

Université Batna 2
Mustapha Ben Boulaïd
Faculté de Technologie



2
مصطفى بن بولعيد
كلية التكنولوجيا

Départements : Electrotechnique & Electromécanique

Filières : Electrotechnique et Electromécanique

SUPPORT DE COURS

Module : Schémas et Appareillage

ELT521 & ELM59

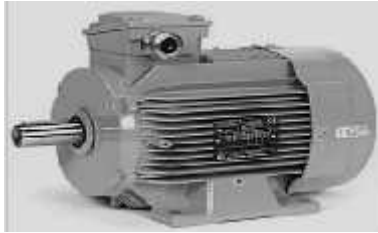
CHAPITRE 03

MOTEURS ASYNCHRONES CONSTITUTION, DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE DÉMARRAGE ET FREINAGE.

- ✓ *Chargés de cours : - BOUBIR Messaoud - MELLAS Abdessemed*
- ✓ *Chargés des T.P. : MEDRHARHET Yassina - MELLAS Abdessemed - M. BOUBIR*

Préparé par : Pr. DRID Said et Réorganisé par : Mr. BOUBIR Messaoud

Année Universitaire : 2023- 2024

MOTEURS ASYNCHRONES ; CONSTITUTION, DIFFERENTS DEMARRAGES ET FREINAGES**I- Constitution :****1. Introduction :**

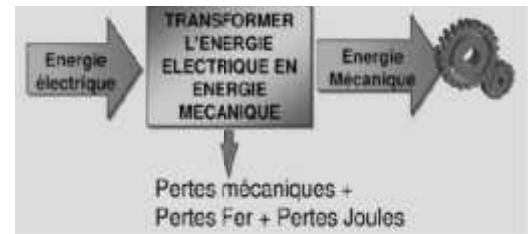
Les moteurs asynchrones ont une vaste utilisation dans l'ensemble des applications industrielles, vu leur robustesse, le faible coût, du fait de leur facilité de mise en œuvre, du faible encombrement et du rapport poids/puissance, ainsi que le bon rendement et la meilleure fiabilité.

2. Fonction :

Le moteur électrique est un convertisseur qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique sous la forme d'une rotation de l'arbre moteur.

Parce qu'ils fonctionnent selon le principe de l'induction, on les appelle moteurs à induction ou moteur asynchrone.

Le moteur asynchrone est désigné en abrégé MAS ou MI.

**3. Constitution**

Le MAS est constitué essentiellement de trois parties différentes de point de vue mécanique :

- **Le stator** c'est la partie fixe du moteur, qu'on appelle inducteur.
- **Le rotor** c'est la partie tournante du moteur, qu'on appelle l'induit.
- **Les paliers** qui permettent de supporter et de mettre en rotation l'arbre du moteur.

**3.1. Le stator**

C'est la partie fixe, sous forme d'une carcasse ferromagnétique feuilletée comportant un enroulement triphasé, constitués de plusieurs bobines ou paires de pôles p ($p = 1, p = 2, \text{etc.}$), chaque bobine comporte deux (02) pôles Nord et Sud (N et S). Son enroulement est alimenté par un système triphasé de pulsation ω .

- **Boîte à bornes:** elle renferme les bornes destinées aux différents couplages.
- **Arbre moteur:** Il sert à transmettre le couple mécanique.
- **Flasques de palier:** Elles servent à positionner les paliers par rapport à la carcasse et protègent les

organes internes du moteur.

- **Ventilation:** Elle serve au refroidissement du moteur.
- **de la carcasse.**
- **des paliers.**
- **le capot protégeant le ventilateur.**



Fig. 1 :Schéma du stator d'un MAS.

L'intérieur du stator comprend essentiellement :

- un noyau en fer feuilleté de manière à canaliser le flux magnétique,
- les **enroulements** (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les **encoches** du noyau.

Dans un moteur triphasé les enroulements sont au nombre minimum de trois décalés l'un de l'autre de 120° comme le montre le schéma ci-dessous.

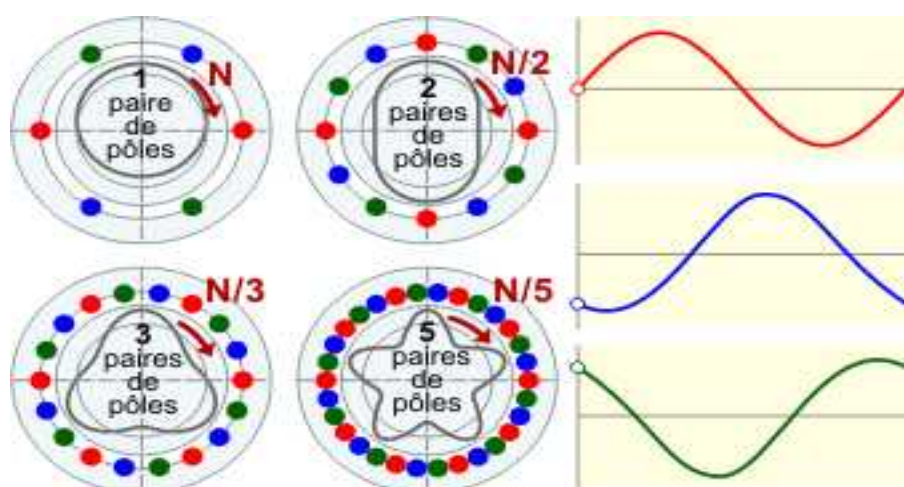


Fig. 2 : Influence du nombre de paires de pôles sur la vitesse de rotation et de la forme du champ statorique résultant.

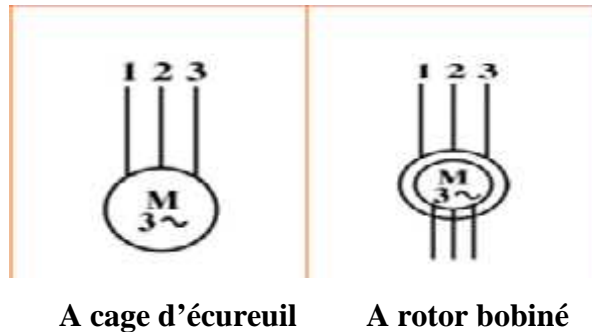
Paires de pôles	1	2	3	4	6
Nombre de pôles	2	4	6	8	12
ns [tr/min]	3 000	1 500	1 000	750	500

3.2. Structure du moteur asynchrone

Il existe deux types de moteurs asynchrones différents : les moteurs à cage d'écureuil (rotor court-circuité) et les moteurs à bagues (rotor bobiné). La structure du stator est la même pour les deux et ressemble à celle d'un moteur synchrone. Pour conduire le flux magnétique dans le moteur électrique, le stator et le rotor sont constitués de plusieurs couches de tôle électrique, dont l'épaisseur est généralement de 0,5 mm. Plus la tôle électrique est fine, plus les pertes par courants de Foucault dans le moteur électrique sont faibles et plus son rendement est élevé. Le stator porte les enroulements dans lesquels circule le courant triphasé. En règle générale, le stator comporte trois phases de moteur qui peuvent être connectées en étoile ou en triangle. Mais il existe également des moteurs avec plusieurs phases, voire moins, ce qui dépend principalement de l'utilisation prévue et de la tension d'alimentation. Le rotor

contient des barres conductrices court-circuitées ou des enroulements, selon le type de moteur asynchrone.

Le rotor représente la partie tournante du MAS séparé du stator par un entrefer très court de l'ordre de 0.4 à 2mm. Il existe deux types de rotor :



A cage d'écureuil A rotor bobiné

Fig. 3 : Représentation symbolique des deux types de moteur.

3.2.1. Rotor à cage d'écureuil :

La Figure ci-dessous illustre une vue éclatée d'un moteur asynchrone à cage d'écureuil

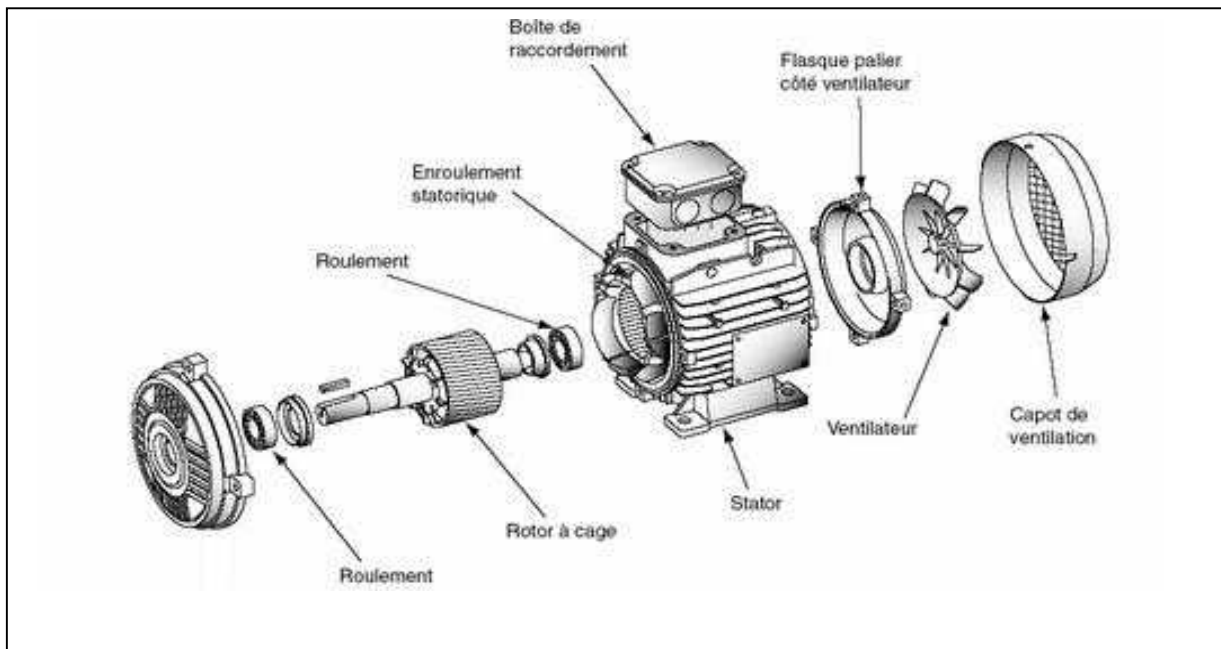


Fig.4: Vue éclatée d'un moteur asynchrone rotor à cage.

Ce type de rotor comporte des barres en aluminium ou en cuivre. Les barres sont court-circuitées aux extrémités supérieures et inférieures par des anneaux du même matériau.

Le rotor à cage d'écureuil est le plus souvent utilisé car il ne possède pas de bagues collectrices et a donc une durée de vie plus longue. De plus, la fabrication du rotor est beaucoup moins coûteuse. Dans le cas des moteurs de faible et de moyenne puissance, les cages sont en aluminium coulés ou vide partiel et pression. Ce procédé permet d'éviter la présence néfaste de bulles d'air dans les barres et d'obtenir en une seule opération les barres, les anneaux de chaque extrémité et parfois même les saiettes de ventilation.

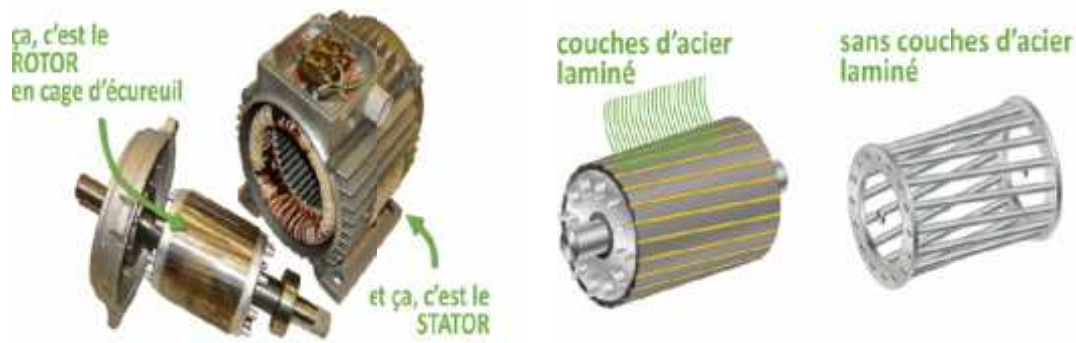
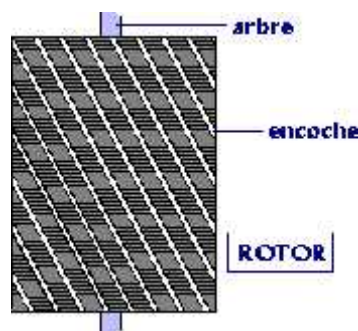


Fig. 5 : Rotors à cage d'écureuil

Les paliers

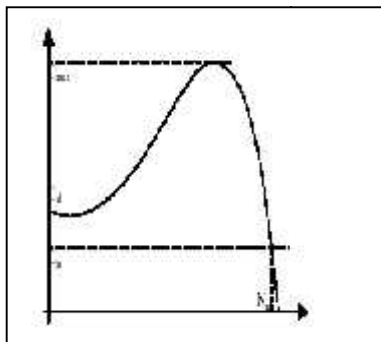
Les paliers, qui permettent de supporter et de mettre en rotation l'arbre rotorique, sont constitués de flasques et de roulements à billes insérés à chaud sur l'arbre. Les flasques, moulés en fonte, sont fixés sur le carter statorique grâce à des boulons ou des tiges de serrage.

Afin d'éviter les "points morts" et de régulariser le couple, le nombre de dents rotoriques est choisi différent de celui du stator et ses encoches sont inclinées (montage des tôles sur un mandrin avec jonc hélicoïdal).



a) Moteur à cage simple :

C'est une cage constituée simplement d'un type de barre soit carrée (comme dans l'exemple), soit cylindrique. Il a l'avantage d'être peu cher à fabriquer. Par contre, on peut constater que son couple de démarrage est assez faible. Pour une charge ayant des frottements secs importants (frottement au démarrage), il se peut que le moteur démarre difficilement



Caractéristique couple vitesse

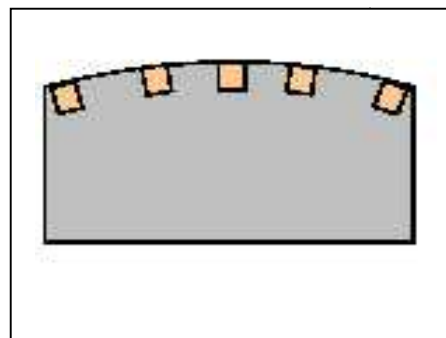
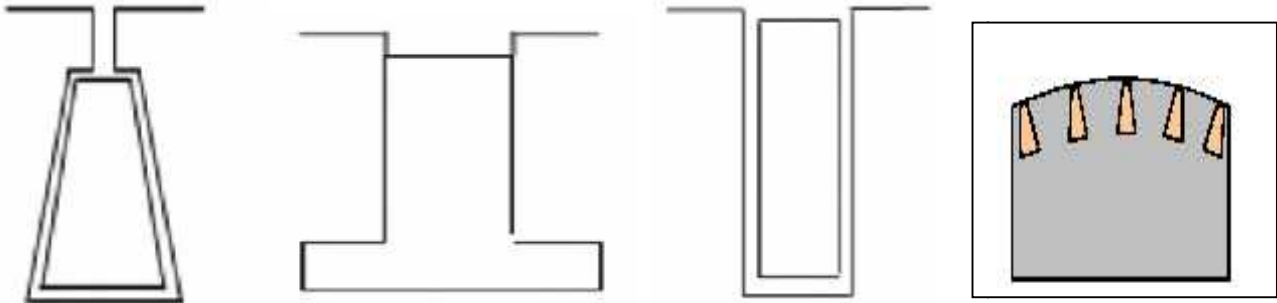


Fig.6 : Cage simple

b) Cage à encoches profondes :

C'est une cage constituée d'un type de barre plus profond que précédemment. Lors du démarrage, un phénomène physique fait circuler le courant dans la périphérie des conducteurs (effet de peau). Comme l'extérieur de la cage a une section plus faible, la résistance est plus élevée et le courant un peu plus limité. A la fin du démarrage, le courant circule dans toute la surface de la cage.



a) Encoche trapézoïdale

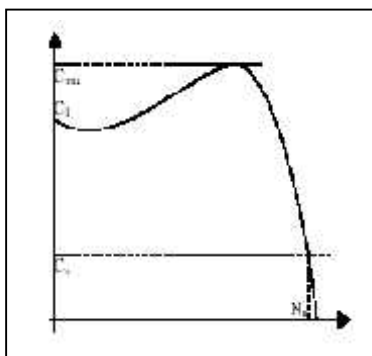
b) Encoche en T inverse

c) Encoche rectangulaire inversée

Fig. 7 : Différentes formes d'encoches profondes

c) Cage double :

C'est une cage constituée de deux types de barres ayant des caractéristiques différentes. Lors du démarrage, comme sur la cage profonde, le courant circule dans la cage extérieure (plus résistante que la cage intérieure). On peut constater que son couple de démarrage est assez bon.



Caractéristique couple vitesse

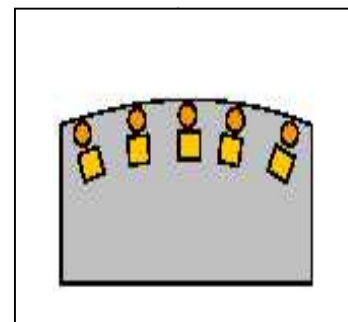
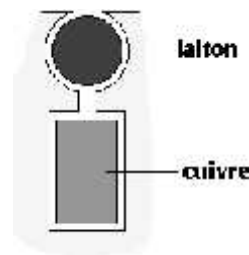


Fig.8 : Cage à encoches profonde

Le moteur à double cage arrive à concilier la simplicité et la robustesse du moteur à cage et les qualités du rotor bobiné. Le rotor possède deux cages concentriques:

- la cage externe, de grande résistance (barres de laiton),
- la cage interne, en cuivre, plus inductive parce qu'entourée de fer.
- Au démarrage, la fréquence des courants rotoriques est élevée. La grande réactance de la cage interne, combinée à l'**effet pelliculaire**, favorise le passage du courant dans la cage externe. A la vitesse nominale, la fréquence rotorique étant faible, seule la cage interne, de faible résistance est active.

3.2.2. Rotor à bagues:

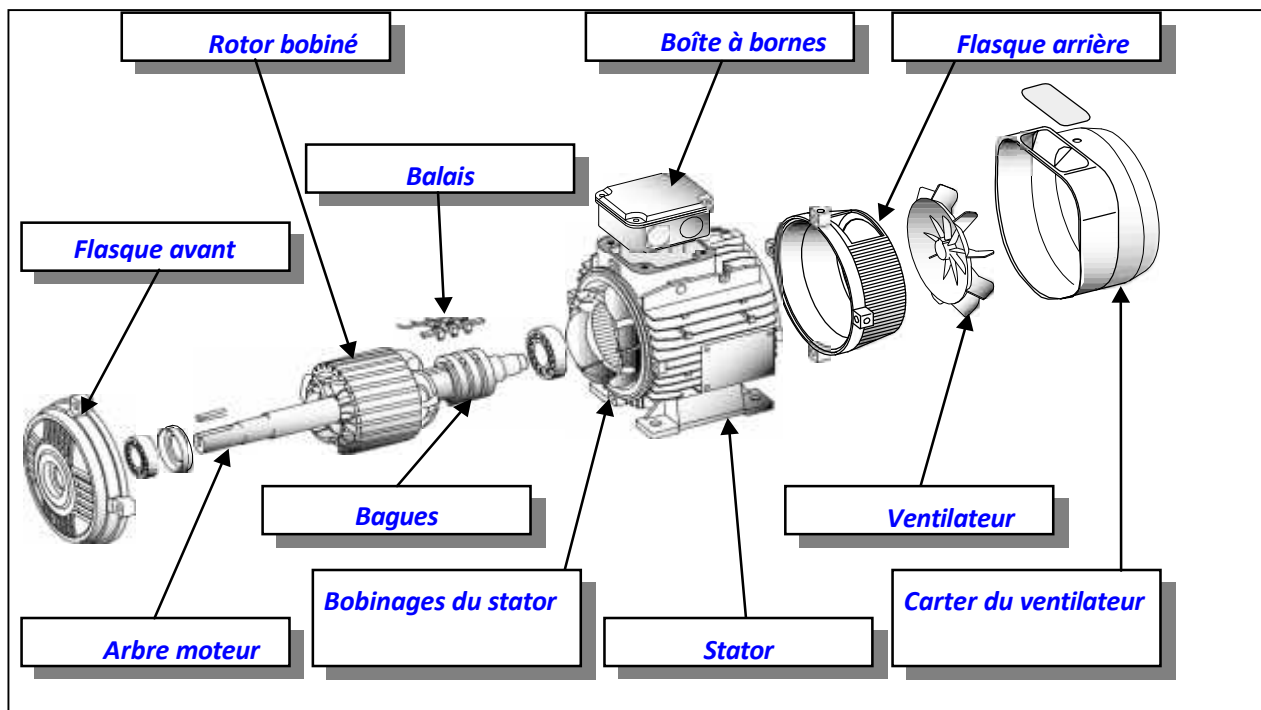


Fig.9: Vue éclatée d'un moteur asynchrone rotor à bagues.

Dans le cas d'un rotor à bagues, le rotor est constitué d'enroulements et non de barres. Les enroulements ne sont pas court-circuités dans le rotor, mais conduits vers l'extérieur par des bagues collectrices et court-circuités par des résistances supplémentaires. Les résistances extérieures au moteur électrique permettent d'influencer le flux de courant dans le rotor.

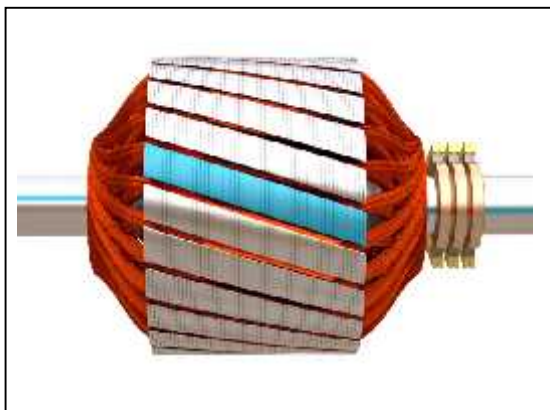


Fig. 10: Rotors à bagues

a) Principe de fonctionnement :

Le fonctionnement d'un moteur asynchrone est basé sur le principe de l'interaction électromagnétique du champ tournant créé par le courant triphasé fourni à l'enroulement statorique par le réseau, et des courants induits dans l'enroulement rotorique, lorsque les conducteurs de ce dernier sont coupés par le champ tournant. De cette façon le fonctionnement d'un moteur asynchrone est analogue à celui d'un transformateur : le stator étant comparable à l'enroulement primaire et le rotor à l'enroulement secondaire qui, dans le cas général, peut tourner à la vitesse de rotation (n_s) donnée par le rapport suivant :

$$n_s = 60f/p \quad \text{exprimée en Tr/min}$$

L'interaction électromagnétique des deux parties d'une machine asynchrone (sans collecteur) n'est possible que lorsque la vitesse du champ tournant (n_s) diffère de celle du rotor (n ou n_r), c'est-à-dire, lorsque $n \neq n_s$, car dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque $n = n_s$, le champ serait immobile par rapport au rotor et aucun courant ne serait induit dans l'enroulement rotorique.

Le rotor d'un moteur asynchrone tourne plus lentement que le champ magnétique rotatif du stator, donc de manière asynchrone par rapport au stator. Si la vitesse du rotor est égale à la vitesse du stator, le glissement est nul et le moteur asynchrone ne fournit pas de couple positif. En mode générateur, le rotor tourne plus vite que le champ de rotation du stator. La différence de vitesse génère un couple négatif qui tente de freiner le rotor. Les moteurs asynchrones qui fonctionnent directement sur du courant alternatif biphasé ou triphasé sans inverseur ont un rendement inférieur à celui des moteurs synchrones à aimants permanents. Toutefois, les moteurs asynchrones qui fonctionnent avec un inverseur peuvent atteindre des rendements élevés similaires.

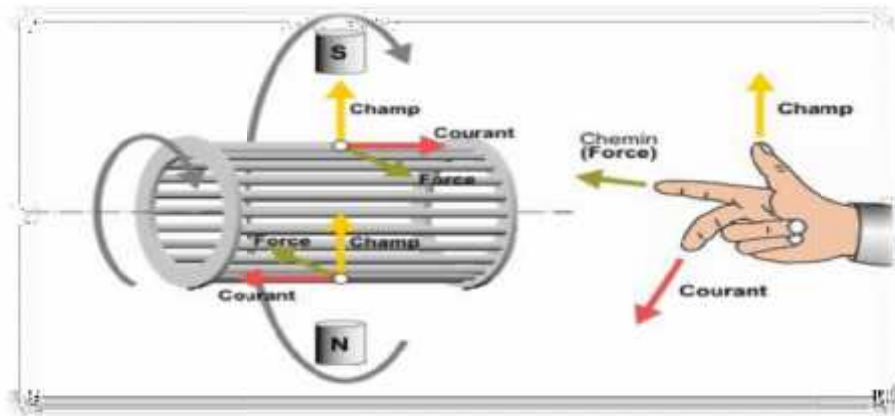


Fig. 11 : Principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone à cage.

4. Différentes caractéristiques de la machine asynchrone

La circulation du courant alternatif dans le stator donne une naissance à un champ magnétique B tournant à la pulsation de synchronisme:

$$\Omega_s = \omega_s/p$$

Ω_s : vitesse synchrone de rotation du champ tournant en rad/s.

$$\omega_s = 2.\pi.f$$

ω_s : Pulsation du courant alternatif en rad/s.

f : fréquence du réseau en Hz ($f=50\text{Hz}$).

p : le nombre de paires de pôles.

- Le rotor n'est relié à aucune alimentation et il tourne à la vitesse de rotation n .
- Des courants induits circulent dans le rotor. L'entrefer est l'espace entre le stator et le rotor.
- Le glissement : Le rotor tourne à la vitesse Ω plus petite que la vitesse de synchronisme Ω_s , dans ce cas on dit que le rotor glisse par rapport au champ tournant.

Donc : La différence entre la vitesse de rotation du stator et la vitesse de rotation du rotor est également appelée “glissement” du MAS.

Cette grandeur est définie par le rapport $g = (n_s - n)/n_s$. (exprimé en %)

Ce glissement g va dépendre de la charge.

n_s :vitesse de rotation de synchronisme du champ tournant (tr/s).

n ou n_r :vitesse de rotation de l'arbre du rotor (tr/s).

$$\Omega_s = 2.\pi.n_s \quad \text{et} \quad \Omega = 2.\pi.n$$

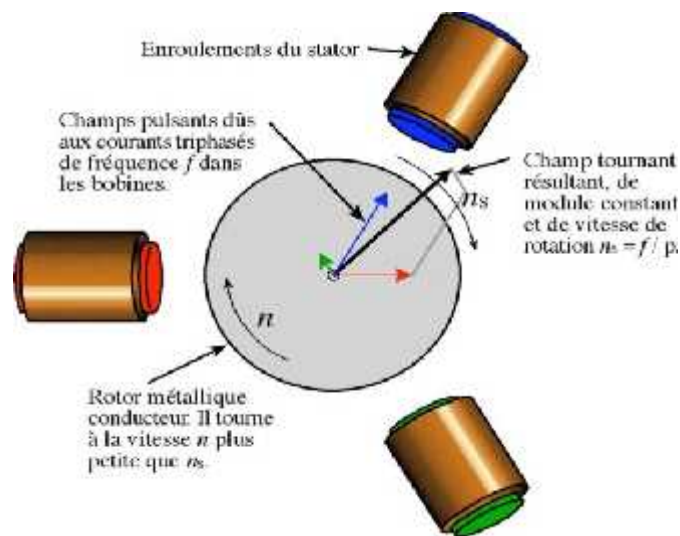


Fig. 12 :Interaction rotor stator.

5. Les régimes de fonctionnement de la machine asynchrone :

Les régimes de fonctionnement de la machine asynchrone on peut les définir à partir des valeurs que peut prendre le glissement

a) Si $0 \leq n \leq n_s$: C'est-à-dire que la vitesse de la machine est comprise entre 0 (arrêt) et la vitesse de synchronisme. Les fondamentales de la physique indique que, dans ce cas, le champ du stator tend à accélérer le rotor pour l'amener au synchronisme, la machine fonctionne en moteur.

b) Si $g < 0$ et $n > n_s$: Le champ tournant statorique tendra alors à ramener la vitesse de l'arbre au synchronisme, un fonctionnement à glissement négatif suppose, par conséquent, la machine reçoit de l'énergie sur son axe conformément à nos notations, la puissance mécanique P_m et le couple C_{em} sont donc tous les deux négatifs. Il en résulte que la machine fonctionne en génératrice.

c) Si $g > 1$ et $n < 0$: Dans ce cas le rotor tourne en sens inverse du sens du champ tournant. Le champ statorique tend à amener le rotor à tourner dans son propre sens, on dit alors que la machine fonctionne en frein.

La figure montre ces trois modes de fonctionnement sur la caractéristique du couple en fonction de la vitesse du MAS et leurs sens de puissance.

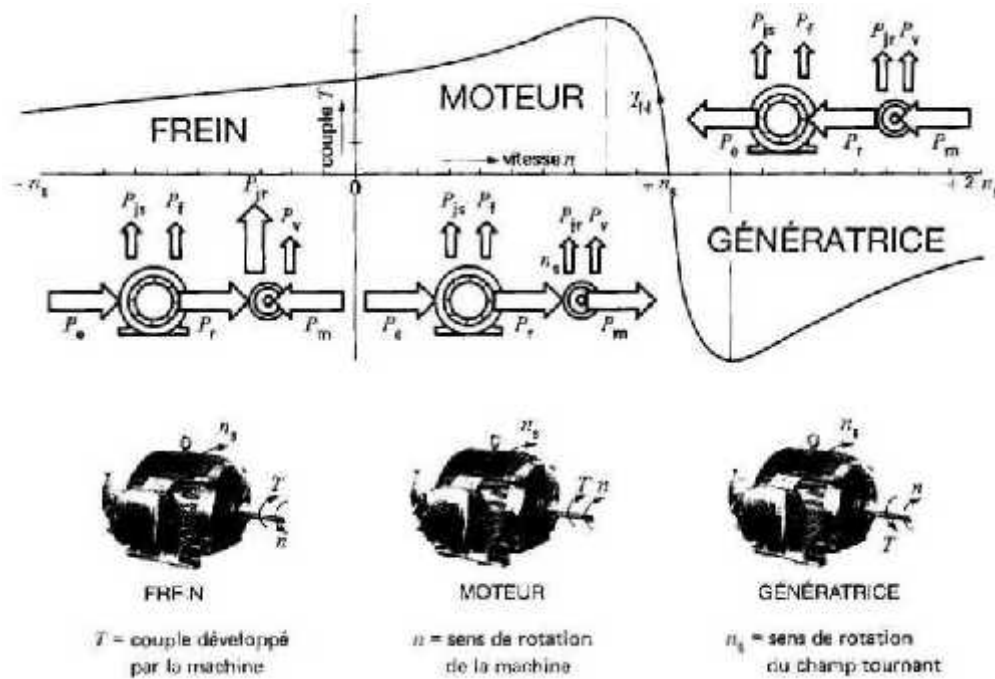


Fig. 13 : Courbe généralisée donnant le couple en fonction de la vitesse d’une MAS.

En fonctionnement moteur, le rotor d’un moteur asynchrone tourne plus lentement que le champ magnétique rotatif du stator, donc de manière asynchrone par rapport au stator. La différence entre la vitesse de rotation du stator et la vitesse de rotation du rotor est également appelée “glissement”. Si la vitesse du rotor est égale à la vitesse du stator, le glissement est nul et le moteur asynchrone ne fournit pas de couple positif. En mode générateur, le rotor tourne plus vite que le champ de rotation du stator. La différence de vitesse génère un couple négatif qui tente de freiner le rotor. Les moteurs asynchrones qui fonctionnent directement sur du courant alternatif biphasé ou triphasé sans inverseur ont un rendement inférieur à celui des moteurs synchrones à aimants permanents. Toutefois, les moteurs asynchrones qui fonctionnent avec un inverseur peuvent atteindre des rendements élevés similaires.

6. Le couple

Le couple C d’un moteur asynchrone est fonction de la puissance P et de la vitesse de rotation n du moteur. Il s’exprime par la relation suivante :

$$T = C = (P \times 60) / 2.\pi. n$$

Avec,

P = Puissance du moteur [W].

n = la vitesse de rotation du moteur [tr/min].

Une des courbes la plus caractéristique des moteurs asynchrones est celle du couple en fonction du glissement :

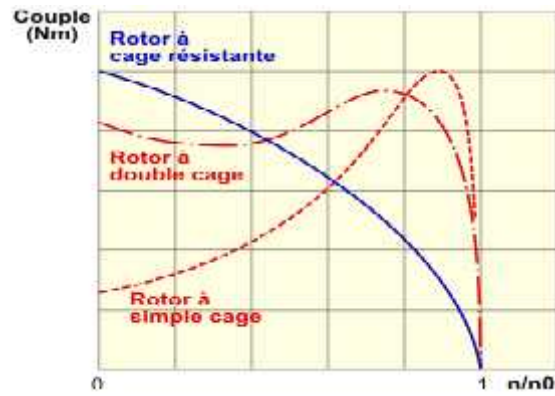


Fig. 14 : Couple en fonction du rapport vitesse de rotation/vitesse de synchronisme.

Sur le graphe ci-dessus on voit tout de suite qu'il faut choisir le type de moteur en fonction de l'application : pour les motorisations des ascenseurs, on préférera les moteurs à double cage présentant un profil de courbe plus plat en fonction du glissement afin de bénéficier d'un couple relativement constant quelle que soit la charge.

Une des caractéristiques importante du moteur asynchrone, est qu'il peut, dans certaines conditions, se transformer en générateur asynchrone. Lorsqu'une cabine d'ascenseur redescend en charge maximum, le moteur renvoie de l'énergie au réseau.

Les courbes suivantes montrent ce phénomène :

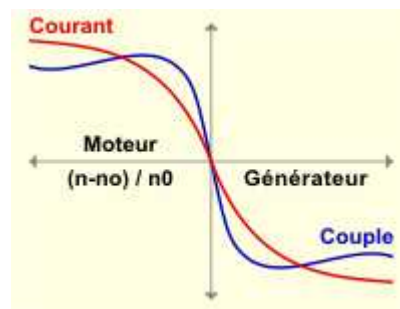


Fig. 15 : Fonction en moteur ou en générateur suivant le couple résistant .

Pour être complet, on peut noter qu'un moteur asynchrone classique a les caractéristiques suivantes :

Le courant de démarrage est de l'ordre de 6 à 7 fois le courant nominal. Il est impératif de prévoir des systèmes de limitation de courant au démarrage (étoile/triangle, variateur de fréquence, ...).

Le couple de démarrage est important (de l'ordre de 2,5 fois le couple nominal).

Le couple est maximum pour un glissement de l'ordre de 30 %.

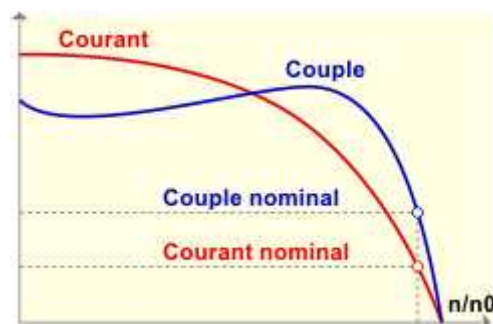


Fig. 16 : Caractéristiques d'un moteur asynchrone classique.

7. Bilan énergétique:

Puissance absorbée :

$$P_a = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

Pertes par effet Joule dans le stator * en étoile:

$$p_{js} = 3RI^2$$

* en triangle:

$$p_{js} = 3RJ^2 = RI^2$$

si r est la résistance mesurée entre deux bornes quelque soit le couplage : $p_{js} = 3/2 \cdot rI^2$

dans le rotor : p_{jr}

Autres pertes

- les pertes fer dans le stator sont pratiquement indépendantes de la charge;
- les pertes fer du rotor sont négligeables puisque la fréquence des courants rotoriques est très faible;
- les pertes mécaniques sont pratiquement indépendantes de la charge.

Puissance utile:

Puissance transmise au rotor:

$$P_r = P_a - p_{js} - p_{fs}$$

Cette puissance est transmise au rotor par le couple électromagnétique développé grâce au champ

tournant, on a donc: $T = \frac{P_r}{\Omega}$

Ce couple est aussi celui du rotor qui tourne à la vitesse $\Omega = \Omega'$

La puissance restante, sous forme mécanique est donc: $P_s = T \cdot \Omega$

La transmission de la puissance du stator au rotor avec perte de vitesse mais sans diminution du couple.

Pertes par effet Joule dans le rotor:

La différence des deux puissances est perdue par effet Joule dans le rotor à cause du glissement:

$$p_{jr} = P_r - P_s = T(\Omega - \Omega')$$

$$g = \frac{(\Omega - \Omega')}{\Omega}$$

sachant que :

alors,

$$p_{jr} = g \cdot T \Omega = g \cdot P_r$$

Les pertes par effet Joule dans le rotor sont égales au produit de la puissance transmise par le glissement.

Puissance utile:

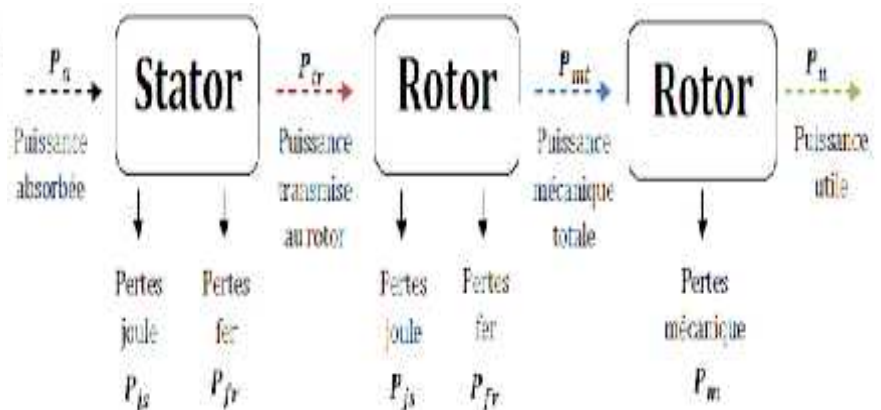
La puissance utile = puissance mécanique disponible sur l'arbre: $P_u = P_a - \text{pertes} = P_a - P_{js} - P_{fs} - P_{jr} - P_m$

Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_a - p_{js} - p_{fs} - p_{jr} - p_m}{P_a}$$

$$p_{jr} = g P_r = g(P_a - p_{js} - p_{fs})$$

$$\eta = \frac{(1-g)(P_a - p_{js} - p_{fs}) - p_m}{P_a}$$



:

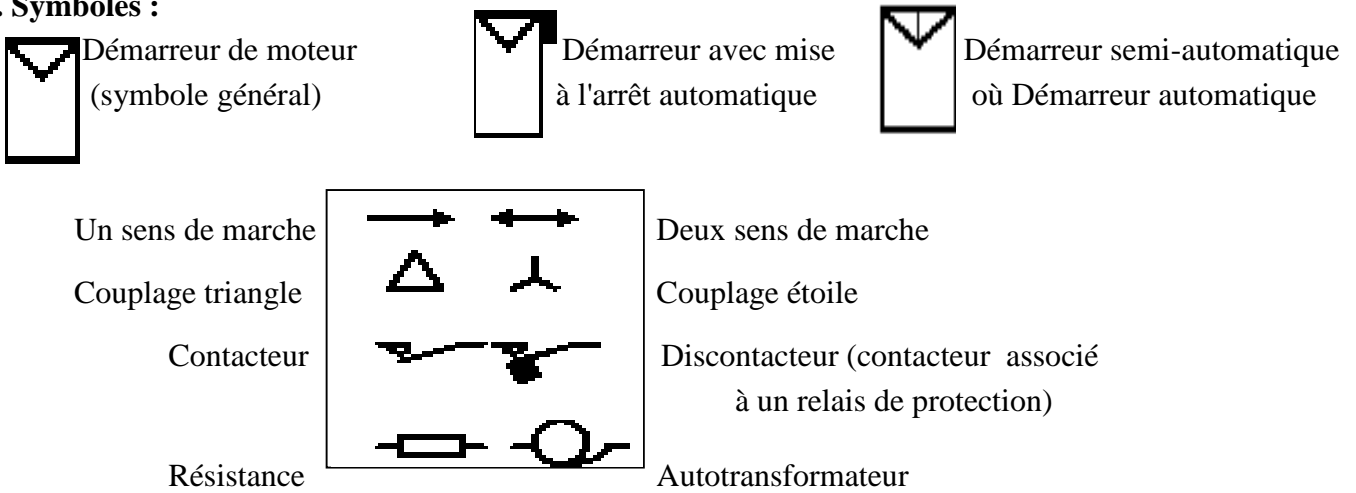
II. DIFFERENTS PROCEDES DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES

1. Les Démarreurs :

Lors de la mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci provoque un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes dans une installation électrique. Pour ces raisons en autres, il faut parfois effectuer un démarrage différent du démarrage direct.

Il est donc logique de limiter le courant pendant le démarrage à une valeur acceptable. Mais si l'on limite le courant, on limite du fait la tension (dans certain cas seulement). Or le couple est lié à la tension d'alimentation par la loi : $C = f(U^2)$. On voit bien le problème apparaître. Si on limite la tension, on limite le couple du moteur. Le fait de diminuer la tension de $\sqrt{3}$ diminue le couple par 3. Une autre grandeur apparait faisant la différence ou l'écart entre la vitesse du champ tournant n_s et celle du rotor n_r , appelée glissement et est désignée par le symbole « g », avec $g = (n_s - n_r)/n_s$ en % comprise ente 0 et 1. Aussi, il faut indiquer que la vitesse du champ tournant au stator $n_s = 60.f/p$, est fonction de la fréquence de la tension et le nombre de paires de pôles de la machine.

2. Symboles :



3. Démarrage direct :

C'est le mode de démarrage le plus simple. Le moteur démarre sur ses caractéristiques "naturelles". Au démarrage, le moteur se compose comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage.

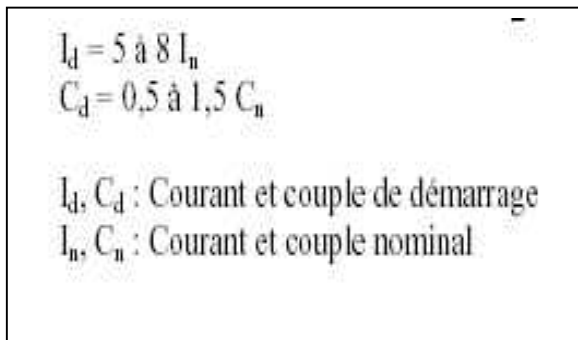
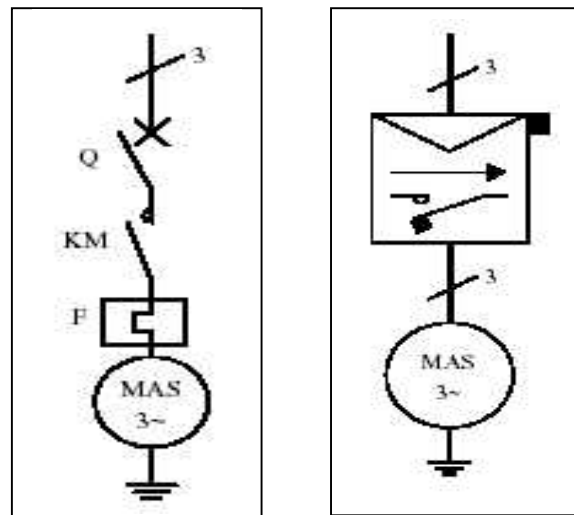


Fig.17 : Schéma unifilaire



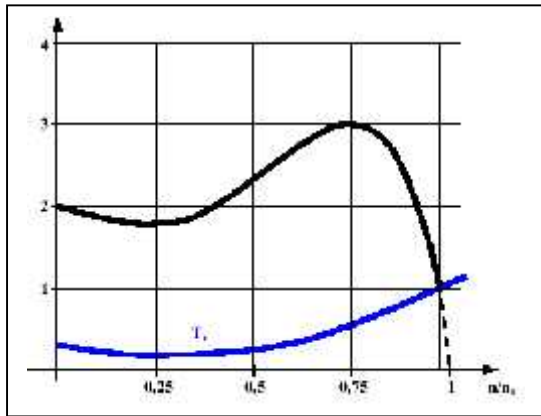


Fig.18 : Caractéristique couple _ vitesse

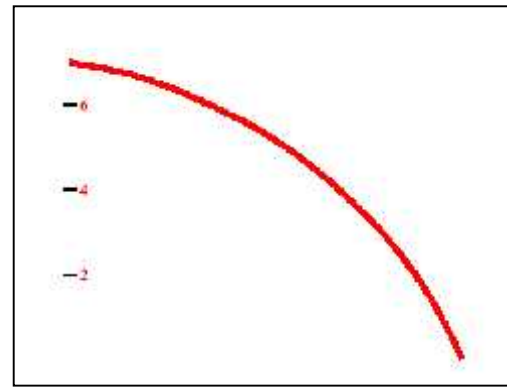


Fig.19 : Caractéristique courant _ vitesse

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, coût faible), le démarrage direct convient dans les cas ou :

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble)
- La machine à entraîner ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide
- Le couple de démarrage doit être élevé

Ce démarrage ne convient pas si

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux
- Le confort et la sécurité des usagers sont mis en cause (escalier mécanique)

4. Démarrage étoile triangle :

- *Ce mode de démarrage n'est utilisable si les deux extrémités de chaque enroulement sont accessibles. De plus, il faut que le moteur soit compatible avec un couplage final triangle.*

Lors du couplage étoile, chaque enroulement est alimenté sous une tension $\sqrt{3}$ fois plus faible, de ce fait, le courant et le couple sont divisé par 3. Lorsque les caractéristiques courant ou couple sont admissibles, on passe au couplage triangle. Le passage du couplage étoile au couplage triangle n'étant pas instantané, le courant est coupé pendant 30 à 50 ms environ. Cette coupure du courant provoque une démagnétisation du circuit magnétique. Lors de la fermeture du contacteur triangle, une pointe de courant réapparaît brève mais importante(magnétisation du moteur).

$$I_d = 1,5 \text{ à } 2,6 I$$

$$C_d = 0,2 \text{ à } 0,5$$

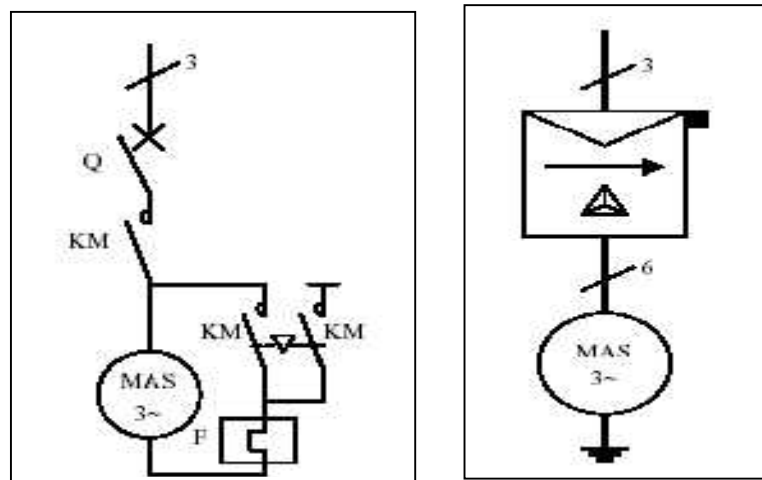


Fig.20 : Schéma unifilaire

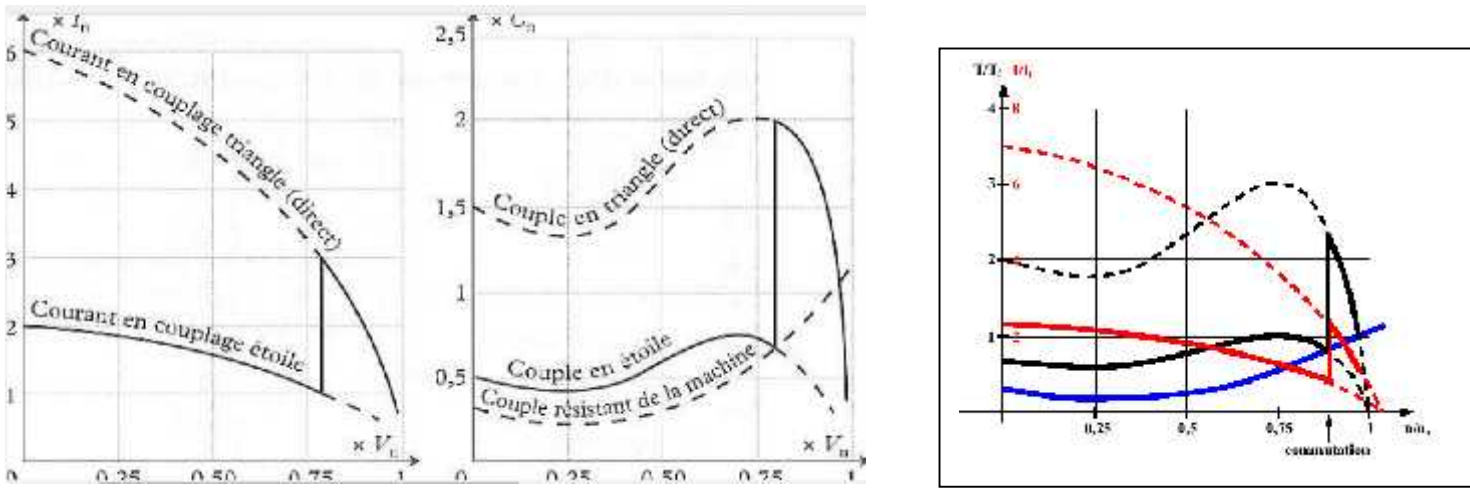


Fig.21 : Caractéristiques (couple- vitesse) et (courant vitesse)

5. Démarrage statorique à résistances :

Le principe consiste à démarrer le moteur en direct, mais dans un premier temps par des résistances électriques, limitant ainsi le courant de démarrage. Le moteur démarrant sous tension réduite, celle-ci augmente progressivement en même temps que le courant diminue. La valeur des résistances est calculée en fonction de la pointe de courant admissible ou du couple de démarrage minimum.

$$I_d = 4,5 I_n \text{ environ}$$

$$C_d = 0,75 C_n$$

Fig.22 : Schéma unifilaire

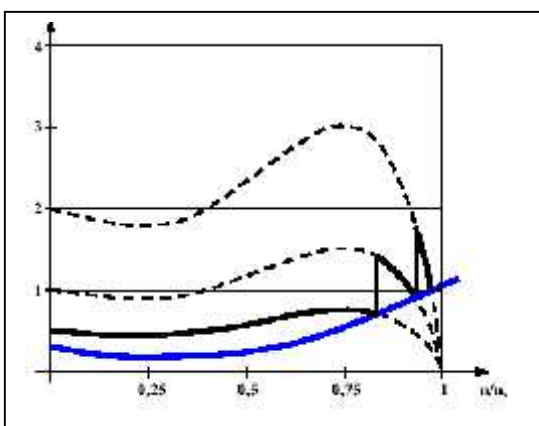
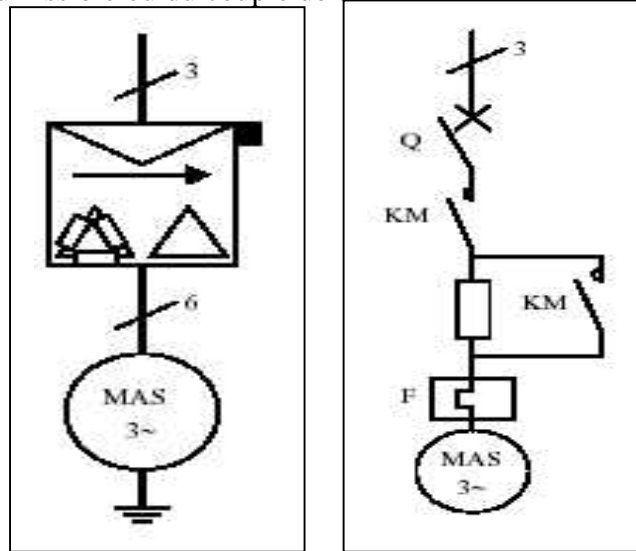


Fig.23 : Caractéristique couple- vitesse

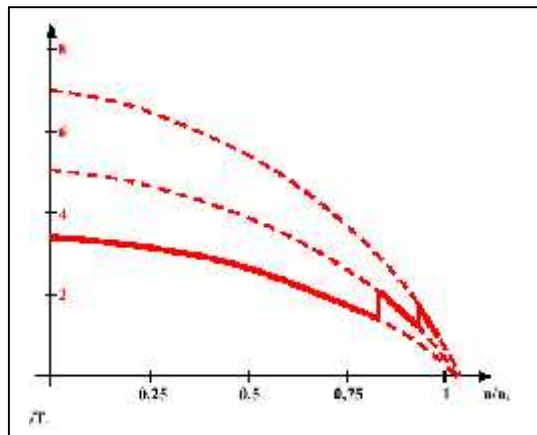


Fig.24 : Caractéristique courant vitesse

Remarque :

Le démarrage statorique peut être associé au dispositif de démarrage étoile triangle. On démarre en étoile, puis on passe en couplage triangle avec les résistances, et enfin on termine en couplage triangle directe. Pour les moteurs de grosse puissance, les résistances sont remplacées par un démarreur à

résistances électrolytiques. Des barres sont plongées progressivement dans une cuve remplis de liquide. Au fur et a mesure que les barres plongent, la résistance diminue progressivement, et en fin de démarrage, on court-circuite les résistances.

6. Démarrage par autotransformateur :

Dans le démarrage par autotransformateur, on effectue le même type que le démarrage étoile triangle (on a en plus le choix du rapport des tensions en choisissant le rapport de transformation) mais les phénomènes transitoires du démarrage étoile triangle (pointe de courant au passage triangle, ne vont plus exister car le courant n'est jamais coupé).

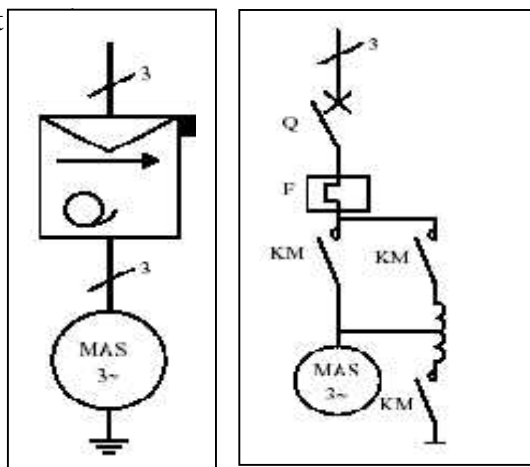
Dans un premier temps, on démarre le moteur sur un autotransformateur couplé en étoile. De ce fait, le moteur est alimenté sous une tension réduite réglable.

Avant de passer en pleine tension, on ouvre le couplage étoile de l'autotransformateur, ce qui met en place des inductances sur chaque ligne limitant un peu la pointe et presque aussitôt, on court-circuite ces inductances pour coupler le moteur directement

$$I_d = 1,7 \text{ à } 4 I_n$$

$$C_d = 0,5 \text{ à } 0,85 C_n$$

Fig.25 : Schéma unifilaire



Ce mode de démarrage est surtout utilisé pour les fortes puissances (> 100 kW) et conduit à une installation relativement élevée, surtout pour la conception de l'autotransformateur.

7. Démarrage rotorique :

Dans tous les démarreurs précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarreur, nous avons besoin d'avoir accès au conducteur rotorique. Le fait de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de la pointe de courant au démarrage. En plus, il a l'avantage, si les résistances sont bien choisit, de démarrer avec le couple maximal du moteur.

$$< 2,5 C_n$$

$$< 2,5 I_n$$

Fig.26 : Schéma unifilaire

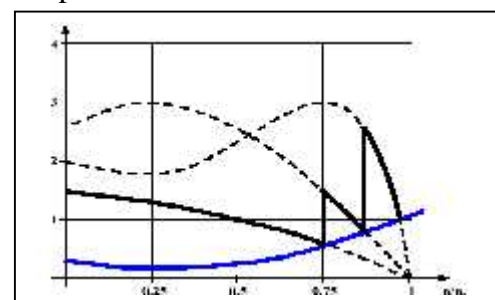
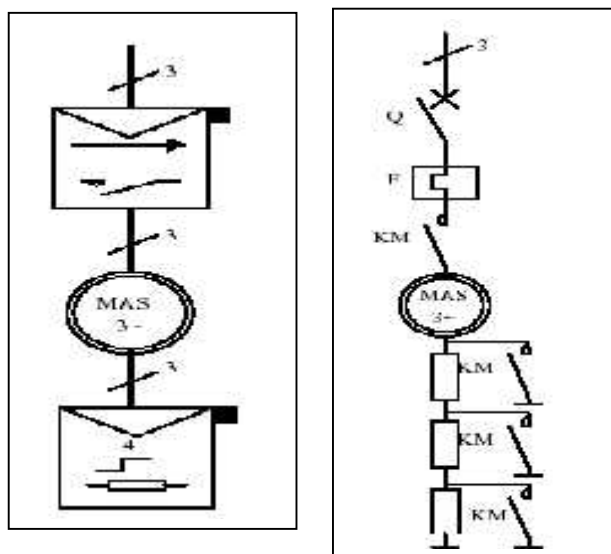


Fig.27 : Caractéristique couple- vitesse

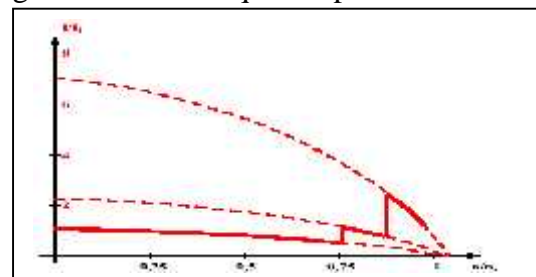


Fig.28 : Caractéristique courant vitesse

البطاقة الإسمية: بطاقة التعريف الوطنية

La plaque signalétique

Tous les moteurs électriques doivent être équipés d'une plaque signalétique. Cette plaque est la carte d'identité d'un moteur électrique.

LS LEROY SOMER Mot. 3 ~ PLS 180 M-T CE N° 734570 GD 002 kg 102						
IP 23 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	2928	30	0.88	57.6	
Δ 400		2936		0.84	57.2	
Y 690		2936		0.84	33	
Δ 415		2942		0.81	57.3	
Δ 440		3537		0.88	54.3	
Δ 460	60	3542	34	0.87	54.2	
DE	6212 2RSC3			g		
NDE	6210 2RSC3			h		

LS LEROY SOMER MOT. 3 ~ PLS 315 L CE N° 703 932 00 GF 01 kg 790						
IP23 IK08	I cl.F	40°C	S1	%	c/h	
V	Hz	min ⁻¹	kW	cos φ	A	
Δ 380	50	2970	250	0.92	434	
Δ 400		2974		0.90	422	
Y 690		2974		0.90	244	
Δ 415		2976		0.88	415	
Δ 440		3568		0.92	418	
Δ 460	60	3572	288	0.91	417	
DE	6316 C3	035	g	ESSO UNIREX N3		
NDE	6316 C3	2900	h			

Exemples de plaques signalétiques motrices

Définition des symboles des plaques signalétiques :

CE Repère légal de la conformité du matériel aux exigences des Directives Européennes.

MOT 3 - : Moteur triphasé alternatif
 PLS : Série
 180 : Hauteur d'axe
 M : Symbole de carter
 T : Indice d'imprégnation

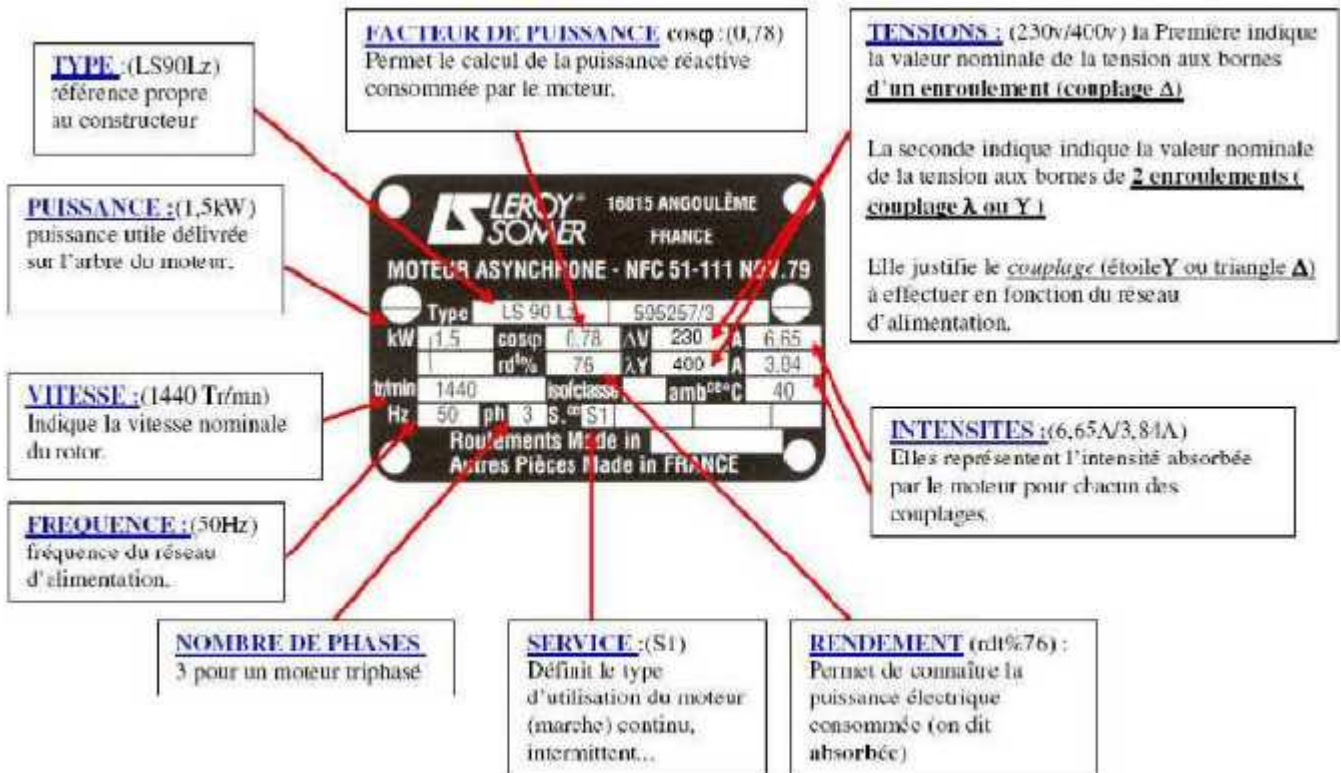
N° moteur
 734570 : Numéro série moteur
 G : Année de production
 D : Mois de production
 002 : N° d'ordre dans la série

70393200: Numéro série moteur
 G : Année de production
 F : Mois de production
 01 : N° d'ordre dans la série

kg : Masse
 IP23 : Indice de protection
 IK08 : Indice de résistance aux chocs
 I cl. F : Classe d'isolation F
 40°C : Température d'ambiance contractuelle de fonctionnement selon CEI 60034-1
 S : Service
 % : Facteur de marche
 c/h : Nombre de cycles par heure
 V : Tension d'alimentation
 Hz : Fréquence d'alimentation
 min⁻¹ : Nombre de tours par minute
 kW : Puissance assignée
 cos φ : Facteur de puissance
 A : Intensité assignée
 Δ : Branchement triangle
 Y : Branchement étoile

Roulements
 DE : "Drive end" Roulement côté entraînement
 NDE : "Non drive end" Roulement côté opposé à l'entraînement
 g : Masse de graisse à chaque regraissage (en g)
 h : Périodicité de graissage (en heures)
 UNIREX N3 : type de graisse

Définition des symboles des plaques signalétiques



8. Couplage du moteur asynchrone : étoile ou triangle

Le couplage d'un moteur asynchrone peut être triangle, étoile, ou impossible selon la tension réseau et la tension nominale du moteur.

Couplage du moteur asynchrone : étoile ou triangle

Moteur \ Réseau	127V/220V	220V/380V	380V/660V
127V/220V	Star	DELTA	يصلح
220V/380V	يصلح	Star	DELTA
380V/660V	يصلح	يصلح	Star

- Tension nominale du moteur et tension de réseau

En couplage triangle, chaque enroulement du moteur asynchrone voit directement la tension appliquée. En couplage étoile, chaque enroulement voit une tension réduite (divisée par racine de 3).

Note : le neutre n'est jamais utilisé.

- Couplage Etoile ou triangle : le bon choix

Pour les couplages étoile ou triangle du moteur asynchrone, les différents cas sont possibles.

- Tensions égales : couplage étoile

Quand les tension réseau et nominale du moteur sont égales, on choisit le couplage étoile.

exemple : moteur 230V/400V sur réseau 230V/400V : couplage étoile

Ici, la tension est de 400V entre phases. Or chaque enroulement a besoin de 230V pour fonctionner. On choisit donc le couplage étoile. Si on utilisait le couplage triangle, chaque enroulement subirait 400V à ses bornes et serait détruit.

U bobine \ Réseau	220	400	690
110-130V	 ETOILE	⊗ Non applicable	⊗ Non applicable
210-240V	 TRIANGLE	 ETOILE	⊗ Non applicable
370-420V	⊗ Non applicable	 TRIANGLE	 ETOILE

III. DIFFERENTS PROCEDES DE FREINAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES

1. Introduction

Le moteur asynchrone est capable de fonctionner dans les quatre quadrants. Il développe un couple moteur dans l'un et l'autre sens dans les quadrants q1 et q3 et un couple de freinage dans les quadrants q2 et q4. L'inversion du sens de rotation s'obtient en intervertissant deux des trois phases d'alimentation du moteur, ce qui a pour effet d'inverser le sens du champ tournant.

Dans un grand nombre d'applications, l'arrêt du moteur est obtenu simplement par décélération naturelle. Le temps de décélération dépend uniquement de l'inertie de la machine entraînée. Mais il est souvent nécessaire de réduire ce temps.

Lorsque la sécurité l'exige, le freinage doit permettre d'obtenir un temps d'arrêt plus court que celui obtenu par un simple appui sur le bouton d'arrêt. Ainsi, prenons l'exemple d'une scie circulaire machine réputée dangereuse. Le freinage doit être immédiat lors de l'appui sur le bouton arrêt d'urgence.

On dispose de deux types de freinage :

- *Les procédés mécaniques*
- *Les procédés électriques.*

**** Les procédés mécaniques:**

Il s'agit d'un frein à disque incorporé au moteur, on appelle l'ensemble moteur frein:

C'est une action effectuée sur le rotor. Il existe deux types de freinage dans ce cas de procédé.

- *Freinage à appel de courant,*
- *Freinage à manque de courant.*

**** Les procédés électriques:**

C'est une action effectuée sur le stator. Il existe aussi deux types de freinage.

- *Freinage par contre courant,*
- *Freinage par injection du courant continu.*

2. Freinage mécanique

Ce sont des moteurs comportant un dispositif de freinage mécanique (mâchoire, disque,...): Moteur frein commandé par un électro-aimant. Il en existe deux types :

Fonctionnement:

- *une bobine commande le déplacement d'un disque bloqué en rotation.*
- *ce disque vient en contact avec un disque fixe sur le rotor du moteur.*
- *le frottement des deux disques provoque le ralentissement du moteur.*

Deux possibilités:

- *frein à manque de courant.*
- *frein à appel de courant.*

2.1. Frein à appel de courant

Principe:

Dans ce premier cas du frein dit à appel de courant, c'est l'alimentation du frein qui provoque le freinage du moteur. Il est nécessaire de brancher une alimentation électrique indépendante de celle du moteur.

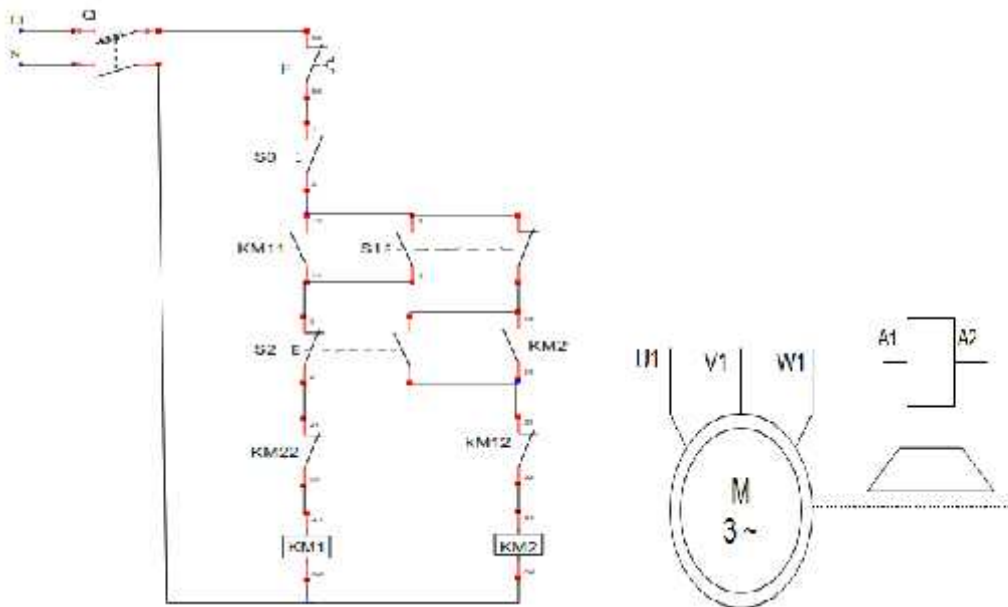


Fig : 29 : Schéma de Commande

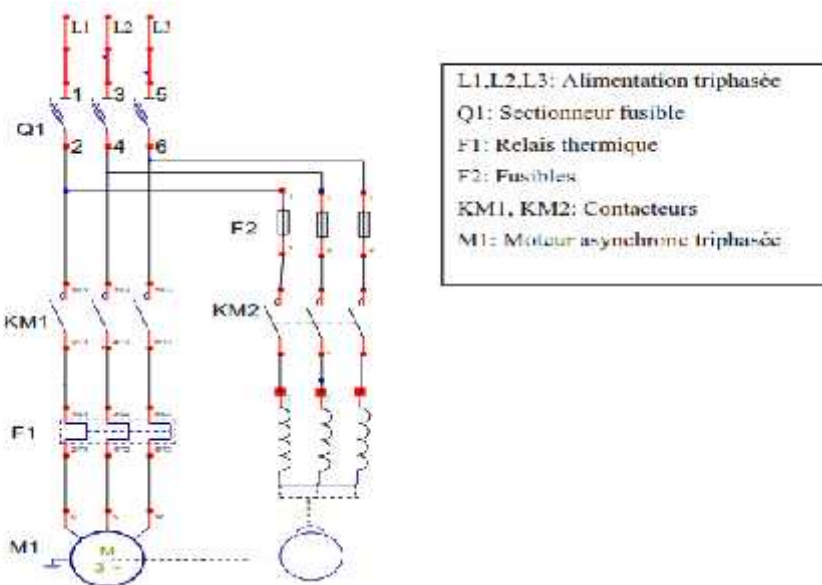


Fig : 29 : Schéma de Puissance

2.2. Frein à manque de courant

* Principe:

Le frein est actionné mécaniquement (système de ressort au repos), il est souvent utilisé pour des raisons de sécurité: lorsque le moteur n'est pas alimenté (arrêt normal ou arrêt d'urgence) le freinage est réalisé.

L'électro-aimant est alimenté en triphasé, branche en parallèle sur les enroulements statoriques. L'avantage de ce procédé réside dans le fait que le freinage est toujours assuré, même en cas de coupure d'énergie. C'est la raison pour laquelle ce procédé est fortement conseillé lorsque la sécurité est prépondérante.

Le frein à manque de courant fonctionne de pair avec le moteur: il est raccordé en parallèle avec le moteur au niveau même du boîtier de raccordement.

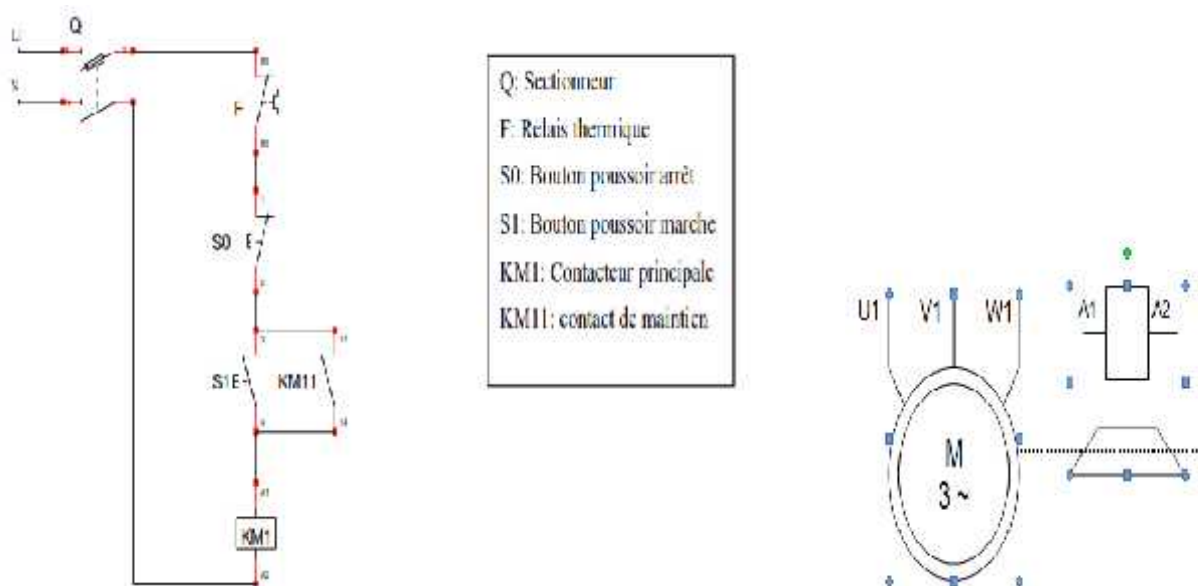


Fig. 30 :Schéma de Commande

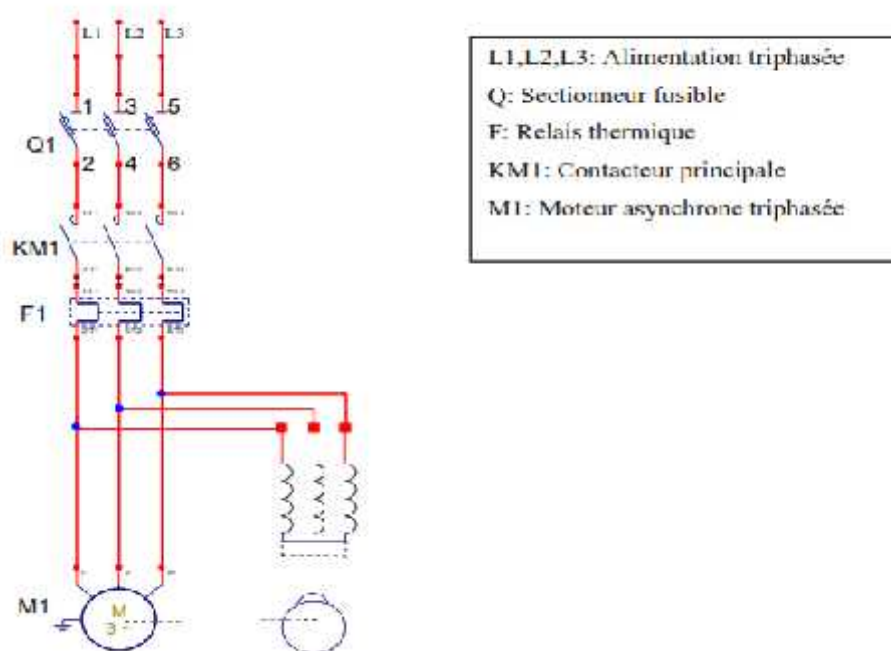


Fig. 30 : Schéma de Puissance

Remarques:

- La rotation n'est possible que si les enroulements du stator et les enroulements du frein sont alimentés.
- On obtient avec ce dispositif un freinage brutale, avec un maintient en position blocage. Il existe des moteurs freins avec un electro-aimant alimenté en courant redressé par l'intermédiaire d'un pont de diodes.

3. Freinage électrique

3.1. Freinage par contre courant

** Principe:*

Le freinage par contre courant consiste a inverser deux phases d'alimentation, moteur lance, pour qu'il change de sens de rotation. La fréquence de rotation va alors décroître rapidement et au moment ou elle devient nulle, on coupe l'alimentation. Le changement de sens de rotation, moteur lance, implique

que le moteur doit alors vaincre un couple résistant plus important. Il va donc consommer beaucoup plus de courant. Pour limiter ce dernier, on doit placer des résistances en série avec le stator. Même avec les résistances qui limitent le courant, la fermeture simultanée de km1 et km2 provoquerait un court-circuit, il faut donc impérativement verrouiller électriquement et mécaniquement. Il faut aussi couper l'alimentation du frein au moment précis où le moteur s'arrête sinon, il va repartir dans l'autre sens. Normalement un capteur tachymétrique va se charger de ce travail.

Généralement, un dispositif électrique de coupure déconnecte le moteur du réseau au moment du passage de la vitesse à $n=0$. Le couple de freinage moyen est en général, supérieur au couple de démarrage.

Inconvénient : Ce mode de freinage a un inconvénient majeur car il implique des courants absorbés importants (environ 7 fois I_n)

- * On peut dire que c'est un procédé de freinage très efficace.
- * Ce freinage doit être interrompu dès l'arrêt du rotor sinon risque de redémarrer dans le sens inverse.
- * Il n'existe pas de blocage.

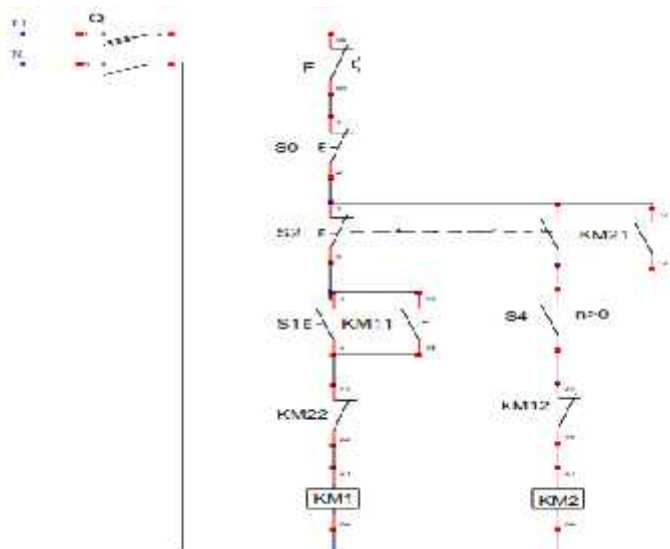
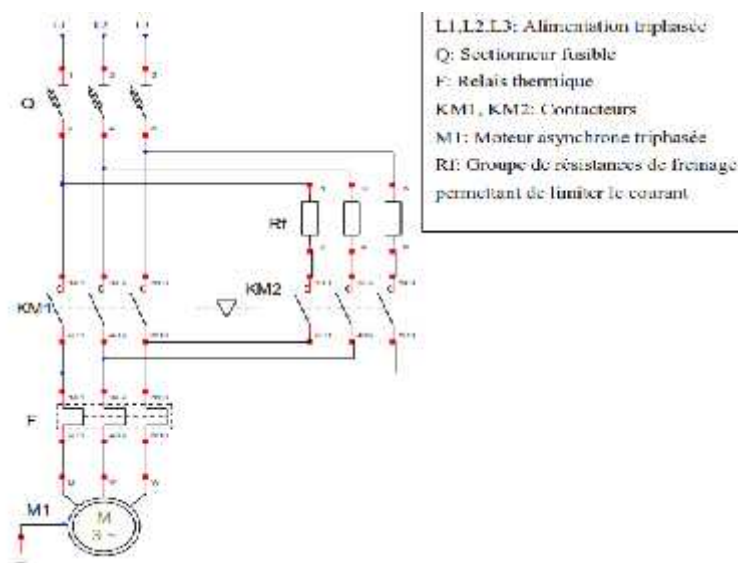


Fig. 31 : Schéma de Commande



L1, L2, L3: Alimentation triphasée
 Q: Sectionneur fusible
 F: Relais thermique
 KM1, KM2: Contacteurs
 M1: Moteur asynchrone triphasé
 RI: Groupe de résistances de freinage permettant de limiter le courant

Fig. 31 : Schéma de Puissance

3.2. Freinage par injection du courant continu

* Principe:

Ce mode de freinage est utilisé sur les moteurs à bagues et à cage. Lorsqu'on applique une tension triphasée aux bornes du stator d'un moteur asynchrone triphase, on crée un champ tournant qui entraîne le rotor en rotation à une fréquence de rotation légèrement inférieure en raison du glissement.

Si tout en coupant l'alimentation triphasée, on applique à ce stator une tension continue, on crée alors un champ fixe, ce dernier a pour effet le blocage du rotor (moteur).

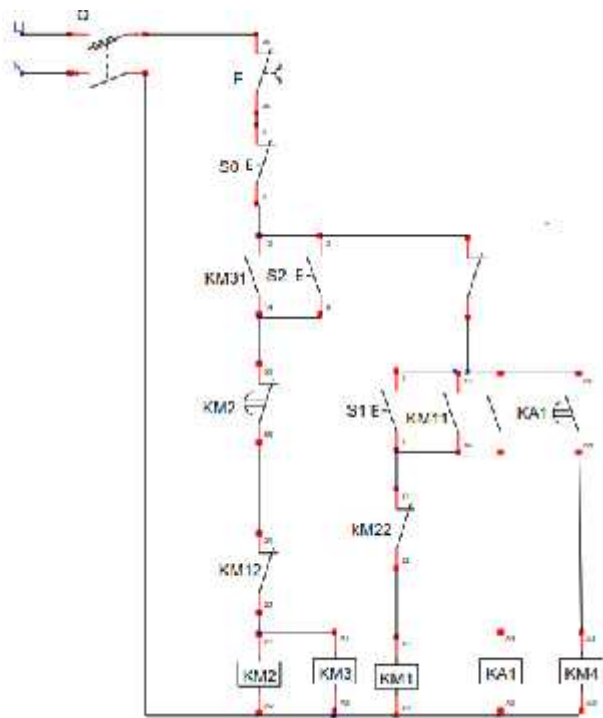


Fig. 32 : Schéma de Commande

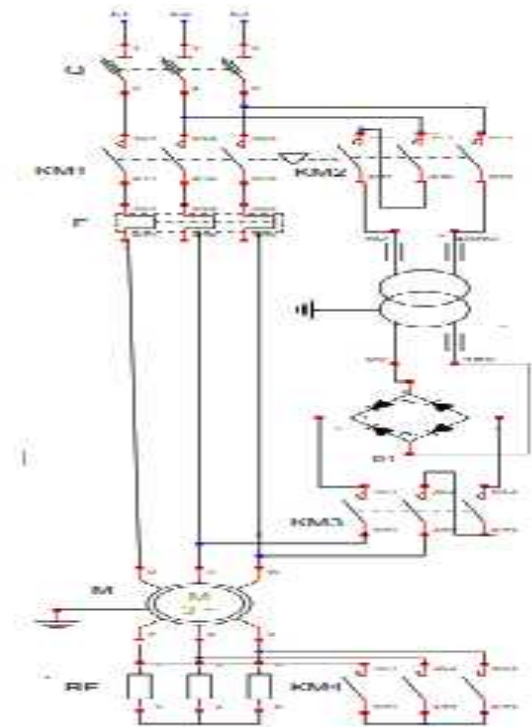


Fig. 32 : Schéma de Puissance

Avantage:

- Pas de risque de démarrage dans l'autre sens.

Inconvénient:

- Il faut couper le courant dans le stator pour éviter l'échauffement.

Remarque:

- Il n'y a toujours pas de blocage.
- Le courant de freinage est de l'ordre 1,3in. La valeur de la tension redressée dépasse rarement 20Volts pour ne pas provoquer d'échauffement excessif.
- Les résistances rotoriques sont remises en service.