

N.L.T.Mohammedia	FONCTION CONVERTIR : MOTEURS ASYNCHRONES	2STE 2012/13
------------------	---	-----------------

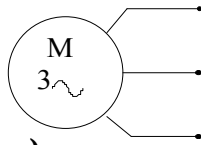
I. Organisation simplifiée

Les deux principales parties d'un moteur asynchrone triphasé sont :

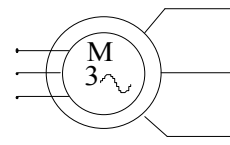
- le **stator** qui **produit un champ magnétique tournant** ;
- le **rotor** qui, entraîné par ce champs tournant, **produit de l'énergie mécanique**.

1. Symbole normalisé :

Moteur à rotor à cage



Moteur à rotor bobiné.



2. Stator (partie fixe du moteur)

Il est identique à celui des machines synchrones, c'est à dire constitué de 3 enroulements formés de conducteurs logés dans des encoches.

Ces enroulements sont parcourus par des courants triphasés, d'où la création d'un champ magnétique tournant à la fréquence $n = f / p$ et à la vitesse $\Omega = \omega / p$

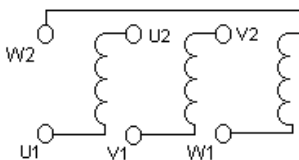
Couplage sur le réseau

Sur la plaque signalétique d'un moteur asynchrone, il apparaît une indication concernant les tensions (ex : 127V /230V). Cela signifie que, quel que soit le réseau, chaque enroulement doit être soumis, au régime nominal, à la tension correspondant à la valeur indiquée la plus faible (ici 127 V). En fonction du réseau, il faudra donc réaliser le couplage adapté.

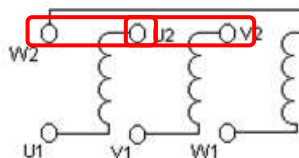
Exemple : Indication sur la plaque signalétique : **230V /400V** → Chaque enroulement doit donc être soumis à **230 V**.

Schéma de branchement

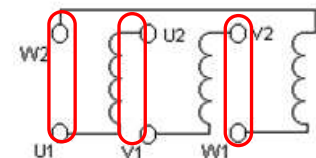
Les moteurs triphasés possèdent 3 enroulements qui sont reliés à 6 bornes repérées U1, V1, W1 et U2, V2, W2 ; le positionnement de trois barrettes permet d'alimenter le moteur sous deux tensions différentes



Couplage étoile



Couplage triangle



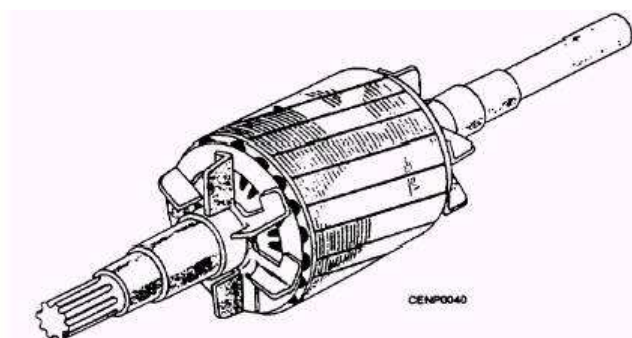
3. Rotor (partie mobile du moteur)

Le rotor n'est relié à aucune alimentation. Il tourne à la vitesse de rotation n' . Il existe 2 possibilités :

Rotor à cage d'écureuil

Il porte un ensemble de barres conductrices, très souvent en aluminium, logées dans un empilement de tôles.

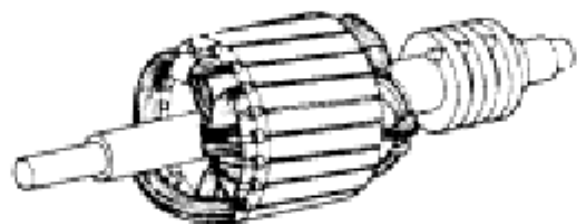
Les extrémités des barres sont réunies par deux couronnes conductrices.



Rotor bobiné

Le rotor comporte des encoches dans lesquelles sont logés des conducteurs formant un enroulement triphasé.

Les enroulements sont généralement accessibles par l'intermédiaire de 3 bagues et de 3 balais, permettant ainsi de modifier les caractéristiques de la machine.



II. Fonctionnement

Le stator crée au niveau de l'entrefer un champ magnétique tournant à la vitesse $\Omega = \omega / p$ (vitesse de synchronisme) et à la fréquence $n = f / p$.

Le rotor, soumis à ce champ tournant, génère des courants induits qui, conformément à la loi de Lenz, s'opposent à cette rotation en entraînant la rotation du rotor dans le même sens, à la vitesse Ω' (à la fréquence n').

Remarque : En charge, cette vitesse Ω' est toujours légèrement inférieure à Ω .

1. Glissement

$$g = \frac{n - n'}{n} = \frac{\Omega - \Omega'}{\Omega}$$

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

n' : vitesse de rotation du rotor (tr/s)

n_g : vitesse de glissement (tr/s) $n_g = n - n'$

soit : $n' = (1 - g) n$

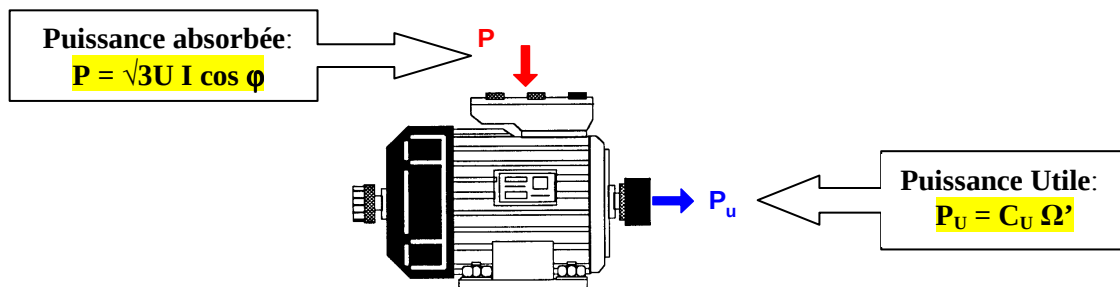
$$\begin{cases} n' = 0 \rightarrow g = 1 \\ n' = n \rightarrow g = 0 \end{cases}$$

2. Fréquence des courants induits

Le rotor voit un champ statorique tournant à la fréquence de glissement $n_g = g n$. Soit : $f_g = g f = f_r$

III. Bilan des puissances

1. Puissance absorbée et puissance utile



2. Puissance transmise au rotor

Cette puissance est transmise au rotor par le couple électromagnétique

$$P_{tr} = P - P_{fs} - P_{js} = C_e \Omega$$

avec C_e : moment du couple électromagnétique en Nm.

Ω : vitesse angulaire synchronisme ($2\pi \cdot n$) en rad/s.

Puissance sur le rotor : $P_r = P_{tr} - P_{jr} = C_e \Omega'$

C_e : moment du couple en Nm.

Ω' : vitesse angulaire rotor ($2\pi \cdot n'$) en rad/s.

3. Pertes constantes

Les pertes mécaniques p_m dépendent de la fréquence de rotation; les pertes dans le fer p_f dépendent de la fréquence et du flux dans la machine. Pour un moteur asynchrone utilisé à fréquence et tension constantes, elles varient peu entre le fonctionnement à vide et le fonctionnement à pleine charge.

On les considère donc comme constantes.

4. Pertes joule

Pertes Joule Stator

Si r est la résistance d'une phase du stator :

$P_{js} = 3 r I^2$ pour le couplage étoile

$P_{js} = 3 r j^2$ pour le couplage triangle

Si R est la résistance entre phase du stator couplé et I l'intensité en ligne alors : $P_{js} = 3/2 R I^2$

Pertes Joule Rotor

$$P_{jr} = g P_{tr}$$

avec P_{tr} : puissance transmise au rotor
 g : glissement.

IV. Rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P} = \frac{C_u \Omega'}{\sqrt{3} U I \cos \phi} = \frac{P - P_{js} - P_{fs} - P_{jr} - P_m}{P}$$

V. Caractéristiques

1. Fonctionnement à vide

A vide le moteur n'entraîne pas de charge.

Conséquence : le glissement est nul est le moteur tourne à la vitesse de synchronisme.

A vide: $g = 0$ et donc $n' = n$

2. Fonctionnement en charge

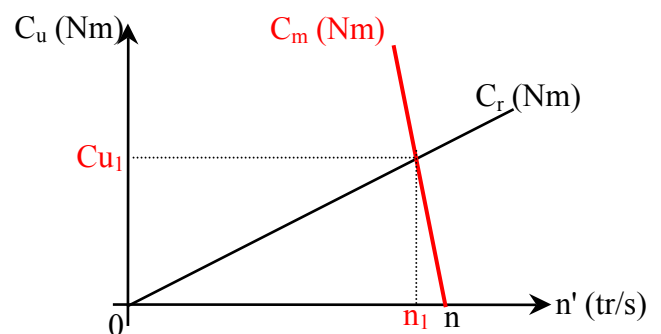
Le moteur est maintenant chargé, c'est-à-dire que l'arbre de ce dernier entraîne une charge résistante qui s'oppose au mouvement du rotor.

En régime permanent, ou régime établi : $C_u = C_r$

3. Caractéristique mécanique $C_u = f(n')$

Le point de fonctionnement se trouve sur l'intersection de la caractéristique mécanique du moteur et de la courbe qui caractérise le couple résistant de la charge.

La caractéristique mécanique du moteur dans sa partie utile est un segment de droite (d'équation de forme $y = ax + b$).



Pour la tracer, il suffit de deux points :

- Premier point donné par l'étude d'un cas précis :
 $C_u = a n' + b$
- Le second se déduit de l'essai à vide : $0 = a n + b$

Le point de fonctionnement (C_{u1} ; n_1) permet de calculer très facilement le glissement et la puissance utile dans ce cas bien précis.

VI. Problème posé par le démarrage des moteurs asynchrones triphasés

Lors de la mise sous tension d'un moteur, l'appel de courant I_d sur le réseau est souvent important (4 à 8 I_n). Cette forte intensité peut provoquer des chutes de tension en ligne. C'est le cas du démarrage direct.

1. Démarrage direct

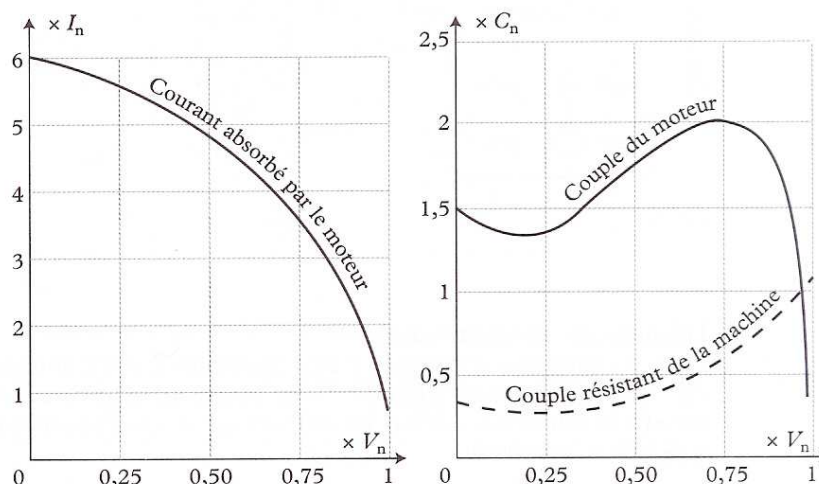
1.1. Principe

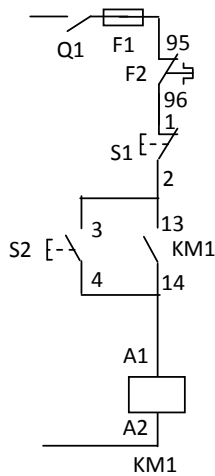
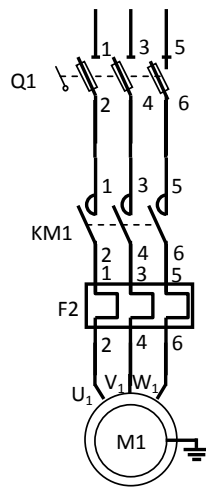
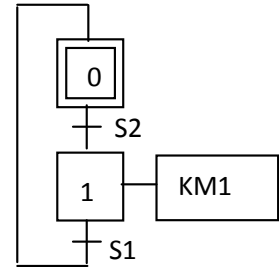
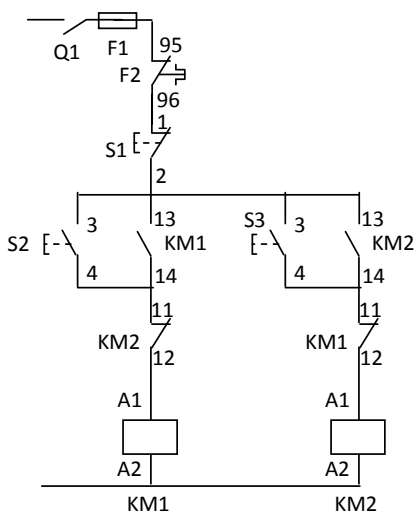
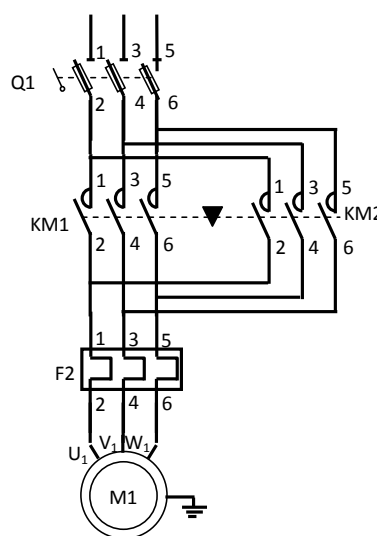
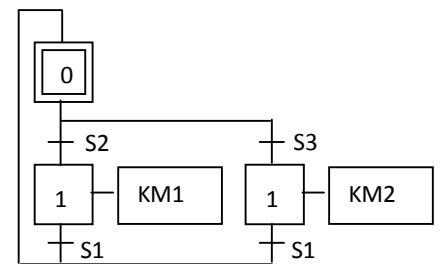
C'est le mode de démarrage le plus simple dans lequel le stator est directement couplé sur le réseau.

Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles.

Ce démarrage est utilisé lorsque le courant à la mise sous tension ne perturbe pas le réseau (chutes de tension dans les câbles).

1.2. Courbes



1.3. Schéma d'un démarreur direct 1 sens de marche**Circuit de commande****Circuit de puissance****Fonctionnement****1.4. Schéma d'un démarreur direct 2 sens de marche****Circuit de commande****Circuit de puissance****Fonctionnement****2. Démarrage étoile-triangle****2.1. Principe**

Ce démarrage consiste à coupler le stator en étoile pendant le démarrage, puis à rétablir le couplage en triangle

Il se fait en 2 temps :

Premier temps :

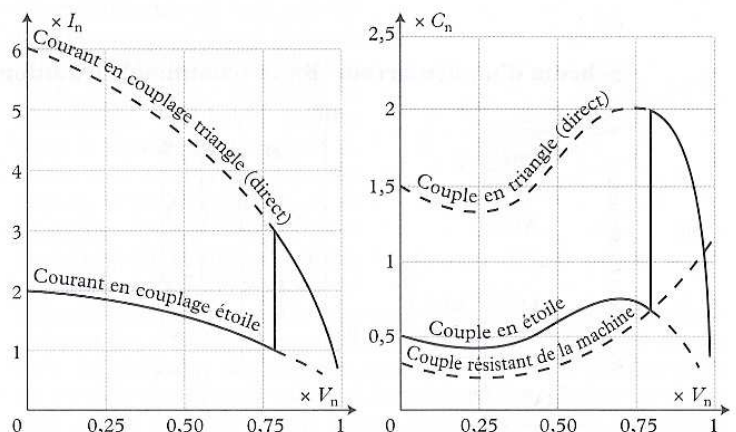
On démarre en étoile, chaque enroulement reçoit une tension $\sqrt{3}$ fois inférieure à sa tension nominale.

Conséquence : l'intensité absorbée est divisée par 3.

Second temps :

2 à 3 secondes après, on bascule en triangle puis on y reste.

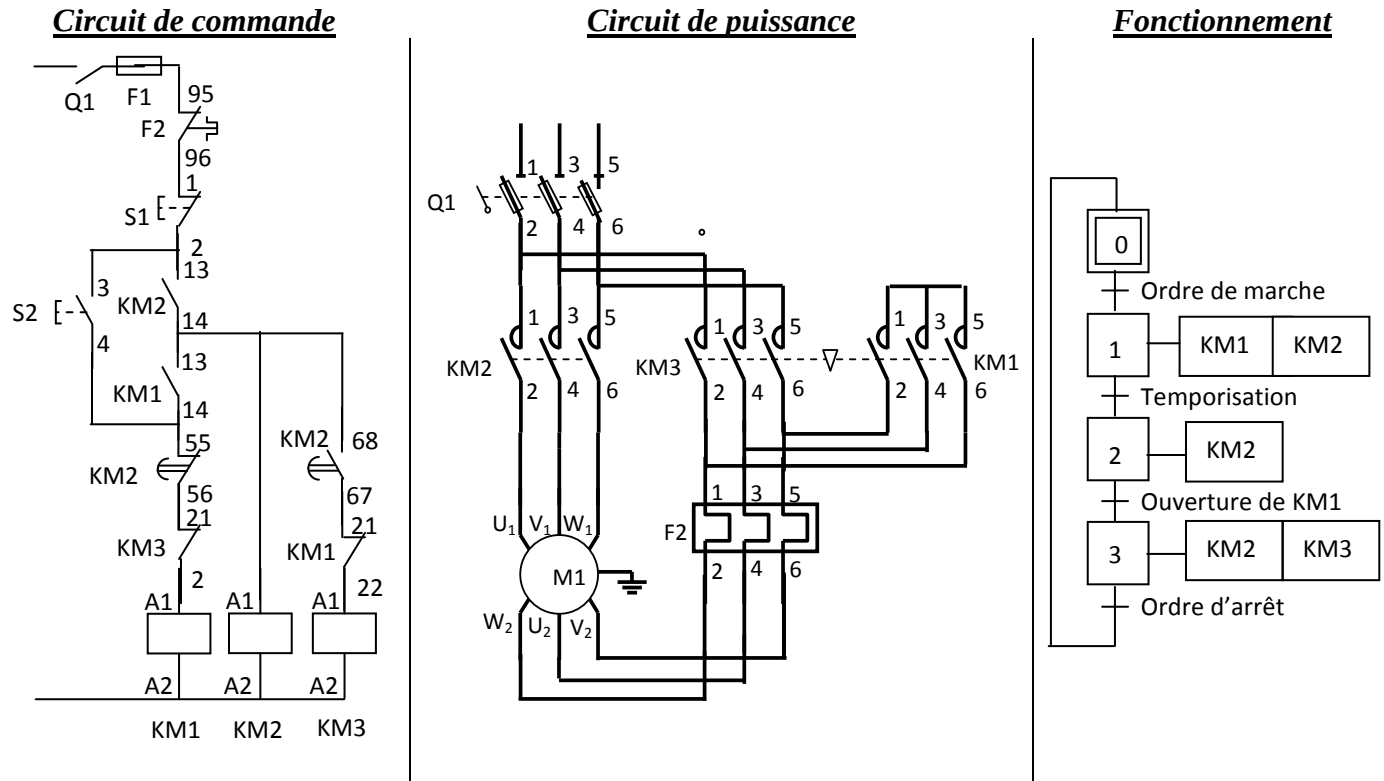
Inconvénient : le couple au démarrage est également divisé par 3 !

2.2. Courbes

2.3. Conséquence

Ce procédé n'est possible que si le moteur a été conçu pour fonctionner en triangle sous la tension composée du réseau. Ce démarrage convient aux machines de moyenne puissance ($P < 50\text{KW}$) démarrant de préférence à vide ou à faible couple résistant : ventilateurs, machines-outils...

2.4. Schéma d'un démarreur étoile / triangle

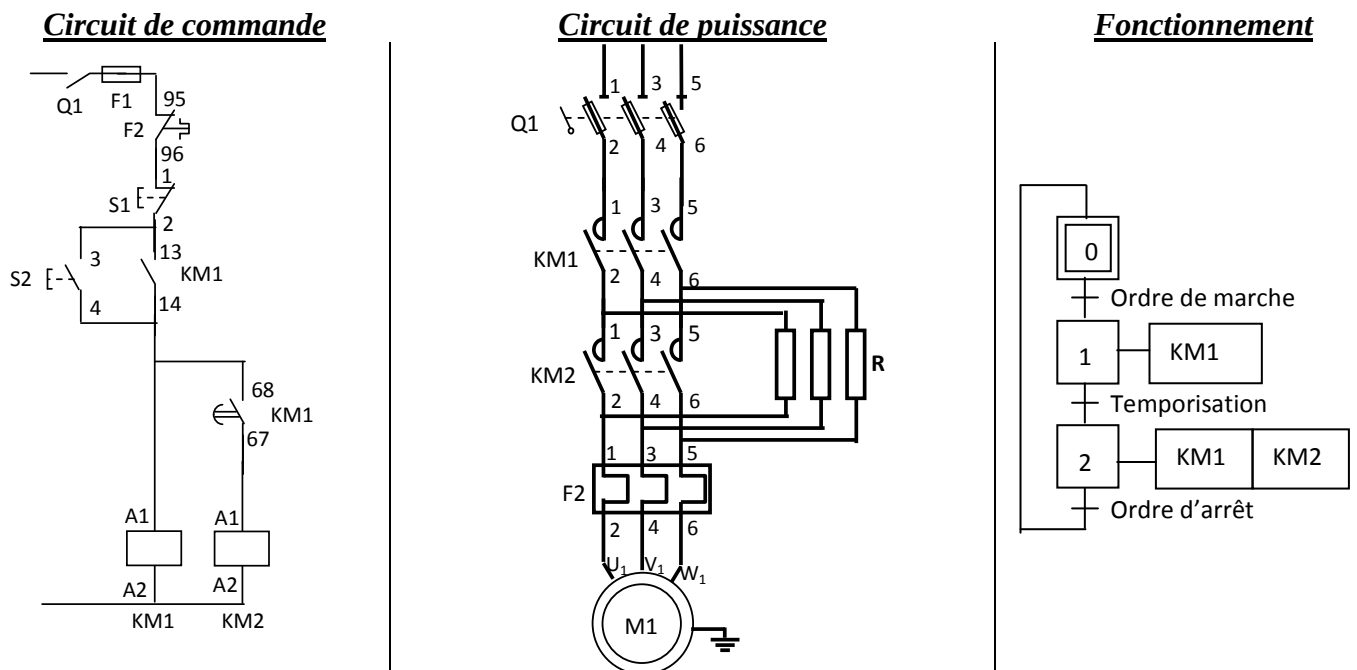


3. Démarrage statorique

3.1. Principe

Le démarrage statorique consiste à insérer, dans un premier temps, des **résistances** en série avec l'enroulement statorique afin de limiter les courants statoriques et ainsi réduire l'appel d'intensité. Dans un deuxième temps on **court-circuite** ces **résistances**. Le démarrage est terminé.

3.2. Schéma d'un démarreur rotorique

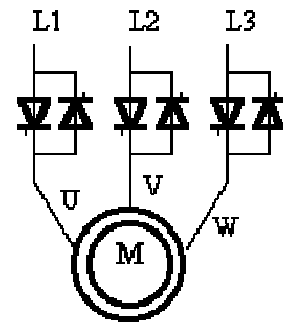


4. Démarrage par gradateur de tension (démarreur électronique)**4.1. Principe**

Le moteur asynchrone triphasé est alimenté par l'intermédiaire d'un gradateur qui provoque la montée progressive de la tension.

On peut réduire l'intensité de démarrage à une valeur précise en agissant sur l'angle de commande des thyristors.

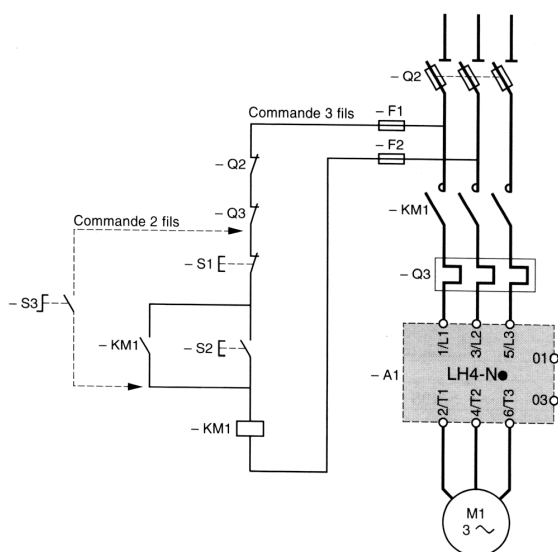
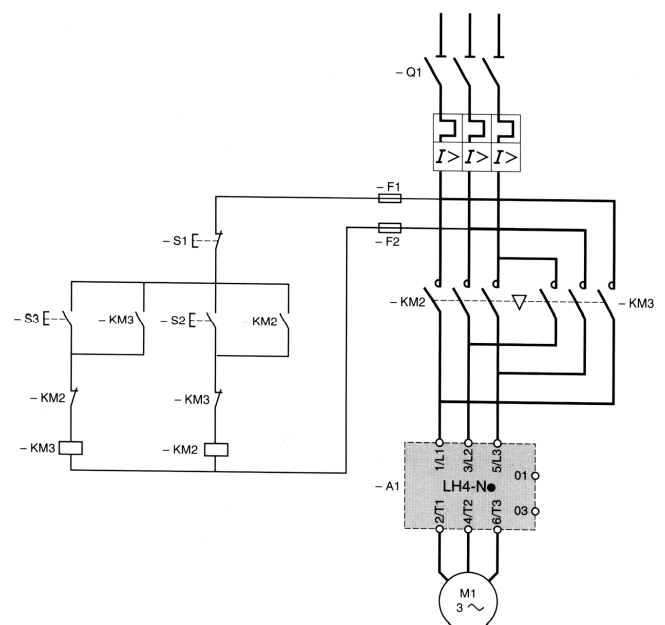
Pour limiter l'appel de courant au démarrage, on réduit la tension efficace ce qui limite le couple moteur au démarrage. On doit donc s'assurer en permanence que le couple de démarrage soit supérieur au couple résistant du système à entraîner

4.2. Circuit de puissance**4.3 Documentation technique d'un démarreur progressif LH4 Télémécanique****Références**

Démarreurs progressifs de 1,1 à 11 kW



Réseau Tension d'alimentation	Moteur Puissance indiquée sur plaque		Démarreur (1) Courant assigné d'emploi	Référence	Masse
V	Triphasé kW	Monophasé kW	A		kg
208...240 50/60 Hz	1,1	0,75	6	LH4-N106LU7	0,300
	2,2	1,5	12	LH4-N112LU7	0,300
	5,5	3	22	LH4-N125LU7	0,500
380...415 50/60 Hz triphasé	2,2	–	6	LH4-N106QN7	0,300
	5,5	–	12	LH4-N112QN7	0,300
	11	–	22	LH4-N125QN7	0,500
440...480 50/60 Hz triphasé	3	–	6	LH4-N106RT7	0,300
	5,5	–	12	LH4-N112RT7	0,300
	11	–	22	LH4-N125RT7	0,500

4.4. Schémas développés conseillés.**1 sens de marche****2 sens de marche**

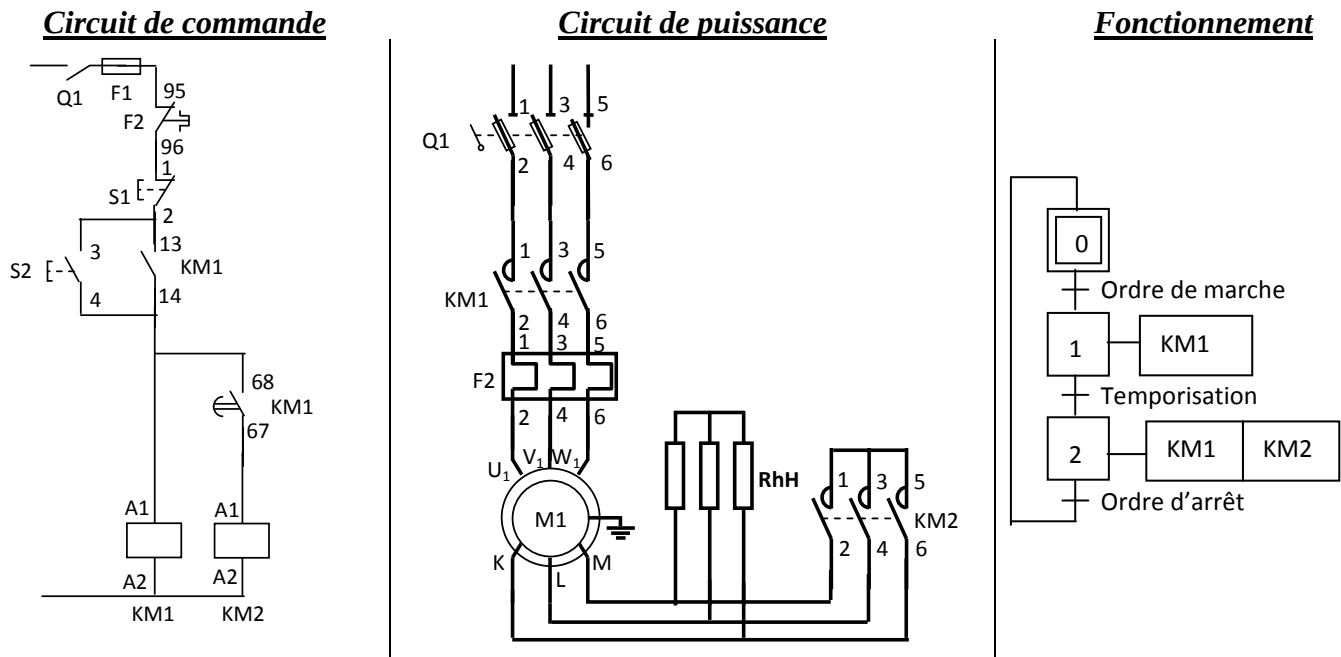
5. Démarrage rotorique

Le démarrage rotorique a l'avantage, si les résistances sont bien choisies, de démarrer avec le couple maximal du moteur pour un courant de démarrage relativement faible.

5.1. Principe

Le démarrage rotorique consiste à insérer, dans un premier temps, des **résistances** en série avec l'enroulement rotorique afin de limiter les courants rotoriques et ainsi réduire l'appel d'intensité. Dans un deuxième temps on **court-circuite** les enroulements rotoriques. Le démarrage est terminé.

5.2. Schéma d'un démarreur rotorique



VII. Exemple de plaque signalétique

Fréquence nominale		Tension triangle		Tension étoile		Vitesse nominale de rotation		Puissance utile		Courant nominal en ligne étoile		Courant nominal en ligne triangle	
S1		min		230		400		2800		0,75		3	
Hz		tr/min		kW		Cos φ		A					
50		2800		0,75		0,83		3		1,9			

VIII. Moteur asynchrone monophasé

Tout comme le moteur asynchrone triphasé, le moteur asynchrone monophasé possède deux parties distinctes: le stator (partie fixe) et le rotor (partie mobile).

1. Principe de fonctionnement

On démontre (théorème de Leblanc) que le champ magnétique produit par une bobine alimentée en courant alternatif monophasé se décompose en deux champs tournants de sens inverse, qui produisent un couple résultant, mais au démarrage ce couple résultant est nul.

2. Conséquence

Le moteur asynchrone nécessite un système de démarrage auxiliaire.



3. Démarrage.

Il faut créer un couple au démarrage, pour cela on réalise le démarrage à l'aide d'un enroulement auxiliaire alimenté par l'intermédiaire d'un condensateur.

L'alimentation de cet enroulement est donc déphasée de 90° par rapport à l'enroulement principal et permet de créer un couple de démarrage.

Lorsque le moteur a atteint sa vitesse nominale l'enroulement auxiliaire n'est plus utile, il peut toutefois rester sous tension (*moteur à condensateur permanent*) ou être éliminé par contact centrifuge.

4. Moteur réversible à condensateur permanent

On peut inverser le sens de rotation par un simple commutateur à 2 pôles. Lorsque le commutateur est en position 1 la tension de la ligne apparaît aux bornes de l'enroulement A et le condensateur est en série avec l'enroulement B. Dès que le commutateur bascule en position 2, le moteur ralentit, arrête, puis retourne à pleine vitesse dans le sens opposé.

