



Les systèmes triphasés.

1 Définitions.

Un système de tensions triphasé est en ensemble trois tensions sinusoïdales mesuré par rapport à une même référence (0 V) appelée le neutre.

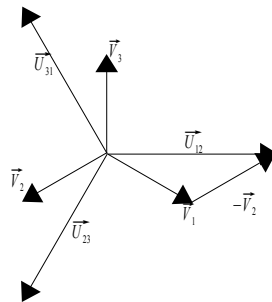
Pour transporter du triphasé il faut donc quatre fils, trois phases et le neutre.

Un système est dit équilibré si et seulement si les trois tensions ont la même valeur efficace et sont déphasées entre elles de 120° . On aura $V_1 = V_2 = V_3 = V$

Pour la suite on considérera toujours des systèmes équilibrés.

2 Tension simple et composée.

On considère une ligne d'alimentation triphasée équilibrée. On pourra mesurer les trois tensions entre les phases et le neutre. On peut aussi mesurer trois autres tensions en se branchant entre deux fils de phase. Ce sont les tensions composées.



On exprime les tensions composées en fonction des tensions simples. On utilise les vecteurs de Fresnel, car ce sont des tensions sinusoïdales.

On a : $\vec{U}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$; $\vec{U}_{23} = \vec{V}_2 - \vec{V}_3$ et $\vec{U}_{31} = \vec{V}_3 - \vec{V}_1$

Si on construit ces vecteurs on obtient la figure suivante.

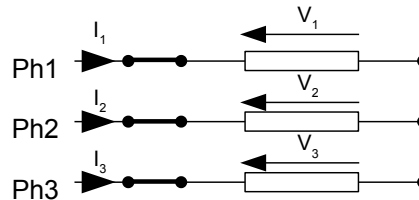
On constate que les tensions composées forment un système triphasé équilibré de tension et que. On peut montrer que $U = \sqrt{3} \cdot V$

3 Charge triphasées.

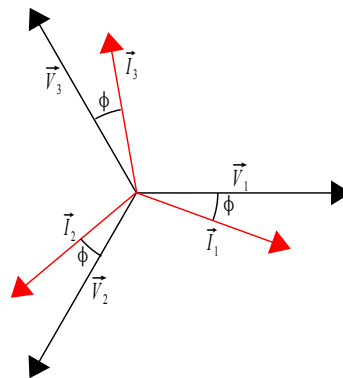
Pour constituer une charge triphasée équilibrée on doit utiliser trois dipôles identiques qui seront soumis soit aux trois tensions simples soit aux trois tensions composées.

3.1 Couplage en étoile.

C'est le cas où les trois dipôles sont soumis aux tensions simples. Le nom est dû à la disposition des dipôles par rapport aux fils de phases. (si on « déplie » la figure)



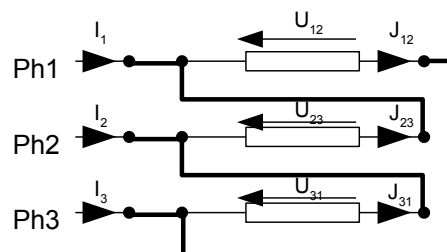
On peut montrer que les courants qui traversent les dipôles sont les mêmes que ceux qui circulent dans les fils de la ligne d'alimentation. On les appelle courants de ligne et on les note I . On peut montrer qu'ils sont triphasés équilibrés.



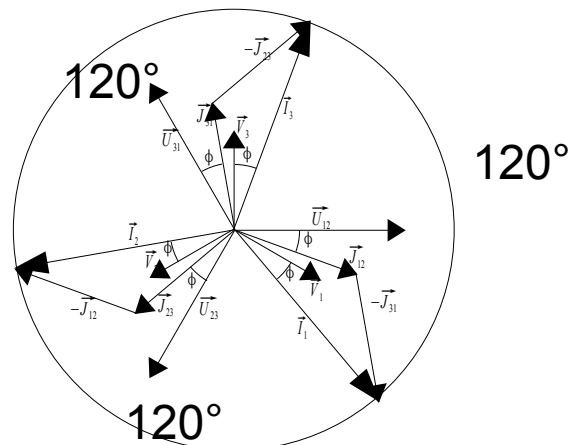
On doit remarquer que la somme de trois courants de ligne est nulle et que par conséquent il n'y a pas de courant dans le fil de neutre. Ce fil est donc inutile. Le centre de l'étoile est au potentiel du neutre.

3.2 Couplage en triangle

C'est le cas où les trois dipôles sont soumis aux tensions composées. Le nom est dû, lui aussi, à la disposition des dipôles par rapport aux fils de phases. (si on « déplie » la figure)



Les courants qui circulent dans les dipôles ne sont pas ceux qui arrivent par la ligne. On les note J_{mn} .



Ces courants forment un système triphasé équilibré. Les courants de lignes aussi. On peut montrer que $I = \sqrt{3} \cdot J$ et que les déphasages sont conservés $\phi_{U/J} = \phi_{V/I}$.

3.3 Choix du couplage pour une charge donnée.

la norme prévoit que les valeurs de tension exprimée sur les plaques signalétiques ou pour un réseau sont toujours des tensions composées.

Pour un réseau on ne doit donc donner qu'une seule valeur.

Pour une charge deux cas sont possibles :

La plaque n'indique qu'une seule valeur : dans ce cas il n'y a rien à choisir, si c'est la même tension que le réseau, on pourra faire fonctionner la charge. Si ce n'est pas la même on ne pourra pas.

La plaque indique deux valeurs. Dans ce cas, la charge peut être alimentée par deux type de réseau en fonction du couplage des charges que l'utilisateur devra réaliser. C'est ce cas qui va être développé ici.

Avant de chercher quel couplage réalisé on vérifie qu'une des tensions portées sur la plaque correspond à celle du réseau

- Si aucune ne correspond, la charge ne peut pas être alimentée.
- Si la tension du réseau est égale à la plus petite des deux tensions, on devra coupler la charge en triangle.
- Si la tension du réseau est égale à la plus grande des deux tensions, on devra coupler la charge en étoile.

On peut noter qu'il existe un rapport entre les deux tensions indiquées, malgré cela il ne s'agit en aucun cas d'une tension simple et d'une tension composée, mais bien des deux tensions composées susceptibles d'alimenter la charge.

4 Puissance en triphasé.

4.1 relation de calcul

On cherche à établir une relation pour calculer les puissances globales de la charge



triphasée et que ces relations utilisent des grandeurs mesurables de « l'extérieur », c'est-à-dire depuis la ligne d'alimentation. Sur cette ligne seuls la tension composée U et le courant de ligne I sont disponibles.

Dans tous les cas on considère que la puissance globale est la somme des puissances absorbée par les trois éléments de la charge. Comme leurs fonctionnements sont identiques, on calcule la puissance absorbée par un seul et on la multiplie par trois.

Si la charge est couplée en étoile.

Un élément de la charge est soumis à la tension simple V et est traversé par le courant de ligne I. Comme on est en régime sinusoïdal on aura : $P_{\text{élément}} = V \cdot I \cdot \cos \phi_{V/I}$

pour l'ensemble et compte tenu que, on obtient :

$$P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi_{V/I} = 3 \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot I \cdot \cos \phi_{V/I} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi_{V/I}$$

Si la charge est couplée en triangle.

Un élément de la charge est soumis à la tension composée U et est traversé par un courant J. Comme on est en régime sinusoïdal on aura : $P_{\text{élément}} = U \cdot J \cdot \cos \phi_{U/J}$

pour l'ensemble et compte tenu que $J = \frac{I}{\sqrt{3}}$ et que, on obtient :

$$P = 3 \cdot U \cdot J \cdot \cos \phi_{U/J} = 3 \cdot U \cdot \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot \cos \phi_{U/J} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi_{V/I}$$

On constate que la relation qui permet de calculer la puissance active est indépendante du couplage utilisé pour constituer la charge.

de même on peut démontrer la relation qui permet de calculer la puissance réactive :

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \phi_{V/I}$$

À l'aide du triangle des puissances on en tire celle de la puissance apparente :

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

4.2 Utilisation de la méthode de Boucherot :

Le théorème dit que les puissances actives ou réactives totales absorbées par un ensemble de charges sont égales aux sommes respectives des puissances actives ou des puissances réactives absorbées par chacune d'elle.

Cette méthode permet de déterminer le courant nécessaire pour alimenter une installation comportant plusieurs appareils dont la consommation est donnée par la plaque signalétique. En effet, à cause des déphasages ce courant n'est pas la somme des



courants absorbés par chaque appareil. Connaître ce courant permettra de déterminer la taille des conducteurs de la ligne ou l'abonnement électrique nécessaire. (Si on sur-dimensionne on augmente les coûts et si on sous-dimensionne l'installation ne fonctionnera pas)

La méthode permet également de connaître le facteur de puissance global de l'installation qui doit respecter la norme imposée par le distributeur ($k > 0,8$). Cette norme est destinée à limiter les pertes de puissance en ligne.

- première étape : déterminer les puissances actives et réactives de chacun des appareils en fonction des données de la plaque signalétique. (on peut ici s'aider du triangle des puissances)
- deuxième étape : On fait la somme de ces puissances pour connaître et Q_{totale}
- troisième étape : on en tire la puissance apparente totale : $S_{totale} = \sqrt{P_{totale}^2 + Q_{totale}^2}$
- quatrième étape : on en tire le courant d'alimentation de l'installation et son facteur de puissance $k = \frac{P_{totale}}{S_{totale}}$

remarque :

Si le facteur de puissance ne respecte pas la norme, on devra ajouter un dispositif destiné à « relever » le facteur de puissance. Il est généralement constitué de condensateurs couplés en triangle et placés en parallèle sur l'installation. En effet, les installations sont inductives la plupart du temps.

mesure de puissance.

En général on mesure la puissance sur une seule phase et on multiplie le résultat par trois. Certain wattmètre propose une position triphasée mais, en fait utilise cette solution. Si le neutre n'est pas disponible, on doit en recréer un à l'aide d'une petite charge en étoile.