CHAPITRE VIII

# COURANT TRIPHASÉ

## § 102. COURANTS POLYPHASÉS

On appelle *système polyphasé* l'ensemble de F.É.M. alternatives (de courants, de tensions, etc.) ayant la même fréquence, mais déphasées l'une par rapport à l'autre d'un certain angle. Si les amplitudes de différentes F.É.M. sont égales et les F.É.M. sont déphasées l'une par rapport à l'autre d'un angle égal à $\frac{2\pi}{m}$ (où $m$ est le nombre de phases), un tel système est appelé *système polyphasé symétrique*.

Chaque F.É.M. peut agir dans son circuit indépendant et ne pas être liée aux autres F.É.M. Un tel système est dit système *non lié*.

Un circuit monophasé faisant partie d'un système polyphasé donné est appelé *phase*. Les phases d'un système non lié ne sont pas liées électriquement ou magnétiquement entre elles; lors du fonctionnement elles ne dépendent pas l'une de l'autre et on peut les calculer par les formules utilisées pour le calcul des circuits à courant monophasé.

Un système polyphasé non lié a l'inconvénient d'exiger un grand nombre de fils égal à $2m$. Par exemple, pour le transport d'énergie par un système triphasé non lié on a besoin de six fils.

Un système polyphasé dont les phases sont électriquement liées l'une à l'autre est appelé *système polyphasé lié*. Les systèmes liés sont largement employés.

Le courant polyphasé présente de grands avantages: pour la transmission de la même puissance par un courant polyphasé la section des fils peut être beaucoup plus petite qu'avec le courant monophasé; à l'aide de bobines ou d'enroulements immobiles il crée un champ magnétique tournant utilisé dans les moteurs et dans divers appareils à courant alternatif.

## § 103. COURANT TRIPHASÉ

Parmi les systèmes de courants polyphasés c'est le courant triphasé qui est le plus répandu.

Le courant triphasé est obtenu comme suit. Lorsque dans un champ magnétique uniforme créé par les pôles $NS$ (fig. 175) on place trois spires disposées chacune sous un angle de 120° par rapport à l'autre et si on fait tourner ces

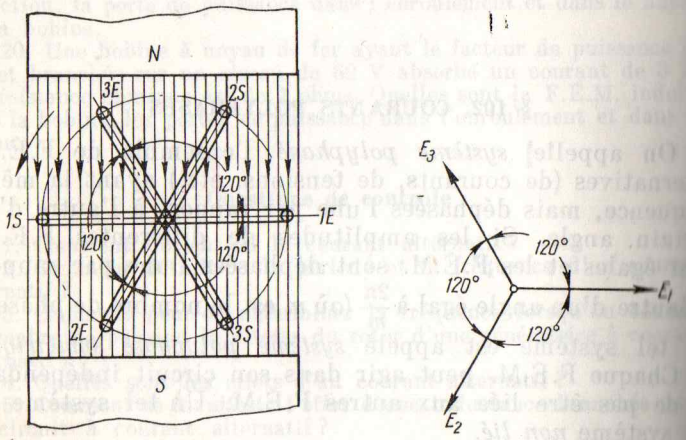


Fig. 175. Rotation des spires dans un champ magnétique uniforme

spires à une vitesse angulaire constante, elles sont le siège des F.É.M. induites qui sont également déphasées de 120°. Si l'on admet que la phase initiale de la première spire soit nulle, les F.É.M. dans les spires seront exprimées par les équations suivantes:

$$e_1 = E_{m1} \sin \omega t ;$$

$$e_2 = E_{m2} \sin (\omega t - 120°) ;$$

$$e_3 = E_{m3} \sin (\omega t - 240°).$$

La figure 175 (à droite) présente le diagramme vectoriel des F.É.M. des trois spires. Comme nous avons déjà dit, la longueur des vecteurs est égale à la valeur efficace des F.É.M. En pratique, pour obtenir un courant triphasé on monte sur le stator de la génératrice trois enroulements décalés de 120° l'un par rapport à l'autre. Ils sont appelés *enroulements de phase* ou tout simplement *phases de la génératrice*.



A gauche de la figure 176 est représentée schématiquement une génératrice bipolaire de courant triphasé. Le stator de la machine comporte trois enroulements comportant le même nombre de spires et décalés de 120° (pour une machine bipolaire). Les lettres $A$, $B$ et $C$ désignent les entrées des enroulements et les lettres $X$, $Y$ et $Z$ leurs sorties. Le champ magnétique est produit par l'enroulement monté

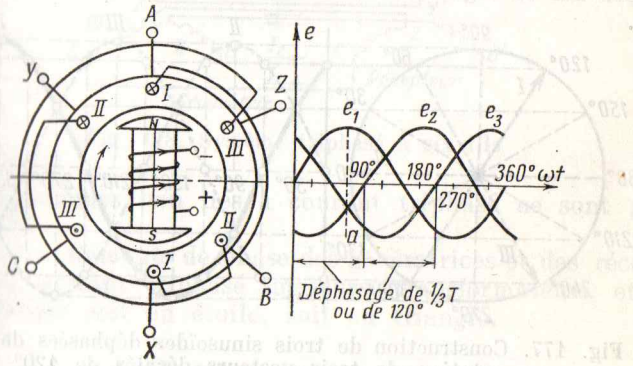


Fig. 176. Production de courant triphasé

sur le rotor. Par l'intermédiaire des balais et des bagues on applique aux extrémités de cet enroulement une tension continue provenant d'une génératrice à courant continu spéciale ou d'un redresseur. Le rotor de la génératrice est actionné par un moteur primaire (une turbine à vapeur, une turbine hydraulique, un moteur à combustion interne, etc.), son champ magnétique coupe les enroulements statoriques et induit dans ces derniers des F.É.M. sinusoïdales.

Sur la même figure, à droite, on voit les courbes représentant la variation des F.É.M. induites dans les trois enroulements. La position dans laquelle est représenté le rotor dans la partie gauche de la figure est montrée dans la partie droite en pointillé $ae_1$. A cet instant, la bobine $I$ se trouve au-dessus des milieux des pôles de l'électro-aimant, la valeur de la F.É.M. induite dans cette bobine est maximale et la F.É.M. est dirigée, selon la règle de la main droite, de la sortie de la bobine vers son entrée. La F.É.M. de la bobine $II$ est déphasée en arrière de 1/3 de période par rapport à la F.É.M. de la bobine $I$ et la F.É.M. de la bobi-

ne *III* retarde sur la F.É.M. de la bobine *II* aussi de 1/3 de période.

Les bobines *II* et *III* se trouvent dans la zone d'action du pôle sud de l'électro-aimant du rotor et, de ce fait, les F.É.M. induites dans ces bobines sont dirigées de leurs entrées vers leurs sorties.

On peut obtenir trois sinusoïdes, analogues à celles indiquées sur la figure 176, en faisant tourner trois vecteurs

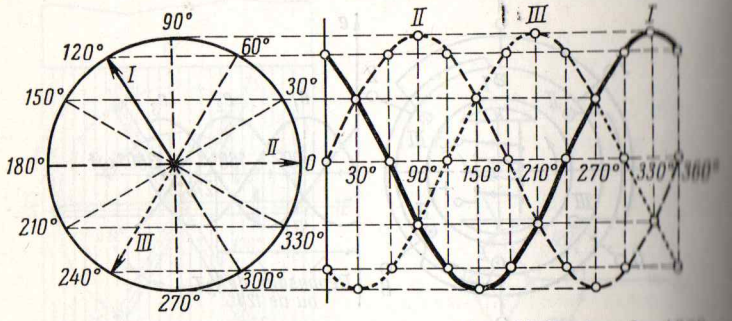


Fig. 177. Construction de trois sinusoïdes déphasées de 120° par rotation de trois vecteurs décalés de 120°

représentant, à l'échelle choisie, la valeur maximale de la F.É.M. dans les bobines du stator et décalés de 120° l'un par rapport à l'autre (fig. 177).

Tout ce que nous venons de dire sur les forces électromotrices est valable aussi pour les courants et les tensions. Conformément à la définition générale donnée plus haut, notons que le système de trois F.É.M. alternatives de même fréquence et de même amplitude, déphasées l'une par rapport à l'autre de 120° $\left(\frac{2\pi}{3}\right)$, est appelé *système triphasé symétrique*.

Les enroulements de phases de la génératrice comportent le même nombre de spires et sont confectionnées en fils de même section. Les F.É.M. induites dans ces enroulements seront égales en grandeur. Si chacune des trois phases de la génératrice débite sur une charge indépendante (fig. 178), on aura un système triphasé non lié. Dans ce cas, la génératrice est liée au récepteur par six fils. D'après la loi d'Ohm le courant traversant une phase est :

$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{z_{ph}},$$



où $I_{ph}$ est le courant de phase (simple) ;

$U_{ph}$ est la tension de l'enroulement de phase de la génératrice ;

$z_{ph}$ est l'impédance d'une phase du récepteur.

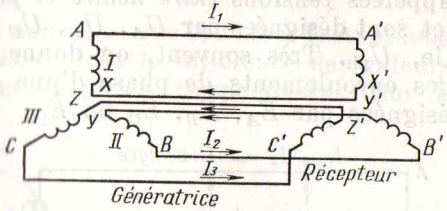


Fig. 178. Système triphasé à six fils

Les systèmes non liés à courant triphasé ne sont pas utilisés.

Les enroulements de phase des génératrices et des récepteurs de courant triphasé (moteurs, transformateurs, etc.) sont montés soit en étoile, soit en triangle.

## § 104. MONTAGE EN ÉTOILE

Lorsque les enroulements de phase d'une génératrice ou d'un récepteur sont connectés de façon que les sorties des enroulements soient réunies en un point commun et les entrées des enroulements soient reliées aux fils de ligne, on a un montage appelé montage *en étoile* et désigné par le signe Y. Sur la figure 179, les enroulements de la génératrice et ceux du récepteur sont couplés en étoile. Les points où sont réunies les sorties des enroulements de phase de la génératrice ou du récepteur sont appelés respectivement *points neutres* de la génératrice (0) et du récepteur (0'). Les deux points 0 et 0' sont réunis par un fil appelé *fil neutre*. Les trois fils restants du système triphasé venant de la génératrice au récepteur sont appelés *fils de ligne*. La génératrice est ainsi liée au récepteur par quatre fils. Un tel système est appelé système triphasé à quatre fils.

En comparant le système triphasé non lié (fig. 178) au système triphasé à quatre fils (fig. 179), on remarque que dans le premier cas la fonction du fil de retour est remplie par trois fils du système tandis que dans le second cas, par le fil neutre uniquement. Lors du fonctionnement du système, le fil neutre est parcouru par un courant égal

à la somme géométrique des trois courants: $I_A$, $I_B$ et $I_C$ c.-à-d. que $\bar{I}_0 = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C$.

Les tensions mesurées entre les entrées des phases de la génératrice ou du récepteur et le point neutre ou le fil neutre sont appelées tensions *entre neutre et phase* ou *tensions simples* et sont désignées par $U_A$, $U_B$, $U_C$ ou, sous la forme générale, $U_{ph}$. Très souvent, on donne les valeurs des F.É.M. des enroulements de phase d'une génératrice. Elles sont désignées par $E_A$, $E_B$, $E_C$ ou $E_{ph}$.

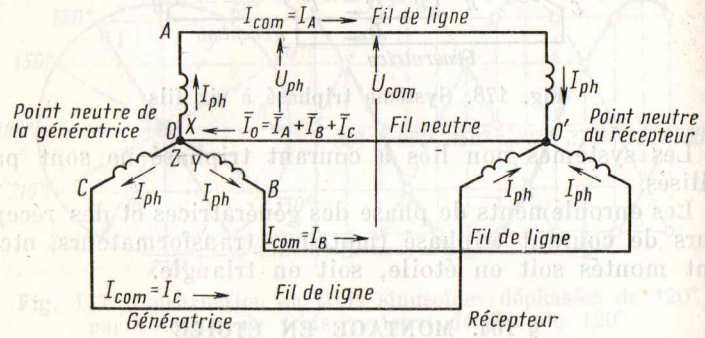


Fig. 179. Système triphasé à quatre fils

Si l'on néglige les résistances des enroulements de la génératrice, on peut écrire:

$$E_A = U_A\,;\ E_B = U_B\,;\ E_C = U_C\,;\ E_{ph} = U_{ph}.$$

Les tensions mesurées entre les entrées des phases $A$ et $B$, $B$ et $C$, $C$ et $A$ de la génératrice ou du récepteur sont appelées *tensions entre fils principaux* ou *tensions composées* et sont désignées par $U_{AB}$, $U_{BC}$, $U_{CA}$ ou, sous la forme générale, $U_{com}$. Les flèches sur la figure 179 indiquent le sens positif choisi du courant qui, dans les fils de ligne, va de la génératrice au récepteur et dans le fil neutre, du récepteur à la génératrice.

Un voltmètre connecté aux points $A$ et $B$ indique la tension composée $U_{AB}$. Puisque les sens positifs des tensions simples $U_A$, $U_B$ et $U_C$ ont été choisis à partir des entrées des enroulements de phase vers leurs sorties, le vecteur de la tension composée $U_{AB}$ est égal à la différence géométrique des vecteurs des tensions simples $U_A$ et $U_B$:

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_A - \bar{U}_B.$$



Par analogie on peut écrire:

$$\bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C\,;$$

$$\bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A.$$

On peut donc dire que la valeur instantanée de la tension composée est égale à la différence des valeurs instantanées des tensions simples correspondantes. Sur la figure 180,

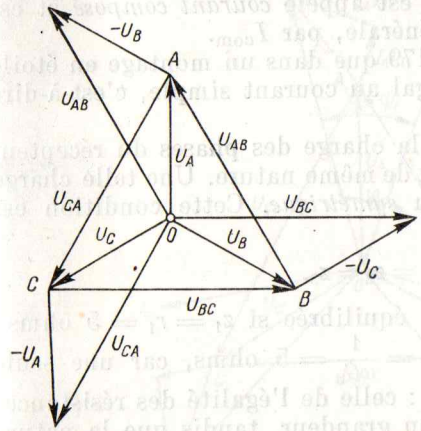


Fig. 180. Tensions simples et composées dans un montage en étoile

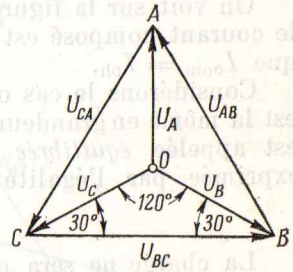


Fig. 181. Relation entre les tensions simples et les tensions composées dans un montage en étoile

la soustraction des vecteurs est remplacée par la composition des vecteurs:

$$U_A \text{ et } -U_B\,;\ U_B \text{ et } -U_C\,;\ U_C \text{ et } -U_A.$$

Le diagramme vectoriel montre que les vecteurs des tensions composées forment un triangle fermé.

La relation qui existe entre la tension composée et la tension simple est indiquée sur la figure 181:

$$U_{BC} = 2U_B \cos 30°,$$

mais puisque $\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$, on a:

$$U_{BC} = \sqrt{3}U_B$$

ou, en général,

$$U_{com} = \sqrt{3}U_{ph}.$$

Il en résulte que dans le montage en étoile la tension composée est égale à $\sqrt{3}$ fois la tension simple.

Dorénavant, en parlant de la tension dans les circuits triphasés, nous aurons en vue la tension composée, excepté les cas où il en sera stipulé autrement.

Le courant traversant l'enroulement de phase d'une génératrice ou d'un récepteur est appelé *courant simple* et est désigné, sous sa forme générale, par $I_{ph}$. Le courant traversant le fil de ligne est appelé *courant composé* et est désigné, sous sa forme générale, par $I_{com}$.

On voit sur la figure 179 que dans un montage en étoile le courant composé est égal au courant simple, c'est-à-dire que $I_{com} = I_{ph}$.

Considérons le cas où la charge des phases du récepteur est la même en grandeur et de même nature. Une telle charge est appelée *équilibrée* ou *symétrique*. Cette condition est exprimée par l'égalité :

$$z_1 = z_2 = z_3.$$

La charge ne sera pas équilibrée si $z_1 = r_1 = 5$ ohms ; $z_2 = \omega L_2 = 5$ ohms et $z_3 = \frac{1}{\omega C_3} = 5$ ohms, car une seule des conditions est réalisée : celle de l'égalité des résistances des phases du récepteur en grandeur, tandis que la nature des résistances n'est pas la même ($R_1$ est une résistance ohmique, $x_2 = \omega L_2$ est une réactance d'induction, et $x_3 = \frac{1}{\omega C_3}$ est une réactance de capacité).

$$I_A = \frac{U_A}{z_A} ; \; I_B = \frac{U_B}{z_B} ; \; I_C = \frac{U_C}{z_C} ;$$

$$I_A = I_B = I_C.$$

Etant donné l'égalité des résistances et l'identité de leur nature, les facteurs de puissance des phases seront les mêmes :

$$\cos \varphi_1 = \frac{r_A}{z_A} ; \; \cos \varphi_2 = \frac{r_B}{z_B} ; \; \cos \varphi_3 = \frac{r_C}{z_C} ;$$

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \cos \varphi_3.$$

En supposant que la résistance des fils reliant la génératrice au récepteur (fils de ligne) soit nulle, la tension aux bornes du récepteur sera égale à la tension aux bornes de la génératrice. En ajoutant à la tension de la génératrice la



chute de tension dans ses enroulements de phase, on obtient les F.É.M. simples de la génératrice.

La figure 182 donne un diagramme vectoriel des courants, des tensions et des F.É.M. pour le montage en étoile.

Nous savons que le fil neutre doit être parcouru par un courant égal à la somme géométrique des courants de toutes les trois phases. La figure 183 montre les courbes

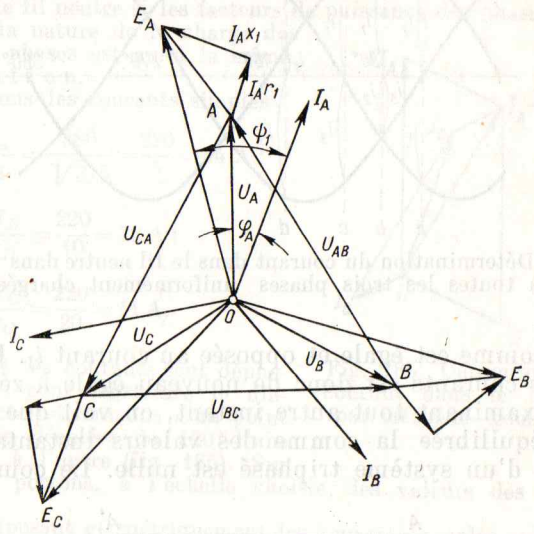


Fig. 182. Diagramme vectoriel des courants et des tensions dans un montage en étoile

représentant la variation des courants pour le cas d'une charge équilibrée du système triphasé. Puisque la charge est équilibrée, les valeurs maximales de toutes les trois sinusoïdes du courant sont les mêmes.

Examinons l'instant $a$, et pour obtenir la valeur de courant dans le fil neutre, prenons la somme des valeurs instantanées des courants des trois phases. A cet instant, le courant de la troisième phase $i_3$ est nul. La valeur instantanée du courant dans la première phase est égale à $i_1$ et ce courant est dirigé dans un sens. Le courant dans la deuxième phase à cet instant est égal à $i_2$, mais est dirigé dans le sens inverse. Puisque les courants $i_1$ et $i_2$ sont égaux en grandeur, mais sont de sens opposés, et le courant $i_3$ est nul, la somme de tous les courants est aussi nulle.

La somme des trois courants est également nulle à l'instant $c$.

A l'instant $b$, le courant de la première phase atteint sa valeur positive maximale $i_1$. Au même moment, les courants des deuxième et troisième phases $i_2$ et $i_3$ sont égaux

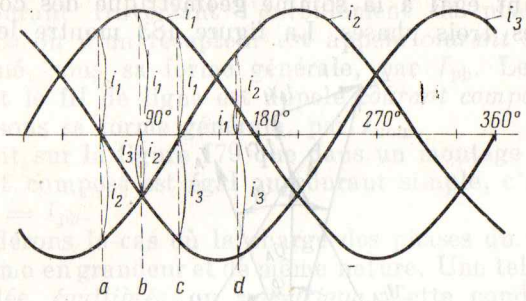


Fig. 183. Détermination du courant dans le fil neutre dans un système à toutes les trois phases uniformément chargées

et leur somme est égale et opposée au courant $i_1$. La somme des trois courants est donc de nouveau égale à zéro.

En examinant tout autre instant, on voit que pour une charge équilibrée la somme des valeurs instantanées des courants d'un système triphasé est nulle. Le courant dans

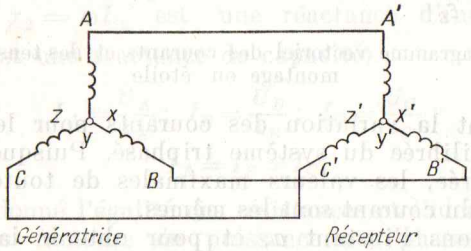


Fig. 184. Système triphasé à trois fils

le fil neutre est donc nul. En éliminant le fil neutre du système à quatre fils on passe au système à trois fils du courant triphasé représenté schématiquement par la figure 184. De cette façon, lorsqu'on a une charge équilibrée, par exemple, des moteurs triphasés, des fours triphasés, etc., on amène à une telle charge seulement trois fils.



Les récepteurs montés en étoile avec une charge non équilibrée des phases nécessitent un fil neutre. De tels récepteurs, par exemple, une charge constituée par des lampes d'éclairage, exigent quatre fils.

**Exemple 1.** Soit un récepteur dont les impédances des phases sont : $z_A = 5$ ohms, $z_B = 10$ ohms et $z_C = 20$ ohms. Le récepteur monté en étoile est branché sur un réseau de 380 V. Calculer le courant dans le fil neutre si les facteurs de puissance des phases sont les mêmes et la nature de la charge des différentes phases est aussi la même.

Solution.

Calculons les courants simples :

$$I_A = \frac{U_A}{z_A} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 5} = \frac{220}{5} = 44 \text{ A} ;$$

$$I_B = \frac{U_B}{z_B} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A} ;$$

$$I_C = \frac{U_C}{z_C} = \frac{220}{20} = 11 \text{ A}.$$

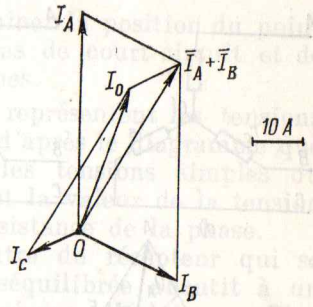


Fig. 185. Détermination du courant dans le fil neutre par méthode géométrique

Puisque les courants sont déphasés de 120°, pour construire le diagramme vectoriel, traçons d'un point trois droites décalées de 120° l'une par rapport à l'autre (fig. 185). Sur ces droites, portons, à l'échelle choisie, les valeurs des courants $I_A$, $I_B$, $I_C$.

En composant géométriquement les courants simples, on obtient le courant dans le fil neutre $I_0$. Dans le cas considéré, ce courant est égal à 31 A.

Les vecteurs des F.É.M. des enroulements d'une génératrice représentent un système symétrique : ils sont égaux en grandeur et déphasés de 120° l'un par rapport à l'autre.

Sur le diagramme vectoriel le point neutre d'une génératrice se trouve au centre de l'étoile des F.É.M. simples. Le point neutre d'un récepteur monté en étoile présentant une charge équilibrée, ainsi qu'en cas de charge déséquilibrée, mais en présence d'un fil neutre ayant une résistance suffisamment petite, se trouve au centre de gravité du triangle des tensions composées. La coupure du fil neutre pendant le fonctionnement d'un récepteur triphasé à phases inégalement chargées provoque une nouvelle répartition des courants et des tensions. Nous allons examiner cette question de façon plus détaillée.

Soit un récepteur triphasé (fig. 186, *a*) dont la charge active des phases n'est pas équilibrée. Admettons que le rapport des résistances des phases du récepteur est égal à $r_A : r_B : r_C = 1 : 2 : 3$. Déterminons la position du point neutre du récepteur.

En cas de mise en court-circuit de la phase $A$ (fig. 186, *b*) ($r_A = 0$), le point neutre $0'$ se confondra avec le point $A$ du

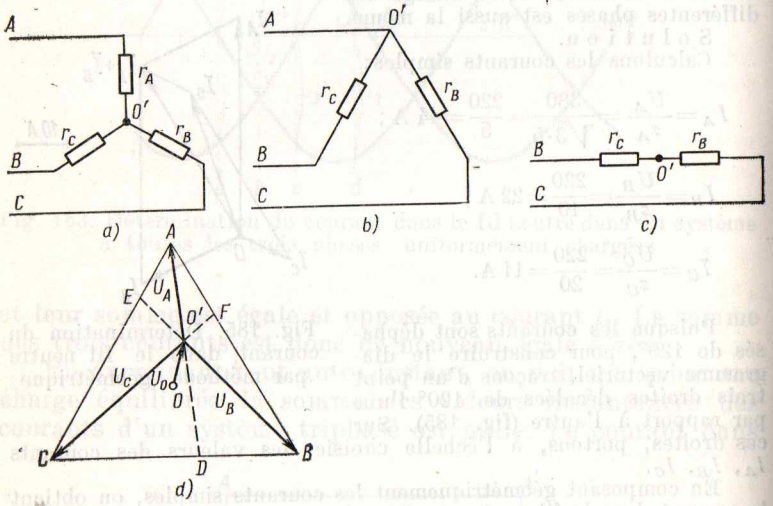


Fig. 186. Détermination de la position du point neutre du récepteur

diagramme vectoriel. La tension des deux autres phases $B$ et $C$ deviendra alors $\sqrt{3}$ fois plus grande parce qu'elles seront branchées entre les fils de ligne. En cas de coupure de la phase $A$ ($r_A = \infty$), les résistances des phases $r_B$ et $r_C$ seront branchées en série entre les fils de ligne $B$ et $C$ (fig. 186, *c*). Le point neutre du récepteur se trouvera sur le côté $BC$ du triangle des tensions composées au point $D$, qui divise le côté $BC$ dans le rapport $r_B : r_C = 2 : 3$. On peut démontrer que lorsque la résistance de la phase $A$ passe de $r_A = 0$ à $r_A = \infty$, le point neutre du récepteur se déplace suivant la ligne reliant les points $A$ et $D$.

Si on raisonne de la même façon pour la phase $B$ et ensuite pour la phase $C$ on obtient encore deux lignes:



une ligne $BE$ obtenue par suite du court-circuit et de la coupure de la phase $B$, et une autre ligne $CF$ obtenue par suite du court-circuit et de la coupure de la phase $C$. La ligne $BE$ divise le côté $AC$ du triangle dans le rapport $r_A : r_C = 1 : 3$. La ligne $CF$ divise le côté $AB$ du triangle dans le rapport $r_A : r_B = 1 : 2$.

Le point d'intersection des droites $AD$, $BE$ et $CF$ est le point neutre du récepteur $0'$ pour la charge donnée (fig. 186, *d*).

Il est évident que pour déterminer la position du point neutre il suffit d'examiner les cas de court-circuit et de coupure de deux phases quelconques.

Les vecteurs $\overline{O'A}$, $\overline{O'B}$, $\overline{O'C}$ représentent les tensions aux phases du récepteur. On voit d'après le diagramme que pour une charge déséquilibrée, les tensions simples du récepteur ne sont pas les mêmes et la valeur de la tension simple est proportionnelle à la résistance de la phase.

Le déplacement du point neutre du récepteur qui se produit à cause d'une charge déséquilibrée aboutit à un phénomène indésirable dans le réseau d'éclairage. Plus le nombre et la puissance des lampes branchées sur cette phase sont grands et plus leur résistance sera faible, plus leur tension simple sera donc petite et moins leur éclat sera intense.

Le point neutre d'une étoile du récepteur peut se trouver à l'intérieur du triangle des tensions composées, coïncider avec l'un de ses sommets, se trouver sur l'un de ses côtés et, dans certains cas, peut être situé hors du triangle.

Lors d'une charge déséquilibrée entre les points neutres de la génératrice et du récepteur il existe une différence de potentiel $00' = U_0$ (tension de déplacement du point neutre).

Nous avons examiné les phénomènes ayant lieu lors d'un déséquilibre des phases du récepteur monté en étoile sans fil neutre. Lorsque le fil neutre existe, tous les défauts provoqués par les charges inégales des phases disparaîssent. Une charge comprenant des lampes d'éclairage et branchée en étoile exige toujours la présence d'un fil neutre, car même une charge équilibrée des phases à un certain moment ne garantit pas l'existence de cet équilibre pendant un temps prolongé.

## § 105. MONTAGE EN TRIANGLE

Les génératrices et les récepteurs de courant triphasé peuvent aussi être couplés en triangle.

La figure 187 représente un système triphasé non lié. En liant deux par deux les fils d'un système non lié à six

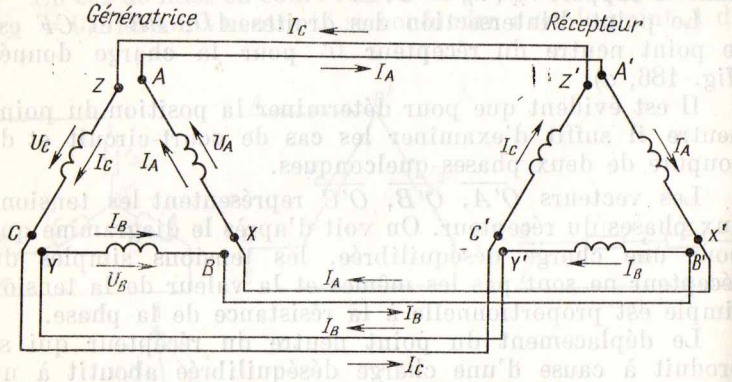


Fig. 187. Système triphasé non lié

fils et en connectant les phases, on passe à un système triphasé à trois fils monté en triangle.

Comme on le voit sur la figure 188, le montage en triangle se fait de façon que la sortie de la phase $A$ soit

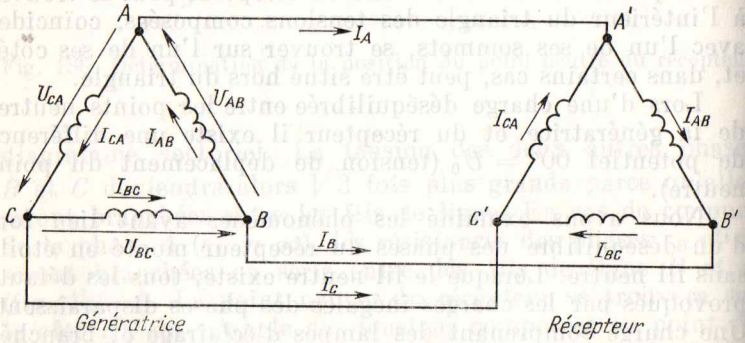


Fig. 188. Système triphasé lié couplé en triangle

connectée à l'entrée de la phase $B$, la sortie de la phase $B$ soit connectée à l'entrée de la phase $C$ et la sortie de la phase $C$ à l'entrée de la phase $A$. Les fils des lignes sont reliés aux points de connexion des phases.



Si les enroulements d'une génératrice sont couplés en triangle, chaque enroulement de phase crée une tension composée (fig. 188). Pour un récepteur couplé en triangle,

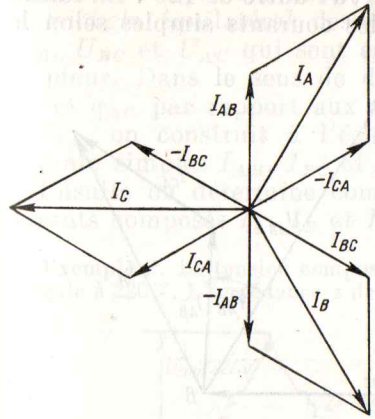

Fig. 189. Courants simples et composés dans un montage en triangle

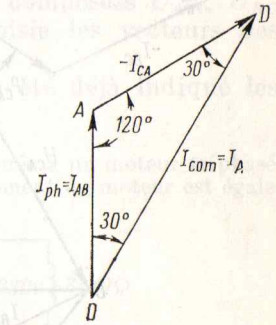


Fig. 190. Relation entre les courants simples et les courants composés dans un montage en triangle

la tension composée est appliquée aux bornes de la résistance de phase. Il en découle que dans le montage en triangle, la tension simple est égale à la tension composée :

$$U_{com} = U_{ph}.$$

Déterminons la relation entre les courants simples et les courants composés pour le montage en triangle si la charge des phases est la même en valeur et en nature. Ecrivons les équations des courants d'après la première loi de Kirchhoff pour les trois sommets $A'$, $B'$, $C'$ du récepteur :

$$\bar{I}_A + \bar{I}_{CA} = \bar{I}_{AB};$$
$$\bar{I}_B + \bar{I}_{AB} = \bar{I}_{BC};$$
$$\bar{I}_C + \bar{I}_{BC} = \bar{I}_{CA};$$

d'où

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA};$$
$$\bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB};$$
$$\bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.$$

On voit donc que les courants composés sont égaux à la différence géométrique des courants simples. Pour une charge équilibrée les courants simples ont la même valeur et sont déphasés l'un par rapport à l'autre de 120°. En faisant la soustraction des vecteurs des courants simples selon les

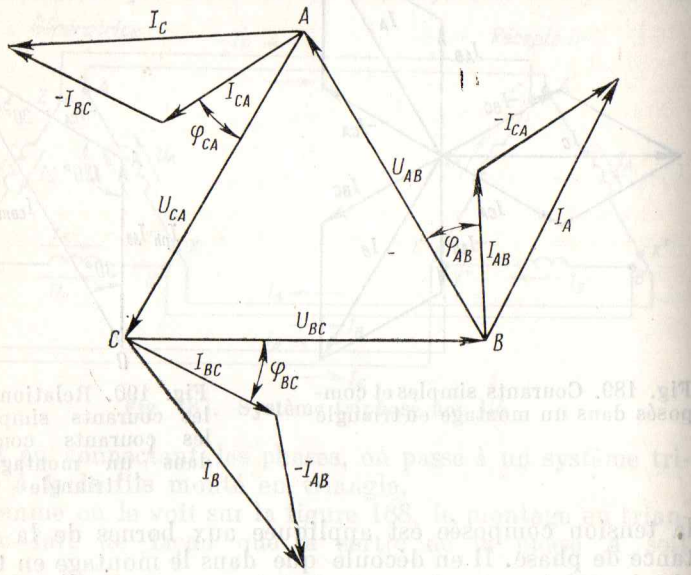


Fig. 191. Diagramme vectoriel des courants et des tensions pour une charge équilibrée couplée en triangle

équations obtenues, on obtient les courants composés (fig. 189). La relation entre les courants simples et les courants composés dans le montage en triangle est indiquée sur la figure 190.

$$I_{com} = 2I_{ph} \cos 30°.$$

Mais, puisque

$$\cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$I_{com} = 2I_{ph} \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\, I_{ph}.$$

Il en résulte que pour une charge équilibrée montée en triangle, le courant composé est égal à $\sqrt{3}$ fois le courant simple.



La figure 191 montre le diagramme vectoriel des courants et des tensions pour une charge équilibrée active et inductive montée en triangle. La construction du diagramme se fait de la façon suivante. On construit à l'échelle choisie un triangle équilatéral des tensions composées du réseau $U_{AB}$, $U_{BC}$ et $U_{AC}$ qui sont égales aux tensions simples du récepteur. Dans le sens de décalage sous des angles $\varphi_{AB}$, $\varphi_{BC}$ et $\varphi_{AC}$ par rapport aux tensions composées $U_{AB}$, $U_{BC}$ et $U_{CA}$, on construit à l'échelle choisie les vecteurs des courants simples $I_{AB}$, $I_{BC}$ et $I_{CA}$.

Ensuite on détermine comme il a été déjà indiqué les courants composés $I_A$, $I_B$ et $I_C$.

**Exemple 2.** La tension composée appliquée à un moteur triphasé est égale à 220 V. L'impédance $z$ de l'enroulement du moteur est égale

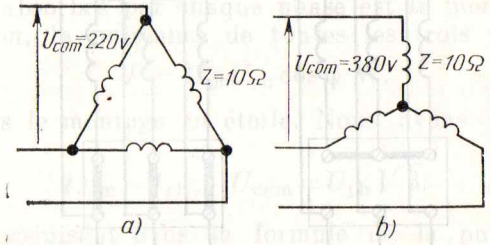


Fig. 192. Schéma pour l'exemple 2

à 10 ohms. Calculer les courants dans les fils de ligne et dans l'enroulement du moteur si ce dernier est monté en triangle (fig. 192, *a*).

D'après la loi d'Ohm :

$$I_{ph} = \frac{U_{ph}}{z}.$$

Puisque dans le montage en triangle $U_{com} = U_{ph}$, on a :

$$I_{ph} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}.$$

L'isolation de la phase du moteur est prévue pour une tension de 220 V et la section de l'enroulement de phase est prévue pour un échauffement provoqué par un courant de 22 A.

Dans le montage en triangle : $I_{com} = I_{ph} \cdot \sqrt{3}$, c'est-à-dire que $I_{com} = 22 \cdot \sqrt{3} = 22 \cdot 1{,}73 = 38$ A.

Le même moteur peut être branché sur une tension composée de 380 V, si ses enroulements sont montés en étoile (fig. 192, *b*).

Dans un montage en étoile, la tension simple est 1,73 fois plus petite que la tension composée, car $U_{com} = U_{ph} \cdot \sqrt{3}$.

Dans ce cas, on aura donc par phase du moteur:

$$U_{ph} = \frac{U_{com}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V},$$

c'est-à-dire que la tension d'un enroulement de phase du moteur reste toujours égale à 220 V.

Le courant dans l'enroulement d'une phase reste le même:

$$I_{ph} = \frac{220}{10} = 22 \text{ A}.$$

En général, dans les moteurs et les autres récepteurs de courant triphasé, on fait sortir à l'extérieur toutes les

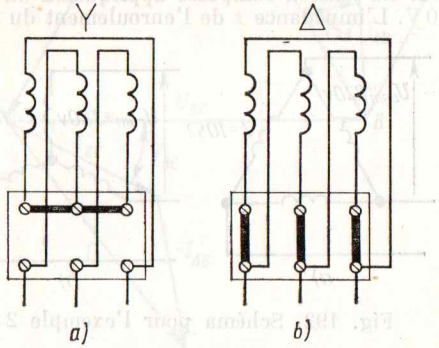


Fig. 193. Connexion des extrémités des enroulements sur la plaque à bornes d'une machine triphasée

six extrémités des trois enroulements que l'on peut coupler soit en étoile, soit en triangle. Généralement, une machine triphasée comporte une plaque à bornes en matériau isolant à laquelle aboutissent les six sorties.

La figure 193 représente le schéma de connexion des contacts de la plaque à bornes aux extrémités des enroulements d'une machine triphasée. Un jeu de trois barrettes de cuivre permet de changer facilement le schéma de branchement des enroulements.

Lorsqu'on a un moteur sur la fiche signalétique duquel est marqué 127/220 V, ce moteur peut être utilisé sous la tension de 127 ou de 220 V.

Si la tension composée est de 127 V, les enroulements des moteurs doivent être couplés en triangle (fig. 193, *b*).



L'enroulement de chaque phase du moteur se trouvera alors sous la tension de 127 V. Pour la tension de 220 V, les enroulements du moteur doivent être couplés en étoile (fig. 193, *a*) et chaque enroulement de phase se trouvera aussi sous la tension de 127 V.

## § 106. PUISSANCE DU COURANT TRIPHASÉ

On sait que la puissance active d'un courant monophasé est calculée d'après la formule:

$$P = I_{ph} U_{ph} \cos \varphi \text{ W},$$

où $I_{ph}$ et $U_{ph}$ sont les valeurs du courant et de la tension simples et $\varphi$ est l'angle de déphasage entre eux.

Pour une charge équilibrée d'un système triphasé la puissance absorbée par chaque phase est la même et, pour cette raison, la puissance de toutes les trois phases est:

$$P = 3 I_{ph} U_{ph} \cos \varphi \text{ W}.$$

Prenons le montage en étoile. Nous avons établi plus haut que

$$I_{com} = I_{ph}; \quad U_{com} = U_{ph} \sqrt{3}.$$

En introduisant dans la formule de la puissance des trois phases les valeurs du courant composé et de la tension composée on obtient:

$$P = 3 I_{com} \frac{U_{com}}{\sqrt{3}} \cos \varphi.$$

La formule de la puissance active du courant triphasé pour le montage en étoile prend la forme suivante:

$$P = \sqrt{3}\, I_{com} U_{com} \cos \varphi \text{ W}.$$

La puissance apparente est:

$$S = \sqrt{3}\, I_{com} U_{com} VA.$$

Pour le montage en triangle, on sait que

$$U_{com} = U_{ph};$$

$$I_{com} = I_{ph} \sqrt{3}.$$

En introduisant dans la formule de la puissance des trois phases les valeurs du courant et de la tension com-