

CHAPITRE 4

PROCÉDES DE DÉMARRAGE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ

I. Introduction

Un moteur asynchrone possède un fort couple de démarrage mais il a l'inconvénient d'absorber de 4 à 8 fois son intensité nominale. Pour réduire cet appel de courant on dispose de plusieurs procédés de démarrage. Indépendamment des démarreurs électroniques, on distingue principalement cinq procédés électromécaniques pour assurer le démarrage des moteurs asynchrones triphasés. Ils ont pour intérêt de limiter le courant en ligne et de rendre le démarrage moins brutal. Pour chacun de ces procédés, il existe un schéma de puissance, un schéma de commande.

- 1- Démarrage direct
- 2- Démarrage étoile triangle.
- 3- Démarrage par élimination des résistances statoriques.
- 4- Démarrage par autotransformateurs.
- 5- Démarrage par élimination des résistances rotoriques.

II- Rappels sur le démarrage direct :

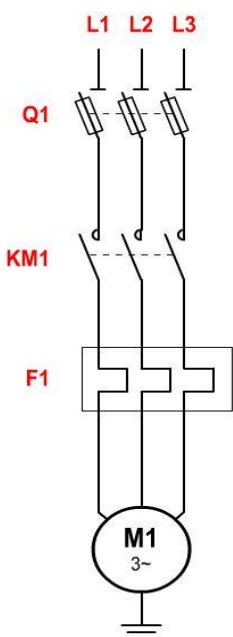
II.1. Principe

Dans ce procédé de démarrage, le moteur asynchrone est directement branché au réseau l'alimentation le démarrage s'effectue en un seul temps. Le courant de démarrage peut atteindre 4 à 8 fois le courant nominal du moteur. Le couple de très important: il peut atteindre 1.5 fois le couple nominale.

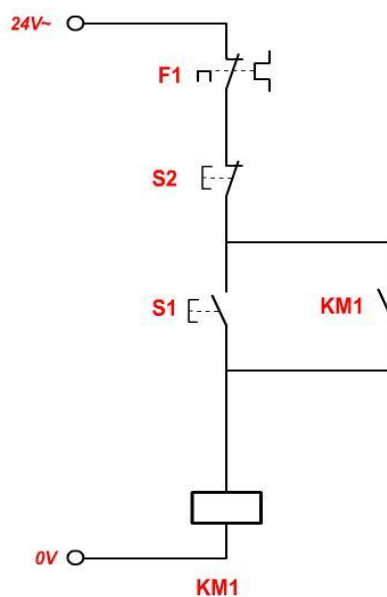
Pour réaliser un départ-moteur de façon correcte, il faut assurer les fonctions suivantes :

- **Isoler** c'est le rôle du sectionneur.
- **Protéger** la puissance contre les courts-circuits, pour cela on utilise des cartouches fusibles.
- **Commander** l'arrivée de l'énergie au moteur, c'est le rôle du contacteur.
- **Protéger** le moteur contre les surcharges, fonction assurée par le relais thermique.

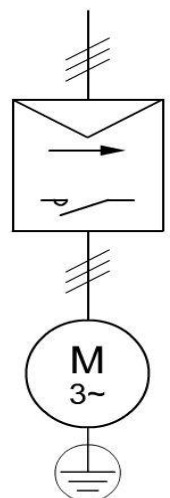
II.2. Schémas



Schémas de puissance

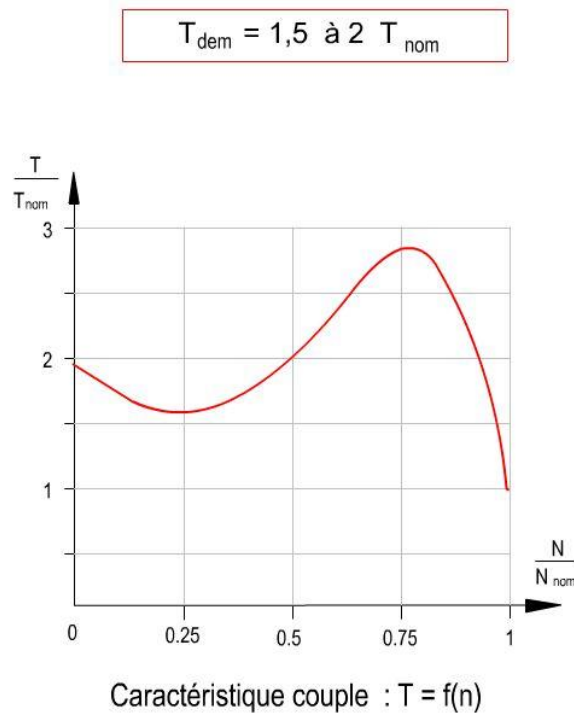
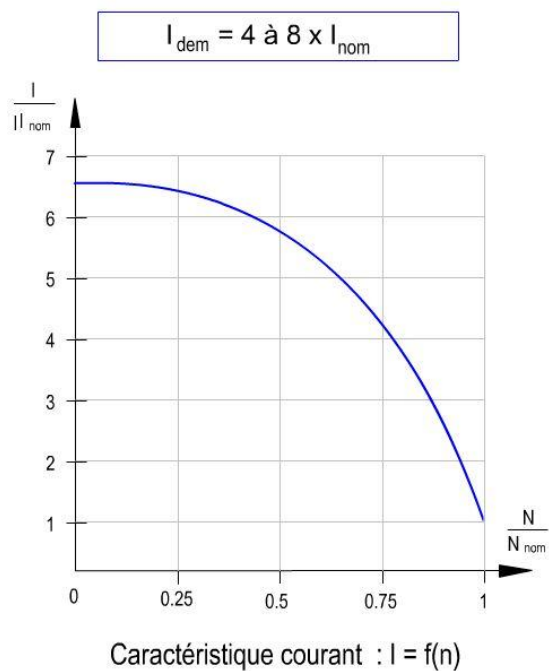


Schémas de commande



Schémas unifilaire

II.3. Courbes



Intensité

La surintensité au moment du démarrage peut être de 4 & 8 fois l'intensité nominale

$$I_d = 4 \text{ à } 8 I_n$$

Couple moteur

Au moment du démarrage, le couple moteur est en moyenne de 1,5 à 2 fois le couple nominal.

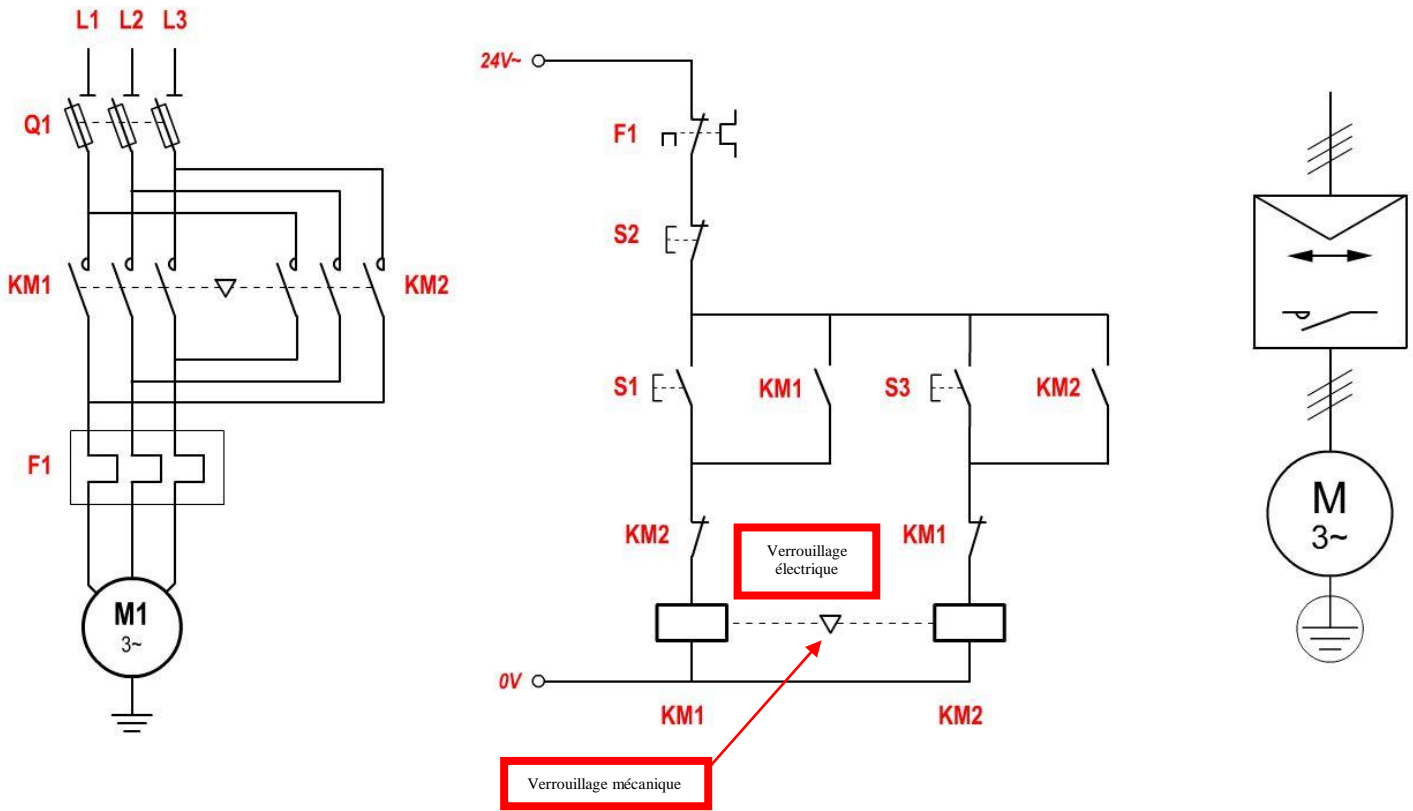
II.4. Conclusions Avantages inconvénients du démarrage direct

Avantages
⇒ Simplicité de l'appareillage.
⇒ Couple important.
⇒ Temps de démarrage court.

Inconvénients
⇒ Appel du courant important
⇒ Démarrage brutal

III. Schémas démarrage direct deux sens de rotation

Pour changer le sens de rotation d'un moteur asynchrone triphasé, il faut inverser deux des trois phases du circuit d'alimentation.



Schémas de puissance

Schémas de commande

Schémas unifilaire

IV. Démarrage étoile-triangle

Le principe du démarrage étoile triangle consiste à **sous-alimenter** le moteur durant presque toute la durée du démarrage en le couplant **en étoile**.

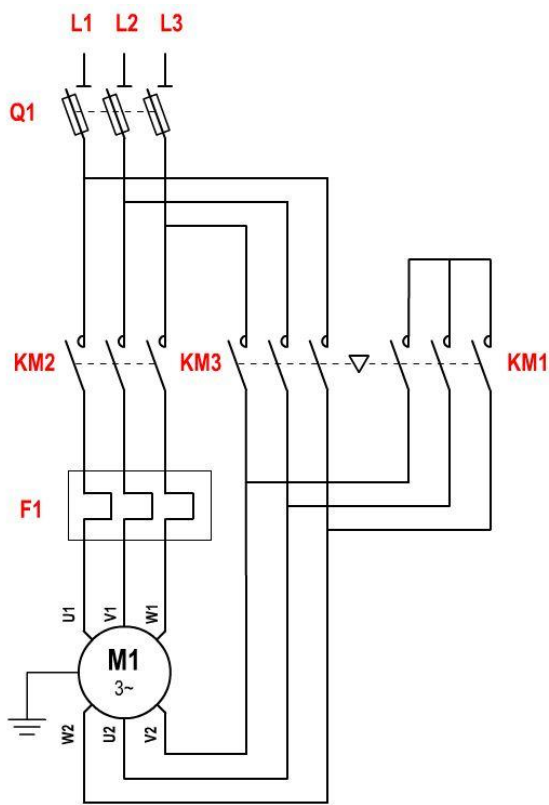
Il faut donc utiliser un moteur **normalement couplé en triangle** et dont toutes les extrémités d'enroulement sont sorties sur la plaque à bornes.

Exemple : Sur un réseau 230/400 V il faut donc utiliser un moteur 400/660 V

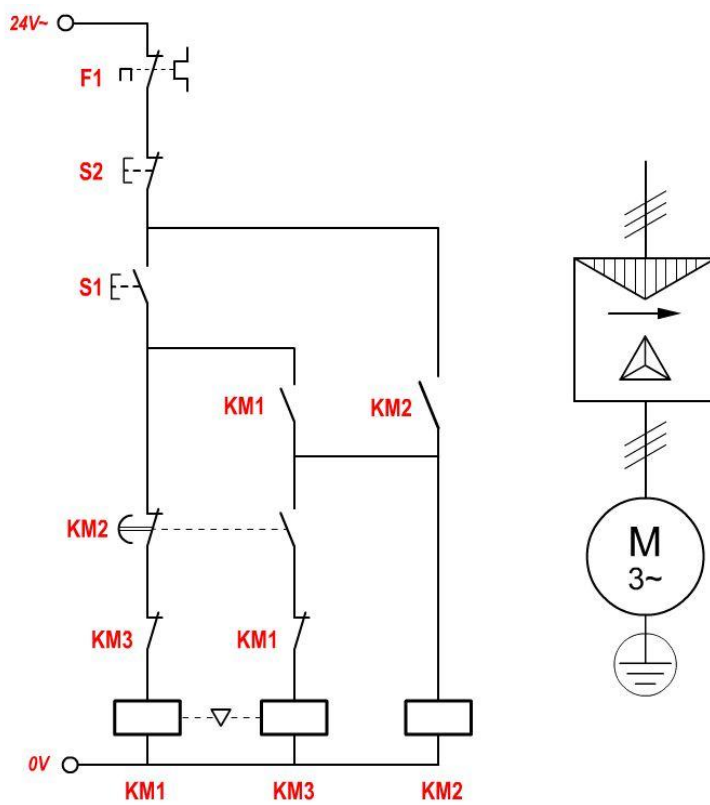
Utilisation du démarrage étoile triangle : Machine démarrant à vide : Ventilateur...

IV.1. Schémas

On dispose pour ce démarreur de trois contacteurs : KM1 qui couple le moteur en étoile au début du démarrage, KM3 qui le couple en triangle à la fin du démarrage et KM2, contacteur de ligne, dont le rôle est de commander le moteur.



Schémas de puissance



Schémas de commande

Schémas unifilaire

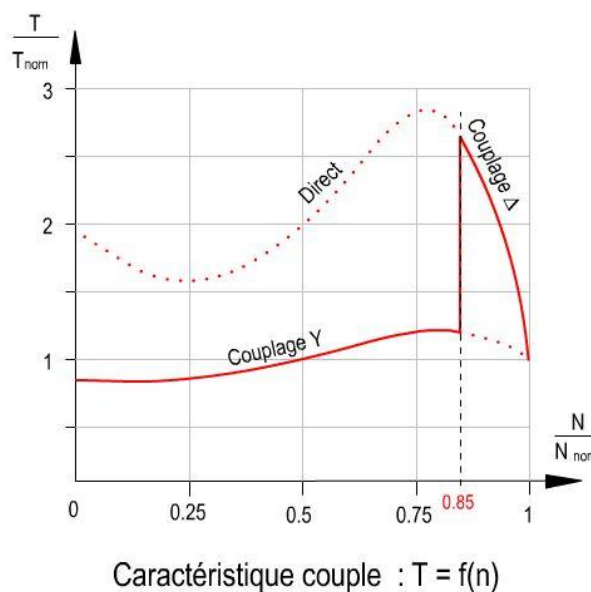
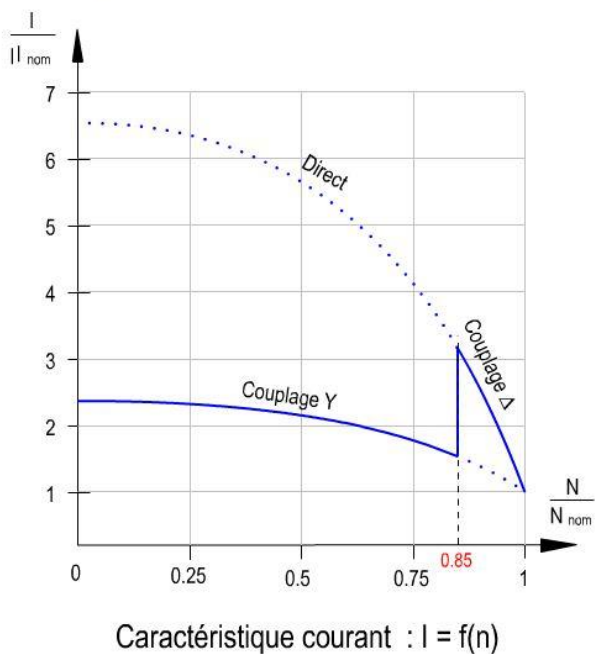
1^{er} temps : Nous devons alimenter le moteur à l'aide de KM2 tout en le couplant en étoile à l'aide de KM1.

2^{ème} temps : Nous maintenons l'alimentation du moteur par le biais de KM2, KM1 est remplacé par KM2 qui assure le couplage du moteur en triangle. Chaque enroulement doit alors se retrouver entre deux phases différentes.

IV.2. Courbes

$$I_{\text{dem}} = 1,3 \text{ à } 2,6 \times I_{\text{nom}}$$

$$T_{\text{dem}} = 0,5 \text{ à } 0,7 T_{\text{nom}}$$



On constate que le couple et l'intensité au démarrage sont réduits d'environ 3 fois par rapport à un démarrage direct.

En raison de la diminution sensible du couple de démarrage le moteur ne peut pas démarrer en charge.

En il y a coupure de l'alimentation entre les positions étoile et triangle.

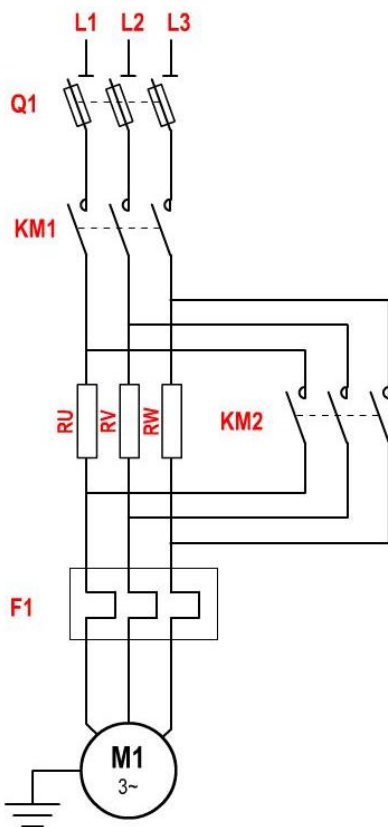
V. Démarrage par élimination des résistances statorique

Le démarrage statorique, comme le démarrage étoile triangle, à pour principe de **sous-alimenter** le moteur durant presque toute la durée du démarrage en le mettant en **série avec des résistances**.

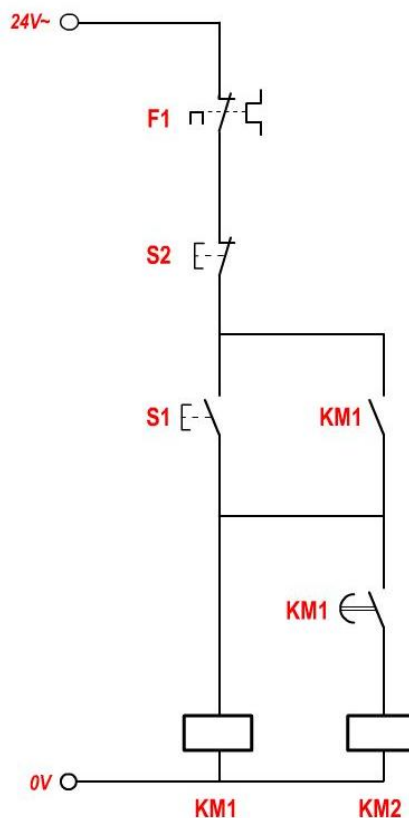
Utilisation du démarrage statorique : Il convient aux machines dont le couple de démarrage est plus faible que le Cn (Couple nominal). Ex : machine à bois ventilateur...

V.1) Schémas

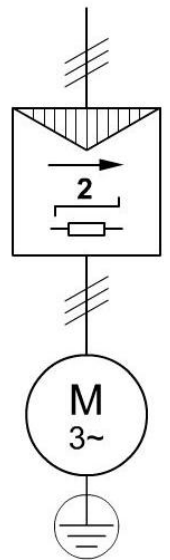
On dispose donc de deux contacteurs KM1 et KM2 et de trois résistances RU, RV et RW. KM1 est le contacteur de ligne, KM2 a pour fonction de court-circuiter les résistances une fois le moteur démarré.



Schémas de puissance



Schémas de commande

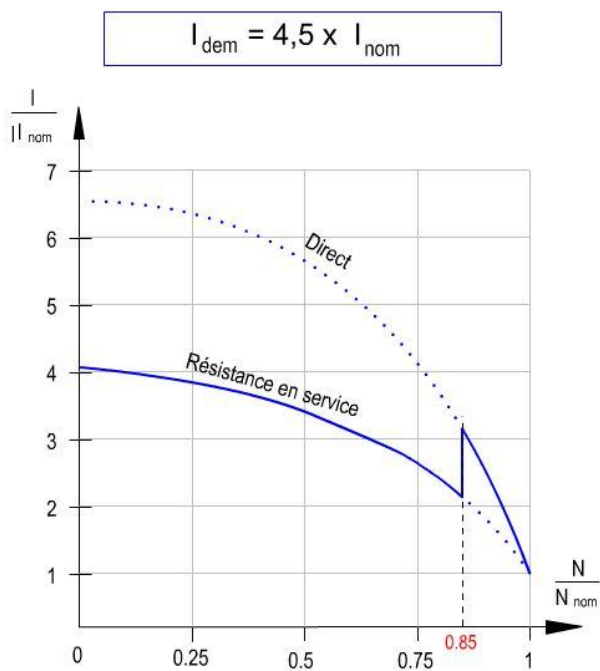


Schémas unifilaire

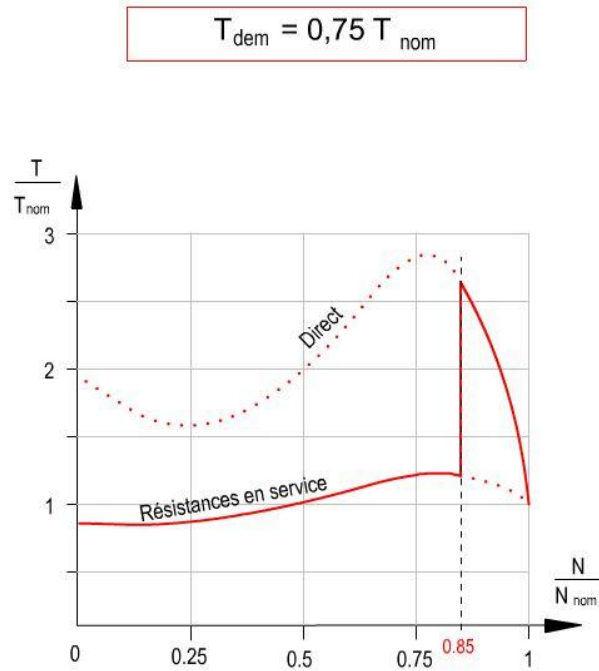
1^{er} temps : Il faut dans un premier alimenter le moteur à travers les trois résistances. Seul KM1 est utilisé.

2^{ème} temps : Il faut ensuite, tout en continuant d'alimenter le moteur à l'aide de KM1, utiliser KM2 pour éliminer les trois résistances du circuit de puissance.

V.2 Courbes



Caractéristique courant : $I = f(n)$



Caractéristique couple : $T = f(n)$

L'avantage dans ce mode de démarrage est qu'il n'y a pas de coupure d'alimentation pendant le démarrage. La caractéristique de couple est sensiblement identique à celle obtenue avec un démarrage étoile triangle. Par contre le courant au moment du démarrage reste élevé.

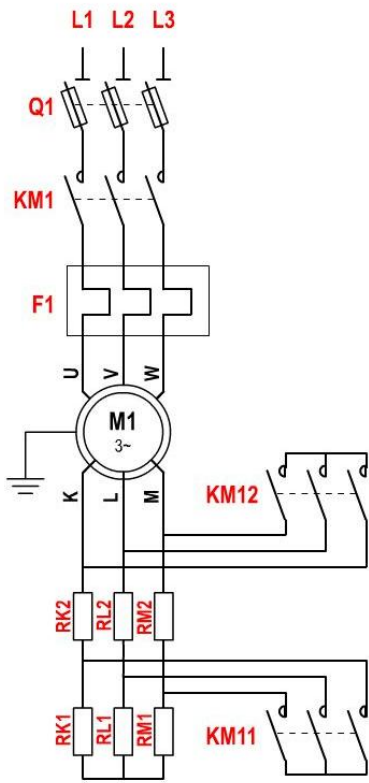
VI. Démarrage par élimination des résistances rotorique

Le démarrage rotorique a pour principe de **limiter les courants rotoriques** circulant dans l'induit. Le moteur se comportant alors comme un transformateur, **le courant de ligne sera limité lui aussi**. Pour ce démarreur, il faut impérativement un moteur **à rotor bobiné**.

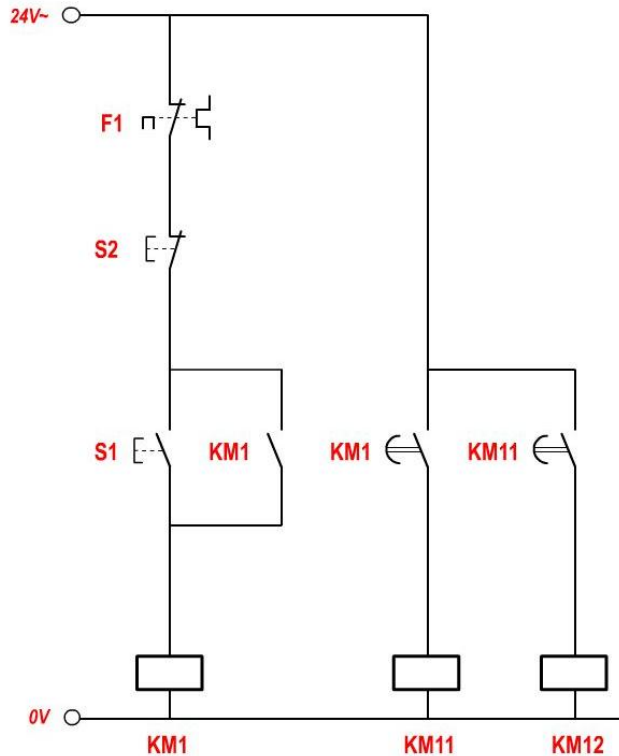
Utilisation du démarrage rotorique : Il est utilisé en général pour les machines de puissances > 100 KW EX : Compresseurs rotatifs à piston, les pompes...

VI.1) Schémas

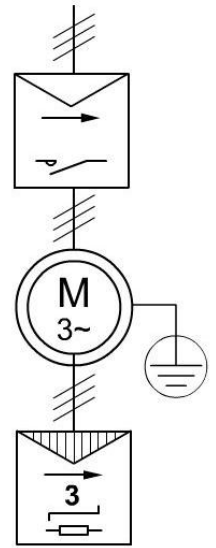
Avec le démarreur retenu dans l'exemple ci-dessous, le moteur démarre en trois temps. On dispose donc de trois contacteurs : KM1 (le contacteur de ligne), KM11 et KM12 (qui court-circuitent les deux jeux de trois résistances rotoriques).



Schémas de puissance



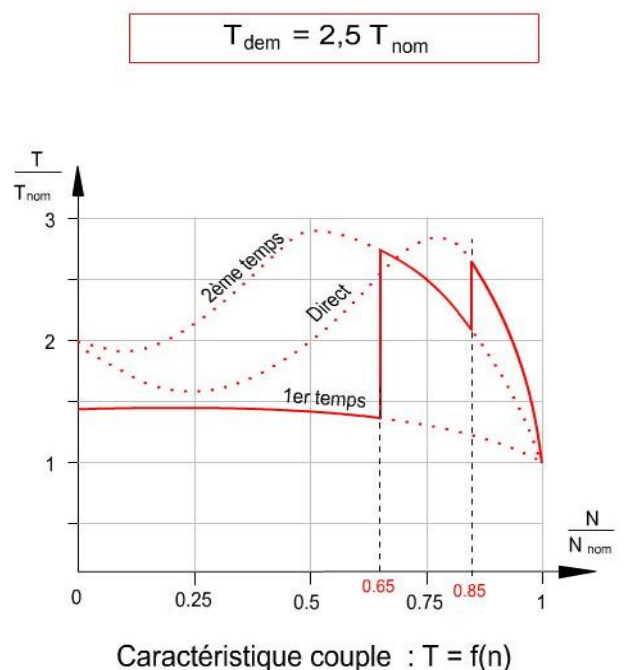
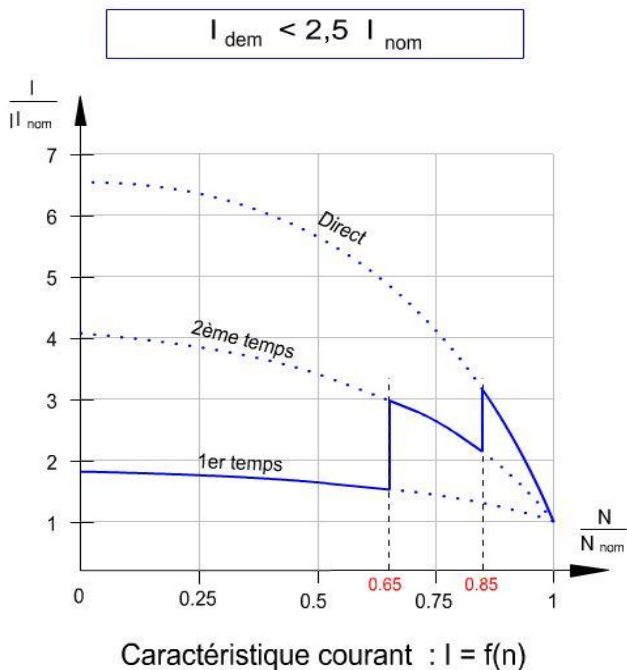
Schémas de commande



Schémas unifilaire

- 1^{er} temps :** On alimente le moteur en limitant les courants rotoriques au maximum par insertion des deux jeux de résistances dans le circuit d'induit. Il faut donc alimenter KM1 seul.
- 2^{ème} temps :** On élimine le premier jeu de trois résistances à l'aide du contacteur KM11.
- 3^{ème} temps :** On élimine le deuxième jeu de trois résistances à l'aide du contacteur KM12.

VI.2 Courbes



Le courant absorbé est sensiblement proportionnel au couple fourni ou très peu supérieur.
 Ex : Pour un couple de démarrage $C_d = 2,5 C_n$.

L'intensité sera sensiblement de $2 I_n$: $I_d < 2,5 I_n$.

On obtient fréquemment des couples de démarrage égaux à 2,5 fois le C_n sans surintensité excessive.
On peut encore réduire la surintensité en augmentant le nombre de démarrage. $C_d < 2,5 C_n$.

VI.3. Conclusions Avantages inconvénients du démarrage rotorique

Avantages	Inconvénients
<p>⇒ L'appel de courant est pour un couple de démarrage donné le plus faible par rapport à tous les autres modes de démarrage.</p> <p>⇒ Possibilité de choisir par construction, couple et le nombre de temps de démarrage.</p>	<p>⇒ Nécessité d'un moteur à rotor bobiné.</p> <p>⇒ Equipement plus cher.</p>

VII. Démarrage par autotransformateur

La technique de démarrage par auto-transformateur consiste à réduire la tension fournie au moteur durant le démarrage à l'aide d'un autotransformateur.

Comparativement au démarreur par résistance, ce dispositif de démarrage permet, pour un même couple de démarrage, de réduire davantage le courant tiré du réseau. S'ils se révèlent plus performants, les autotransformateurs sont plus coûteux que les résistances et ils requièrent un circuit de commande plus complexe.

Les démarreurs à tension réduite par auto-transformateur se composent des éléments suivants :

- un autotransformateur triphasé ;
- un relais de protection thermique ;
- un relais temporisé à double contact.

Pour commander la mise en marche et l'arrêt du moteur, on utilise habituellement un poste marche-arrêt à boutons-poussoirs.

Rappel : un autotransformateur est un transformateur à un seul enroulement, monté sur un noyau d'acier. Il comporte un certain nombre de prises intermédiaires, comme le montre la figure suivante.

VII.1 Fonctionnement d'un démarreur par autotransformateur :

Ce démarrage consiste à utiliser un auto-transformateur, qui est un appareil dont le circuit primaire est alimenté par le réseau et qui délivre à son secondaire une tension pouvant varier linéairement de 0 à 100% de la tension primaire.

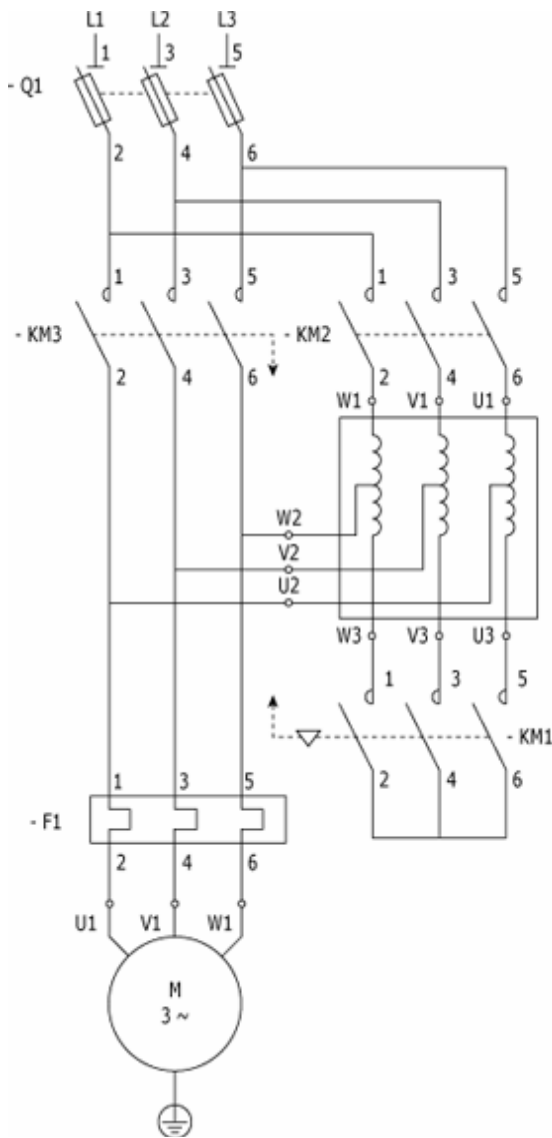
Ce démarrage s'effectue en deux temps :

1. 1ère temps : Alimenter le moteur par une tension réduite à travers l'autotransformateur.

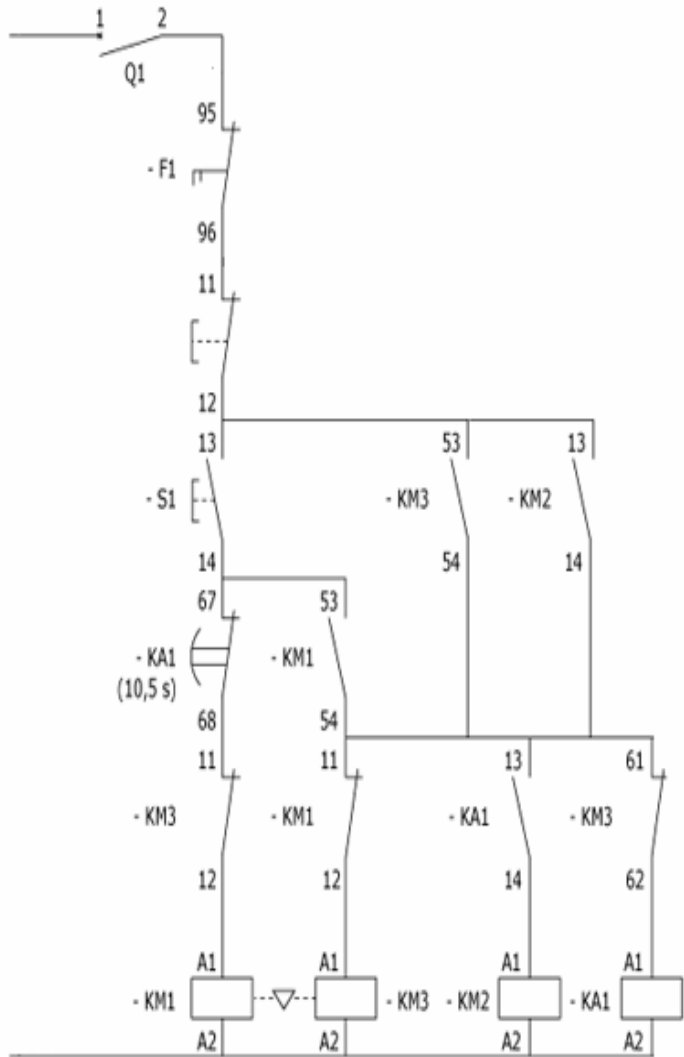
2. 2ème temps : Alimenter le moteur par la pleine tension de fonctionnement.

VII.1) Schémas

Sur la figure du circuit de puissance, on remarque trois contacteurs : **KM1, KM2 et KM3**. Le relais temporisé KA1 possède **deux contacts**, l'un à ouverture (O) et l'autre à fermeture (F). Le relais opère après un délai réglable lorsque sa bobine est alimentée.



Schémas de puissance



Schémas de commande

- **Si l'on actionne le bouton "marche" (S1)**, la bobine KM1 est alimentée ; les contacts KM1 sont fermés dans le circuit de puissance, ce qui branche l'autotransformateur en étoile.

Le contact auxiliaire KM1 (53-54) du circuit de commande se ferme lui aussi, le contact KM1 (11-12), lui, s'ouvre. Le relais temporel KA1 est alors alimenté car le contact KM3 (61-62) reste fermé. Le relais KA1 ferme alors son contact instantané KA1 (13-14) permettant d'alimenter le contacteur KM2. La période de temporisation commence, les contacts de puissance KM2 se ferment : le moteur est alors alimenté à 65 % de la tension de ligne. Le contact auxiliaire KM2 (13-14) se ferme et maintient le bouton "marche".

- **A la fin de la période de temporisation**, le relais KA1 ouvre le circuit de la bobine KM1 qui, en fermant son contact KM1 (11-12) ferme le circuit de la bobine KM3. Les contacts de puissance KM3 court-circuitent l'autotransformateur, ce qui permet d'appliquer la pleine tension au moteur. KM3 est auto-alimenté par KM3 (53-54). L'ouverture des contacts de puissance KM1 et KM2 entraîne l'ouverture du point étoile : l'autotransformateur est débranché du circuit de puissance.

Le contact KM2 (13-14), joue le rôle d'un contact de maintien durant la période de démarrage ; le contact KM3 (53-54), joue un rôle identique durant la période de marche.

- **Si l'on actionne le bouton "arrêt"**, l'alimentation est coupée dans la bobine KM3 : le moteur s'arrête.

Le démarreur est muni d'un dispositif de protection thermique (F2), qui ouvre automatiquement le circuit de commande lors d'une surchauffe due à des démarrages trop fréquents ou incomplets.

Les démarreurs par autotransformateur permettent une transition fermée. En effet, le moteur n'est jamais débranché durant le passage du démarrage à la marche normale à cause des contacts KM3, utilisés pour débrancher les bobines KM1 et KM2 à la fin de la période de démarrage.