

Conversion de puissance 1

Puissance électrique en régime sinusoïdal

Compétences

- ❑ 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 $P = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$.
- ❑ Citer et exploiter les relations : $P = \text{Re}(\underline{Z}) I_{\text{eff}}^2$ et $P = \text{Re}(\underline{Y}) U_{\text{eff}}^2$.
- ❑ Justifier qu'un dipôle purement réactif n'absorbe aucune puissance en moyenne.

Questions de cours des interrogations orales

- ❑ Définir la valeur moyenne et la valeur efficace. Déterminer la valeur moyenne et la valeur efficace de $S \cos(\omega t + \varphi)$.
- ❑ Déterminer en régime périodique la puissance moyenne reçue par un condensateur, une bobine et un résistor.
- ❑ En régime sinusoïdal, exprimer la puissance reçue par un dipôle d'impédance Z en fonction de du facteur de puissance, puis de l'impédance et enfin de l'admittance.

Entraînements

- ❑ [19.1](#) ❑ [19.2](#) ❑ [19.3](#) ❑ [19.4](#) ❑ [19.5](#) ❑ [19.6](#) ❑ [19.7](#) ❑ [19.8](#) ❑ [19.9](#) ❑ [19.10](#) ❑ [19.11](#)

Exercices

- ❑ [Exercice 1](#) ❑ [Exercice 2](#) ❑ [Exercice 3](#) ❑ [Exercice 4](#) ❑ [Exercice 5](#) ❑ [Exercice 6](#)

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.

SCHEMA : 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

Hypothèse : s est périodique

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

Avec

- T la période (s)

SCHÉMA : Valeur moyenne

Valeur moyenne d'un signal sinusoïdal



Hypothèse : s est sinusoïdal

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

Avec

- T la période (s)
- S l'amplitude
- ω la pulsation (rad s^{-1})
- φ la phase à l'origine (rad)

1.5. Valeur efficace

Valeur efficace



Hypothèse : s est périodique

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

Avec

- S_{eff} la valeur efficace

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.

Valeur efficace d'un signal sinusoïdal



Hypothèse : s est sinusoïdal, de valeur moyenne nulle

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

Avec

- S l'amplitude
- S_{eff} la valeur efficace

APPLICATION



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

2. Puissance reçue par un dipôle

La puissance instantanée reçue par un dipôle 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

♥ 6

Hypothèses :

- En régime périodique
- Pour un condensateur

Avec

- p_C la puissance instantanée reçue par un condensateur (W)

$$\langle p_C \rangle = 0$$

Puissance moyenne reçue par une bobine

♥ 7

Hypothèses :

- En régime périodique
- Pour une bobine

Avec

- p_L la puissance instantanée reçue par une bobine (W)

$$\langle p_L \rangle = 0$$

2.2. Puissance moyenne reçue par un dipôle purement résistif

Puissance moyenne reçue par un résistor

♥ 8

Hypothèses :

- En régime périodique
- Pour un résistor

Avec

- p_R la puissance instantanée reçue par un résistor (W)
- U_{eff} la valeur efficace de la tension (V)
- R la résistance (Ω)
- I_{eff} la valeur efficace du courant (A)

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

APPLICATION

9

Calculer la résistance de la lampe halogène (assimilée à un résistor) en photo.



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 : $s = \text{Re}(\underline{s})$.

3.2. Grandeurs caractéristiques d'un dipole

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

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

10

Donner l'impédance et exprimer la résistance, la réactance et l'admittance pour un résistor, un condensateur et une bobine. Les réponses seront représentées sous la forme d'un tableau.

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

11

Hypothèses :

- En régime sinusoïdal
- Le dipole est linéaire

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

Avec

- U_{eff} la valeur efficace de la tension (V)
- I_{eff} la valeur efficace du courant (A)
- φ la phase à l'origine (rad)
- $\cos(\varphi)$ le facteur de puissance (sans unité)
- $\underline{Z}$ l'impédance (Ω)
- P la puissance moyenne reçue par le dipole (W)

APPLICATION

12

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.

La vidéo du lien ci-dessous debunk un boîtier sensé améliorer le facteur de puissance dans les habitations.



<https://www.youtube.com/watch?v=1FLwy4XPBg0>

Puissance moyenne reçue par un dipole en régime sinusoïdal

13

Hypothèses :

- En régime sinusoïdal
- Le dipole est linéaire

Avec

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

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

APPLICATION

14

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

15

Hypothèses :

- En régime sinusoïdal
- Le dipole est linéaire

Avec

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

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

APPLICATION

16

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

Exercices

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	2 800	10 000
Déphasage de la tension par rapport au courant total	φ_F	φ_I	$\varphi_{II} = 5^\circ$
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 $\tan \varphi = \frac{L\omega R}{Rr + r^2 + L^2\omega^2}$.

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 $P_1 = 2\,000$ W avec un facteur de puissance $\cos \varphi_1 = 0,6$ et $P_2 = 3\,000$ W avec un facteur de puissance $\cos \varphi_2 = 0,7$, en parallèle desquelles sont branchées des lampes consommant au total une puissance $P_L = 2\,000$ 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 $U_{\text{eff}} = 230$ V.

1/ Calculer le facteur de puissance et la valeur efficace du courant consommé par l'installation complète et commenter le résultat.

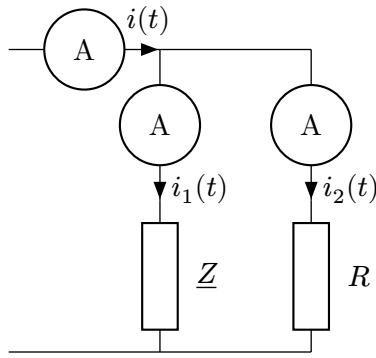
2/ Pour réduire les pertes en lignes, on ajoute un condensateur à l'installation. Doit-on l'ajouter en parallèle ou en série ?

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



1/ Exprimer le facteur de puissance $\cos \varphi_1$ du dipole $\underline{Z}$ 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 40 A efficace dans les mêmes conditions. Lorsqu'il branche les deux, le courant efficace total est 40 A.

2/ Calculer le facteur de puissance du moteur.

4. 🤔 Compensateur de puissance réactive ★

Cet exercice est un problème ouvert. Il nécessite de prendre des initiatives et de faire des choix dans la modélisation. Des approximations et des estimations sont souvent nécessaires pour arriver à une solution.

En France, le réseau électrique a une tension efficace de 230 V et une fréquence de 50 Hz. En Corée du Sud, la tension efficace est de 220 V et la fréquence de 60 Hz.

Un appareil modélisé par une bobine réelle consomme 2000 W et a un facteur de puissance de $8.0 \cdot 10^{-1}$ en France.

Quelle puissance consommera l'appareil en Corée du Sud si on le branche directement sur le réseau coréen ? Quel sera son facteur de puissance ?

5. 💬 J'explique à mon grand-père : Transport de l'électricité en haute tension

Le but de cet exercice est de vous faire expliquer un concept/phénomène avec des mots simples et courants (pas de vocabulaire technique ou scientifique) à une personne de votre entourage. Tachez de faire simple et court, utilisez des analogies avec des choses connues. Vous pouvez vous inspirer de Ma thèse en 180 secondes. Profitez-en pour prendre des nouvelles !

Pourquoi l'électricité est-elle transportée en haute tension sur de longues distances ?

6. 💻 Computing effective values

With the help of Python, calculate the effective (RMS) values of the following periodic signals.

The function `quad` from the `scipy.integrate` module may be useful for performing the necessary integrations. It takes as arguments a function, a lower bound, and an upper bound, and returns the value of the integral over that interval.

1/ $s_1(t) = 10 \cos(20\pi t + \frac{\pi}{2})$. Compare your result with the known formula for a sinusoidal signal.

2/ $s_2(t) = \cos^2(\pi t)$. Compare your result with the known formula for a sinusoidal signal.

3/ A triangular wave centered around zero with a peak value of 5 V and a period of 2 ms.