OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES FORCÉES

I- LE COURANT ALTERNATIF

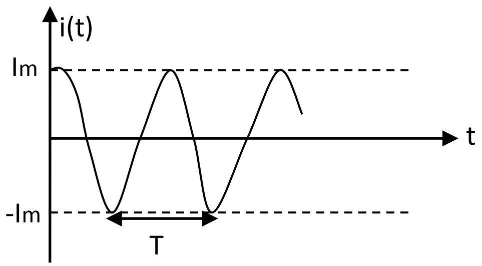
1- Définition

Un courant alternatif est un courant électrique qui change de sens deux fois par période.

2- Courant alternatif sinusoïdal et ses caractéristiques

2.1. Courant alternatif sinusoïdal

Un courant alternatif sinusoïdal est un courant dont l'intensité est une fonction sinusoïdale du temps telle que $i(t) = I_m.\sin\omega.t$. La tension électrique correspondante est de la forme $u(t) = U_m.\sin(\omega.t +)$.



2.2. Caractéristiques :

Les caractéristiques d'un courant alternatif sont :

I_m : intensité maximale ou amplitude de l'intensité ;

Um : tension maximale

Période $T = \frac{2\pi}{\omega}$ et fréquence $N = \frac{\omega}{2\pi}$.

φ déphasage entre courant et tension.

La fréquence du courant délivré par la SNE est N = 50 Hz.

3- Intensité et tension efficaces

3.1. Définitions

- L'intensité efficace d'un courant alternatif est l'intensité d'un courant continu qui fournit la même quantité de chaleur dans le même résistor pendant la même durée que le courant alternatif.
- La tension efficace est la d.d.p constante qu'il faut établir entre les bornes d'un résistor pour qu'il s'y produise pendant la même durée la même quantité de chaleur que celle produite par le courant alternatif.

3.2. Mesure :

Les instruments de mesure sont :

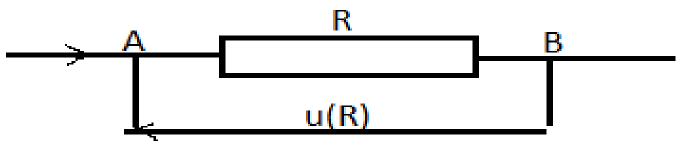
- L'ampèremètre pour l'intensité efficace
- Le voltmètre pour la tension efficace
- L'oscilloscope pur l'intensité maximale, la tension maximale, la période.
- Le multimètre utilisé en mode alternatif mesure la valeur efficace de la grandeur électrique mesurée.

Les valeurs efficaces et maximales sont liées par les relations :

$U = \frac{Um}{\sqrt{2}}$ et $I = \frac{Im}{\sqrt{2}}$.

II- LOIS D'OHM EN COURANT ALTERNATIF

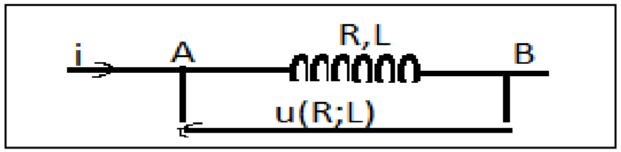
2.1. Aux bornes du conducteur ohmique ;



$u_{AB} = R_1.i = R_1.I_m.\sin\omega.t$

aux bornes d'un conducteur ohmique, la tension et l'intensité sont en phase c'est-à-dire $\varphi = 0$

2.2. Aux bornes d'une bobine resistive



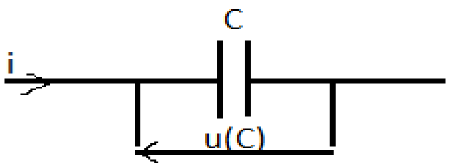
$u_{AB} = R.i + L\frac{di}{dt} = R.I_m.\sin\omega.t + L.\omega.\ I_m.\sin(\omega.t + \frac{\pi}{2})$

cas particulier d'une bobine non resistive: R = 0

d'où $u_{AB} = L\frac{di}{dt} = L.\omega.\ I_m.\sin(\omega.t +)$

aux bornes d'une bobine la tension est en avance de phase de $\frac{\pi}{2}$ rad sur l'intensité.

2.3. Aux bornes du condensateur



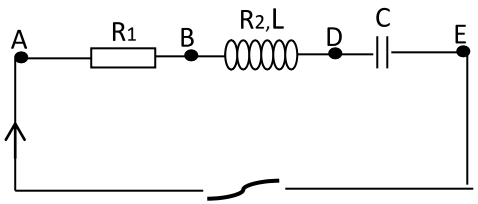
$u_C = \frac{q}{C}$, or $i = \frac{dq}{dt}$, d'où $q = \int i.dt \Rightarrow u_C = \frac{1}{C}\int i.dt$;

$u_C = \frac{1}{C.\omega}\ I_m.\sin(\omega.t. - \frac{\pi}{2})$

Aux bornes d'un condensateur; la tensión est en retard de phase de $-\frac{\pi}{2}$ rad sur l'intensité.

III- LE CIRCUIT RLC SÉRIE EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCÉ

3.1. Étude expérimentale



L'observation de la tension et d'intensité à l'oscilloscope permet de constater entre autres les faits suivants :

- L'intensité du courant varie avec la même fréquence que celle de la tension ;
- L'intensité efficace I varie avec la tension efficace U c'est-à-dire U = Z.I ;
- La tension et l'intensité présentent une différence de phase.

Ainsi, si $i(t) = I_m.\sin\omega.t$, alors $u(t) = U_m.\sin(\omega.t + \rho)$; ρ étant le déphasage entre courant et tension.

La loi d'additivité des tensions implique : $u_{AE} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DE}$.

$u_{AE} = (R_1 + R_2)\ I_m.\sin\omega.t + L.\omega.\ I_m.\sin(\omega.t + \frac{\pi}{2}) + \frac{1}{C.\omega}\ I_m.\sin(\omega.t - \frac{\pi}{2})$.

En posant $R = R_1 + R_2$, cette expression devient :

$u_{AE} = R\ I_m.\sin\omega.t + L.\omega.\ I_m.\sin(\omega.t + \frac{\pi}{2}) + \frac{1}{C.\omega}\ I_m.\sin(\omega.t - \frac{\pi}{2})$.

3.2. Construction de Fresnel

Associons un vecteur de Fresnel à chacune des fonctions sinusoïdales précédentes. Le vecteur résultant $\overrightarrow{MQ}$ peut ainsi s'écrire :

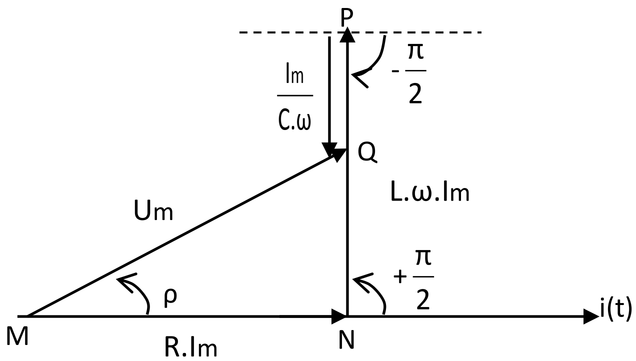
$\overrightarrow{MQ} = \overrightarrow{MN} + \overrightarrow{NP} + \overrightarrow{PQ}$.

$\overrightarrow{MN}$ est le vecteur associé à la fonction R Im.sinω.t ;

$\overrightarrow{NP}$ est le vecteur associé à la fonction + L.ω. Im.sin(ω.t + $\frac{\pi}{2}$) ;

$\overrightarrow{PQ}$ est le vecteur associé à la fonction $\frac{Im}{C.\omega}$.sin(ω.t - $\frac{\pi}{2}$)

Enfin $\overrightarrow{MQ}$ est le vecteur associé à la fonction imposée Um.sin(ω.t + Ψ).



3.2.1. Caractéristiques

➢ **Impédance**

En considérant le triangle $\widehat{MNQ}$, on peut déterminer l'hypoténuse MQ telle que : $(MQ)^2 = (MN)^2 + (NQ)^2$, soit

$$Um^2 = (R.Im)^2 + \left(L.\omega.\omega. - \frac{Im}{C\omega}\right)^2 \text{ ou } Um = \left(\sqrt{R^2 + \left(L.\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}\right) Im$$

Or Um = Z.Im, d'où $\mathbf{Z} = \sqrt{\mathbf{R}^2 + \left(\mathbf{L.\omega} - \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{C\omega}}\right)^2}$: c'est l'impédance du circuit RLC.

$L.\omega - \frac{1}{C\omega}$ est appelée réactance du circuit ;

L.ω : réactance d'induction ;

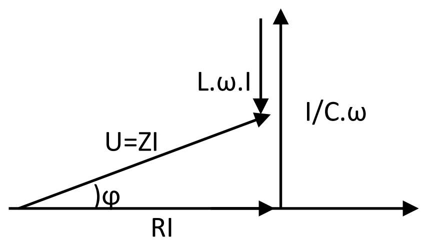
$\frac{1}{C.\omega}$: réactance de capacité.

L'unité de la réactance est le Ohm (Ω).

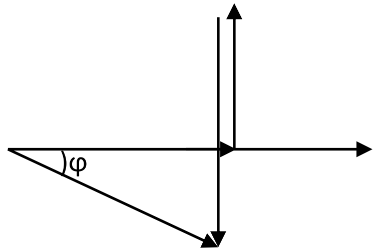
➢ **Phase**

$$\tan\varphi = \frac{L.\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \quad \text{ou} \quad \cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

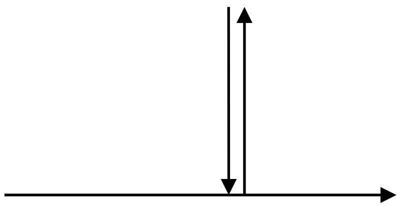
4. Si φ > 0, alors la tension u(t) est en avance de phase sur l'intensité i(t). On dit que le circuit est inductif L.ω > $\frac{1}{C.\omega}$.



5. Si < 0, alors la tension est en retard de phase sur l'intensité. On dit que le circuit capacitif $L.\omega < \frac{1}{C.\omega}$.



6. Si φ = 0, alors R = Z car $L.\omega = \frac{1}{C.\omega}$. La tension et l'intensité sont en phase. Le circuit est résonant.



4. Quelques cas particuliers

- **Cas d'une bobine d'inductance L et de résistance r.**

$Zb = \sqrt{r^2 + (L.\omega)^2}$ et $\tan\varphi = \frac{L.\omega}{r}$

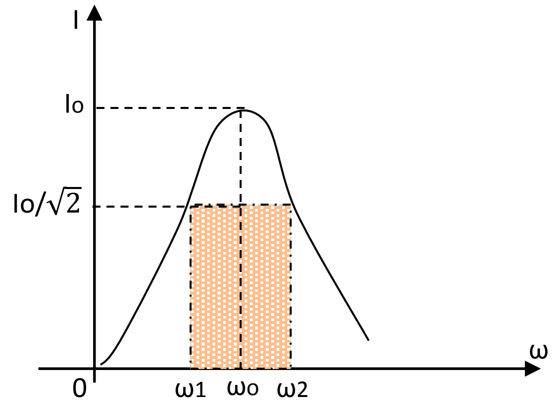
- **Cas d'un conducteur ohmique associé à un condensateur**

$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$ et $\tan\varphi = -\frac{1}{R.C.\omega}$

5. Résonance d'intensité

La résonance d'intensité a lieu lorsque $\omega = \omega_o$ telle que $L.\omega = \frac{1}{C.\omega}$ ⇔ $L.C.\omega^2 = 1$, ce qui conduit à $\boldsymbol{\omega = \omega_o = \frac{1}{\sqrt{L.C}}}$.. Dans ce cas :

- L'intensité et la tension sont en phase φ = 0 ;
- l'intensité I passe par un maximum : $I_0 = \frac{U}{R}$;
- l'impédance Z est minimale soit $\cos\varphi = \frac{Z}{R} = 1 \Rightarrow: Z = R$
- La tension efficace aux bornes de la bobine est égale à la tension efficace aux bornes du condensateur : $U_B = U_C$



IV- PUISSANCE EN RÉGIME SINUSOÏDAL FORCÉ

La puissance moyenne P = U.I.cos φ.

Le terme U.I est appelé puissance apparente dont l'unité est le Volt-Ampère (V.A) et cos φ le facteur de puissance.

Comme $\cos\varphi = \frac{Z}{R}$ et U = Z.I, alors $P = RI^2$. On conclut que la puissance moyenne reçue est consommé par effet joule dans la résistance, de la chaleur est transférée au milieu extérieur.