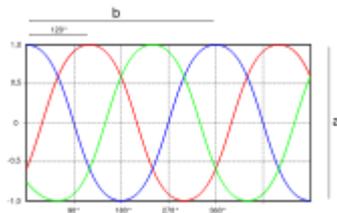


TRIPHASE

Le triphasé est un système de trois tensions sinusoïdales de même fréquence et généralement de même amplitude qui sont déphasées entre elles (de 120° ou $2\pi/3$ radians dans le cas idéal). Si la fréquence est de 50 Hz par exemple, alors les trois phases sont retardées de $1/(50 \times 3)$ seconde (soit 6,7 millisecondes). Lorsque les trois conducteurs sont parcourus par des courants de même valeur efficace, le système est dit équilibré.

Le triphasé permet d'éviter les problèmes de puissance inhérent au système monophasé (en régime sinusoïdal). On peut démontrer que le triphasé délivre une puissance instantanée sans composante pulsée contrairement au système monophasé où la puissance instantanée est une sinusoïde. De plus, il offre un meilleur rendement dans les alternateurs et moins de perte lors du transport de l'électricité.



Définitions de base
Grandeurs triphasées

Un système de grandeurs triphasées peut se mettre sous la forme :

$$g_2 = G_2 \sin \left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2}{3}\pi \right)$$

$$g_3 = G_3 \sin \left(\omega t + \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi \right)$$

Systèmes triphasés équilibrés et déséquilibrés

Un système de grandeurs (tensions ou courants) triphasées est dit équilibré si les 3 grandeurs, fonctions sinusoïdales du temps, ont la même amplitude : $G_1 = G_2 = G_3 = G$

Dans le cas contraire, le système triphasé est dit déséquilibré
Systèmes triphasés directs et inverses

Si les 3 grandeurs passent par la valeur 0 dans l'ordre 1, 2, 3, 1, ..., le système triphasé est dit direct. Il peut alors se mettre sous la forme :

$$g_1 = G_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$g_2 = G_2 \sin \left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2}{3}\pi \right)$$

$$g_3 = G_3 \sin \left(\omega t + \varphi_1 - \frac{4}{3}\pi \right) = G_3 \sin \left(\omega t + \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi \right)$$

Si les 3 grandeurs passent par la valeur 0 dans l'ordre 1, 3, 2, 1, ..., le système triphasé est dit *inverse*. Il peut alors se mettre sous la forme :

$$g_1 = G_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$g_2 = G_2 \sin \left(\omega t + \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi \right)$$

$$g_3 = G_3 \sin \left(\omega t + \varphi_1 + \frac{4}{3}\pi \right) = G_3 \sin \left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2}{3}\pi \right)$$

Pour inverser l'ordre des

phases, c'est à dire passer de l'ordre direct à l'ordre inverse et réciproquement, il suffit d'inverser le branchement de deux phases.

Distribution triphasée

Une distribution triphasée comporte 3 ou 4 fils

* Trois conducteurs de phase

* Un conducteur de neutre qui n'est pas systématique mais qui est souvent distribué.

Tensions simples

Les différences de potentiel entre chacune des phases et le neutre constituent un système de tensions triphasées notées généralement V (V_{1N} , V_{2N} , V_{3N}) et appelées tensions simples, tensions étoilées ou tensions de phase. Mathématiquement, on peut noter :

$$v_1 = V_1 \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$v_2 = V_2 \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{2}{3}\pi\right)$$

$$v_3 = V_3 \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \varphi_1 - \frac{4}{3}\pi\right)$$

Vi la valeur efficace, ω la pulsation, φ_i la phase à l'origine et t le temps.

Dans le cas de distributions équilibrées, on a $V_1 = V_2 = V_3 = V$.

Tensions composées

Les différences de potentiel entre les phases constituent un système de tensions notées généralement U : (U_{12} , U_{23} , U_{31}) et appelées tensions composées ou tensions de ligne.

$u_{ij} = v_i - v_j = U_{ij} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_{ij})$ Les tensions composées constituent un système de tensions triphasées si et uniquement si le système de tensions simples est un système équilibré. La somme des trois tensions composées est toujours nulle. Il en résulte que la composante homopolaire des tensions entre phases est toujours nulle (voir ci-dessous transformation de Fortescue).

Dans le cas de distributions équilibrées, on a : $U_{12} = U_{23} = U_{31} = U$

Tensions composées

Les différences de potentiel entre les phases constituent un système de tensions notées généralement U : (U_{12} , U_{23} , U_{31}) et appelées tensions composées ou tensions de ligne.

$$u_{ij} = v_i - v_j = U_{ij} \sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_{ij})$$

Les tensions composées constituent un système de tensions triphasées si et uniquement si le système de tensions simples est un système équilibré. La somme des trois tensions composées est toujours nulle. Il en résulte que la composante homopolaire des tensions entre phases est toujours nulle (voir ci-dessous transformation de Fortescue).

Dans le cas de distributions équilibrées, on a : $U_{12} = U_{23} = U_{31} = U$

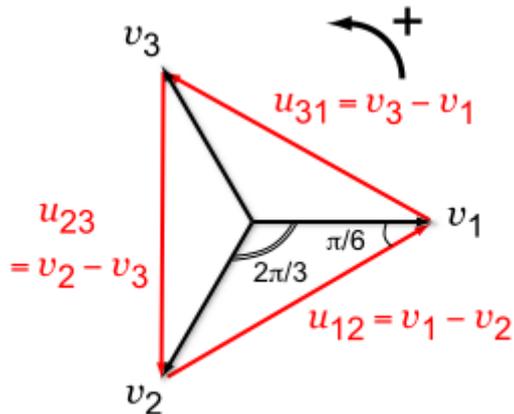
Relation entre tensions simples et composées

Relation entre tensions simples et composées

Nous avons reporté sur la figure ci-contre le diagramme de Fresnel des tensions simples et composées délivrées par un système triphasé équilibré direct. En observant, par exemple, le

triangle isocèle formé par les tensions v_1 , v_2 et u_{12} , nous pouvons remarquer que celui-ci a deux angles aigus de $\pi / 6$ radians (soit 30 degrés). On peut ainsi exprimer la valeur efficace de la tension composée U en fonction de la valeur efficace de la tension simple V à travers la relation :

$$U = 2 \times V \times \cos(\pi/6)$$



Il en va de même dans le cas d'un système équilibré indirect.

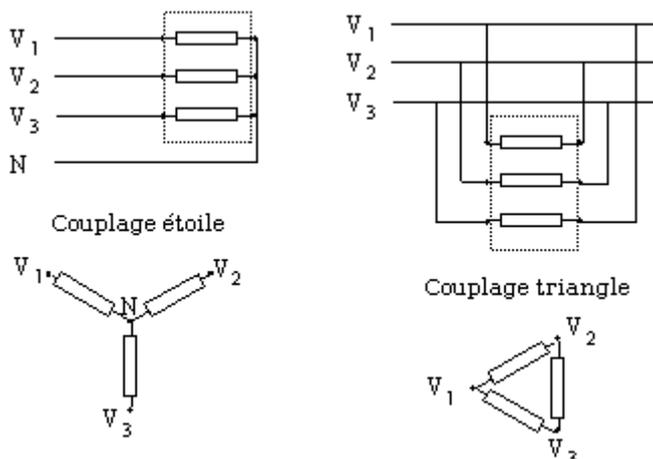
Par conséquent, dans un **système triphasé équilibré**, les valeurs efficaces des tensions simples et composées sont reliées par la relation :

$$U = \sqrt{3}V$$

Récepteurs triphasés

Un récepteur triphasé est constitué de trois dipôles aussi appelés enroulements ou phases. Si ces trois dipôles ont la même impédance, le récepteur est dit équilibré.

Un récepteur triphasé peut être relié à l'alimentation de deux manières :



La littérature anglophone désigne

habituellement les couplages triangle et étoile par des noms de lettres :

- Triangle : Delta (Δ)
- Étoile : Wye (Y)

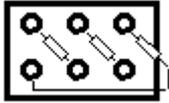
Un récepteur équilibré alimenté par un système équilibré de tensions absorbera trois courants de ligne formant également un système triphasé équilibré.

Intensités

Les courants de ligne ou courants composés sont notés I. Les courants qui traversent les éléments récepteurs sont appelés courants de phase ou courants simples et sont notés J.

Connexion d'un récepteur triphasé

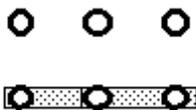
Les trois dipôles qui constituent le récepteur triphasé sont reliés à 6 bornes conventionnellement disposées comme l'indique la figure ci-dessous.



L'avantage de cette disposition est de permettre la réalisation des deux couplages avec des barrettes d'égale longueur, la distance entre deux bornes contiguës étant constante. L'appareil est fourni avec trois barrettes identiques dont la longueur permet un câblage horizontal ou vertical. On doit utiliser ces barrettes de connexion afin de réaliser les couplages désirés :

Couplage étoile

Le couplage étoile des enroulements (couplage le plus fréquent) s'obtient en plaçant deux barrettes de connexions de la manière suivantes :



Les trois bornes restantes seront câblées avec les trois conducteurs de phases.

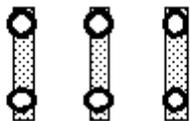
Les trois bornes reliées ensemble par les deux barrettes constituent un point qui sera au potentiel du neutre. Ce point peut être relié au neutre de la distribution, mais ce n'est pas une obligation, cela est même fortement déconseillé pour les machines électriques.

Dans un couplage étoile, les courants de ligne et de phase sont les mêmes, aussi on note :

$$I = J$$

Couplage triangle

Le couplage triangle des enroulements s'obtient en plaçant trois barrettes de connexions de la manière suivante :



Un câble de phase est relié ensuite à chaque barrette. Le câble de neutre n'est pas connecté.

Dans un couplage triangle, il est nécessaire de décomposer chaque courant traversant les récepteurs. Ainsi, on a :

$$I_1 = J_{21} - J_{31}$$

$$I_2 = J_{23} - J_{21}$$

$$I_3 = J_{23} - J_{31}$$

Les valeurs efficaces des courants de ligne et de phase sont liés par la relation :

$$I = \sqrt{3}J$$

Plaques signalétiques des récepteurs triphasés

La plaque signalétique d'un récepteur triphasé précise la valeur des deux tensions entre phases permettant de l'alimenter :

Exemple

chauffe-eau : 230 V / 400 V :

* la première valeur est la tension entre une phase et le neutre requise pour câbler le récepteur en étoile ;

* la deuxième valeur est la tension entre deux phases requise pour câbler le récepteur en triangle.

Puissance en triphasé

* 1. Calcul des puissances

o a. Puissance active

o b. Puissance réactive

o c. Puissance apparente

* 2. Facteur de puissance

* 3. Puissances dans un montage...

* 4. Puissance dans un montage triphasé...

Dans les circuits à courant alternatif triphasé, on considère les trois types de puissances que nous avons déjà rencontrées en monophasé :

- la puissance active (P) ;
- la puissance réactive (Q) ;
- la puissance apparente (S).

La puissance active est la puissance réellement disponible pour exécuter le travail. Elle se mesure en watts (W).

La puissance réactive représente la puissance engendrée par les éléments réactifs du circuit, qui sont des condensateurs (réactance capacitive) ou des bobines (réactance inductive). La puissance réactive ne consomme pas d'énergie, mais n'effectue aucun travail. Elle se mesure en voltampères réactifs (VARs).

La puissance apparente est la puissance totale fournie à la charge. Elle se mesure en voltampères (VA) et correspond à la somme vectorielle de la puissance active et de la puissance réactive du circuit. L'équation suivante traduit cet énoncé de façon mathématique :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

1. Calcul des puissances

Vous avez vu qu'un récepteur triphasé n'est autre que trois récepteurs monophasés que l'on a branchés de façon particulière, étoile ou triangle, selon la source qui l'alimente.

La puissance d'un récepteur triphasé se détermine donc comme en monophasé pour chacun des récepteurs élémentaires.

Les récepteurs élémentaires fonctionnent indépendamment les uns des autres, leur puissance active et réactive vont donc s'additionner.

a. Puissance active

Le principe de la conservation de l'énergie est appliqué : la puissance active totale est égale à la somme des puissance actives des trois récepteurs élémentaires $P = P1 + P2 + P3$.

Avec : P : puissance active du récepteur triphasé (en W).

$P1, P2$ et $P3$: puissances actives des récepteurs élémentaires (en W).

b. Puissance réactive

La puissance réactive totale est égale à la somme des puissances réactives des trois récepteurs élémentaires.

$$Q = Q1 + Q2 + Q3$$

Avec: Q : puissance réactive du récepteur triphasé (en VARs)

$Q1, Q2$ et $Q3$: puissances réactives des récepteurs élémentaires (en VARs)

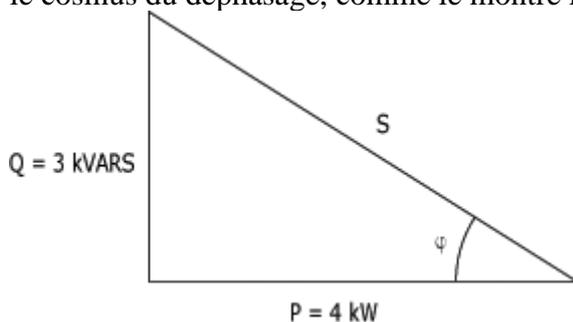
c. Puissance apparente

La puissance ne s'obtient jamais par addition des puissances apparentes, mais par l'utilisation de la formule : $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

avec S : puissance apparente du récepteur triphasé (en VA).

Facteur de puissance

En monophasé, nous avons vu que le facteur de puissance ($\cos\phi$) représente le déphasage entre le courant et la tension, déphasage causé par l'élément réactif du circuit. Il est défini par le cosinus du déphasage, comme le montre la figure suivante:



Pour déterminer le facteur de puissance à partir de

la figure ci-dessus, nous devons connaître la valeur de la puissance apparente :

$$S = \sqrt{(P)^2 + (Q)^2}$$

$$S = \sqrt{(4 \text{ kW})^2 + (3 \text{ kVAR})^2}$$

$$S = 5 \text{ kVA}$$

$$\text{Si : } \cos \varphi = k = \frac{\text{Côté adjacent}}{\text{Hypoténuse}}$$

$$k = \frac{P}{S}$$

$$\text{On peut en déduire que : } k = \frac{4 \text{ kW}}{5 \text{ kVA}}$$

$$k = 0,8$$

Comme en monophasé, en triphasé il est défini pour la formule : $k = \frac{P}{S}$

Le facteur de puissance n'est égal à un cosinus d'angle ($\cos \varphi$) que si le récepteur est équilibré et si les courants et les tensions sont sinusoïdaux.

Si le récepteur est équilibré, on pourra donc écrire : $k = \cos \varphi = \frac{P}{S}$
