec{I_R} = \frac{\vec{U}}{\vec{R}} \qquad \vec{I_L} = \frac{\vec{U}}{\vec{X_L}} \qquad \vec{I_C} = \frac{\vec{U}}{\vec{X_C}}$$

$$\vec{I} = \vec{I_R} + \vec{I_L} + \vec{I_C} = \vec{I_R} + \vec{I_X}$$

Com que $\vec{I_L}$ i $\vec{I_C}$ son dos vectors en sentit contrari, per fer la suma restarem el mòdul dels vectors i l'angle serà el de més valor (90º o -90º).

Finalment podem determinar la impedància.

$$\vec{Z} = \frac{\vec{U}}{\vec{I}}$$

Consideracions per resoldre problemes

- S'ha de vigilar si ens donen el valor de la bobina (L) i/o condensador (C) o la impedància (X_L o X_C)
- L'angle de les impedàncies X_L és de 90º i de les X_C és de -90º. La de R val 0º
- En un circuit sèrie la $\vec{U}$ està en fase φ = 0º
- El corrent $\vec{I}$ està endarrerit o avançat respecte $\vec{U}$ en funció que predomini X_L o X_C. Les bobines l'endarrereixen i els condensadors l'avancen .
- Quan és multipliquen dos vectors (expressats com mòdul argument) el mòdul es multiplica i l'argument es suma. Si s'han de dividir el mòdul es divideix i l'argument es resta.

$$X_{a^\circ} \cdot Y_{b^\circ} = (X \cdot Y)_{(a+b)^\circ} \qquad \frac{X_{a^\circ}}{Y_{b^\circ}} = \left(\frac{X}{Y}\right)_{(a-b)^\circ}$$

- Els problemes no sempre tenen perquè solucionar-se amb l'ordre de les preguntes.

- Els llibres no acostumen a posar el símbol de vector sobre les variables per problemes tipogràfics.

Exemple 1

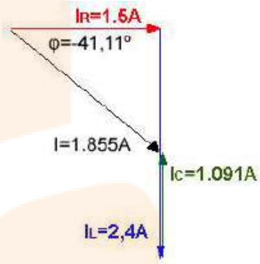
Un circuit paral·lel compost per una resistència R = 8 Ω, una bobina X_L = 5 Ω i *un condensador* X_C = 11 Ω està connectat a 12 V 50 Hz.

Calculeu:

La impedància i l'admitància total
El corrent en cada un dels elements
El corrent total

Un cop determinats els corrents, dibuixeu el diagrama d'intensitats

Tot i que primer ens demani la impedància i l'admitància començarem calculant els corrents i dibuixant el gràfic.



$$\vec{I}_R = \frac{\vec{U}}{\vec{R}} = \frac{12_{\,0°}}{8_{\,0°}} = 1{,}5_{\,0°}\ \text{A}$$

$$\vec{I}_L = \frac{\vec{U}}{\vec{X}_L} = \frac{12_{\,0°}}{5_{\,90°}} = 2{,}4_{\,-90°}\ \text{A}$$

$$\vec{I}_C = \frac{\vec{U}}{\vec{X}_C} = \frac{12_{\,0°}}{11_{\,-90°}} = 1{,}091_{\,+90°}\ \text{A}$$

$$\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_X = 1{,}5_{\,0°} + |2{,}4 - 1{,}091|_{-90°} = 1{,}5_{\,0°} + 1{,}309_{-90°}\ \text{A}$$

$$\vec{Z} = \frac{\vec{U}}{\vec{I}} = \frac{12_{\,0°}}{1{,}855_{\,-41{,}11°}} = 6{,}469_{\,41{,}11°}\ \Omega$$

$$\vec{G} = \frac{1}{\vec{Z}} = \frac{1}{6{,}469_{\,41{,}11}°} = 0{,}1546_{\,-41{,}11°}\ \text{S}$$

7. Resonància

La ressonància elèctrica és el fenomen que es produeix en un circuit en el que existeixen elements reactius (bobines i condensadors) quan és recorregut per un corrent altern d'una freqüència per la qual la reactància s'anul·la.

$X_L = X_C$

Si la bobina i el condensador estan en **sèrie** la intensitat vindrà limitat tan sols per la resistència que pugui haver-hi ja que:

$$\left.\begin{aligned} Z &= R + X_L + X_C \\ X_L + X_C &= 0 \end{aligned}\right\} Z = R$$

si no hi ha resistència la intensitat valdrà ∞

Si la bobina i el condensador estan en **paral·lel** la impedància es fa infinita i per tant no circularà cap corrent.

Freqüència de ressonància

Si substituïm el valor de les reactància a $X_L = X_C$ podrem determinar que la freqüència de ressonància valdrà:

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

Exemple 1
Calculeu la freqüència de ressonància d'un circuit amb una bobina de 0,2 H i un condensador de 100 nF connectats en paral·lel.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}2\cdot 100\cdot 10^{-9}}} = 1125\ Hz$$

En els circuits en ressonància o pròxims a la ressonància s'ha de vigilar ja que es poden crear tensions molt grans.

Exemple 2
Calculeu la tensió en la bobina d'un circuit sèrie (R = 1 Ω, X_L = 100 Ω, X_C = 100 Ω) connectat a un generador que subministra 50 V a la freqüència de ressonància.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{50}{1} = 50\ A$$

$$U_L = X_L \cdot I = 100\cdot 50 = 5000\ V$$

8. Potències

La potència en corrent altern depèn del tipus de receptor. Genèricament el valor de la potència val:

$$\vec{P} = \vec{U} \cdot \vec{I}$$

Per tant les haurem de diferenciar:

Potència activa (*P*)

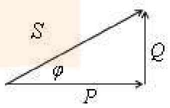
Es la potència real que un circuit pot realitzar en un procés de transformació de l'energia elèctrica en treball (mecànic, calorífic...). Aquesta potència és la que realment aprofiten els circuits.

Es mesura en **watt** [W]

El seu valor és:

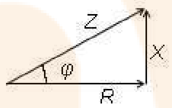
El *cos* φ és el **factor de potència** i correspon a la relació que hi ha entre la potència activa i l'aparent.

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



També és pot expressar com la relació entre la resistència i la impedància del circuit.

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$



Per circuits on sols hi han resistències, φ = 0º, per tant com que el cos φ = 1 la potència és $P = U \cdot I$

Potència reactiva (*Q*)

És deguda a l'existència de bobines i condensadors. És una potència fictícia ja que no produeix cap tipus de treball.

Es mesura en **voltampere reactius** [VAr]

El seu valor és:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

Per circuit on hi ha bobines i condensadors la potència de cada tipus s'ha de restar perquè estan desfasades entre elles 180º i per tant s'anul·len.

$$Q = Q_L - Q_C$$

Les companyies limiten o penalitzen per sobrepassar uns consums determinat d'energia reactiva ja que tenen que subministrar més energia de la facturada.

Potència aparent (*S*)

És la potència que s'ha de subministrar al circuit. Correspon la suma vectorial dels vectors de la potència activa i de la potència reactiva.

Es mesura en **voltampere** [VA]

Si ho calculem a partir del corrent i la tensió d'entrada.

$$S = U \cdot I$$

I amb la potencia activa i la reactiva.

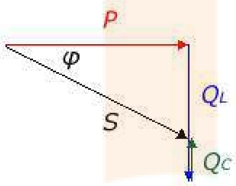
$$\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q} = \vec{P} + (\overrightarrow{Q_L} - \overrightarrow{Q_C})$$

Podem fer el calcul del mòdul d'aquest valor però no hem d'oblidar que es tracte d'un vector amb un angle determinat (φ).

Triangle de potències

És la representació gràfica de les potències.

Si considerem un circuit on hi ha R, L i C, una representació podria ser com la següent.



Consideracions per resoldre problemes

- Si ens fixem amb les unitats (W, VA o VAr), podrem saber de quin tipus de potència es tracte.
- En quan als rendiments, la potència aparent (S) és la d'entrada o consumida i la l'activa (P) és la de sortida o útil.
- No s'ha d'oblidar que estem treballant amb vectors i que els valors de U i I són un valor eficaç.

Exemple 1

Un circuit connectat a una xarxa domestica de 230 V 50Hz consumeix 25 A i té un factor de potència de 0,8. Determineu el valor de la potència activa, reactiva i aparent.

$$S = U \cdot I = 230 \cdot 25 = 5750\ VA$$

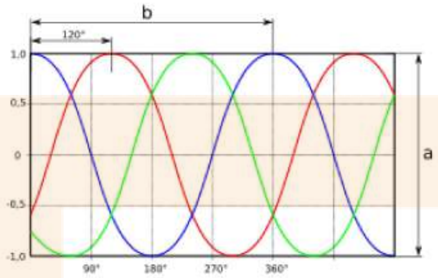
$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 230 \cdot 25 \cdot 0{,}8 = 4600\ W$$

Par calcular Q podríem buscar l'angle de φ a partir del factor de potència per desprès trobar sin φ però ho fem a partir de les altres potències.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$
$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{5750^2 - 4600^2} = 3450\ VAr$$

9. El corrent altern trifàsic

Son tres corrents alterns monofàsics de la mateixa freqüència i amplitud (valor eficaç) que presenten una diferència de fase entre elles, 120°, i estan en un ordre determinat.
Diem que està equilibrat quan els seus corrents són iguals i estan desfasats simètricament. Per aquests estudis considerarem tots el circuits com a equilibrats.



a- amplitud cresta a cresta
b- cicle o període (temps)

El sistema trifàsic presenta una sèrie d'avantatges com són l'economia de les seves línies de transport d'energia, així com el seu elevat rendiment dels receptors, especialment motors. Per aquests motius s'utilitza molt en industries.

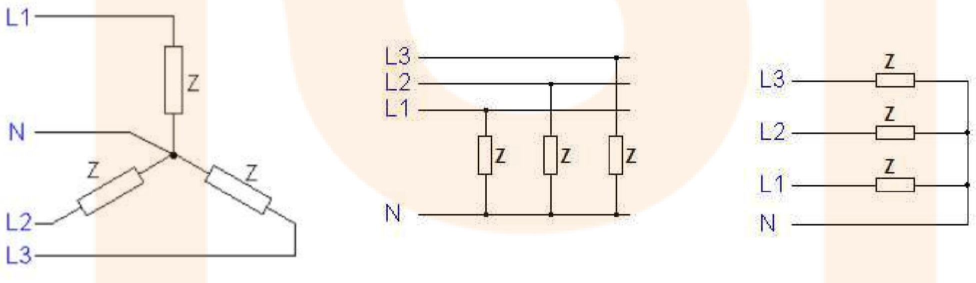
Les fases s'anomenen L1, L2, L3 (abans R, S, T).

Formes de connexió

Tant en la generació com en el consum del corrent trifàsic, els seus elements poden estar connectats de dos formes diferents.

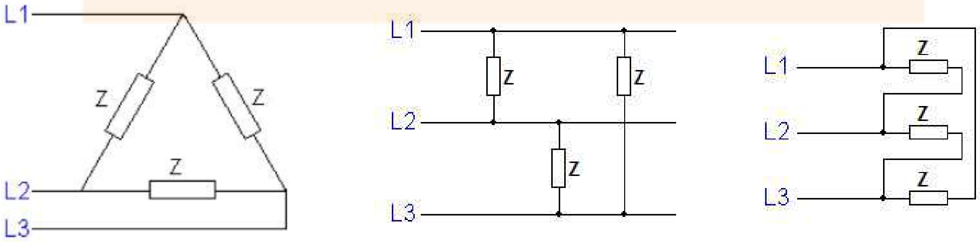
Connexió en estrella (Y)

Els extrems de cada impedància estan units en un punt comú que es denomina **neutre** (N) i els altres extrems de les impedàncies es connecten a les 3 línies trifàsiques (L1, L2, L3).



Connexió en triangle (Δ)

Les impedàncies estan unides una darrera l'altra i les línies se connecten en el punt on s'uneixen les bobines.



Tensions i corrents

Corrent de línia (I_L). És el corrent que circula per cada un dels cables (línies) d'entrada o sortida.
Tensió de línia (U_L). És la diferencia de potencial (tensió o voltatge) que hi ha entre línies.

La tensió o el corrent de línia (la que obtenim en la connexió a la xarxa elèctrica) també s'anomena composta.

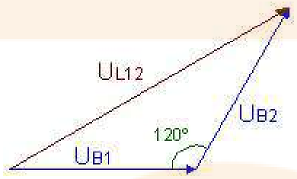
Corrent de branca (I_B). És el corrent que circula per cada una de les branques (impedància).
Tensió de branca (U_B). És la diferencia de potencial que hi ha entre extrem de les branques (impedància).

La tensió o el corrent de branca (la que afecta a cada impedància) també s'anomena simple o de fase.

En el cas particular dels motors, generadors i transformadors les impedàncies són bobines.

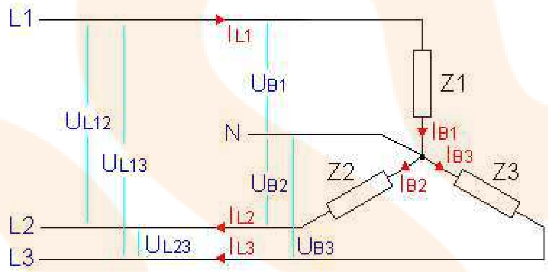
En la connexió en estrella la tensió (U_L) es reparteix entre les impedàncies (U_B). En ser una suma vectorial de dos vectors a 120º el seu valor val √3.

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_B$$



El corrent que entra per una línia (I_L) passa per una única impedància (I_B).

$$I_L = I_B$$



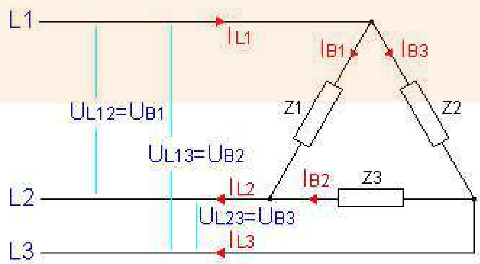
En un sistema equilibrat $I_N = I_{B1} + I_{B2} + I_{B3} = 0$

En la connexió en triangle la tensió de les línies (U_L) està aplicada directament a cada una de les impedàncies (U_B).

$$U_L = U_B$$

El corrent de línia (I_L) es reparteix entre les impedàncies (I_B). En ser una suma vectorial de dos vectors a 120º el seu valor val √3

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_B$$



Potència

La potencia en un sistema trifàsic, és la suma de les potencies de cada una de les fases independentment de que la connexió sigui en estrella o en triangle. Un cop sumades obtenim:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi \quad \text{en W}$$

$Q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin\varphi$ en VAr

$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$ en VA

i la relació entre elles manté la mateixa relació que les monofàsiques.

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

Exercici 1

Calculeu la tensió de branca d'un sistema trifàsic connectat en estrella a 400 V

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_B$$

$$\mathbf{U_B} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = \mathbf{230{,}9\ V}$$

Exercici 2

Un motor trifàsic de 5 kW amb un factor de potencia de 0,8 està connectat en estrella a una xarxa trifàsica de 400 V. Determineu la intensitat absorbida de la línia així com la potencia aparent i reactiva.

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi$$

$$\mathbf{I_L} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}8} = \mathbf{9{,}021\ A}$$

$$\mathbf{S} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 9{,}021 = \mathbf{6250\ VA}$$

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

$$\mathbf{Q} = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{6250^2 - 5000^2} = \mathbf{3750\ VAr}$$