

Conversion de puissance 1

Puissance électrique en régime sinusoïdal

COMPÉTENCES

A la fin de ce chapitre, je saurai :

- Définir le facteur de puissance, faire le lien avec la représentation des tensions et des courants sur un diagramme de Fresnel.
- Citer et exploiter la relation $P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \phi$.
- Citer et exploiter les relations : $P = \Re_e(Z) I_{\text{eff}}^2$ et $P = \Re_e(Y) U_{\text{eff}}^2$.
- Justifier qu'un dipôle purement réactif n'absorbe aucune puissance en moyenne.

RÉSUMÉ DU COURS

1 Distinguer les grandeurs

1.1 Grandeur instantanée

La grandeur instantanée est la valeur d'une grandeur à un instant en particulier.

EXEMPLE

$u(t), i(t)$

1.2 Différents régimes

Il existe différents régimes :

- le régime permanent dans lequel les grandeurs instantanées sont constantes
- le régime sinusoïdal
- le régime périodique dans lequel les grandeurs sont des fonctions périodiques du temps et dont le régime sinusoïdal est un cas particulier. Dans le régime périodique, tout signal peut être décomposé en série de Fourier, c'est-à-dire comme une somme de signaux sinusoïdaux.
- le régime transitoire

1.3 Amplitude

L'amplitude pic à pic est la différence entre la valeur la plus haute et la valeur la plus basse.

L'amplitude est la moitié de l'amplitude pic à pic.

SCHÉMA Amplitude et amplitude pic à pic

1.4 Valeur moyenne

La valeur moyenne est définie pour les signaux périodiques. La valeur moyenne est la valeur autour de laquelle évolue le signal.

Valeur moyenne

Hypothèses s est périodique

Avec

$$\langle s \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) dt$$

- s est un signal périodique quelconque
- T est la période de s (en s)

SCHÉMA Valeur moyenne

Valeur moyenne d'un signal sinusoïdal

Avec

$$\langle S \cos(\omega t + \varphi) \rangle = 0$$

- S l'amplitude
- ω la pulsation (en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$)
- t le temps (en s)
- φ la phase à l'origine (en rad)

1.5 Valeur efficace

Valeur efficace

Hypothèses s est périodique

Avec

$$S_{\text{eff}} = \sqrt{\langle s^2(t) \rangle}$$

- S_{eff} la valeur efficace de s (même unité que s)
- s un signal périodique quelconque

La valeur efficace de la tension délivrée aux foyers par ENEDIS est 230 V.

En électricité, la valeur efficace d'une tension est la tension continue qui, si elle était appliquée aux bornes d'un résistor, y dissiperait la même puissance par effet Joule.

APPLICATION

Calculer la résistance d'un radiateur de 1 kW.

En électricité, la valeur efficace d'un courant est le courant continu qui, s'il était appliqué aux bornes d'un résistor, y dissiperait la même puissance par effet Joule.

APPLICATION

Calculer le courant qui circule dans un radiateur de 1 kW.

Hypothèses s est sinusoïdal, de valeur moyenne nulle

Avec

- $s(t) = S \cos(\omega t + \varphi)$ la valeur instantanée
- S_{eff} la valeur efficace
- S l'amplitude

$$S_{\text{eff}} = \frac{S}{\sqrt{2}}$$

APPLICATION

Calculer l'amplitude de la tension délivrée aux foyers par ENEDIS.

2 Puissance reçue par un dipole

La puissance instantanée reçue par un dipole est $p(t) = u(t)i(t)$ en convention récepteur.

2.1 Puissance moyenne reçue par un dipôle purement réactif

Puissance moyenne reçue par un condensateur

Hypothèses

- En régime périodique.
- Pour un condensateur.

Avec $p_C(t)$ la puissance instantanée reçue par un condensateur (en W)

$$\langle p_C \rangle = 0$$

Puissance moyenne reçue par une bobine

Hypothèses

- En régime périodique.
- Pour une bobine.

Avec $p_L(t)$ la puissance instantanée reçue par une bobine (en W)

$$\langle p_L \rangle = 0$$

2.2 Puissance moyenne reçu par un dipôle purement résistif

Puissance moyenne reçue par un résistor



Hypothèses

- En régime périodique.
- Pour un résistor.

Avec

- $p_R(t)$ la puissance instantanée reçue par un résistor (en W)
- U_{eff} la tension efficace aux bornes du résistor (en V)
- I_{eff} le courant efficace traversant résistor (en A)
- R la résistance du résistor (en Ω)

$$\langle p_R \rangle = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} = RI_{\text{eff}}^2$$

APPLICATION



Calculer la résistance d'un lampe halogène (assimilée à un résistor) de 420 W.

3 Puissance en régime sinusoïdal

En électricité, on appelle régime sinusoïdal le régime dans lequel les tensions et les courants sont des fonctions sinusoïdales (sans valeurs moyennes) du temps : $u(t) = U \cos(\omega t + \varphi_u)$ et $i(t) = I \cos(\omega t + \varphi_i)$. La puissance $p(t) = u(t)i(t)$ peut comporter une valeur moyenne non nulle.

3.1 Notations complexes

Aux grandeurs sinusoïdales, on peut associer des grandeurs complexes permettant de faciliter les calculs. À $s(t) = S \cos(\omega t + \varphi)$, on associe $\underline{s}(t) = S e^{j(\omega t + \varphi)} = \underline{S} e^{j\omega t}$. La grandeur $\underline{S} = S e^{j\varphi}$ est appelée amplitude complexe.

SCHÉMA Diagramme de Fresnel

Pour passer d'une grandeur complexe \underline{s} à une grandeur s , on prend la partie réelle : $s = \Re_e(\underline{s})$.

3.2 Grandeurs caractéristiques d'un dipôle

L'impédance est $\underline{Z} = \frac{U}{I}$.

La résistance R est la partie réelle de l'impédance.

La réactance X est la partie imaginaire de l'impédance.

L'admittance \underline{Y} est l'inverse de l'impédance. L'admittance se mesure en siemens.

APPLICATION



Donner l'impédance et exprimer la résistance, la réactance et l'admittance pour un résistor, un condensateur et une bobine.

Un dipole dont la réactance est positive est dit inductif. Un dipole dont la réactance est négative est dit capacitif.

Un dipole de résistance nulle est dit purement réactif.

SCHÉMA Diagramme de Fresnel pour un dipole inductif et un dipole capacitif.

3.3 Puissance moyenne reçue par un dipole

Puissance moyenne reçue par un dipole en régime sinusoïdal



Hypothèses

- En régime sinusoïdal.
- Le dipole est linéaire.

$$P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$$

Avec

- P la puissance moyenne reçue par le dipole (en W)
- U_{eff} la valeur efficace de la tension aux bornes du dipole (en V)
- I_{eff} la valeur efficace du courant traversant dipole (en A)
- $\cos \varphi$ le facteur de puissance (sans unité)
- $\varphi = \arg \underline{Z}$ (en rad)
- \underline{Z} l'impédance du dipole (en Ω)

APPLICATION



Une habitation qu'on modélise par une impédance \underline{Z} est alimentée via des câbles de résistance r par une source de tension. Exprimer le courant en fonction de la valeur efficace U_{eff} aux bornes de l'habitation, de la puissance qu'elle consomme et de son facteur de puissance. En déduire la puissance moyenne perdue par effet Joule dans les câbles.

Le facteur de puissance a un effet important car pour une même puissance et une même tension, le courant sera d'autant plus grand que le facteur de puissance est petit, ce qui entraîne des pertes par effet Joule. Les fabricants cherchent à rapprocher le facteur de puissance de 1.

Puissance moyenne reçue par un dipole en régime sinusoïdal



Hypothèses

- En régime sinusoïdal.
- Le dipole est linéaire.

$$P = \Re_e(\underline{Z}) I_{\text{eff}}^2$$

Avec

- P la puissance moyenne reçue par le dipole (en W)
- I_{eff} la valeur efficace du courant traversant dipole (en A)
- \underline{Z} l'impédance du dipole (en Ω)

On modélise un appareil électroménager de 2100 W par une impédance $Z = 20 \Omega + 10 \Omega j$. Calculer le courant efficace le traversant.

Puissance moyenne reçue par un dipole en régime sinusoïdal

Hypothèses

- En régime sinusoïdal.
- Le dipole est linéaire.

Avec

- P la puissance moyenne reçue par le dipole (en W)
- U_{eff} la valeur efficace de la tension aux bornes du dipole (en V)
- \underline{Y} l'admittance du dipole (en S)

$$P = \Re_e(\underline{Y}) U_{\text{eff}}^2$$

On modélise un appareil par une impédance $Z = 20 \Omega + 10 \Omega j$. Calculer son admittance puis la puissance moyenne qu'il reçoit.

TD

1 Séchoir électrique

Le circuit d'alimentation d'un séchoir électrique est composé d'une résistance R branchée en parallèle avec une branche comprenant une bobine d'inductance L et d'une résistance r . Le circuit est alimenté avec le secteur (230 V efficace, 50 Hz). Le séchoir admet 3 modes de fonctionnement : mode froid F , mode I et mode II . On donne le tableau suivant :

Mode	F	I	II
Puissance moyenne absorbée (W)	520	2800	10000
Déphasage de la tension par rapport au courant total	ϕ_F	ϕ_I	$\phi_{II} = 5^\circ$
R	∞	R_I	R_{II}

1. Faire le schéma du montage.
2. Tracer les chronogrammes de $u(t)$ et $i(t)$ pour les trois modes de fonctionnement, $i(t)$ représentant le courant total.
3. Déterminer R_I et R_{II} , et les calculer numériquement.
4. En utilisant le mode F , montrer que $(L\omega)^2 + r^2 = 102r$.
5. Montrer que $\tan \phi = \frac{L\omega R}{Rr + r^2 + L^2\omega^2}$.
6. Calculer ϕ_F puis ϕ_I .

2 Relèvement du facteur de puissance

Une installation industrielle comporte en parallèle deux machines assimilées à des impédances inductives qui consomment respectivement les puissances $P_1 = 2000$ W avec un facteur de puissance $\cos \phi_1 = 0,6$ et $P_2 = 3000$ W avec un facteur de puissance $\cos \phi_2 = 0,7$, en parallèle desquelles sont branchées des lampes consommant au total une puissance $P_L = 2000$ W. Les lampes sont assimilées à des résistances.

La tension aux bornes de l'installation est sinusoïdale de fréquence $f = 50$ Hz et sa valeur efficace est 230 V.

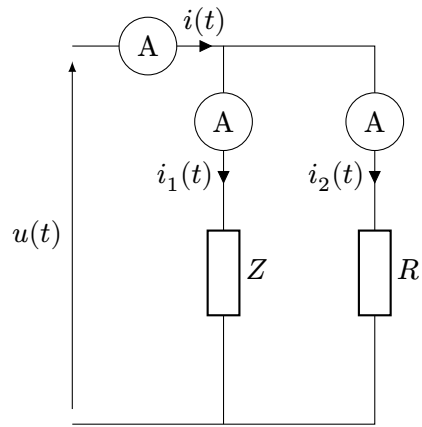
1. Calculer le facteur de puissance et la valeur efficace du courant consommé par l'installation complète et commenter le résultat.
2. Pour réduire les pertes en lignes, on ajoute un condensateur à l'installation. Doit-on l'ajouter en parallèle ou en série ?
3. Calculer la valeur du condensateur pour ramener le facteur de puissance à 1.

3 Méthode des trois ampèremètres

On considère le montage ci-dessous qui utilise une résistance étalon R connue pour déterminer expérimentalement le facteur de puissance d'une impédance Z .

Les grandeurs $i(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$, et $u(t)$ sont sinusoïdales de valeurs efficaces respectives I , I_1 , I_2 et U .

1. Exprimer le facteur de puissance $\cos \phi_1$ du dipole Z en fonction de I_1 , I_2 et I .



Un abonné d'EDF dispose d'un radiateur électrique qui est parcouru par 12 A efficace quand il est branché seul et d'un moteur qui est parcouru par 30 A efficace dans les mêmes conditions. Lorsqu'il branche les deux, le courant efficace totale est 40 A.

- Calculer $\cos \phi_1$.