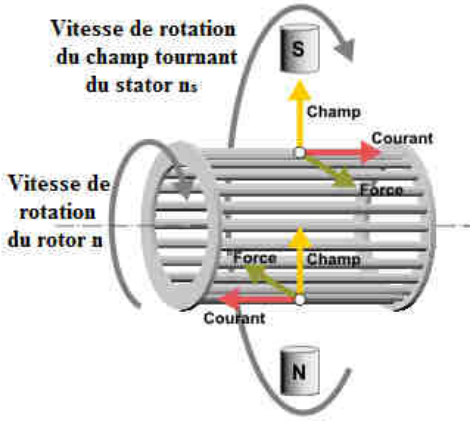
Le moteur asynchrone est l'un des principaux actionneurs électriques utilisés dans l'industrie. D'une puissance allant de moins d'un KW, à plusieurs dizaines de MW. Il est robuste et d'un entretien limité (pas de contact glissants). Ce qui réduit l'usure et permet un fonctionnement sûr (sans étincelle).

Principe du moteur asynchrone triphasé

Les **3 enroulements statoriques** créent donc un champ magnétique tournant, sa vitesse de rotation **ns = f/p** est nommée vitesse de synchronisme. Le rotor est constitué de barres d'aluminium noyées dans un circuit magnétique. Ces barres sont reliées à leur extrémité par deux anneaux conducteurs et constituent une "*cage d'écureuil*". Cette cage est en fait un bobinage à grosse section et très faible résistance. Cette cage est balayée par le champ magnétique tournant. Les conducteurs sont alors traversés par des courants de Foucault induits.
Des courants circulent dans les barres formées par la cage, les forces de Laplace qui en résultent **exercent un couple sur le rotor**.



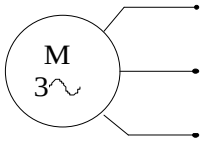
Constitution :

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

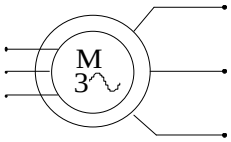
- Le stator qui produit un *champ magnétique tournant* ;
- Le rotor qui, entraîné par ce champs tournant, *produit de l'énergie mécanique.*

Symbole normalisé :

Moteur à rotor à cage



Moteur à rotor bobiné.



Stator (partie fixe du moteur)

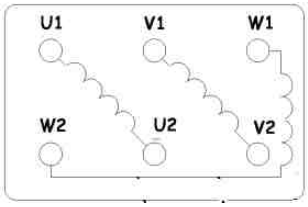
Il est identique à celui des machines synchrones, c'est à dire constitué de 3 enroulements formés de conducteurs logés dans des encoches.
Ces enroulements sont parcourus par des courants triphasés, d'où la création d'un champ magnétique tournant à la fréquence **n = f/p** et à la vitesse **Ω = ω/p**

Couplage sur le réseau

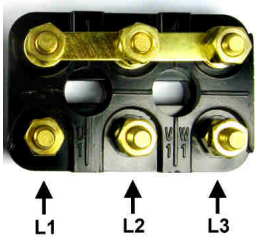
Sur la plaque signalétique d'un moteur asynchrone, il apparaît une indication concernant les tensions (Ex : 230V/400V). Cela signifie que, quel que soit le réseau, chaque enroulement doit être soumis, au régime nominal, à la tension correspondant à la valeur indiquée la plus faible (ici 230 V). En fonction du réseau, il faudra donc réaliser le couplage adapté.

Schéma de branchement

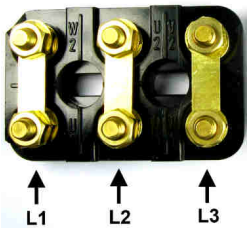
Les moteurs triphasés possèdent 3 enroulements qui sont reliés à **6 bornes repérées** U_1, V_1, W_1 et U_2, V_2, W_2 ; le positionnement de trois barrettes permet d'alimenter le moteur sous deux tensions différentes



Y (étoile)



Δ (triangle)



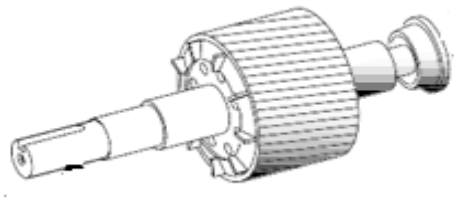
دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

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.

Glissement :

Le rotor tourne à la vitesse **n** plus petite que la vitesse de synchronisme **ns**.
On dit que le rotor « glisse » par rapport au champ tournant.
Ce glissement **g** va dépendre de la charge.

$$g = \frac{ns - n}{ns} = \frac{\Omega s - \Omega}{\Omega s}$$

ns : vitesse de rotation de synchronisme du champ tournant (tr/s)
n : vitesse de rotation du rotor (tr/s)
ng : vitesse de glissement (tr/s) ng = n – n'

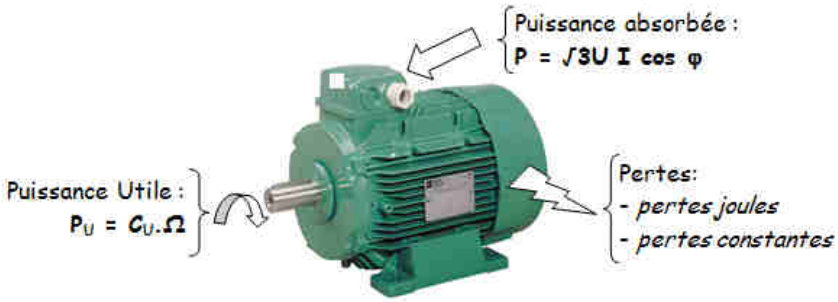
Soit : n = (1 – g) ns

$$\begin{cases} n = 0 \longrightarrow g = 1 \\ n = ns \longrightarrow g = 0 \end{cases}$$

Le rotor voit un champ statorique tournant à la fréquence de glissement ng = g.n
Soit la fréquence des courants induits: fg = g.f = fr

Bilan des puissances

Puissance absorbée et puissance utile



Puissance transmise au rotor

Cette puissance est transmise au rotor par le couple électromagnétique :

Ptr = P – Pfs – Pjs = Ce Ωs avec Ce : moment du couple électromagnétique en Nm.
Ωs : vitesse angulaire synchronisme (2.π.ns) en rad/s.

Puissance sur le rotor: Pr = Ptr – Pjr = Ce Ω avec Ce : moment du couple en Nm.
Ω : vitesse angulaire rotor (2.π.n) en rad/s.

Pertes constantes

Les pertes mécaniques **Pm** dépendent de la fréquence de rotation ; les pertes dans le fer **Pfs** dépendent de la fréquence et du flux dans la machine. Pour un moteur asynchrone utilisé à fréquence

دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

et tension constantes, elles varient peu entre le fonctionnement à vide et le fonctionnement à pleine charge. On les considère donc comme constantes.

Pertes joule

Pertes Joule Stator

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

Pjs = 3 rI² pour le couplage étoile

Pjs = 3 rj² pour le couplage triangle

Si **R** est la résistance entre phase du stator couplé et I l'intensité en ligne alors : **Pjs = 3/2 R.I²**

Pertes Joule Rotor

Pjr = g Ptr

avec Ptr: puissance transmise au rotor

g: glissement.

Rendement

$$\eta = \frac{Pu}{P} = \frac{Cu\,\Omega}{\sqrt{3}UI\cos\varphi} = \frac{P - Pjs - Pfs - Pjr - Pm}{P}$$

Caractéristiques

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 = ns

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.

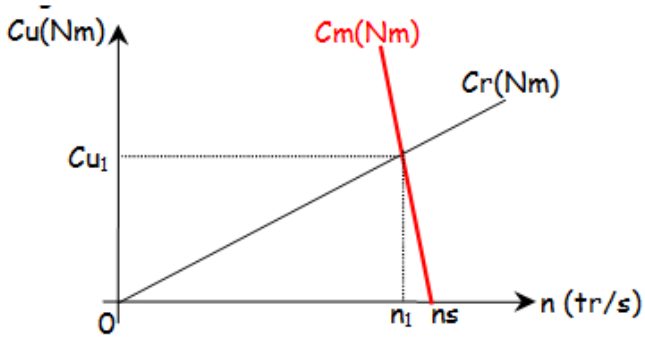
En régime permanent, ou régime établi : **Cu = Cr**

Caractéristique mécanique Cu = 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 = a.x + b).

Pour la tracer, il suffit de deux points :



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

Le point de fonctionnement (Cu1 ; n1) permet de calculer très facilement le glissement et la puissance utile dans ce cas bien précis.

Alimentation du moteur à fréquence variable

Eude du couple dans le cas ou U moteur = Cte

La f.é.m. aux bornes d'un enroulement est de la forme : V = E = 4.44 .Bm .N. S. f

Avec : f : fréquence d'alimentation du moteur (Hz)
Bm : induction dans le moteur (T)
V : tension aux bornes du moteur (V)
S : section du fer (m²)
N : nombre de conducteurs

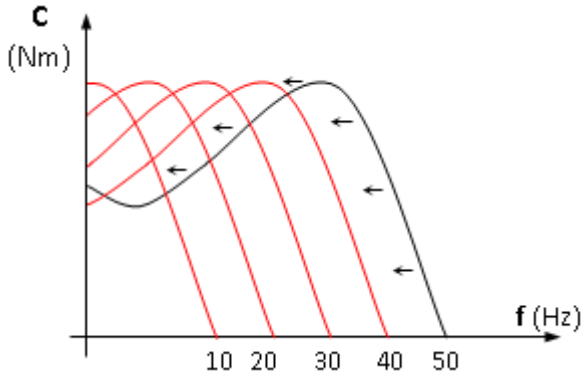
- Si f varie, U étant constant, Bm va varier pour garder l'égalité dans la relation.
- Si f diminue, Bm va augmenter et va saturer le circuit magnétique, provoquant un échauffement du moteur et surtout une baisse du couple moteur.

دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

Conclusion : Si l'on souhaite garder Bm constant, tout en faisant varier la fréquence, on doit faire varier U pour maintenir constant le rapport **U/f**

Eude du couple à U/f = cte

Dans ces conditions, les caractéristiques du couple moteur pour différentes fréquences d'alimentation opèrent une **translation** sur la gauche.
Le variateur délivre au moteur une tension et une fréquence proportionnelles jusqu'à la valeur de 50 Hertz
Pour des fréquences supérieures à 50 Hertz, la tension du moteur ne pouvant plus augmenter, (tension nominale) le rapport **U/f** diminue, le flux décroît, entraînant une diminution du couple maximum.



Problème posé par le démarrage des moteurs asynchrones triphasés

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

Démarrage direct

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).

Courbes

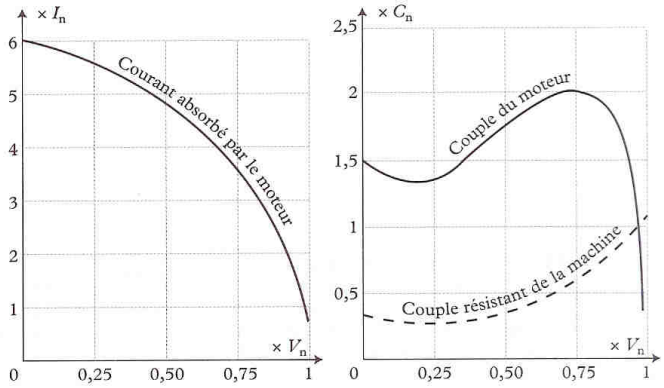
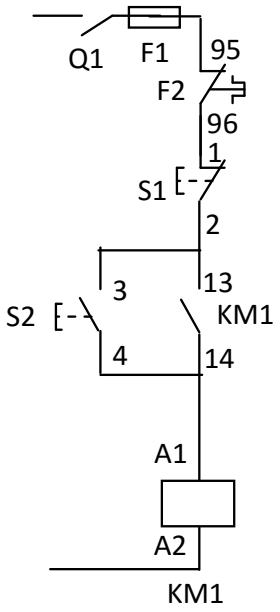
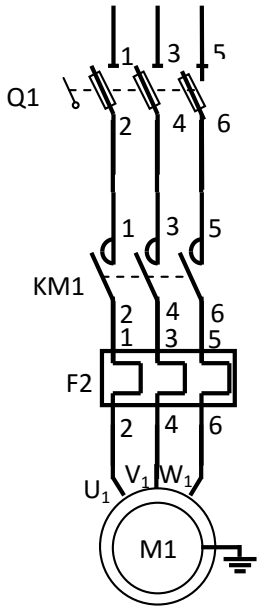


Schéma d'un démarreur direct 1 sens de marche

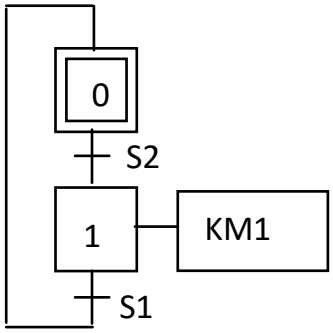
Circuit de commande



Circuit de puissance



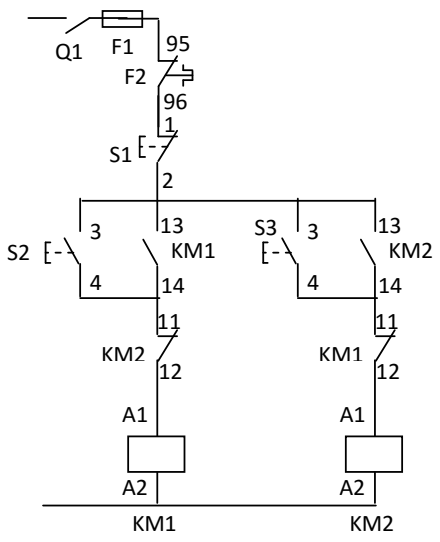
Fonctionnement



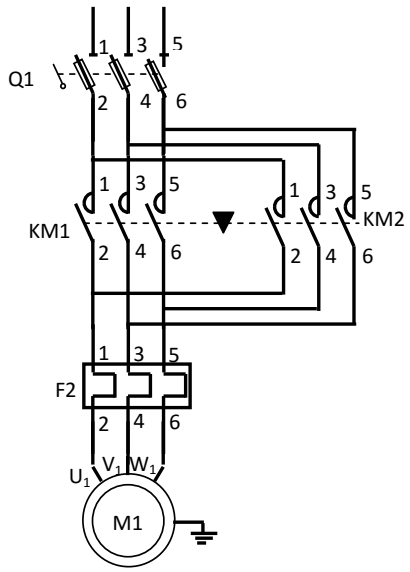
دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

Schéma d'un démarreur direct 2 sens de marche

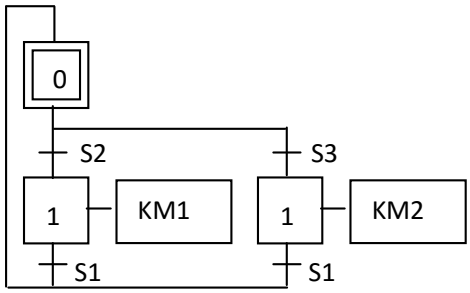
Circuit de commande



Circuit de puissance



Fonctionnement



Démarrage étoile-triangle

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 √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 !

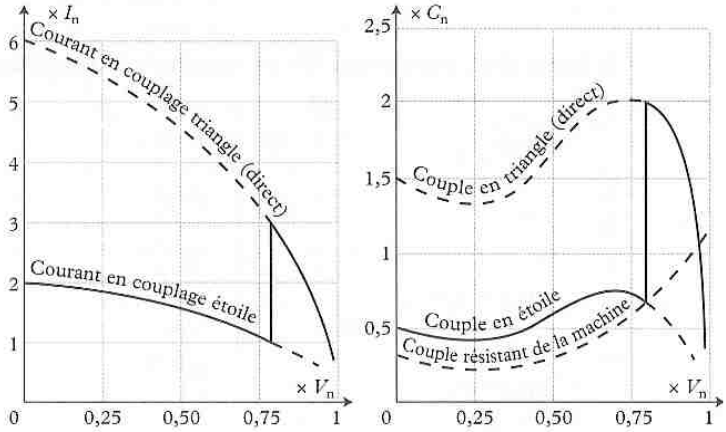
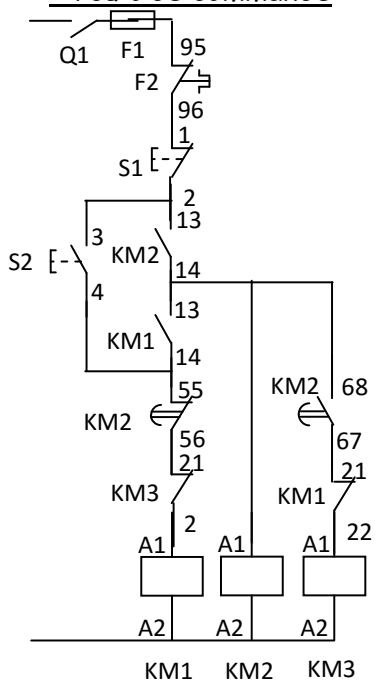
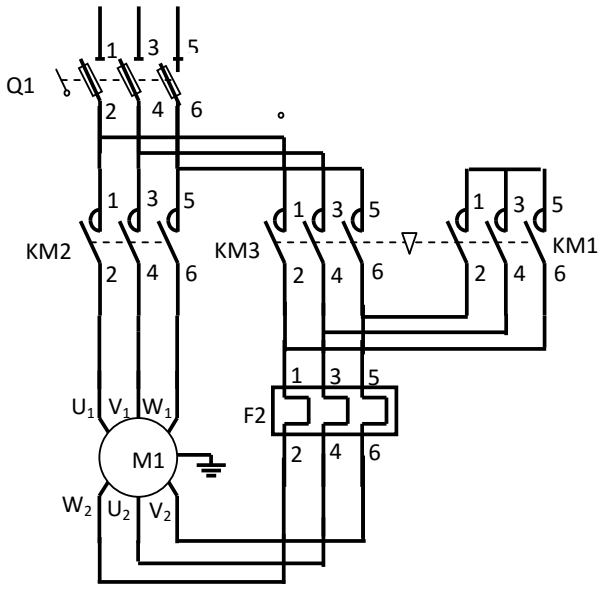


Schéma d'un démarreur étoile / triangle

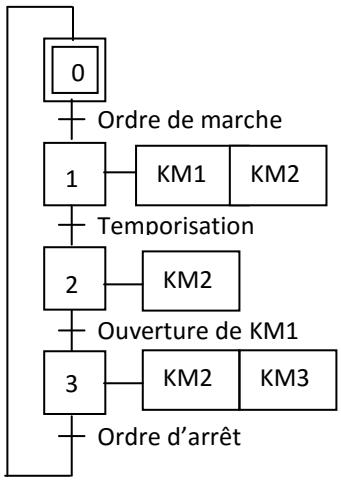
Circuit de commande



Circuit de puissance



Fonctionnement



دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

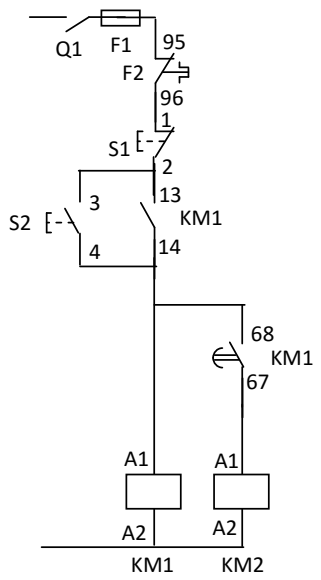
Démarrage statorique

Principe

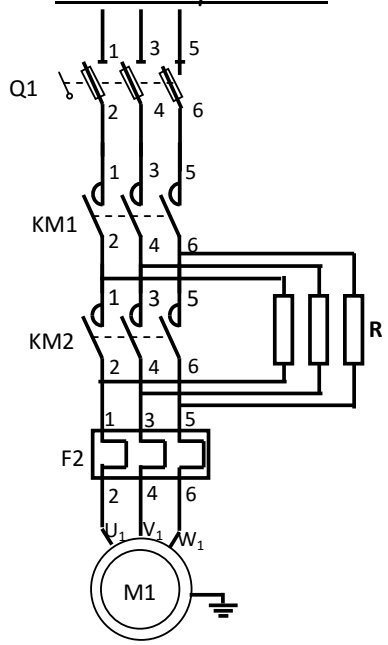
Le démarrage statorique consiste à insérer, dans un premier temps, des résistances en série avec l'enroulement statorique afin de limiter les courants statoriques et ainsi réduire l'appel d'intensité. Dans un deuxième temps on **court-circuite ces résistances**. Le démarrage est terminé.

Schéma d'un démarreur statorique

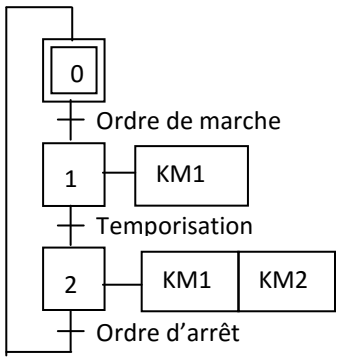
Circuit de commande



Circuit de puissance



Fonctionnement

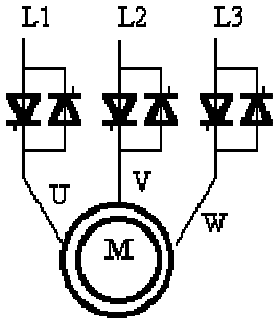


Démarrage par gradateur de tension (démarreur électronique)

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

Circuit de puissance



Documentation technique d'un démarreur progressif LH4 Télémécanique

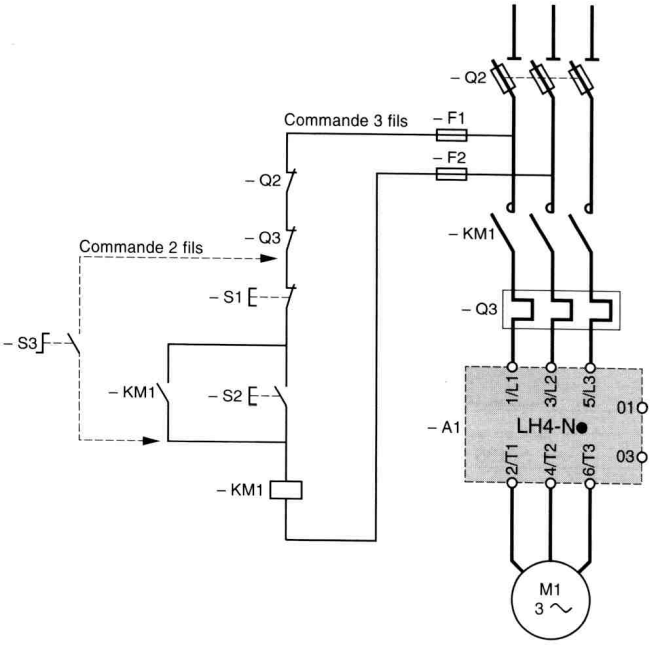
Démarreurs progressifs de 1,1 à 11 kW

Réseau Tension d'alimentation	Moteur Puissance indiquée sur plaque Triphasé	Monophasé	Démarreur (1) Courant assigné d'emploi	Référence	Masse
V	kW	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

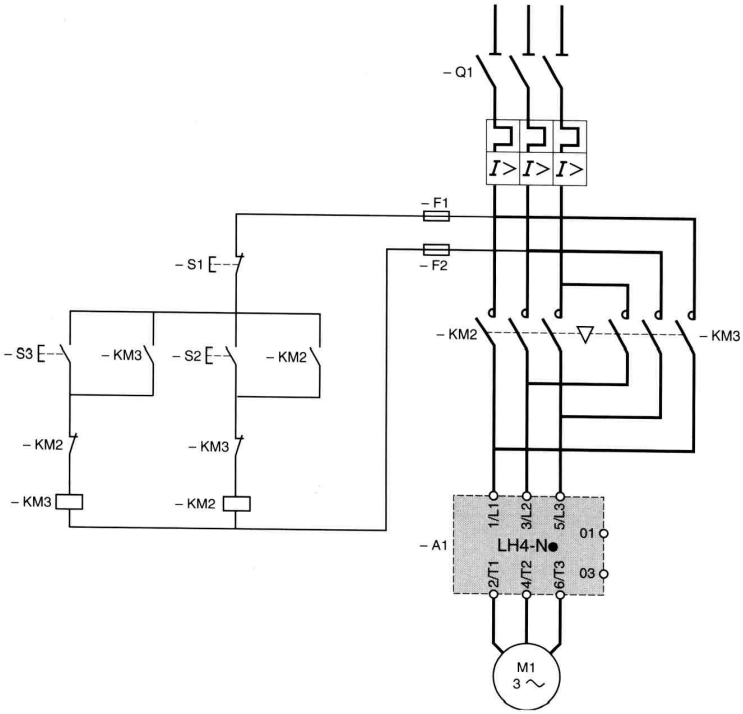
دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

Schémas développés conseillés.

1 sens de marche



2 sens de marche



Démarrage rotorique

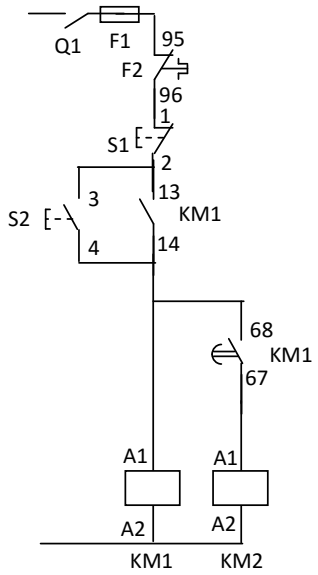
Le démarrage rotorique a l'avantage, si les résistances sont bien choisit, de démarrer avec le couple maximal du moteur pour un courant de démarrage relativement faible.

Principe

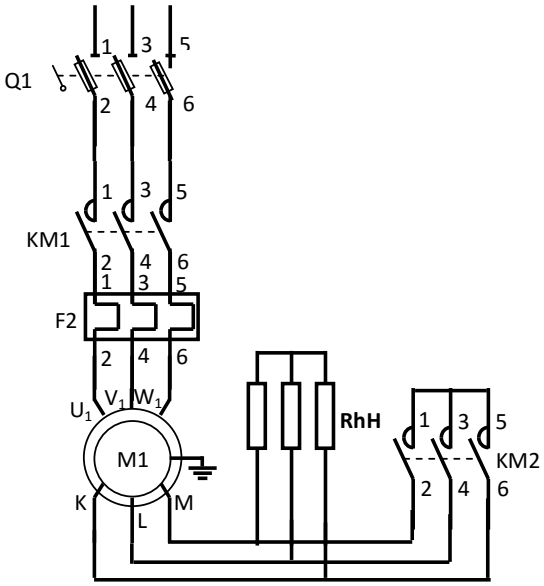
Le démarrage rotorique consiste à insérer, dans un premier temps, des résistances en série avec l'enroulement rotorique afin de limiter les courants rotoriques et ainsi réduire l'appel d'intensité. Dans un deuxième temps on court-circuite les enroulements rotoriques. Le démarrage est terminé.

Schéma d'un démarreur rotorique

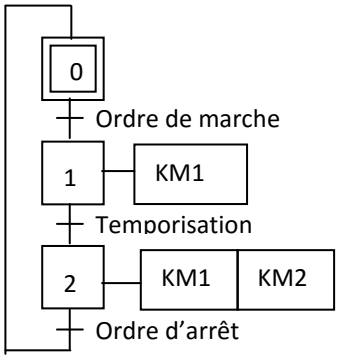
Circuit de commande



Circuit de puissance



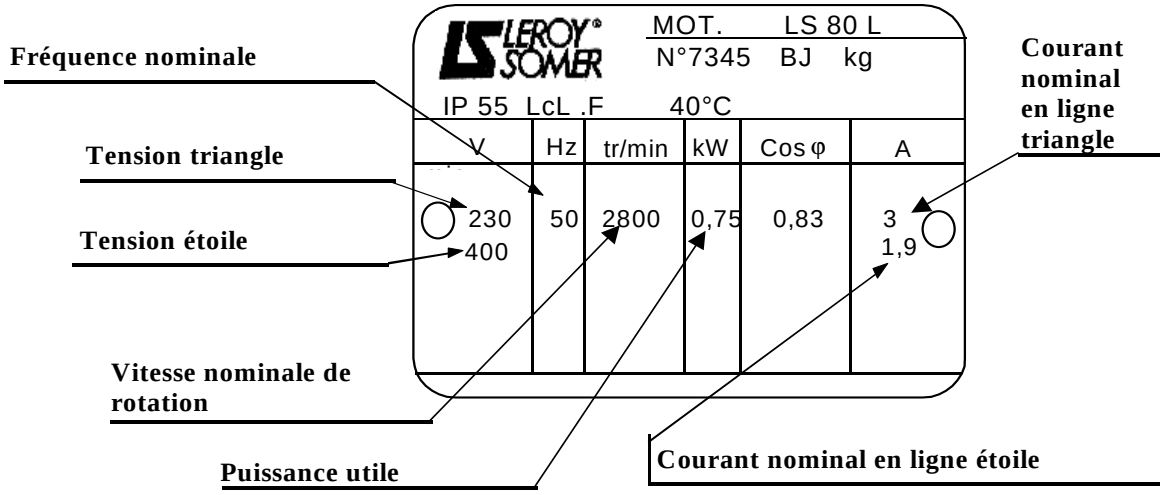
Fonctionnement



دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد

Plaque signalétique

La plaque signalétique c'est la carte d'identité d'un moteur, tous les renseignements utiles y sont répertoriés. Il est intéressant de connaître la signification des différents symboles, chiffres, abréviation.



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).

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.

Conséquence

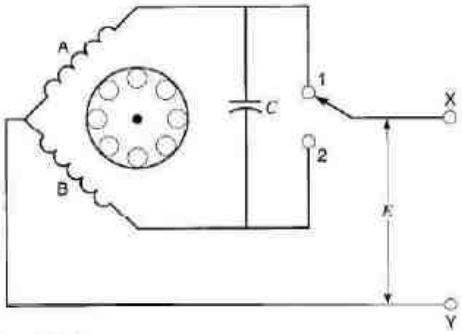
Le moteur asynchrone nécessite un système de démarrage auxiliaire.

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.

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.



دروس - تمارين - امتحانات TelmidTice.com Soutien Scolaire الدعم المدرسي اضغط هنا لتحميل المزيد