

13 MACHINE A COURANT ALTERNATIF SINUSOIDAL

13.1 Alternateur

Chaque fois que l'on veut transformer de l'énergie mécanique en une énergie électrique, nous utilisons un **alternateur**. Nous limiterons notre étude aux alternateurs de petite et moyenne puissance qui sont souvent utilisés comme installations de production d'énergie (abrégé IPE dans les prescriptions) dans les hôpitaux, hôtels etc.

13.1.1 Principe

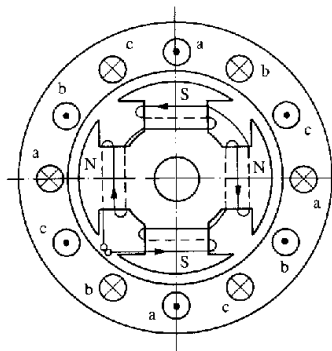
Un aimant ou un électroaimant (alimenté avec un courant continu), entraîné en rotation, produit un champ magnétique tournant. Chaque spire d'une bobine soumise à l'action de ce champ tournant est le siège d'une tension induite U_i alternative sinusoïdale dont la fréquence est proportionnelle:

- au nombre de paires de pôles magnétiques p
- à la vitesse de rotation de l'alternateur n :

$$f = p \cdot n$$

la fréquence f est exprimée en [Hz]

la vitesse de rotation n en tour*seconde⁻¹.



Représentation schématique d'une machine synchrone à pôles saillants.

Figure 13f1p1

L'aimant (ou l'électro-aimant) est l'inducteur. Nous lui donnons le nom de rotor.

L'ensemble des bobines fixe est l'induit. Nous lui donnons le nom de stator.

Le stator désigne la partie statique de l'alternateur. Le rotor désigne la partie en rotation de l'alternateur. La partie subissant les lignes de force est le . Un électroaimant est constitué de plusieurs pôles magnétiques.

Le tableau suivant résume les parties importantes et leurs fonctions :

inducteur	Rotor	mobile
Induit	stator	Statique

Exemple :

Calculons la fréquence d'un alternateur muni de 4 pôles magnétiques et dont la vitesse de rotation est de $1,25 \text{ tours} \cdot \text{seconde}^{-1}$.

Données :

$$\begin{aligned} &4 \text{ pôles magnétiques donc } 2 \text{ paires de pôles soit } p = 2 \\ &n = 1,25 \text{ tours} \cdot \text{seconde}^{-1} \end{aligned}$$

Inconnue :

$$f = ?$$

Relation :

$$f = p \cdot n$$

Analyse :

$$f = 2 \cdot 1,25 = 2,5 \text{ [Hz]}$$

Exercice :

Calculez la vitesse de rotation d'un alternateur muni de 4 pôles magnétiques et dont la fréquence $f = 50$ [Hz]. Réponse : $25 \text{ tours} \cdot \text{seconde}^{-1}$

13.1.2 Caractéristiques

L'alternateur est caractérisé par sa puissance nominale. cette puissance est une puissance apparente S . C'est comme le transformateur.

C'est l'inducteur qui crée un champ tournant dépendant de la vitesse d'entraînement de l'alternateur appelée vitesse de synchronisme n_s ou vitesse synchrone.

Complétez le tableau suivant:

<i>Nombre de paire de pôles</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>8</i>
<i>fréquence</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>.....</i>	<i>50</i>
<i>vitesse synchrone en $t*s^{-1}$</i>	<i>50</i>	<i>16.67</i>	<i>25</i>	<i>.....</i>

Pour coupler l'alternateur à un réseau de distribution, il est nécessaire de contrôler les points suivants:

- les tensions du réseau et de l'alternateur doivent être égales (voltmètre)
- la fréquence du réseau et de l'alternateur doivent être égales (au moyen d'un synchronoscope)
- la concordances des phases doit être respectées (champ tournant)

Pour régler les tensions, il est nécessaire de modifier les courants d'excitation de l'inducteur.

Cette opération de mise en parallèle est effectuée industriellement au moyen d'automates programmables.

Schéma :

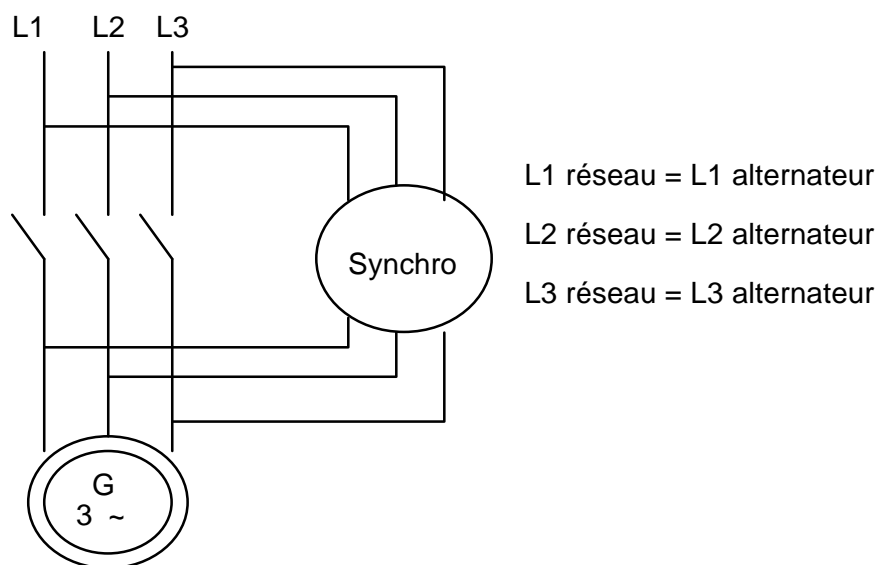


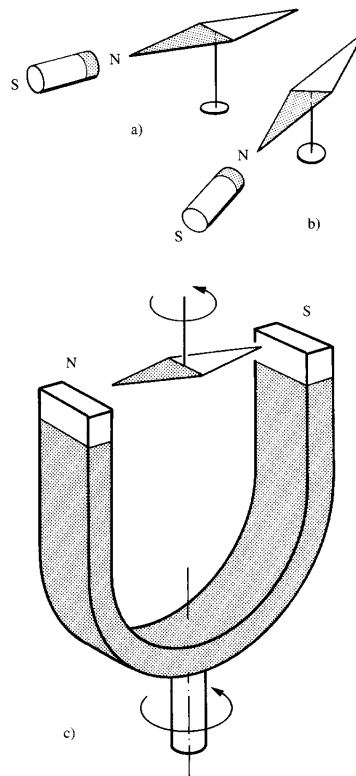
Figure 13f2p3

13.2 Moteur synchrone

Le moteur est un dispositif capable de transformer de l'énergie électrique en énergie mécanique. Il est dit synchrone lorsque sa vitesse de rotation est dépendante de la vitesse de synchronisme imposée par le réseau ou l'alternateur.

13.2.1 Principe

Lorsque le stator d'un moteur synchrone est connecté, un champ tournant est engendré. Le rotor subit ce champ tournant et entraîne ces pôles, alimentés en courant continu, à une vitesse synchrone. Le principe peut-être illustré grâce à un aimant qui entraîne une aiguille de boussole. L'aiguille reste « attachée » au champ magnétique de l'aimant.



- a) On rapproche l'aiguille de l'aimant
- b) L'aiguille s'aligne sur l'aimant
- c) On fait tourner l'aimant

Action d'un aimant sur une aiguille.

13.2.2 Caractéristiques

La construction est presque identique qu'un alternateur. Certains moteurs possèdent un rotor différent afin de faciliter le démarrage du moteur. Le rotor est un électroaimant ou un aimant permanent. Le stator est une bobine fixe.

Ces moteurs sont caractérisés par une vitesse de rotation rigoureusement constante et synchrone au réseau.

Pour conserver une puissance constante en fonction de la charge du moteur, nous pouvons faire varier le courant d'excitation.

Un moteur synchrone tournant à vide, si nous le surexcitons, fournit une puissance réactive au réseau et joue le rôle de **compensateur synchrone**.

13.2.3 Démarrage

Le moteur synchrone nécessite un entraînement de démarrage tel que:

- turbine de démarrage
- moteur auxiliaire

13.2.4 Emplois

Les moteurs synchrones sont utilisés en vitesse lente comme:

- ventilateur, broyeur, laminoir, horloge
- turbocompresseur, pompe, groupe convertisseur de tension électrique alternative sinusoïdale en tension électrique continue

Exercice :

Calculez le nombre de pôles d'un moteur synchrone alimenté par un réseau à 50 [Hz] et dont la vitesse de rotation est donnée par la plaquette signalétique du moteur à 250 tours*minute⁻¹.

Données :

$$n = 250 \text{ tours*minute}^{-1}$$

$$f = 50 \text{ [Hz]}$$

Inconnue :

nombre de pôles du moteur ?

Relation :

$$f = p*n$$

Analyse :

Il est nécessaire de remarquer que la vitesse est donnée en tours*minute⁻¹, alors que la fréquence est donnée en [Hz]. Mais l'unité [Hz] peut être donnée dans la forme [s⁻¹] signifiant un cycle en une seconde.

Le rapport entre seconde et minute est de 60.

Nous pouvons donc dire que: (analyse dimensionnelle)

$$\frac{\text{tour}}{\text{minute}} = \frac{1}{\text{seconde}} * 60$$

car un tour du moteur est une révolution de 360° électrique tout comme un cycle de la fréquence.

Notre relation peut donc s'écrire dans notre cas:

$$p = \frac{(f*60)}{n}$$

mais nous désirons calculer le nombre de pôles. Il est nécessaire de doubler la valeur de p signifiant **paire de pôles**.

$$2p = \frac{(f*60)}{n} * 2 \text{ donnant le nombre de pôles}$$

Application numérique :

$$2p = \frac{(50*60)}{250} * 2 = 24 \text{ soit 24 pôles}$$

Exercice 2 :

Calculer le nombre de pôles, d'un alternateur, nécessaire pour obtenir une vitesse de 125 t/min si l'alternance positive dure 10 [ms].

Exercice 3 :

Un alternateur monophasé à 16 pôles est connecté à un réseau 50 [Hz]. Quelle est sa vitesse de rotation en t/h ?

Exercice 4 :

Un moteur synchrone doit effectuer 600 tours, sur le réseau CVE 50 [Hz], pour faire avancer une horloge d'une minute.

Pour des raisons indépendantes de notre volonté, la fréquence diminue de 10 %. Après 3600 tours, quel est l'écart de temps ?

Exercice 5:

Un alternateur bipolaire doit fournir une tension de 6 [kV]. La fréquence f sera de 50 [Hz]. Le champ d'induction magnétique B s'élève à 0.8 [T]. Le rayon de l'arbre de l'alternateur est de 20 [cm]. Calculer la longueur de la spire.

Exercice 6:

Un alternateur monophasé à 8 pôles est connecté à un réseau 50 [Hz]. La longueur d'une spire est de 1.4 [km].

La tension U débitée est de 4 [kV]. Quel est le flux magnétique Φ si les dimensions du noyau sont 15 [cm] par 25 [cm] ? Quelle est sa vitesse de rotation en t/h ?

Exercice 7:

Un alternateur tétrapolaire doit fournir une tension de 20 [kV]. La fréquence f sera de 150 [Hz]. Calculer la longueur de la spire si l'induction B est de 3.4 [T] et si le couplage de l'alternateur est en étoile. Calculer sa vitesse de rotation en tour sur minute.

13.3 Moteur asynchrone

13.3.1 Construction

Un moteur asynchrone est constitué de 2 parties :



Figure 13f4p8

Une partie fixe, en général active électriquement, appelée **STATOR**.

Cette partie est munie d'un bobinage triphasé, alimenté par le réseau pouvant être connecté en étoile ou en triangle.

Le bobinage est placé dans des encoches du corps statorique. Ce **STATOR** est un bâti, composé de tôles étampées de faible épaisseur.

Ces tôles permettent une magnétisation élevée, présentent de faibles pertes par Hystérésis et par Foucault. Les tôles sont couvertes d'un vernis isolant.



Figure 13f5p8

La deuxième partie est mobile et s'appelle le **ROTOR**.

Le rotor possède un enroulement triphasé en fils de Cu isolés ou d'une cage constituée de **BARRES NUES** reliées à leurs extrémités par des anneaux, formant un enroulement en court-circuit.

Ce type d'enroulement porte le nom de rotor avec bobinage en **CAGE D'ECUREUIL**.

L'enroulement est fixé autour d'un arbre, qui assurera la conversion énergie électrique et énergie mécanique.

13.3.2 Conséquences électriques de ce mode de construction

- Le **STATOR** et le **ROTOR** sont **GALVANIQUEMENT SEPARÉS**.
- L'énergie électrique, consommée au réseau, est transformée en une énergie magnétique qui induit une énergie électrique dans le rotor et celui-ci par la loi des courants magnétiques (répulsion et attraction des pôles de mêmes noms) va transformer cette énergie magnétique en une énergie mécanique mesurable à l'arbre du moteur.
- Entre le **STATOR** et le **ROTOR**, un entrefer d est nécessaire (rotation sans frottement).
- Nous trouvons parfois le terme moteur à induction car il est nécessaire de posséder un flux magnétique Φ au stator pour le transmettre au rotor à travers l'entrefer.
- A l'arrêt, le moteur asynchrone se comporte comme un transformateur. Si le stator est connecté au réseau, il agit comme le primaire d'un transformateur, et une **TENSION INDUITE** apparaît au rotor (secondaire du transformateur). Comme l'enroulement est court-circuité ou câblé en étoile ou en triangle, il y a un courant qui circule. En court-circuit, la résistance **R** ou l'impédance **Z** du rotor est donnée par les éléments de construction. L'impédance **Z** est petite et cela implique un grand courant **I**.
- Cette augmentation ou ce grand courant **I**, à l'arrêt, dans le rotor va immédiatement se répercuter au stator. Comme nous avons assimilé notre moteur à un transformateur, **S**, la puissance apparente est constante, au rotor comme au stator. La tension du rotor et du stator reste constante, seul le courant **I** augmente. Cette augmentation de courant **I** au stator se nomme **REACTION D'INDUIT**. Elle explique la raison pour laquelle un moteur possède un **FORT COURANT DE DEMARRAGE $I_{dém}$** .

13.1.3 Encoches dans le rotor (ou stator)

Les moteurs usuels ont des encoches :

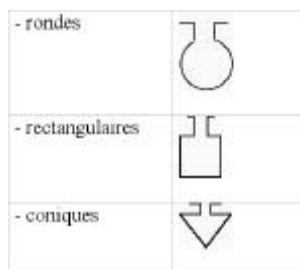


Figure 13f6p9

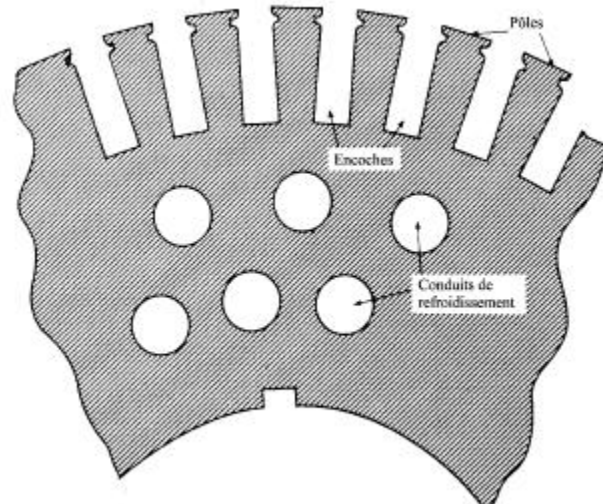


Figure 13f7p9

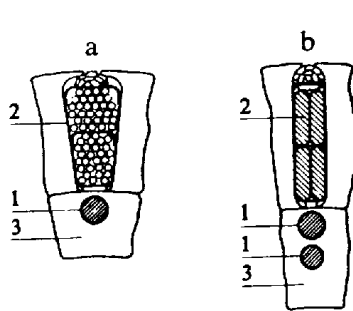
Elles influencent directement le courant de démarrage $I_{dém}$ du moteur.

Pour limiter le courant de démarrage $I_{dém}$, il est possible de modifier la forme des encoches et la matière des bobines. Cela a comme influence d'augmenter la résistance **R** ou l'impédance **Z** du rotor et de diminuer le courant de démarrage $I_{dém}$.

Il est évident que ce dispositif modifiera d'autres grandeurs que nous verrons plus loin (voir tableau ...)

13.1.1.1 Encoche profonde

Ce type d'encoche permet au démarrage d'avoir une grande résistance **R**.



1. cage d'écureuil (résistance élevée)
 2. enroulement bobiné
 3. anneau de court-circuit
- a) rotor pour moteur de 7 à 55 kW
b) rotor pour moteur de 55 à 335 kW

Figure 13f8p10

$$R_{\text{dém}} = \frac{\gamma l}{A}$$

A est grand

Une partie de l'encoche n'est plus une résistance **R** mais devient une impédance **Z** car la différence de vitesse entre le rotor et le stator est grande.

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \quad \Rightarrow \quad \text{que } Z \text{ sera grand au démarrage.}$$

Plus la vitesse du stator et du rotor se rapproche et plus l'impédance **Z** diminue.

Dès une profondeur de 12 [mm], on voit apparaître l'effet de répulsion de courant ou l'apparition d'une impédance **Z**.

13.1.1.2 Encoche ou induit à double cage

Le rotor, à double cage, possède une cage supérieure à haute résistance et en dessous, une cage à faible résistance.

La cage inférieure est en cuivre et la cage supérieure est en laiton.

Le laiton est 4 fois plus résistant que le cuivre. Ce qui diminue le courant de démarrage $I_{\text{dém}}$.

A pleine vitesse, le courant rotorique se répartit proportionnellement aux résistances des 2 cages. La réactance inductive ayant disparu car la fréquence est petite.

En pratique, lors de la marche normale du moteur, c'est la cage en Cu qui aura tout le courant et sera appelée cage de service.

13.1.1.3 Récapitulatif des influences des encoches

GENRE DE CAGE	NORMALE	PROFONDE	DOUBLE
Puissance kW	7,0	7,0	7,0
Vitesse t_{min}⁻¹	1435	1425	1440
Tension U	380	380	380
Courant I_{nom} A	14	14,3	14,5
Courant I_{dém} A	87	71	60
RAPPORT	6,2	5,0	4,1
cos f	0,88	0,865	0,845
Rendement η	0,87	0,86	0,86

13.1.2 Fonctionnement

Comme nous l'avons vu au chapitre de la construction, le courant **I** tiré au réseau servira d'abord à magnétiser les tôles.

Ce courant **I** engendre un **CHAMP TOURNANT** à la vitesse de **SYNCHRONISME** du réseau.

Cette vitesse de synchronisme n/s est imposée par le réseau de distribution. C'est-à-dire par la **FREQUENCE** f en Hz.

Elle est aussi imposée par le nombre de paires de pôles p du stator du moteur.

13.1.3 Les différentes étapes du fonctionnement

13.1.3.1 Magnétisation du stator selon la fréquence f

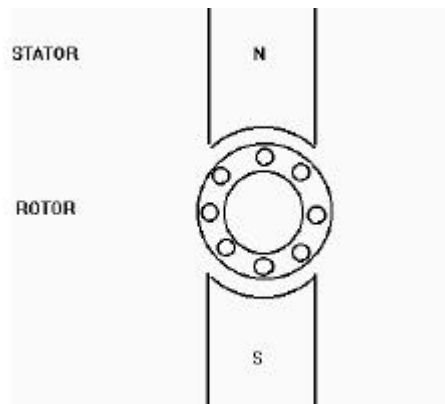


Figure 13f9p12

13.1.3.2 Magnétisation du rotor

Il est bien évident qu'il n'est pas instantané

Ce retard entre la magnétisation du stator et du rotor fait que le moteur ne pourra jamais tourner à la

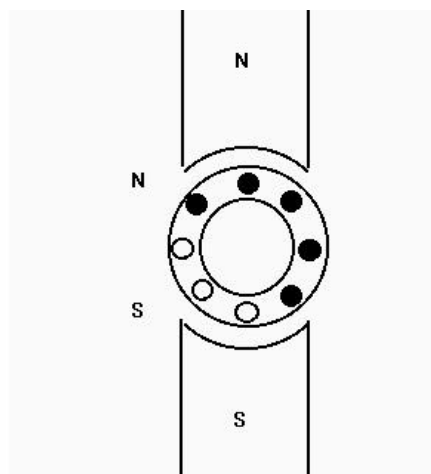


Figure 13f10p12

vitesse SYNCHRONE. D'où son nom de moteur **ASYNCHRONE**

Cette vitesse asynchrone n peut se mesurer à l'arbre du moteur.

La différence de vitesse du moteur par rapport au champ tournant (vitesse de synchronisation n_s) est exprimée en % et porte le nom de :

GLISSEMENT s

Le glissement s est une des grandeurs importantes de la machine asynchrone.

13.1.3.3 Réaction d'induit

Ce qui implique un courant au stator important (5 à $7 \times I_{nom}$ pour des encoches normales).

13.1.3.4 Force électromagnétique

On sait que 2 pôles de mêmes nom se repoussent. Ce qui entraîne l'apparition d'une force \vec{F} en [N] proportionnel-lement à $B I l$

Le symbole \vec{F} montre qu'il y a plusieurs compositions des forces.

Cette force \vec{F} s'exerce à la surface du rotor.

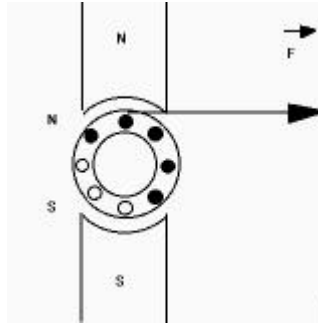


Figure 13f11p13

Cette force \vec{F} engendre avec le bras de levier que constitue le rayon r du rotor, la notion de **MOMENT M**. Ce moment **M** ou couple est exprimé par :

$$\mathbf{M} = \mathbf{F} r$$

A cet instant précis, nous parlerons de couple de démarrage M_A ou de décollage. Ce couple M_A doit être plus grand que les frottements mécaniques et la charge.

13.1.3.5 Travail W et puissance P

Nous pouvons à chaque instant, déterminer le travail **W** mécanique fourni par le moteur en tenant compte du chemin parcouru s par la charge, poussée, soulevée

$$\mathbf{W} = \mathbf{F} s$$

Si nous tenons compte du temps mis par le moteur pour soulever la charge, nous arriverons à la notion de puissance **P** mécanique.

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{W}}{t} \quad \text{watt [W]}$$

Nous pouvons dire que le couple **M** est donné par la relation :

$$\mathbf{M} = \frac{\mathbf{P}}{2\pi n}$$

13.1.3.6 Rotation

On veut représenter la position du rotor à différents instants, cela en fonction de l'alimentation du stator. Comme l'alimentation est triphasée (on rappelle l'allure des 3 phases sous la forme d'un graphique).

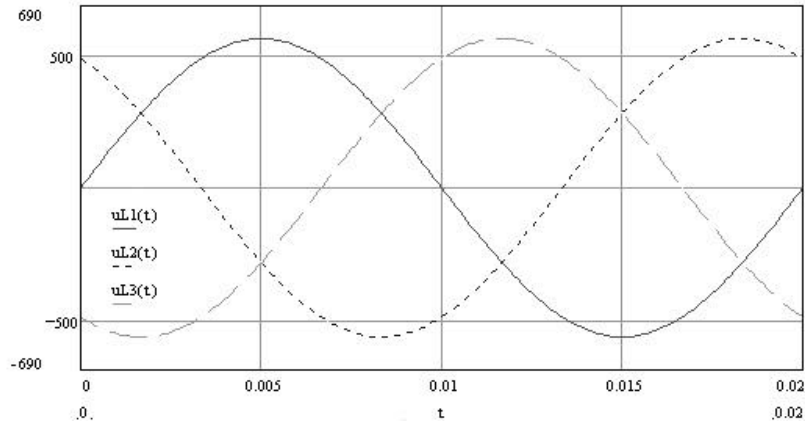


Figure 13f12p14

Pour établir les directions successives du flux résultant dans le rotor, on observe à différents instants, la valeur et le sens du courant dans chacune des bobines (couplées en étoile). On remarque que le courant de la bobine alimentée par la phase L_1 est maximum à l'instant « photographié » à la figure (a), puis le courant dans la phase L_1 à diminué. Au dessin (b) le courant dans L_2 est devenu maximum et ainsi de suite jusqu'au dessin (f). Pour changer le sens de rotation, il suffit d'invertir deux des fils

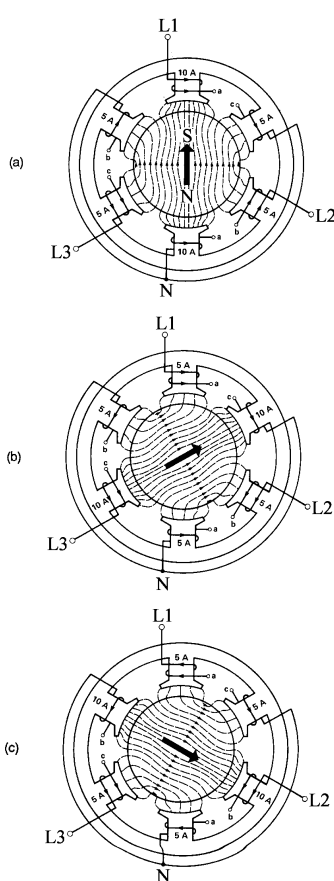


Figure 13f13p14

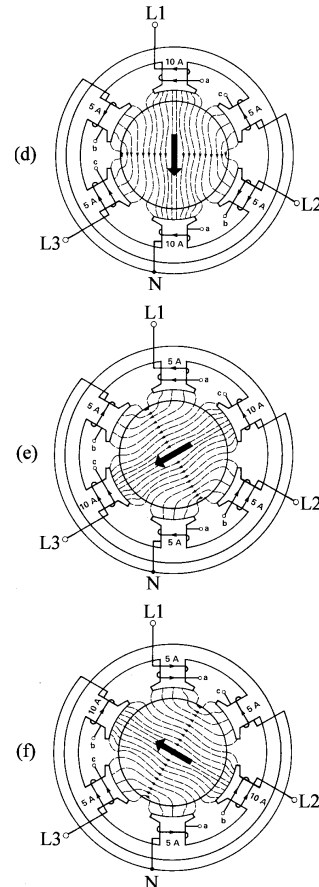


Figure 13f14p14

d'alimentation du stator.

La vitesse de synchronisation du stator n_s est proportionnelle au nombre de paires de pôles et à la fréquence f [Hz].

$$n_s = \frac{F}{p} \quad \text{exprimé en } \frac{1}{s}$$

c'est-à-dire en tours seconde⁻¹ ou en en tours minute⁻¹

$$n_s = \frac{f \ 60}{p} \quad \frac{t}{\text{min}} \quad \text{ou} \quad t_{\text{min}}^{-1}$$

Exemple :

Calculer la vitesse de synchronisation d'un machine à 2 pôles si elle est connectée sous une fréquence de 50 Hz.

$$n_s = \frac{f \ 60}{p} \quad f = 50 \text{ Hz} \quad p = 2$$

$$n_s = \frac{50 \ 60}{1} = 3000 \text{ t}_{\text{min}}^{-1}$$

13.1.4 Vitesse du rotor

Elle sera inférieure à la vitesse de synchronisation n_s . En règle générale, le glissement s est entre 1 et 5 % et en fonction de la forme des encoches (Exemple 5 %).

Genre de cage	Normale	Profonde	Double
glissement s	0.0433	0.05	0.04

Calculer la vitesse du moteur :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

$$n = n_s (1-s) = 3000 (1-0,05) = 2850 \text{ t}_{\text{min}}^{-1}$$

Plus nous augmentons le nombre de paire de pôles, plus la vitesse du moteur diminue.

13.1.5 Puissance du moteur asynchrone

La puissance électrique fournie au stator n'est pas en totalité disponible au rotor sous forme de puissance mécanique.

Cette différence de puissance représente les pertes dues à :

- la mécanique
- fer dans le stator
- cuivre dans le stator
- cuivre dans le rotor
- pertes supplémentaires

La figure suivante montre où se situent les pertes et comment la puissance électrique est transformée en puissance mécanique.

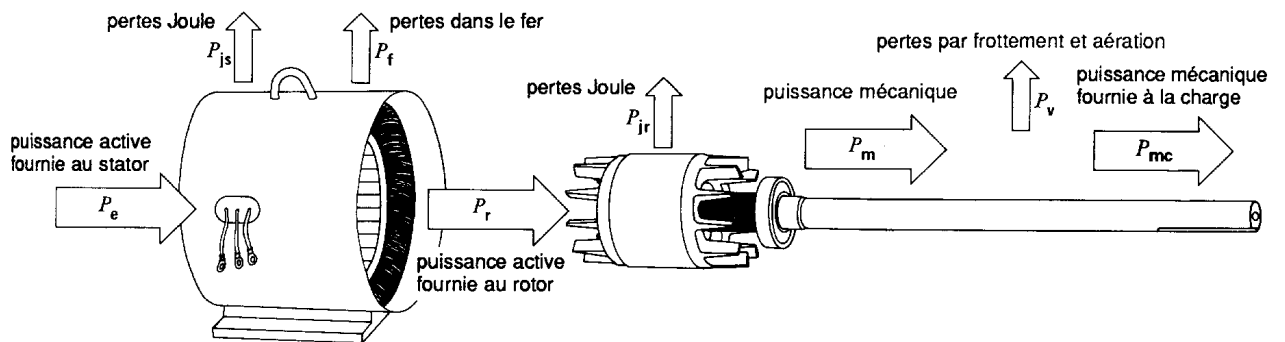


Figure 13f15p16

13.1.6 Diagramme de flux des puissances.

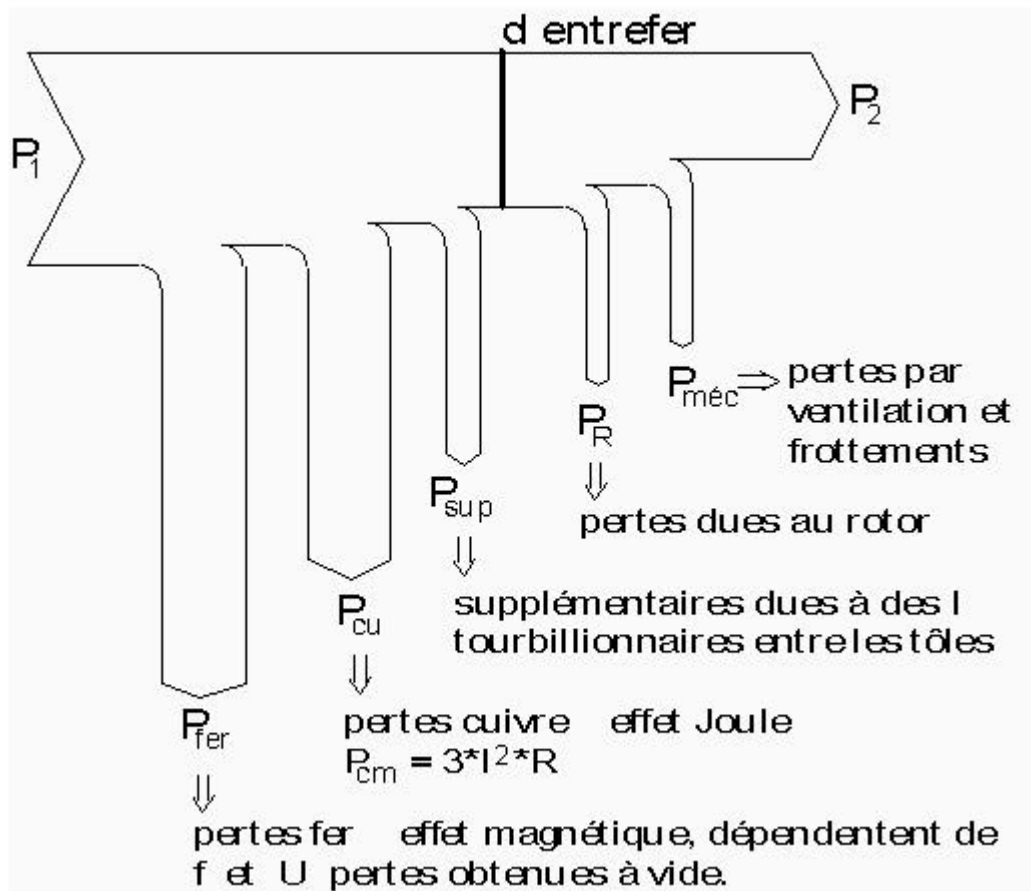


Figure 13f16p17

Plus le courant I augmente et plus les pertes Cu du stator deviennent grandes. Elles dépendent donc essentiellement de la charge.

Il faut faire attention à ne pas trop faire d'à-coup sur le moteur de telle façon qu'il puisse se refroidir.

13.1.7 Rendement η

Le rendement η est le rapport de la puissance mécanique rendue à l'arbre P_2 et de la puissance électrique absorbée P_1 .

Le rendement s'exprime en %.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Tableau des pertes séparées :

Symbole	Unité	Charge				
		5/4	4/4	3/4	2/4	1/4
U	V	380	380	380	380	380
P_1	kW	10,76	8,42	6,23	4,17	2,21
P_2	kW	9,18	7,35	5,51	3,67	1,84
S	-	0,065	0,0465	0,0325	0,021	0,01
I	A	19	15,2	11,8	9	6,7
$P_{méc}$	W	40	40	40	40	40
P_{fer}	W	220	220	220	220	220
P_{cu}	W	631	401	240	140	77
P_R	W	638	356	185	79	19
P_{sup}	W	54	42	31	21	11
η	-	0,853	0,874	0,885	0,880	0,834
cos f	-	0,855	0,83	0,8	0,71	0,50

13.1.8 Le moteur asynchrone (induit en court-circuit)...en résumé.

LES AVANTAGES :

robuste, facile à construire, donc bon marché, grande durée de vie avec un minimum d'entretien

LES INCONVENIENTS :

grand courant de démarrage I_d jusqu'à 6 fois le courant nominal I_n . Possibilité démarrage Y - Δ .

Aucune régulation de vitesse possible sans variateur de fréquence.

Les moteurs à nombre de pôles variables permettent de varier grossièrement la vitesse.

LA VITESSE :

La vitesse synchrone, d'un moteur sans charge, dépend de la fréquence et du nombre de paires de pôles. Ce qui implique la relation suivante :

$$\text{vitesse synchrone } n_s = \frac{60 f}{p} \text{ en } t_{\min}$$

f = fréquence du réseau [Hz]

p = nombre de paires de pôles du moteur

La vitesse réelle en charge dépend de la puissance. Suivant la grandeur du moteur elle est de 1 à 5 % plus faible que la vitesse synchrone.

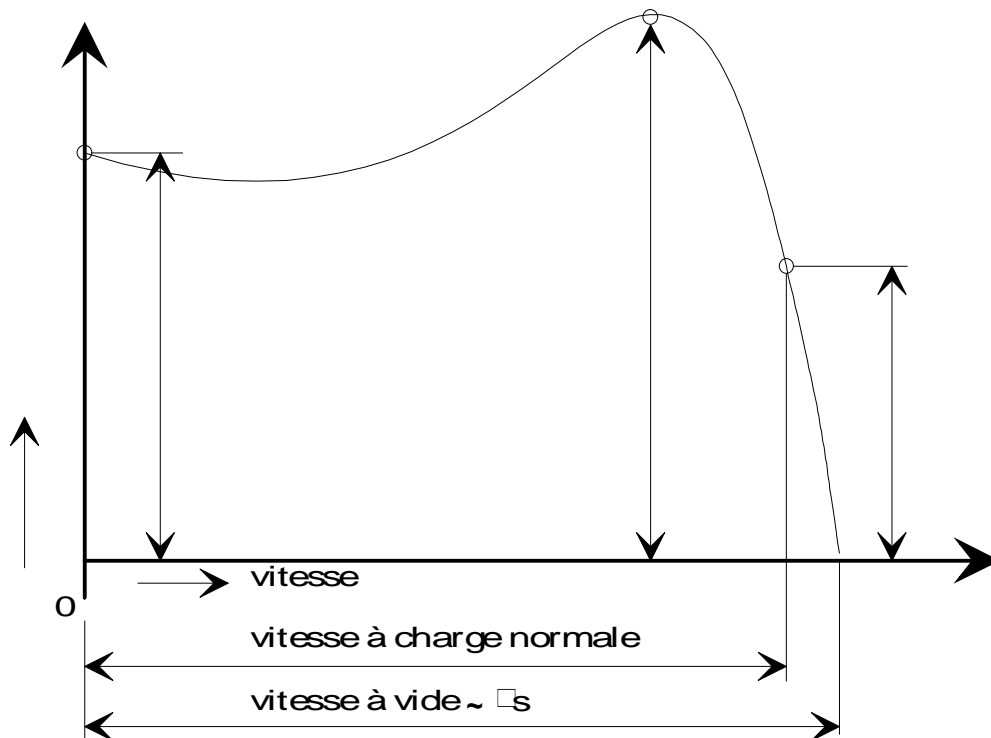
Cette différence de vitesse exprimée en % s'appelle le **GLISSEMENT** s.

C'est l'origine du nom **ASYNCHRONE**.

Nombre de pôles	2	4	6	8
Vitesse synchrone en t_{\min}	3000	1500	1000	750
Vitesse à charge nominal en t_{\min}	~2940	~1450	~980	~735

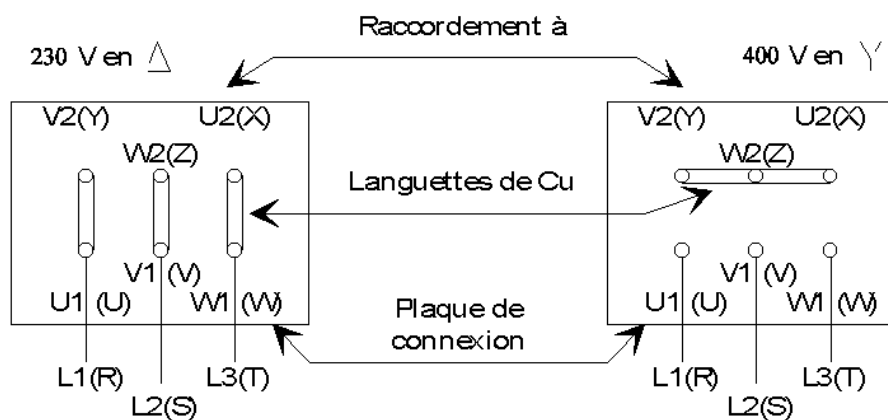
13.1.9 Caractéristique du couple en fonction de la vitesse.

La caractéristique suivante montre la relation entre vitesse et couple d'un moteur à induction.



Valeurs nominales

Les valeurs nominales d'un moteur sont données sur la plaquette signalétique. Le début et la fin des enroulements sont sortis sur une plaque de connexion et sont marqués UVW XYZ, par ce moyen, le moteur peut être raccordé sur le réseau en Y ou Δ (aussi pour le démarrage Y/ Δ).



En permutant deux phases (par exemple L1 et L2), on change le sens de rotation du moteur.

13.1.10 Caractéristiques de couple du moteur asynchrone en fonction de la vitesse $M_f(n)$

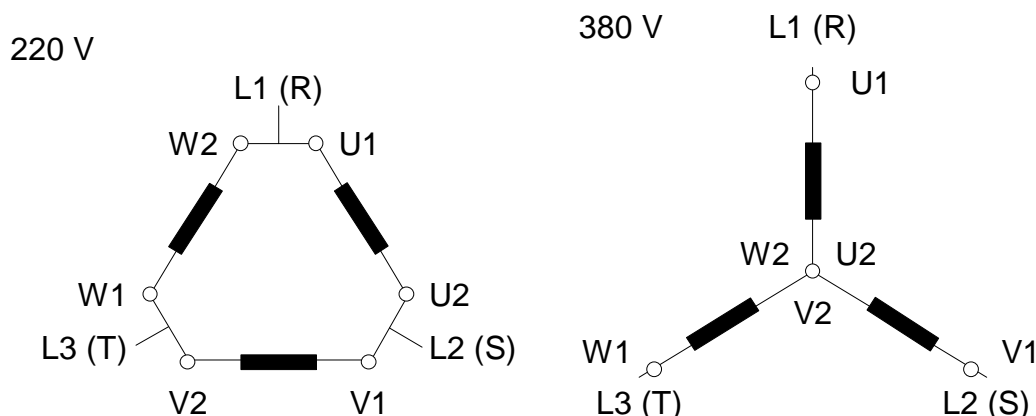
- A) Le moteur asynchrone est construit pour un **COUPLE NOMINAL** M_n , sans qu'il s'échauffe au-delà des normes en vigueur.
- B) Ce couple nominal M_n est obtenu à la vitesse n de charge nominale.
- C) A l'arrêt, le couple de démarrage M_A est développé par le moteur. La vitesse est **NULLE**.
- D) A vide, le couple est nul. La vitesse n est ou serait proche de la vitesse de synchronisation n_s . Elle est appelée n_0 .
- E) Si on charge, le moteur à sa charge nominale, la vitesse n diminue jusqu'à sa vitesse nominale n .
- F) Si nous continuons à charger, le moteur doit fournir ou livrer un couple toujours plus grand. La vitesse diminue et le glissement augmente.
- G) Nous pouvons arriver au couple de décrochage M_k à la vitesse de décrochage n_k . Si la charge augmente encore, la vitesse diminuera tout à coup à zéro. Nous dirons à ce moment-là que le moteur "*décroche*".

13.2 Raccordement d'un moteur triphasé

Les phases du réseau L1, L2, L3 vont aux bornes U1, V1, W1

Pour la mise en marche directe, le couplage étoile ou triangle peut être utilisé. Par principe, le couplage étoile est réservé à la tension supérieure.

Branchement des enroulements pour 230/400 [V] et mise en marche directe pour tension de service.



L'exécution normale des moteurs à 6 bornes de raccordement et une borne de protection dans la boîte à bornes. Par exemple, on peut brancher un moteur avec des enroulements 400 [V], sur un réseau 400 [V] ou 660 [V], en choisissant le bon raccordement, soit Δ 400 [V] \searrow 660 [V].

13.2.1 Branchements des barrettes

La publication 34-8 de la CEI contient les nouvelles normalisations des machines électriques.

Les phases entrantes (ancien repérage U, V, W) deviennent maintenant U_1 , V_1 , W_1 des phases sortantes (anciennement XYZ) se repèrent avec U_2 , V_2 , W_2 .

Le raccordement du réseau (ancien R, S, T) porte la nouvelle signalisation L_1 , L_2 , L_3 , N.

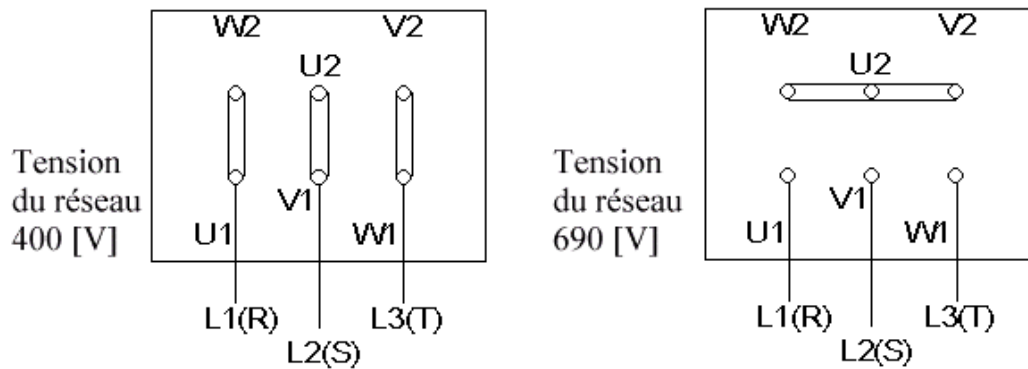


Figure 13f20p22

13.2.2 Echelle de réglage pour relais thermiques

Les relais thermiques sont faits pour protéger les moteurs. Cette protection doit être efficace aussi bien en démarrage direct qu'en démarrage étoile-triangle. On remarque 2 différentes échelles :

Echelle extérieure : Démarrage direct.

Echelle intérieure : Démarrage Y/D

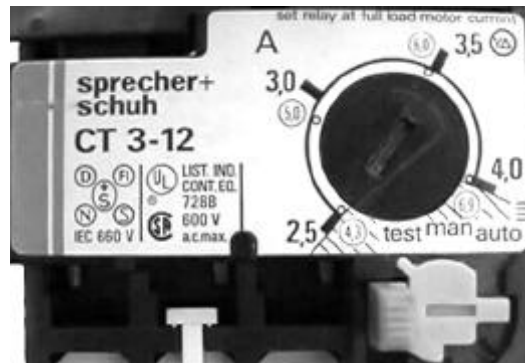
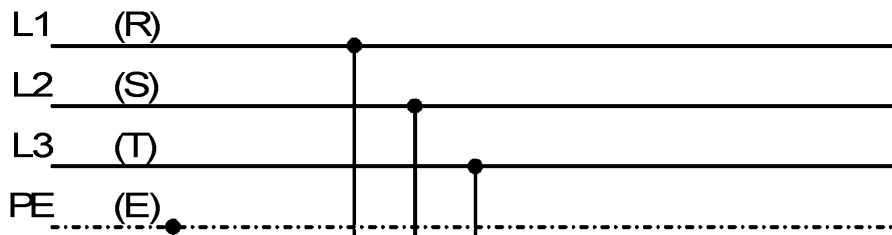


Figure 13f21p23

Ce relais thermique déclenche en réalité quand le courant atteint la valeur située sur l'échelle extérieure.

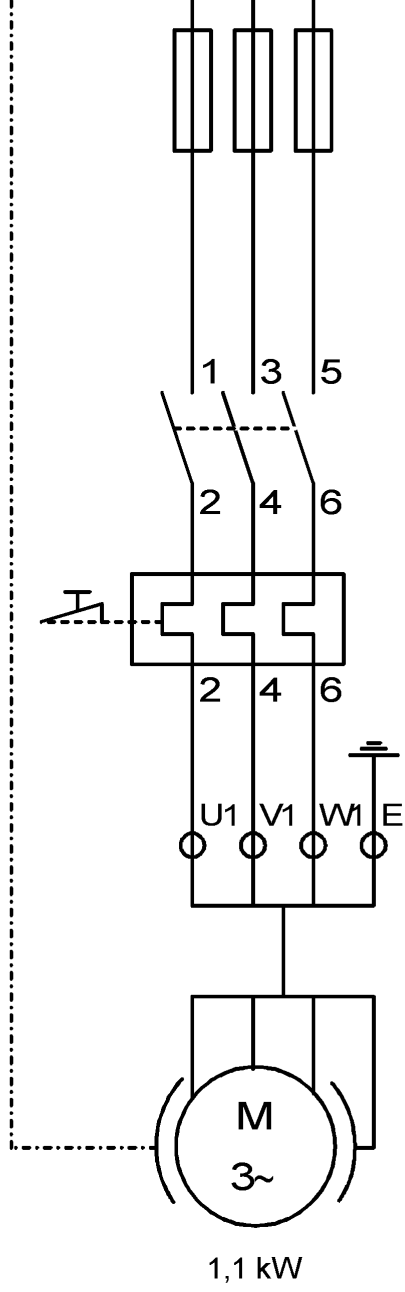
Pour un moteur à démarrage direct, le relais conduit ce courant. De même, cette échelle permet aussi de déclencher tous les consommateurs branchés directement sur le réseau.

DEMARRAGE DIRECT:



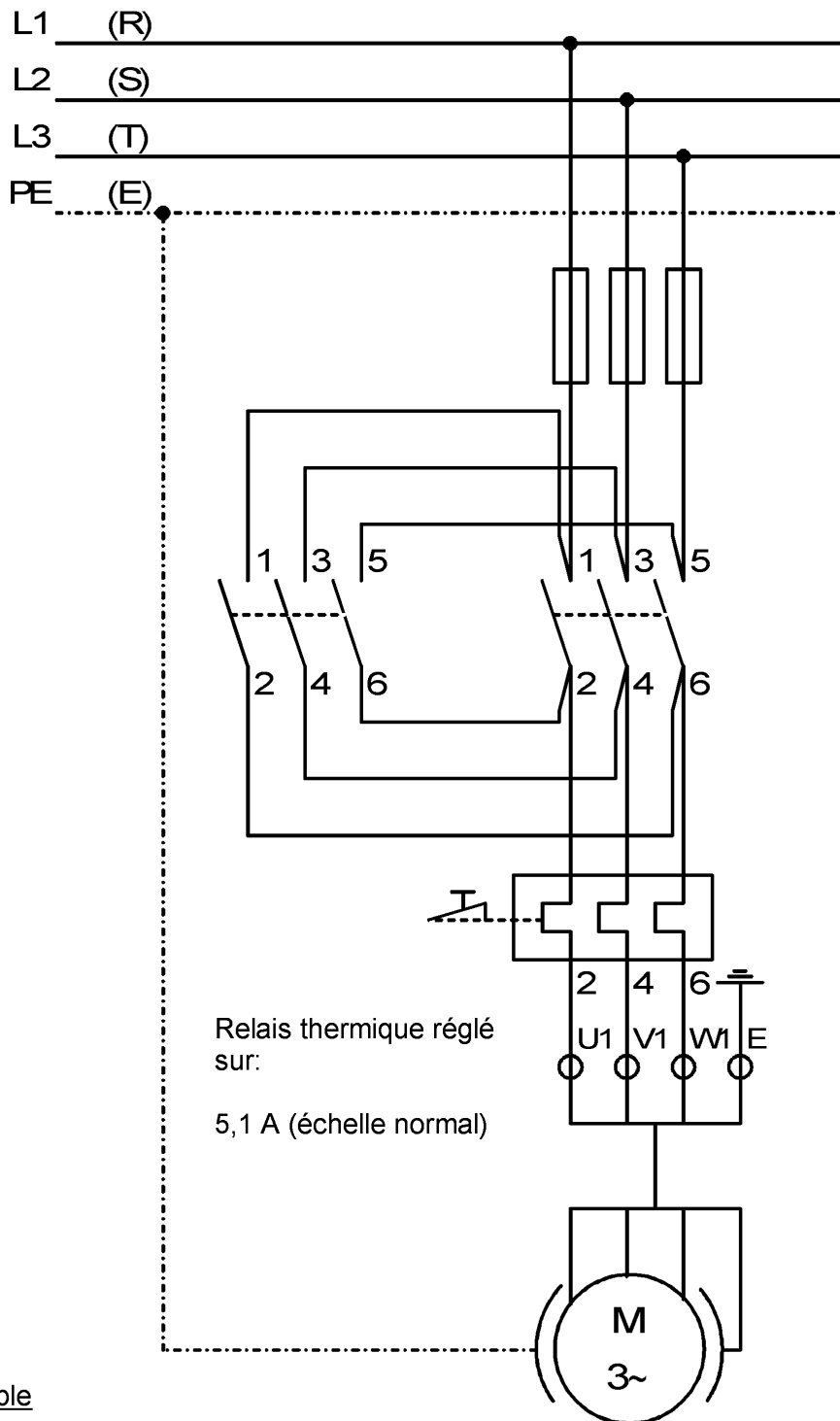
Exemple 1:

moteur 1,1 kW; 1440 t_{min}⁻¹
400 V; 2,6 A
 $I_{dém} = 13,2 A$
 $\cos \phi = 0,85$
 $\eta = 75 \%$



Relais thermique réglé sur:
2,6 A (échelle normal)

INVERSION DE SENS:



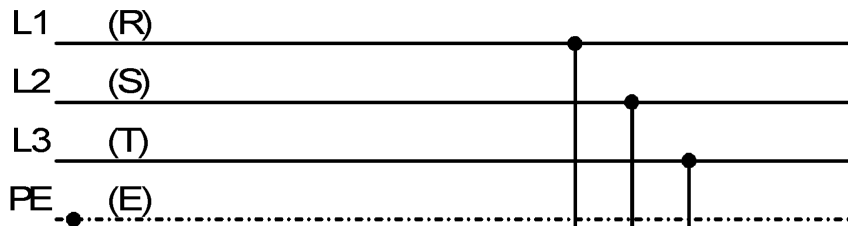
Relais thermique réglé sur:
5,1 A (échelle normal)

Exemple

moteur 2,2 kW; 2800 t_{min}⁻¹
400 V 5,1 A
I_{dém} = 32.1 A
cos φ = 0,85
η = 80 %

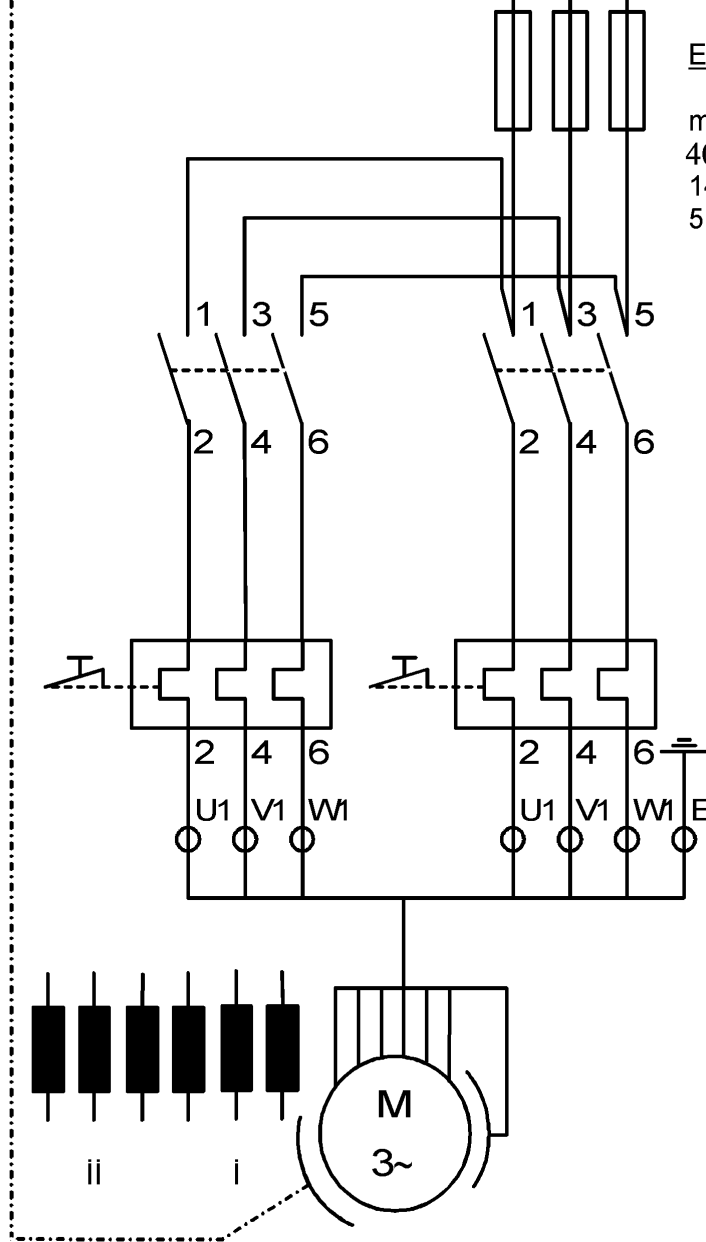
2,2 kW

2 VITESSES:



Exemple 1:

moteur 2,7 kW; 0,3 kW
 400 V
 1460 / 460 t_{min}⁻¹
 5,8 / 1,45 A



Relais thermique réglé sur:
 F1 = 1,45 A
 F2 = 5,8 A
 (échelle normal)

2,7 / 0,3 kW

Figure 13f24p26

ETOILE - TRIANGLE (Y / Δ)

L1 (R)

L2 (S)

L3 (T)

PE (E)

Exemple

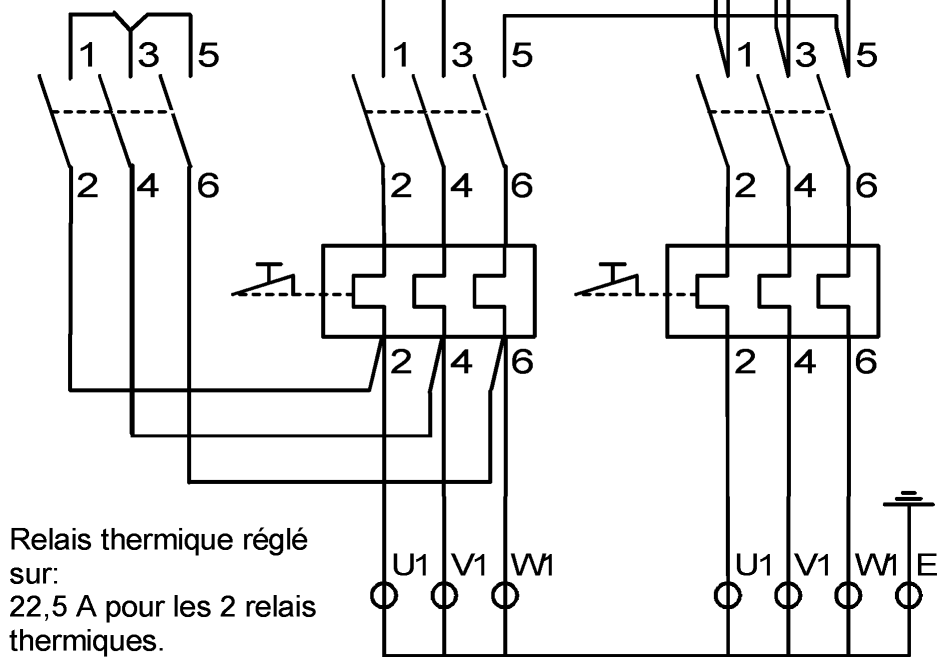
moteur 11 kW; 1460 t_{min}⁻¹

400 V Y ; 22,5 A

I_{dém.} = 144 A

cos φ = 0,85

η = 87%

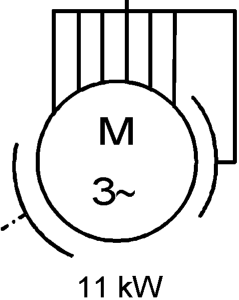


Relais thermique réglé sur:
22,5 A pour les 2 relais thermiques.

ECHELLE VERTE

Si vous avez une échelle normale:

$$I = \frac{22 \text{ A}}{\sqrt{3}} = 13 \text{ A !!}$$



ATTENTION. Ces valeurs sont applicables si les relais sont spécialement conçus pour Y / Δ

Figure 13f25p27

En démarrage Y/ Δ , ces relais ne sont traversés que par le courant I_{Δ} . Ces courants sont plus petits d'un facteur $\sqrt{3}$ ($= 1,732$) que le courant nominal tiré du réseau.

Prenons l'exemple d'un moteur avec un courant nominal de 13 [A] (plaque signalétique), cela implique que dans le relais thermique, passe un courant de $I_{\Delta} = \frac{13}{\sqrt{3}} = 7,5$ [A]

Si vous ne désirez pas calculer ce courant, il faut simplement régler 13 [A] sur l'échelle intérieure.

Remarque importante :

Pour un moteur à démarrage direct à courant nominal 13 [A] ce relais serait trop petit. En réalité, seulement 8 [A] maximum pourrait être réglés.

13.3 Moteur à bagues

Schéma de principe :

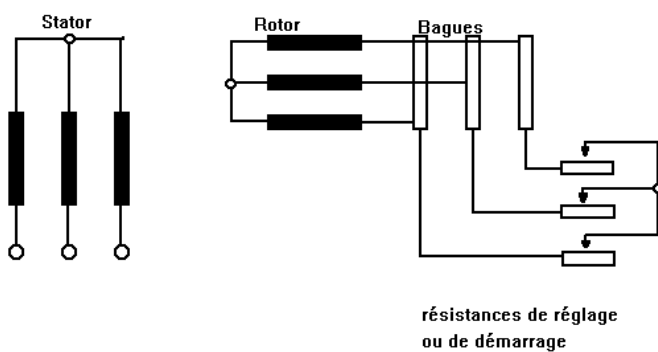


Figure 13f26p28



Figure 13f27p28

Le moteur à cage est, comme son nom l'indique, équipé d'un rotor en forme de cage (phases court-circuitées). Cette construction est responsable du fort courant de démarrage (4,5 à 6,5 I_n).

Le moteur à bagues a un rotor équipé de 3 enroulements (phases) et raccordé à 3 bagues collectrices, dont les balais aboutissent aux résistances de démarrage.

Démarrage :

Lors de l'enclenchement du moteur, la résistance de démarrage doit être réglée au maximum. Avec l'augmentation de la vitesse (éventuellement surveillance du courant au moyen d'un ampèremètre), on diminue graduellement les résistances. La vitesse nominale atteinte, l'enroulement du rotor est court-circuité par les bagues et les balais. Ces moteurs ont en général, un dispositif de relevage des balais.

Souvent les moteurs à bagues sont équipés de démarreurs centrifuges (moteur "combi"). Cette manoeuvre de démarrage s'effectue automatiquement.

13.4 Moteurs triphasés raccordés en monophasé

Dans la pratique, les problèmes posés à l'électricien sont des plus divers, L'un de ceux-ci, est de brancher un moteur triphasé sur un réseau monophasé. Cela arrive de temps en temps, lorsqu'il s'agit du branchement provisoire de petites machines. Dans le cas d'installations fixes et durables, une modification du réseau est recommandée.

Ce genre de branchement est autorisé par les services électriques, pour autant que le courant de démarrage soit supporté par un fusible ou un disjoncteur de 10 [A].

Pour produire un champ tournant dans notre moteur, avec une tension monophasée, il faut que le courant de l'un des enroulements soit déphasé. Cela peut se faire, en branchant en série sur l'enroulement, soit une résistance ohmique, une inductivité, ou un condensateur. Le meilleur couple de démarrage ainsi qu'un facteur de puissance amélioré, s'obtiennent avec un condensateur.

Les moteurs sont en général construits pour un couplage 400 [V] en étoile. Chaque enroulement est donc prévu pour 230 [V]. Pour le couplage en 230 [V] monophasé il faut branché les enroulements en triangle.

Nous pouvons changer le sens de rotation du moteur en connectant le condensateur sur l'un ou l'autre enroulement.

IMPORTANT :

Dans un branchement 400 [V] normal, le déphasage entre les pôles est de 120°. Dans un branchement 230 V monophasé avec condensateur, le déphasage n'est que de 90°. La conséquence est une puissance réduite à 50 - 70% de la puissance nominale. Le couple de démarrage est d'environ 25 à 35% du couple nominal.

Cette puissance diminuée peut suffire pour les moteurs de ventilateurs ou pompes avec démarrage en charge réduite. On peut aussi tenir compte du fait que les moteurs installés offrent une grande réserve de puissance.

13.4.1 Raccordement d'un moteur triphasé sous 230 [V]

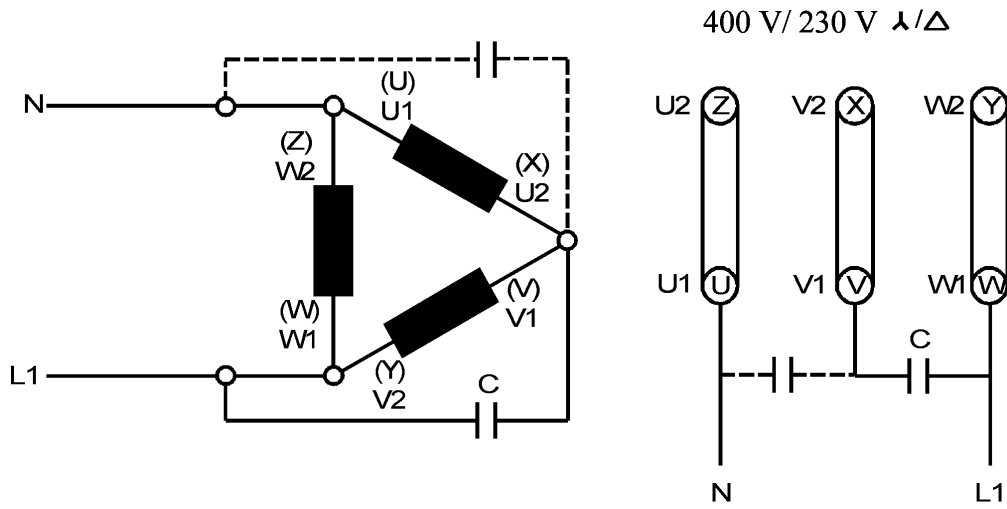


Figure 13f28p30

13.4.1.1 Raccordement d'un moteur triphasé sous 400 [V]

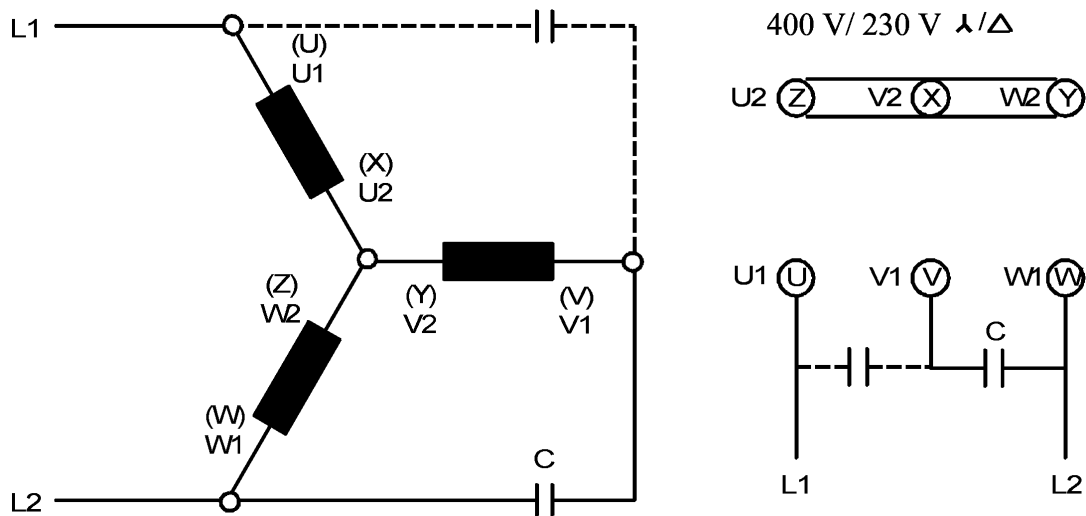


Figure 13f29p31

13.4.2 Choix du condensateur

La capacité est calculée sur la base de la formule pour la puissance réactive. Pour une puissance de moteur de 1 [kW], on aura en pratique 1,3 de puissance réactive au condensateur. Par le calcul, nous obtenons pour un moteur branché en 230 [V], par kW de puissance au moteur, une capacité du condensateur de 70 μF .

En marche à vide, la tension aux bornes du condensateur peut atteindre 115% de la tension du réseau. Pour une tension de réseau de 230 [V], on utilisera des condensateurs supportant une tension alternative de 260 [V], DIN 48501.

13.4.2.1 Règle générale pour le choix de condensateurs

Tension de service 230 [V] :

$$C \mu\text{F} \cong 70 \times \text{Puissance du moteur en [kW]}$$

Exercice :

Un moteur est noté 4 [kW]. Quelle est la valeur du condensateur ?

Tension de service 380 [V] :

$$C \mu\text{F} \cong 23 \times \text{Puissance du moteur en [kW]}$$

Exercice :

Un moteur est noté 4 [kW]. Quelle est la valeur du condensateur ?

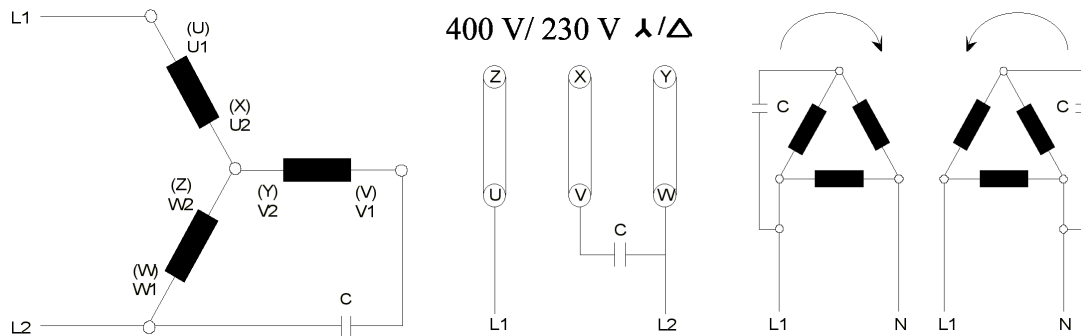


Figure 13f30p32

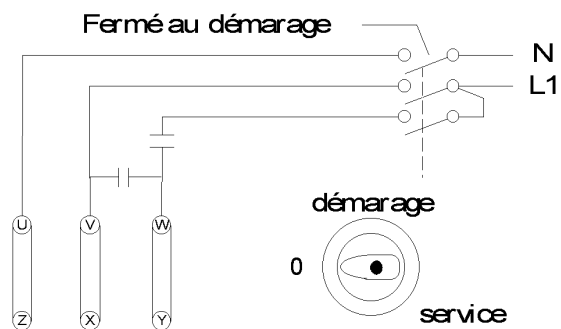
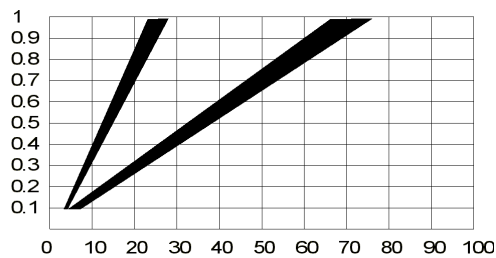


Figure 13f32p32

13.4.3 Couplage avec condensateurs de service et de démarrage

Si le moteur entraîne une machine à grand couple de démarrage, par exemple, pompe à piston, compresseur etc., on a la possibilité de brancher un condensateur de démarrage en parallèle sur le condensateur de service.

Cette augmentation de la capacité augmente le couple de démarrage du moteur jusqu'à 200 % du couple nominal. Le dégagement de chaleur qui en résulte met en danger les enroulements du moteur. Le condensateur de démarrage doit être déclenché dès que le moteur atteint sa vitesse nominale. On peut utiliser un simple interrupteur manuel.

La valeur des condensateurs de démarrage est approximativement la même que celle des condensateurs de service. Ils peuvent être montés dans le même boîtier.

13.4.4 Relais thermiques

Les relais thermiques du moteur doivent être connectés en série et être réglés à la valeur du courant mesuré, moteur en charge.

13.4.5 Montage des condensateurs

Avant le montage, il faut s'assurer que le type de protection des condensateurs correspond à celui du moteur.

Les condensateurs seront fixés à l'aide de colliers, directement sur le moteur, ou à proximité immédiate. Les connexions électriques seront effectuées avec du câble souple.

Mise en service

Pour éviter toute mauvaise surprise, il faut absolument mesurer le courant qui passe dans les enroulements (W-Z). Les valeurs mesurées, ne doivent en aucun cas dépasser les valeurs données sur la plaque signalétique pour un couplage étoile.

Tout dépassement provoquerait un échauffement conduisant à la destruction du moteur.

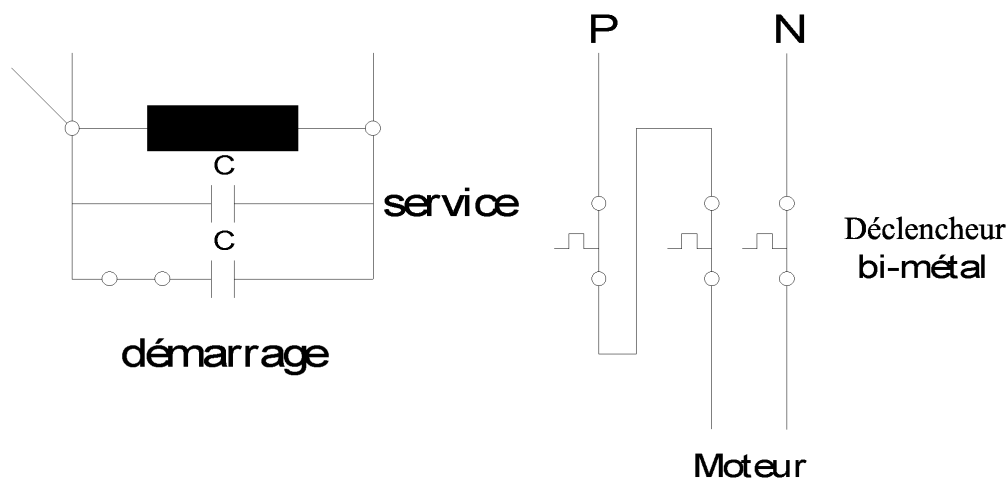


Figure 13f33p33

13.5 La plaquette signalétique

Le fabricant doit nous livrer, sur plaquette signalétique, les indications suivantes pour les raccordements pour moteurs et appareils (ventilateurs, etc.).

- tension nominale (continue ou alternative)
- puissance nominale ou intensité nominale
- fréquence nominale
- nombre de phases, couplage (pour triphasé)
- vitesse nominale
- facteur de puissance

Pour l'échange d'appareils défectueux ou parties d'appareils, il est nécessaire de prendre le nom du fabricant, le type et le numéro de l'appareil.

Le numéro de fabrication et éventuellement l'année de fabrication sont aussi importants.

13.5.1 Exemples de plaquettes signalétiques :

Firme				
typ		Nr.		
230/400/	/Y	V	1420	t/min
5,2/3,0	/Y	A	0	kW
cos		Per.	50	

Firme	
typ	
48 =	V
1.2	A
	Per.

La plaquette indique que le moteur triphasé branché en étoile \star sous 400 [V] consomme 3 [A] et a une puissance à l'arbre moteur de 1,1 [kW].

Le ventilateur est raccordé sous 48 [V] continu et absorbe 1,2 [A].

Firme			
typ		Fabr. Nr.	
IP 44			84
400	V	2930	t/min.
21,6	A	50	Per.
11,0	kW	cos	0,89
Isol. Kl.B			

Cette plaquette signalétique indique, que le moteur fonctionne sous 400 [V] en Δ . Il se laisse mettre en marche avec un couplage Y/ Δ (en couplage Y, il peut se connecter sous 660 [V]).

La puissance apparente nominale est fonction du réseau :

$$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} = 400 \cdot 21,6 \cdot 1,732 = 14965 \text{ [VA]} = \mathbf{14,965 \text{ [kVA]}}$$

et la puissance **P** :

$$P = S \cdot \cos \phi = 14,965 \cdot 0,89 = \mathbf{13,319 \text{ [kW]}}$$

De là, il est possible de déterminer le rendement à charge nominale.

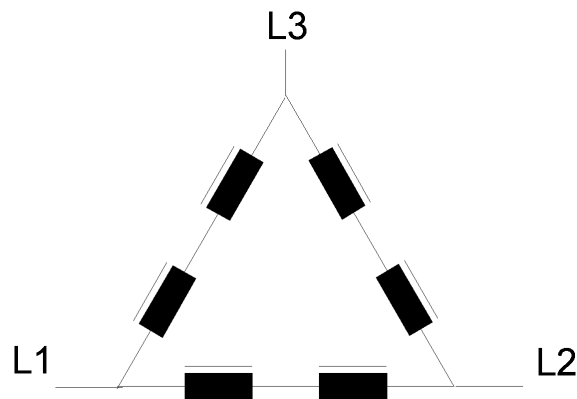
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{11,0}{13,319} = 0,83 = \underline{\underline{83\%}}$$

13.6 Moteur à plusieurs vitesses

La climatisation, la ventilation et autres nécessitent de petites et grandes vitesses de rotation n . Nous connaissons la relation mathématique de la vitesse n . Elle est proportionnelle à la fréquence f et au nombre de paires de pôles p .

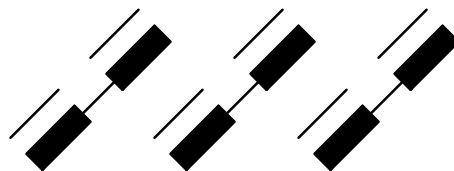
$$n = \frac{f}{p}$$

Nous savons qu'il n'est pas aisé de modifier la fréquence f d'un réseau. Il ne nous reste plus qu'à modifier le nombre de paires de pôles p du moteur. Nous étudierons 2 types de moteurs soit le Dahlander et le moteur à 2 enroulements séparés. Il est évident qu'il existe des autres types de moteurs.



13.6.1 Moteur Dahlander

Le moteur Dahlander est un moteur asynchrone. La seule différence est située dans la construction du rotor. Ce dernier est muni de 6 demi-enroulements.



13.6.1.1 Fonctionnement en triangle

Un courant I circule à travers les demi-enroulements entre L1-L2 et L2-L3 et L3-L1.

Ce courant I provoque un effet magnétique (voir théorie moteur asynchrone).

Le courant I génère 1 paire de pôles.



Figure 13f36p36

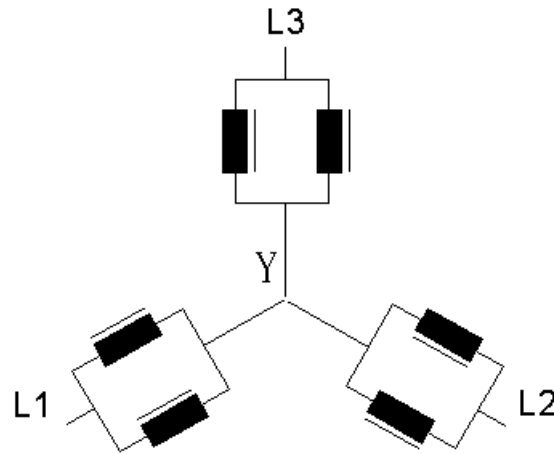
La vitesse de rotation est donnée par :

$$n = \frac{f}{p}$$

comme p est égal à 2, la vitesse n est inférieure à 1500 [tmin⁻¹] sur un réseau 50 [Hz].
La vitesse n du moteur Dahlander est inférieure à la vitesse du champ tournant car ce type de moteur est un moteur asynchrone . Un moteur asynchrone est caractérisé par son glissement s .

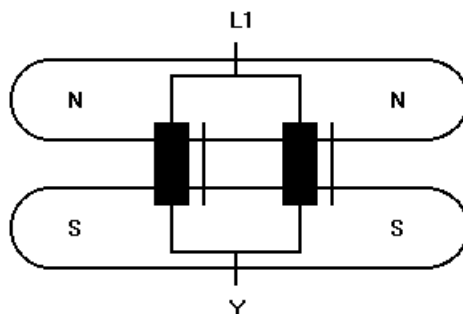
13.6.1.2 Fonctionnement en étoile

Il est possible de connecter ces 6 demis-enroulements en étoile.



Le courant I circule entre $L1 \times Y$.

Ces demis-enroulements sont en parallèle. Au point de vue magnétique nous ne possédons qu'une paire de pôles p .

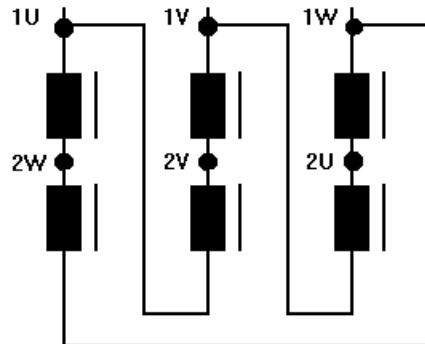


La vitesse de rotation n est donnée par :
$$n = \frac{f}{p}$$

Comme p est égal à 1, la vitesse n est inférieure à $3000 \text{ [tmin}^{-1}\text{]}$ sur un réseau 50 [Hz] .
La vitesse n en couplage Y est le double de la vitesse n en couplage D. Pour tous les moteurs Dahlander, le rapport de vitesse entre les couplages est du simple au double.

13.6.1.3 Notation des bornes

Les bornes d'un moteur Dahlander sont repérées de la façon suivante :



Nous constatons que contrairement au moteur asynchrone le chiffre précède la lettre. Cela signifie :

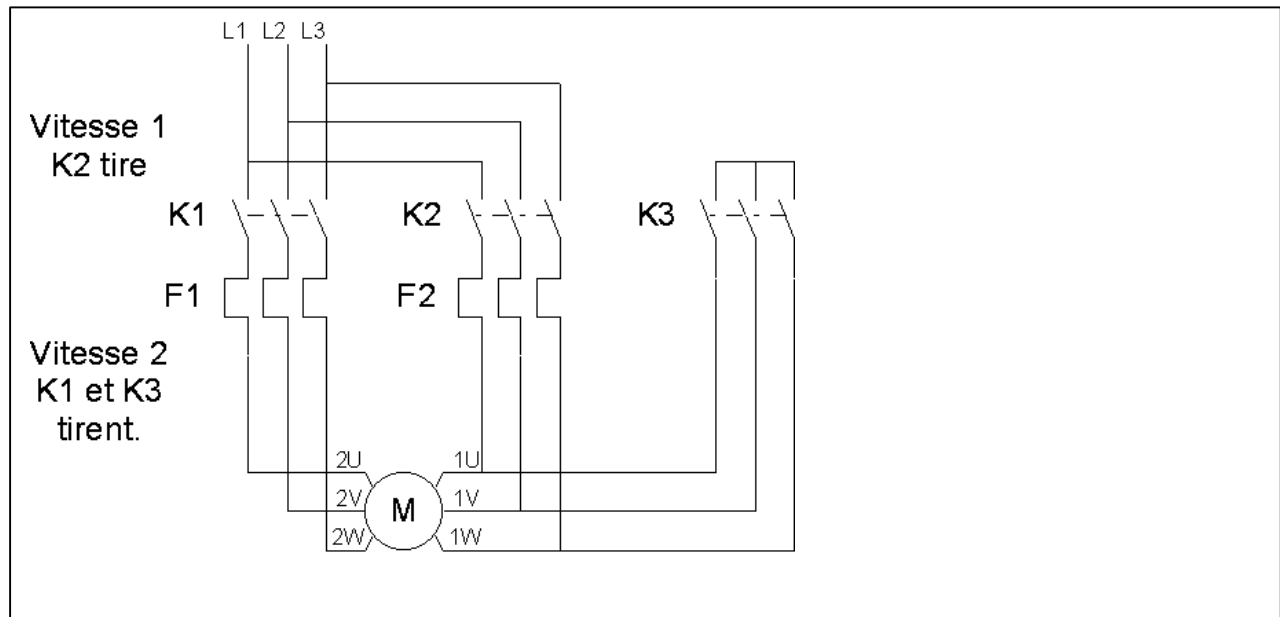
1	⇒	première vitesse		
U	⇒	borne U de L1		
1V	⇒	première vitesse	borne V	de L2
2U	⇒	deuxième vitesse	borne U	de L1

13.6.1.4 Plaque signalétique

Un moteur Dahlander possède une plaque signalétique avec un symbole D/YY. En outre, les vitesses de rotation n sont dans un rapporte 1 à 2.

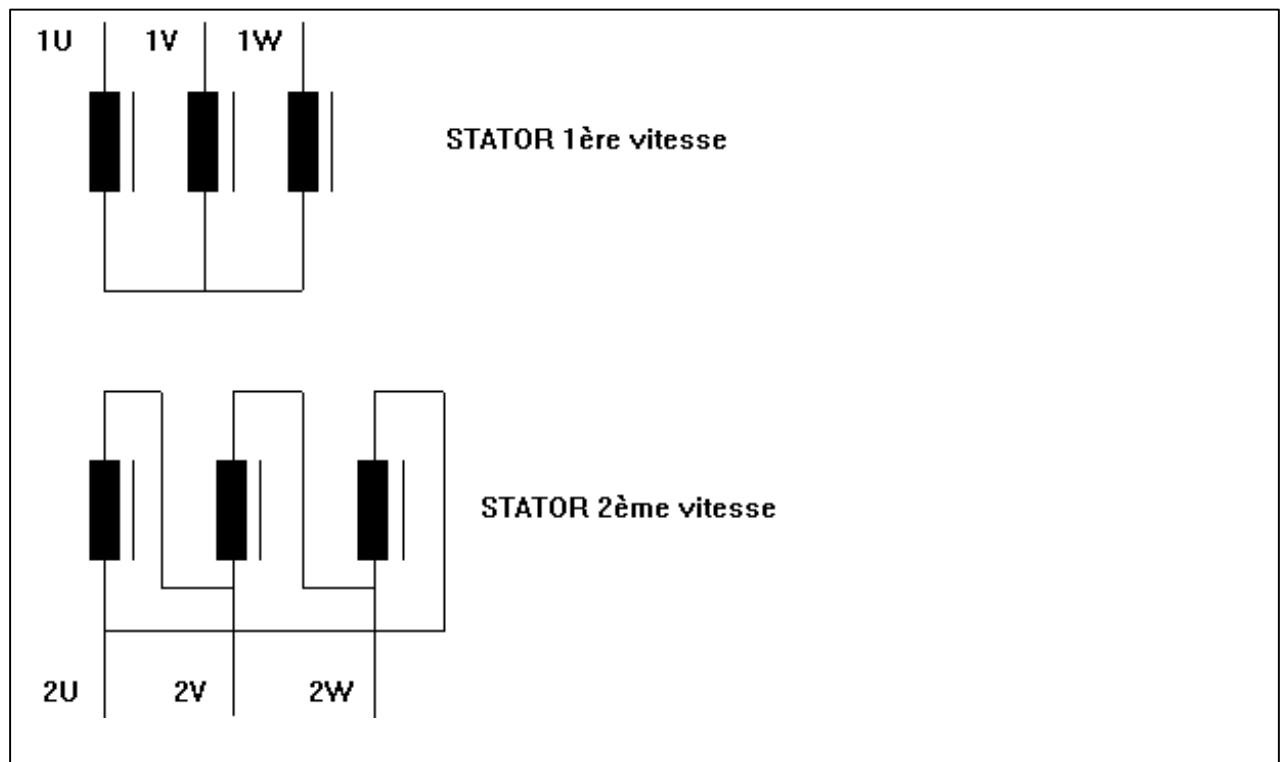
1993	D/YY	R = 0.84
$\cos \phi = 0.8$	2.4/3.6 [A]	400 [V]
	1480/2960	tmin^{-1}

13.6.1.5 Schéma



13.6.2 Moteur à 2 enroulements séparés

Le moteur à 2 enroulements séparés est un moteur asynchrone. Sa particularité réside par le fait qu'il possède 2 enroulements stators munis d'un nombre de paires de pôles p différents.



Ce type de moteur est utilisé pour la ventilation, climatisation, élévateur, etc.

13.6.2.1 Notation des bornes

Les bornes du moteur à 2 enroulements séparés sont notées de la même façon que le moteur Dahlander, car c'est un moteur à 2 vitesses.

13.6.2.2 Plaquette signalétique

Un moteur à deux enroulements séparés est notée de la façon suivante :

1993	D - Y	R = 0.84
cos ϕ = 0.8	2.4/3.6 [A]	400 [V]
	745/2960	tmin ⁻¹

Question :

Peut-on exécuter un démarrage étoile-triangle d'un moteur possédant la plaquette ci-dessus ?

Réponse :

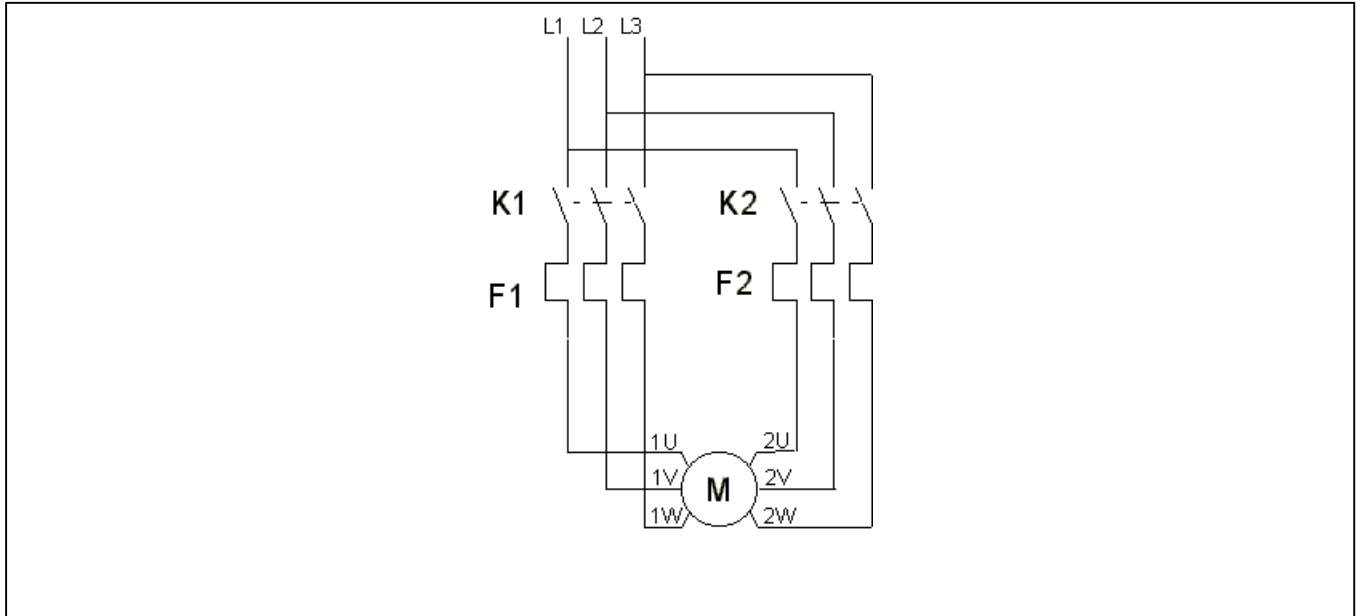
NON. Il n'y a aucune liaison entre la borne 1U et la borne 2U. Le couplage est imposé par le constructeur.

13.6.2.3 Considérations pratiques

Dans la pratique, il est nécessaire de distinguer un moteur Dahlander d'un moteur à 2 enroulements séparés. Nous pouvons être certain du type de moteur en utilisant un ohmmètre.

En plaçant l'appareil de mesure entre 1U et 2U, l'aiguille ou l'affichage, indique l'infini si c'est un moteur à 2 enroulements séparés. Si l'appareil indique une valeur proche de 0 [W], nous sommes en présence d'un moteur Dahlander.

13.6.2.4 Schéma



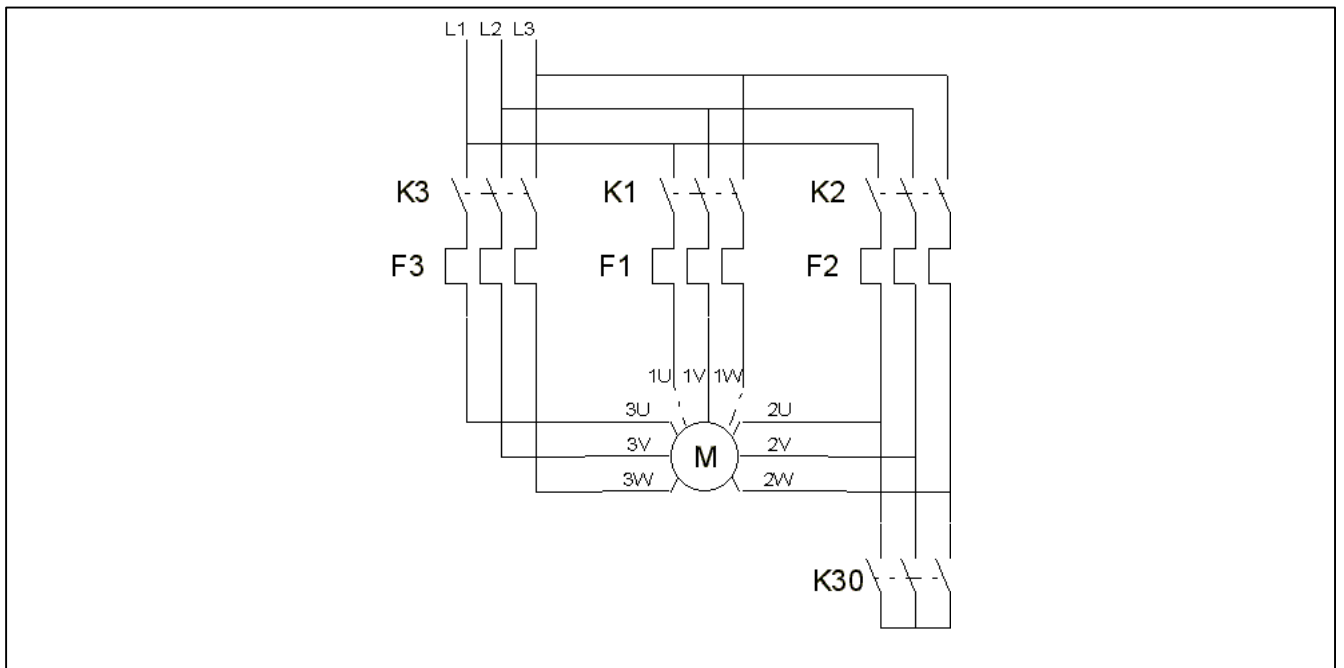
Vitesse I	K1	tire
Vitesse II	K2	tire

13.6.3 Moteurs à plusieurs vitesses

Il existe des moteurs à 3 vitesses.

Ces moteurs peuvent être utilisés dans les installations de circulation d'eau chaude. En tournant le bornier, le couplage est modifié et la vitesse de rotation n change.

Ils portent le nom de moteur à **amplitude de pôles** abrégé **PAM**.



Vitesse I	K1	tire
Vitesse II	K2	tire
Vitesse III	K3 et k30	tirent

13.7 Moteur universel (à collecteur)

Le moteur universel se compose des éléments suivants :

STATOR

bâti du moteur supportant les inducteurs ou l'excitation, obtenu par empilage de tôles (courants de Foucault).

ROTOR

ou induit avec enroulement situé dans les rainures de l'induit, comprenant l'arbre du moteur

BALAI

sert de collecteur de courant et inverseur de courant.

en fonction des divers modes de fonctionnement possibles, l'induit et l'inducteur sont connectés en série ou en parallèle.

Principe :

le moteur universel peut être alimenté soit en alternatif ou en continu.

Si l'on inverse le courant à la fois sur l'inducteur et sur l'induit, le sens de rotation sera le même (application de la règle de la vis).

Pour tout ce qui concerne le moteur universel voir le chapitre des moteurs DC

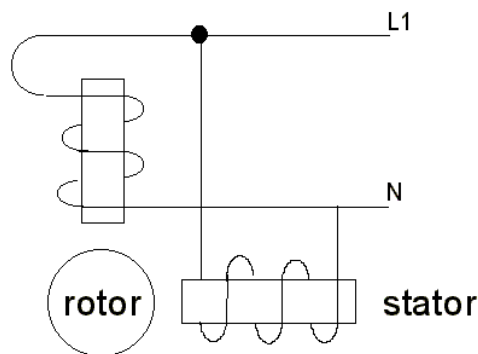
13.8 Moteur monophasé

Les appareils électroménagers tels que les machines à laver, aspirateurs, etc. nécessitent l'emploi de moteurs de puissance inférieure à 1 [kW].

Les moteurs universels peuvent être utilisés, mais aussi des moteurs asynchrones à induction.

13.8.1 Principe

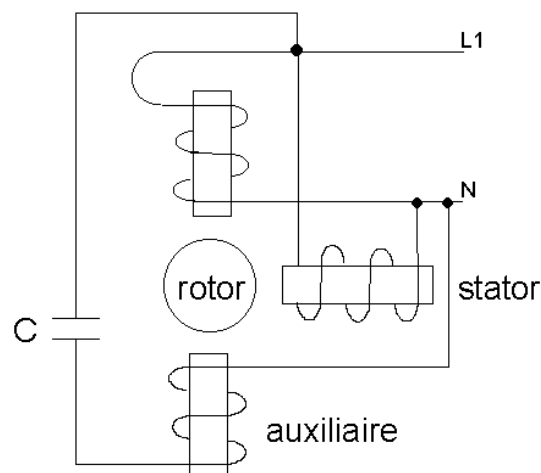
Un champ magnétique alternatif peut être considéré comme la somme de 2 champs tournants symétriques. Nous plaçons un disque en face de bobines parcourues par un courant I ; il reste immobile. Le disque est sollicité par les deux champs tournants. Le couple M est nul au repos.



Si nous lançons le disque dans un sens, ce dernier continue de tourner.

13.8.2 Caractéristiques

Le couple au démarrage est nul. Il est nécessaire d'utiliser des artifices de démarrage tels que l'enroulement auxiliaire ou spire de déphasage. Le condensateur C déphase de 90° électriques les tensions et courants entre circuit principal et auxiliaire.



13.8.3 Couple en fonction de la vitesse

Dans le cas où il n'y aurait pas de condensateur ou de phase auxiliaire de démarrage, seul l'enroulement principal est parcouru par du courant. Si le rotor est au repos, il sera soumis à un flux alternatif ϕ [Wb], qui est variable, mais qui ne produit pas de champ tournant. Des courants alternatifs sont induits dans les conducteurs du rotor. Lorsque le rotor est stationnaire, tous les conducteurs sont soumis à une force électromagnétique F [N] car ils sont parcourus par du courant et placés dans un champ magnétique. Cependant, le couple résultant est nul car toutes les forces agissent en sens contraires l'un de l'autre. Le moteur ne peut donc pas démarrer seul.

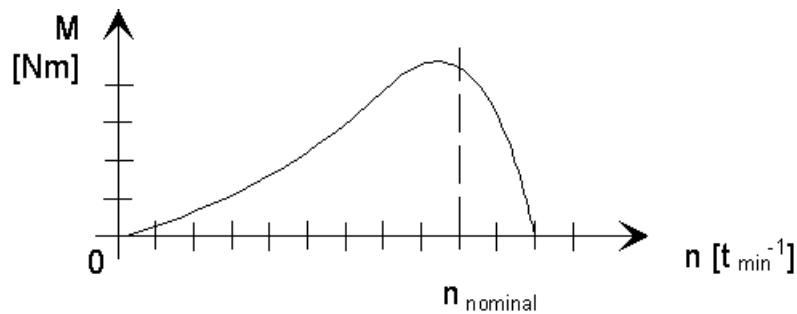


Figure 13f46p46

Bien que le couple de démarrage soit nul, le moteur produit un couple de plus en plus puissant à mesure qu'il s'approche de la vitesse synchrone. Le couple est maximum à environ 75% de la valeur de la vitesse synchrone, après quoi il redevient nul.

13.9 Moteur à pôles bagués.

Très utilisé pour des puissances inférieures à 50 [W], il ne contient pas de phase auxiliaire. Ici l'enroulement auxiliaire est constitué d'une seule spire de cuivre en court-circuit (en forme de bagues) disposée autour d'une portion de chaque pôle saillant. Cette spire entoure une partie du flux créé par l'enroulement principal, de sorte qu'un courant alternatif est induit dans cette bague. Ce courant produit un flux ϕ_a [Wb] qui est déphasé en arrière des flux circulant dans le noyau. Ce déphasage des flux (des 2 bagues) produit un champ tournant suffisant pour assurer le démarrage. Le sens de rotation de ce moteur est imposé par la position des bagues. Le rendement, le couple, le facteur de puissance sont faibles.

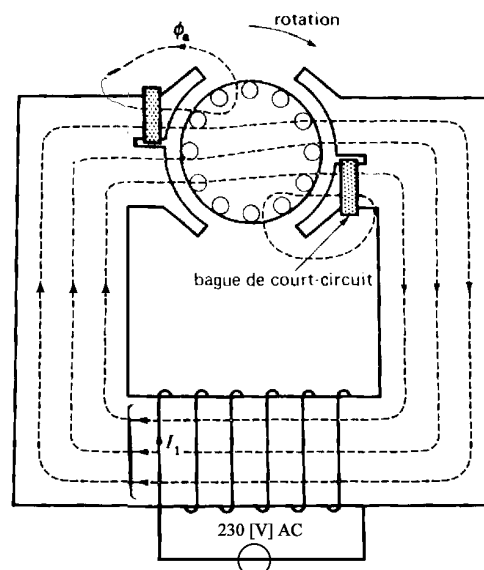


Figure 13f47p46

13.10 Moteur linéaire

Principe de base d'un entraînement linéaire :

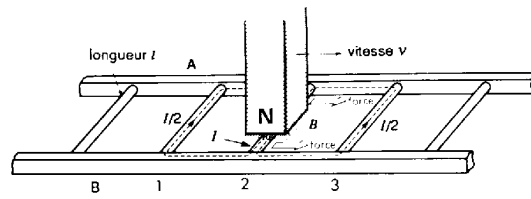


Figure 13f48p47

Si l'on développe le stator d'un moteur asynchrone, nous obtenons un moteur linéaire à induction.

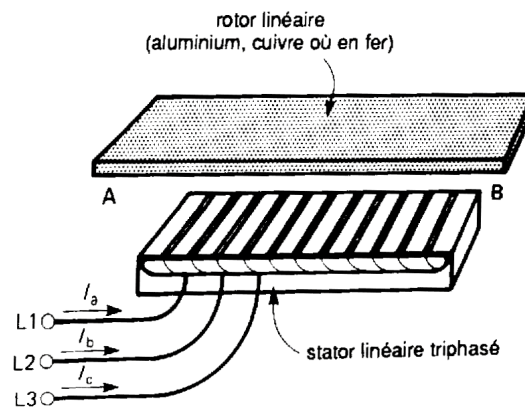


Figure 13f49p47

Si une cage d'écureuil plate est mise à proximité du stator plat, le champ magnétique l'entraînera avec une force F [N]. Pour augmenter la force de traction on peut monter deux stators face à face de chaque côté de la plaque. Pour inverser la direction de la force, il faut croiser deux des fils qui alimentent le stator.

Nous utilisons parfois ces moteurs dans :

- La traction électrique. (le rotor est constitué d'une plaque d'aluminium fixée au sol sur toute la longueur du parcours.)
- Les vérins électriques à grand déplacement
- L'entraînement de bandes transporteuses

13.11 Aperçu

Le tableau suivant nous montre un aperçu des différents moteurs, de leurs caractéristiques en fonction de leurs puissances.

DESIGNATION	SIGNES DISTINCTIFS EXTERNES	GENRES DE COURANT	UTILISATIONS - PROPRIETES
Moteur à induit à cage (moteur asynchrone) Moteur à induit en court-circuit	Rotor sans connexion électrique	Triphasé pour les petites puissances éventuellement monophasé avec condensateur ou curseur	<p>Dans tous les domaines de la technique d'entraînement.</p> <p>La vitesse est dépendante de la fréquence, réglage de la vitesse seulement possible par gradin.</p>
Moteur à induit à bagues (moteur asynchrone)	Rotor équipé de 3 bagues collectrices	Triphasé	Pour grosses puissances (démarrages pénibles), réglage de la vitesse par les résistances de démarrage.
Moteur synchrone	Rotor excité par du courant continu. 2 bagues collectrices	Triphasé	Moteur de lancement, moteur compensateur de déphasage vitesse constante même en charge variable.
Moteur universel (série) Moteur à collecteurs	Rotor équipé de collecteurs	Courant continu. Pour les trains, courant alter-natif monophasé	Réglage de la vitesse, de la puissance, du couple en fonction des applications des événements (traction, automation) même en charge variable.

13.12 Questionnaire

- 1) Quelles sont les parties d'un moteur asynchrone ?
- 2) Quelle est le nom de la partie fixe ?
- 3) Si les tôles permettent une magnétisation importante, que peut-on dire du m_r de ces tôles ?
- 4) Comment peut-on diminuer les pertes par Foucault ?
- 5) Les tôles présentent de faibles pertes par Hystérésis. Comment expliquez-vous ces pertes ? (A quoi sont-elles dues ?)
- 6) Comment le rotor est-il construit ?
- 7) Donner un autre nom pour exprimer un enroulement en court-circuit
- 8) Quelle est la partie du moteur assurant la conversion énergie mécanique-électrique ?
- 9) A quel appareil électrique peut-on comparer un moteur asynchrone à l'arrêt ?
- 10) Pour quelle raison le courant de démarrage d'un moteur asynchrone est grand ?
- 11) Comment peut-on diminuer le courant de démarrage ?
- 12) Quelle sorte d'encoche allez-vous prendre si nous désirons limiter le courant de démarrage à 4,1 fois le courant nominal du moteur ?
- 13) De quelles grandeurs dépend la vitesse de rotation du moteur asynchrone ?
- 14) Pour quelle raison un moteur asynchrone ne peut-il pas tourner à la vitesse de synchronisme ?
- 15) Qu'est-ce que la vitesse de synchronisme ?
- 16) Comment appelle-t-on la différence de vitesse entre synchrone et asynchrone ?
- 17) Quels sont le symbole et l'unité de la grandeur caractéristique du moteur asynchrone ?
- 18) Qu'est-ce que la réaction d'induit ?
- 19) Le couple d'un moteur dépend de quelles grandeurs ?
- 20) Que peut-on dire du couple de démarrage d'un moteur asynchrone ?
- 21) Expliquer le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone
- 22) Quelle est la raison du terme 60 dans l'expression de la vitesse de synchronisation du stator ?
- 23) Quelle est l'influence des encoches sur la différence de vitesse entre le réseau et le rotor ?

- 24) Donnez la définition d'un moteur Dahlander
- 25) Donnez la définition d'un moteur à 2 enroulements séparés
- 26) Peut-on effectuer un démarrage Y-D avec un moteur Dahlander ?
- 27) Donnez la définition d'un moteur universel
- 28) Expliquez le principe de fonctionnement d'un moteur universel
- 29) Pourquoi dit-on moteur "UNIVERSEL" ?
- 30) Citez 2 applications des moteurs universels.
- 31) Complétez le tableau suivant :

Grandeurs	M	Grandeurs
ENTREES	O	SORTIES
----	T	----
----	E	----
----	U	----
	R	

- 32) Calculer le nombre de pôles, d'un moteur synchrone, nécessaire pour obtenir une vitesse de 125 t/min, si l'alternance positive dure 1000 [µs].
- 33) Calculer la vitesse de rotation d'un moteur, dont sa constitution est équivalente à un moteur synchrone à 4 pôles SUD et pôles NORD, et dont le glissement est de 4.5 %.
- 34) Quelle est sa vitesse de rotation en tour/heure ?
- 35) Un alternateur bipolaire doit fournir une tension de 6 [kV] entre phase et neutre. La fréquence f sera de 50 [Hz]. Calculer la tension de phase donnée à un moteur connecté en triangle si ce dernier est branché sur le réseau de cet alternateur.
- 36) Un alternateur monophasé à 18 pôles est connecté à un réseau 50 [Hz]. La longueur d'une spire est de 1.4 [km]. La tension U débitée est de 4 [kV]. Quel est le flux magnétique Φ si les dimensions du noyau sont 15 [cm] par 25 [cm] ? diamètre alternateur = 0.25 [m]
- 37) Quelle est sa vitesse de rotation en tour/h et en [km/h]?
- 38) Calculer le nombre de pôles, d'un alternateur, nécessaire pour obtenir une vitesse de 250 t/min si l'alternance positive dure 10 [ms].

39) Un alternateur bipolaire doit fournir une tension de 6 [kV]. La fréquence f sera de 50 [Hz]. Le champ d'induction magnétique B s'élève à 1.2 [T]. Calculer la longueur de la spire. diamètre alternateur = 0.25 [m]

40) Un moteur synchrone doit effectuer 600 tours, sur le réseau CVE 50 [Hz], pour faire avancer une horloge d'une minute. Pour des raisons indépendantes de notre volonté, la fréquence augmente de 10 %. Après 3600 tours, quel est l'écart de temps ?

41) Un moteur possède la plaquette signalétique suivante:

IP 55	1993
380 V Δ	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	1457 tmin ⁻¹

Le rendement du moteur est de 87%.

42) Calculer le I absorbé au réseau, si ce moteur doit donner sa puissance nominale. Calculer la capacité du condensateur nécessaire à ramener l'angle de déphasage à 1.

43) Calculer la puissance réactive de ce moteur.

44) Calculer le courant de phase de ce moteur.

45) Calculer la puissance apparente de ce moteur.

46) Un moteur possède la plaquette signalétique suivante:

IP 55	1993
380 V Δ	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	1457 tmin ⁻¹

47) Calculer le glissement de ce moteur.

48) Calculer le nombre de pôles approximatif de ce moteur.

Un moteur possède la plaquette signalétique suivante:

IP 68	1993
230 V Y kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
9.3 A	2956 tmin ⁻¹

49) Calculer le glissement de ce moteur.

50) Calculer la puissance mécanique de ce moteur, si le rendement est 87%.

Un moteur possède la plaquette signalétique suivante:

IP 54	1993
660 V Y	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	1425 tmin ⁻¹

- 51) Calculer le glissement de ce moteur.
 52) Calculer la puissance mécanique de ce moteur, si le rendement est 77%.
 53) Calculer le courant absorbé au réseau 3 * 400 [V].
 54) Donner la valeur des thermiques protégeant ce moteur lors d'un démarrage étoile-triangle
 55) Calculer la puissance apparente de ce moteur.
 56) Calculer la puissance réactive de ce moteur.
 57) Calculer la vitesse de ce moteur alimenté aux USA par une fréquence de 60 [Hz].
- 58) Cochez le moteur ou les moteurs pouvant démarrer selon le couplage Y- Δ ?

IP 54	1993
230 V Y	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

IP 54	1993
660 V Y	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

IP 54	1993
400 V Y	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

IP 54	1993
400 V Δ	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

IP 54	1993
230 V Δ	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

IP 54	1993
660 V Δ	14 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
..... A	

59) Donnez le nom des moteurs possédant ces plaquettes signalétiques

IP 54	1993
380 V Δ / Y kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
2.4 / 5.8 A	745 / 1490 tmin ⁻¹

IP 54	1993
380 V Δ / Y	1.8/3.2 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
.....A	485 / 1490 tmin ⁻¹

- 60) Calculer les indications manquantes sur les plaquettes.
 61) Calculer les nombres de paires de pôles de ces moteurs.
 62) Calculer les courants de ligne et les courants de phase.
 63) Calculer les puissances réactives.
 64) Calculer les capacités des condensateurs nécessaires pour ramener le facteur de puissance à 0.96.

65) Donnez le nom des moteurs possédant ces plaquettes signalétiques et dissertez.

IP 54	1993
380 V Δ / Y kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
2.4 / 5.8 A	745 / 1490 tmin ⁻¹

IP 54	1993
380 V effacé	1.8/3.2 kW
cos ϕ 0.89	50 Hz
.....A	1490 / 2980 tmin ⁻¹