

PUISSANCES EN RÉGIME SINUSOÏDAL

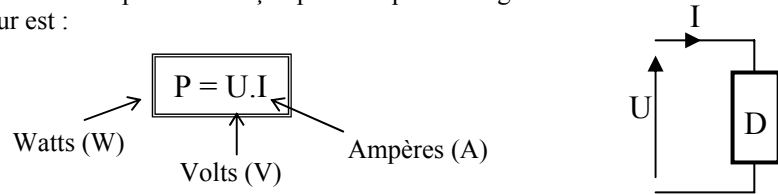
OBJECTIFS

- Observer le chronogramme de la puissance instantanée absorbée par un dipôle en régime sinusoïdal et ainsi, appréhender la notion de puissance active (puissance moyenne).
- Trouver la relation entre la puissance active fournie par un générateur et les puissances actives absorbées par les récepteurs.
- Introduire la notion de facteur de puissance après avoir défini la puissance apparente.
- Découvrir plusieurs méthodes de mesure de la puissance active.

I- PUISSANCE INSTANTANÉE

1- Utilisation de la relation vue en régime continu

La définition de la puissance reçue par un dipôle en régime continu et en convention récepteur est :



Avec la convention récepteur, le comportement du dipôle est le suivant :

- si $p = ui > 0$, alors le dipôle reçoit la puissance (récepteur)
- si $p = ui < 0$, alors le dipôle fournit la puissance (générateur).

En régime sinusoïdal, la tension et le courant sont variables dans le temps, la puissance porte donc le nom de puissance instantanée et la relation devient :

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

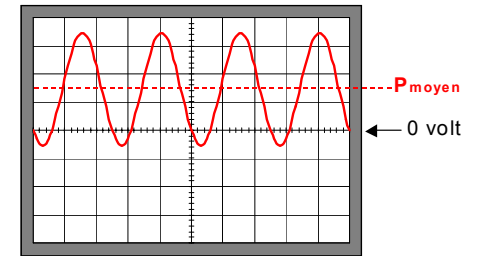
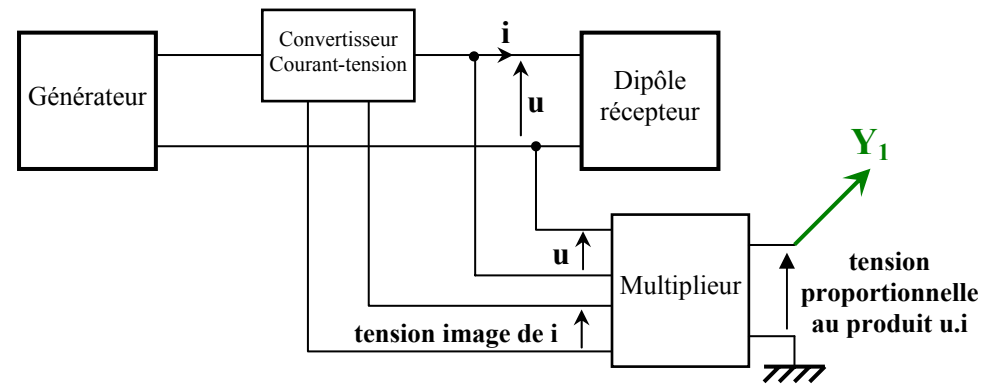
Si la tension et le courant sont variables, la puissance sera aussi variable dans le temps.

2- Expérience

Les deux circuits suivants sont très utilisés en électronique :

- le convertisseur courant → tension,
- le multiplieur de tension.

Nous allons utiliser ces deux circuits pour visualiser la puissance instantanée sur l'écran d'un oscilloscope (schéma suivant):



L'oscillogramme est représenté ci-contre :

Observations : On constate que la puissance varie aussi de façon sinusoïdale et comporte une valeur moyenne non nulle.

Interprétation : on a $u(t) = U\sqrt{2} \cos(\omega t)$ et $i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t - \varphi)$

$$\Rightarrow p(t) = 2UI \cos(\omega t) \cos(\omega t - \varphi)$$

$$\Rightarrow p(t) = UI \cos \varphi - UI \cos(2\omega t - \varphi).$$

Le terme : $UI \cos \varphi$ est indépendant du temps (valeur moyenne).

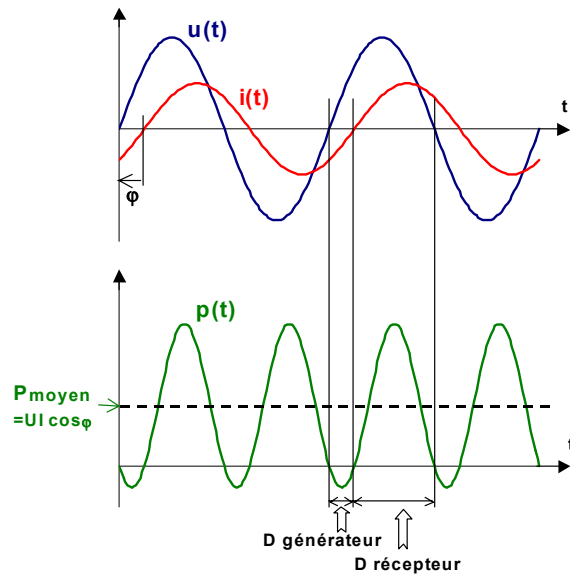
Le terme : $UI \cos(2\omega t - \varphi)$ représente la partie variable de la puissance.

Remarque : La puissance instantanée peut, à des instants précis, être négative et dans ce cas le dipôle récepteur devient générateur (circuits inductifs ou capacitifs).

II- PUISSANCE ACTIVE

1- Définition

Observons en détail les chronogrammes relatifs à $u(t)$, $i(t)$ et $p(t)$ de l'expérience précédente :



La puissance active P est la **valeur moyenne** de la puissance instantanée $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

En régime sinusoïdal, on a :

$$P = U I \cos \varphi$$

watts (W)
volts (V)
ampères (A)
déphasage
(retard de i par rapport à u)

Remarque : Dans le cas d'un dipôle passif, P est positive ($\cos \varphi > 0$). Le dipôle est donc **globalement récepteur** même si, à certains instants, il peut être générateur.

2- Dipôles élémentaires

① Résistance R : $\cos \varphi = 1$ (car $\varphi = 0$) et $U = RI$
 $\Rightarrow P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$.

② Inductance L : $\cos \varphi = 0$ (car $\varphi = 90^\circ$)
 $\Rightarrow P = 0$.

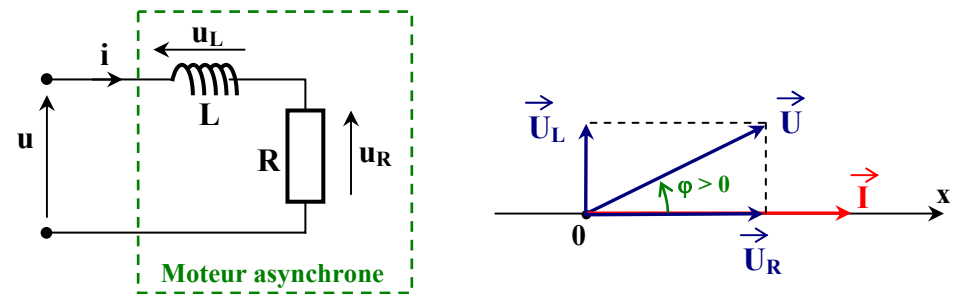
Un dipôle purement inductif n'absorbe pas de puissance active.

③ Capacité C : $\cos \varphi = 0$ (car $\varphi = -90^\circ$)
 $\Rightarrow P = 0$.

Un dipôle purement capacitif n'absorbe pas de puissance active.

Exemple :

Calculons la puissance active absorbée par un moteur asynchrone (courant alternatif) modélisé par une inductance $L = 0,5H$ en série avec une résistance $R = 300\Omega$. Le moteur est alimenté par le réseau (230V ; 50Hz).



On a $P = U I \cos \varphi$ avec $I = \frac{U}{Z}$ ($Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$) et $\tan \varphi = \frac{L\omega}{R}$.

① $I = \frac{230}{\sqrt{300^2 + (0,5 \times 2\pi \times 50)^2}} \approx 0,679 \text{ A}$.

② $\cos \varphi = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{L\omega}{R}\right)\right) = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{0,5 \times 2\pi \times 50}{300}\right)\right) \approx 0,89$.

$\Rightarrow P = U I \cos \varphi = 230 \times 0,679 \times 0,89 \approx 139 \text{ W}$.

3- Puissance active absorbée par un ensemble de récepteurs

Considérons une installation électrique comportant un générateur et plusieurs récepteurs.

De par le principe de conservation de l'énergie et donc de la puissance, on peut affirmer que la puissance active fournie (ou absorbée) par le générateur est égale à la somme des puissances actives absorbées (ou fournies) par les récepteurs :

$$P_{\text{générateur}} = P_{\text{récepteur1}} + P_{\text{récepteur2}} + P_{\text{récepteur3}} + \dots$$

Retour à l'exemple du moteur :

Recalculons la puissance active absorbée par le moteur :

$$P = P_R + P_L = RI^2 + 0 = 300 \times 0,679^2 \approx \mathbf{139 \text{ W}}$$

L'inductance n'absorbe pas de puissance active ($P_L = 0$).

⇒ Dans la modélisation d'une machine électrique, la puissance dissipée dans les résistances symbolise la puissance active absorbée par la machine.

II- PUISSANCE APPARENTE

1- Introduction

Pour un récepteur, si le terme $\cos\phi$ n'est pas connu, on ne peut évaluer le courant efficace I absorbé.

Par contre, si produit $U \cdot I$ est connu, il est alors possible d'en déduire la valeur I .

2- Définition

La puissance apparente (notée S) est le produit des valeurs efficaces U et I .

C'est une grandeur théorique qui n'a pas d'existence physique en tant que puissance et son unité sera le voltampère (VA) :

$$S = U I$$

voltampères (VA) volts (V) ampères (A)

Exemple du moteur :

Pour le moteur déjà étudié, $S = UI = 230 \times 0,679 \approx \mathbf{156 \text{ VA}}$.

Admettons qu'on utilise la puissance active pour caractériser le générateur alimentant le moteur :

On a donc $P_{\text{généré}} \approx 139 \text{ W}$ ce qui nous donnerait en régime continu :

$$I_{\text{généré}} = \frac{P_{\text{généré}}}{U} = \frac{139}{230} \approx 600 \text{ mA} \quad \text{mais on a } I_{\text{moteur}} \approx 679 \text{ mA}.$$

⚠ La seule considération de la puissance active des récepteurs pour dimensionner un générateur conduit à une mauvaise estimation du courant.

Par contre, si on considère $S_{\text{moteur}} = 156 \text{ VA}$, on aura $I_{\text{généré}} = \frac{S_{\text{généré}}}{U} = \frac{156}{230} \approx 679 \text{ mA}$.

Remarque : Le principe de conservation de l'énergie ne s'applique pas aux puissances apparentes et on a :

$$S_{\text{générateur}} \neq S_{\text{récepteur1}} + S_{\text{récepteur2}} + S_{\text{récepteur3}} + \dots$$