



INSTALLATIONS ELECTRIQUES INDUSTRIELLES

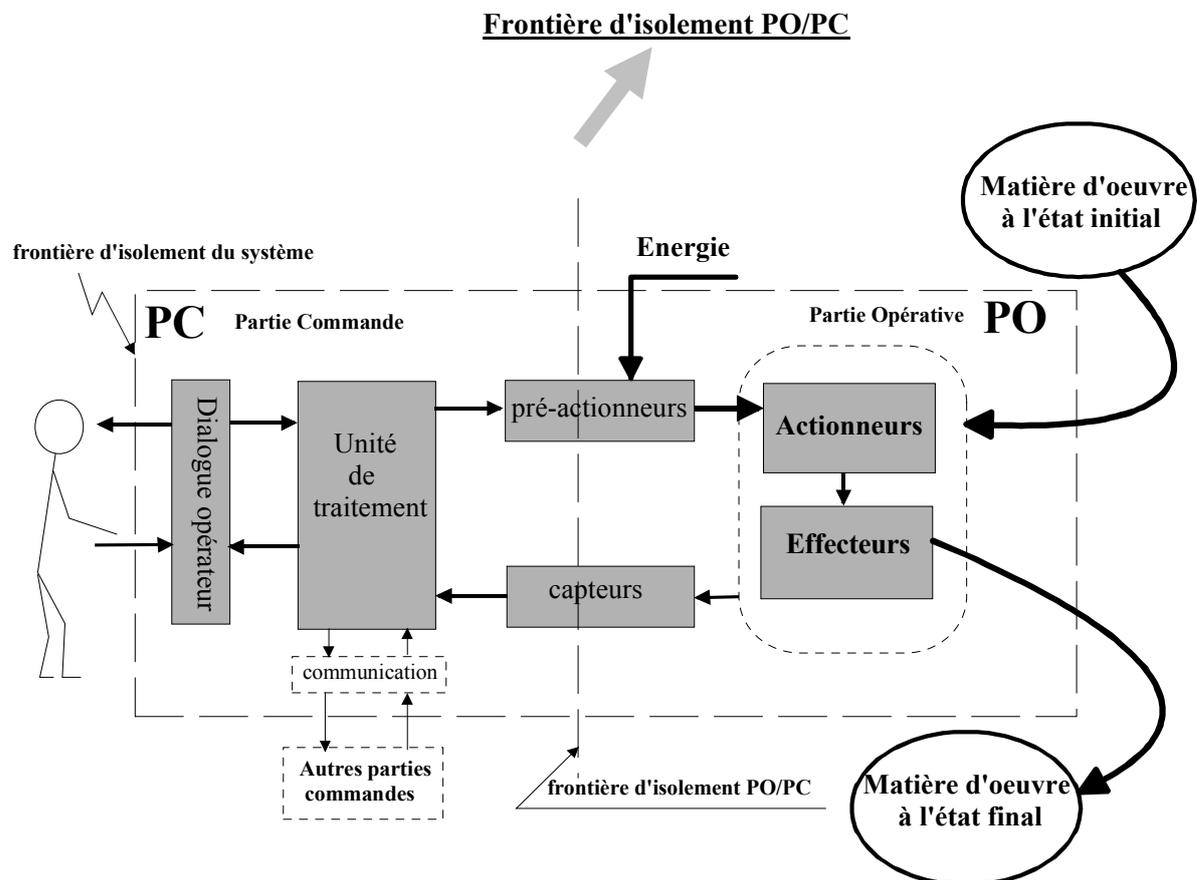


1.1. Structure

Tout système automatisé se compose :

- ↪ d'une **partie opérative** (P.O.) : agit sur la matière d'œuvre, sur ordre de la partie commande, afin de lui procurer la valeur ajoutée.
- ↪ d'une **partie commande** (P.C.) : coordonne les actions de la partie opérative. Elle donne les ordres en fonction des consignes de l'opérateur et des comptes-rendus d'exécution transmis depuis la PO

Le système est en interaction avec le contexte ou milieu environnant physique et humain extérieur au système.



➤ Frontière d'isolement PO/PC

- ↪ Les **préactionneurs** qui distribuent l'énergie aux actionneurs en fonction des ordres de la P.C. (distributeur, contacteurs...)

↪ Les **capteurs** qui informent la partie commande de l'état de la P.O. (interrupteur de position, pressostat, thermostat, codeur...)

➤ partie commande

Elle comprend :

↪ Une **unité de traitement** qui traite les informations reçues (par les capteurs ou les dialogues opérateur) et donne les ordres à la partie opérative par l'intermédiaire d'un préactionneur. Elle informe aussi l'opérateur. *La P C ou processeur peut-être : un ordinateur, un automate programmable, de la logique câblée.*

↪ Des **modules de dialogue** qui gèrent la communication avec l'opérateur ou avec d'autres systèmes. *(boutons de commandes, signalisation, écrans...)*

➤ Partie Opérative (P.O.)

Elle comprend :

↪ Les **effecteurs** qui agissent sur la matière d'œuvre (ventouse, tapis, pâles de ventilateurs,...)

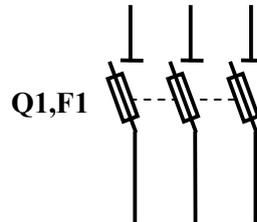
↪ Les **actionneurs** qui mettent en œuvre les effecteurs (vérins, moteurs, résistance chauffante, générateur de vide...)

2 Etude de l'appareillage

2.1 Sectionneur

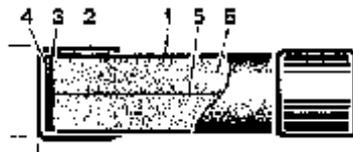


Symbole

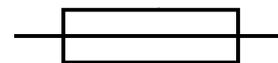


Le sectionneur est un appareil d'isolement qui permet d'isoler une partie ou l'ensemble d'un circuit. On le désigne par la lettre Q. A l'intérieur du sectionneur logent des fusibles. Le sectionneur se manipule toujours à vide parce qu'il n'a pas de pouvoir de coupure.

2.2 Fusibles



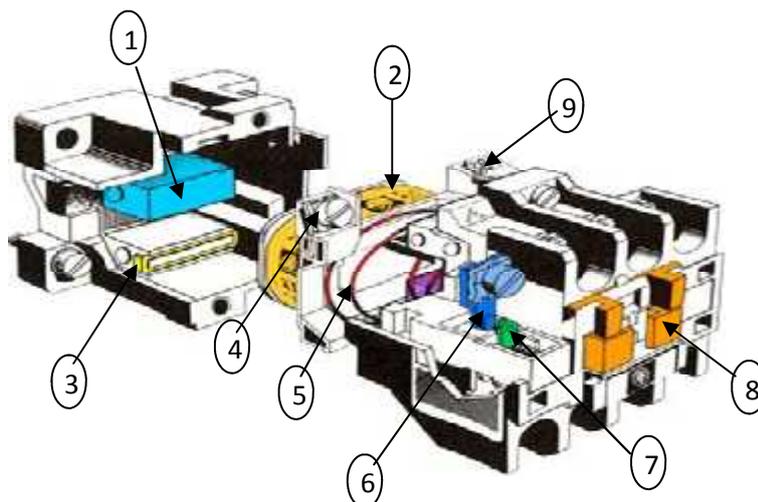
Symbole



Ils assurent la protection contre les surcharges et les courts circuits. Il y'a deux (2) types de fusibles : les fusibles gL ou gF pour usage générale et les fusibles aM (Accompagnement Moteur).

- Les fusibles gL ou gF sont capable de protéger contre les surcharges et les courts circuits. Ils ne supportent pas les surcharges passagères comme les démarrages des moteurs de ce fait ils ne sont pas utilisés dans ces applications.
- Les fusibles aM protègent seulement contre les courts circuits. Ils peuvent supporter les surcharges passagères sans fondre

2.3 Contacteur



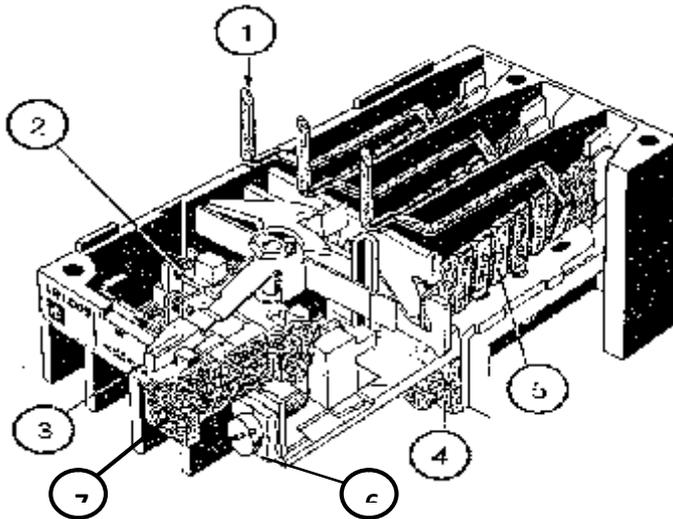
C'est un appareil de connexion actionné par un électro-aimant. Quand l'électro-aimant est excité (bobine excitée), les contacts du contacteur changent d'état. Quand l'électro-aimant est désexcité (bobine désexcitée), les contacts reprennent leur position initiale.

Il y'a deux (2) types de contacteurs : les contacteurs de puissances (KM) et les contacteurs auxiliaires (KA).

Symboles

2.4 Relais thermique

Symbole



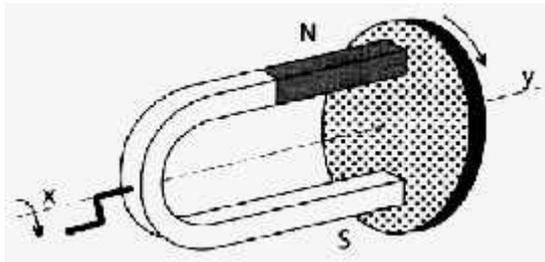
Il protège le moteur contre les surcharges faibles et prolongées. On le nomme par la lettre F. Lorsqu'il y'a surcharge les bilames se dilatent et actionnent les deux contacts qui changent d'état. Après refroidissement les bilames ainsi que les contacts reprennent leur forme initiale.

3 Moteur Asynchrone Triphasé (MAS 3~)

Symbole



3.1 Présentation



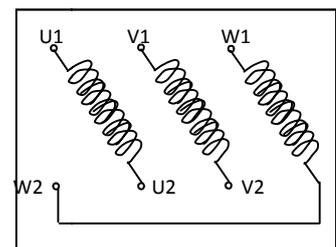
3.2 Constitution du moteur :

Le moteur asynchrone est une machine tournante qui convertit l'énergie électrique alternative qu'il reçoit en une énergie mécanique. Il est constitué de deux parties : le stator (partie fixe) et le rotor (partie tournante).

On distingue deux types de MAS : les M.A.S. à cage d'écureuil ou à rotor en court circuit et les M.A.S. à bagues ou à rotor bobiné

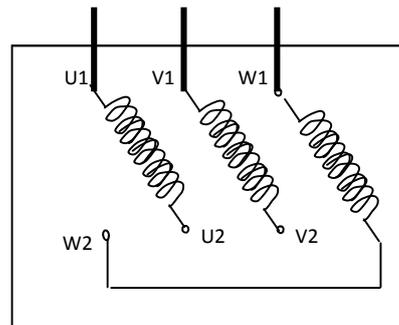
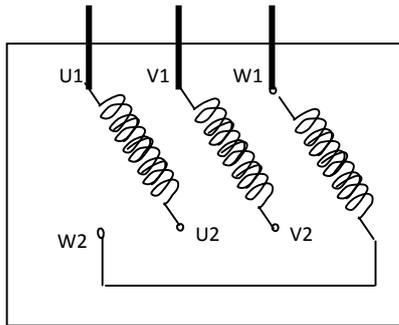
3.3 Plaque à bornes

Sur certains moteurs on retrouve les repères U, V, W et X, Y, Z avec $U \rightarrow U1$; $V \rightarrow V1$; $W \rightarrow W1$; $X \rightarrow U2$; $Y \rightarrow Y2$; $Z \rightarrow W2$



3.4 Les différents types de couplage

Il existe deux types de couplage pour les moteurs : le couplage triangle et le couplage étoile.



3.5 Choix du couplage

Le choix du couplage dépend de la tension du réseau et de celle du moteur.

- Les tensions du moteur se présentent sous la forme U_{Δ}/U_Y (U_{Δ} tension aux bornes d'un enroulement du moteur ; et U_Y tension supportée aux bornes de deux enroulements)
- Les tensions du réseau se présentent sous la forme V/U (V tension simple entre phase et neutre et U tension composée entre 2 phases.)

Pour le choix du couplage, si :

- ✓ $U_R : U_{\Delta}$ (couplage triangle)
- ✓ $U_R : U_Y$ (couplage étoile)

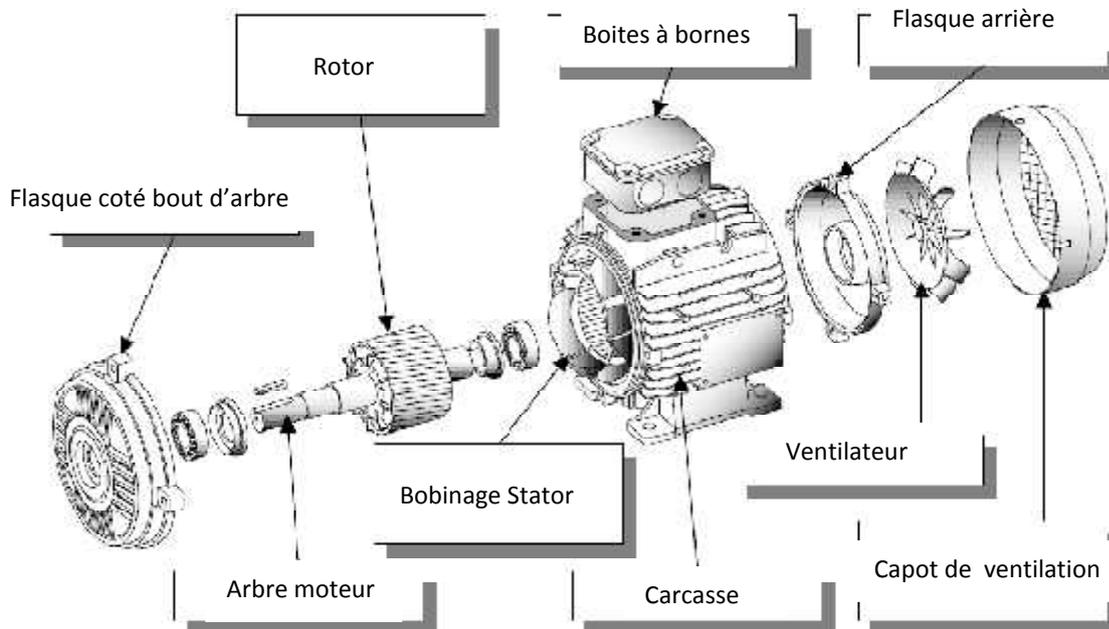
PROCEDE DE DEMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES

DEMARRAGE DIRECT

I. RAPPEL DES LOIS GENERALES D'ELECTROTECHNIQUES SUR LE MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

Le moteur électrique est un convertisseur qui transforme l'énergie électrique en énergie mécanique sous la forme d'une rotation. Il est constitué essentiellement de deux parties :

- Le stator alimenté par le réseau d'alimentation d'énergie.
- Le rotor libre de tourner.



VUE ECLATEE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE A ROTOR EN COURT-CIRCUIT

Le moteur est caractérisé essentiellement par sa puissance, la fréquence de rotation de son arbre, sa fixation, ses éléments mécaniques, ses protections.

- Puissance d'entrée en triphasé : $P_a = U I \sqrt{3} \cos \varphi$,

P_a : puissance électrique en watts ;

U : tensions entre phases en volts ;

I : intensité dans un fil de ligne ; $\cos \varphi$: le facteur de puissance.

- Puissance de sortie : $P_m = T_m \Omega$

P_m : puissance mécanique en watts ;

T_m : couple moteur en mètres newtons ;

Ω : vitesse angulaire en radian par seconde ;

➤ Vitesse angulaire : $\Omega = 2 \pi N'$

N : fréquence de rotation en tour par minute.

➤ Fréquence de rotation du champ tournant, encore appelée vitesse de synchronisme, est donnée par la relation : $N = f/P$

f = fréquence du réseau en hertz ;

P = Nombre de paires de pôles du stator ;

N = Fréquence de rotation du champ tournant.

➤ Glissement : si la fréquence de rotation du rotor est inférieure à celle du champ tournant, le rotor glisse par rapport au champ statorique

$G = \frac{(N-N')}{N}$ N = fréquence de rotation du champ tournant ; N' = fréquence de rotation du rotor.

II. PRINCIPE :

Dans ce procédé le stator du moteur est branché directement sur le réseau d'alimentation triphasé. Le démarrage s'effectue en un seul temps. C'est le mode de démarrage le plus simple. Au démarrage le moteur se comporte comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage.

Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance devant celle du réseau, ne nécessitant pas une mise en marche progressive.

Au démarrage du moteur la pointe d'intensité est de l'ordre de 4 à 8 fois l'intensité nominale. Le couple de décollage est important, environ 1,5 fois le couple nominal.

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

➤ La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau ;

- La machine à entrainer ne nécessite pas de mise en rotation progressive et peut accepter une mise en rotation rapide ;
- Le couple de démarrage doit être élevé.

Ce mode de 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 ;

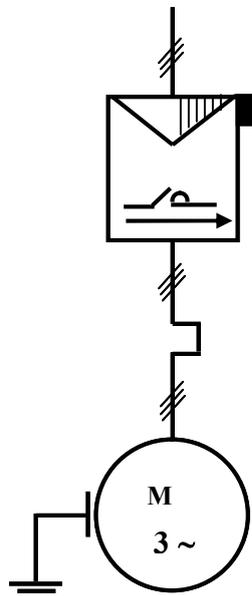
Seuls les moteurs asynchrones triphasés avec rotor en court-circuit ou rotor à cage peuvent être démarrés suivant ce procédé.

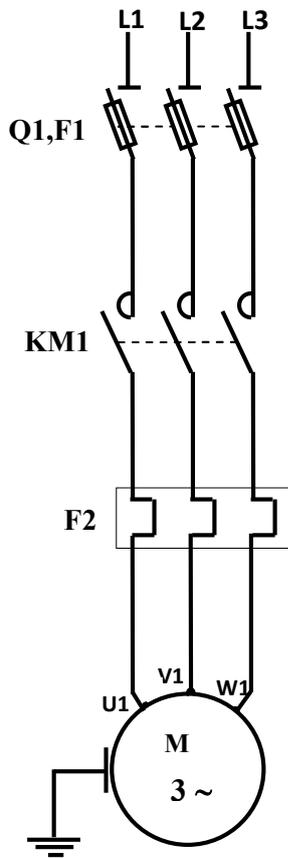
En fonction de la tension du réseau de distribution les enroulements doivent être couplés en étoile ou en triangle suivant les indications de la plaque signalétique.

	Réseau 110/230	Réseau 230/400	Réseau 400/660
Moteur 110/230			
Moteur 230/400			
Moteur 400/660			

III. DEMARRAGE DIRECT UN SENS DE MARCHE :

III. 1. SCHEMA FONCTIONNEL :



III. 2. SCHEMA DE PUISSANCE :

L1, L2, L3 : Alimentation triphasée

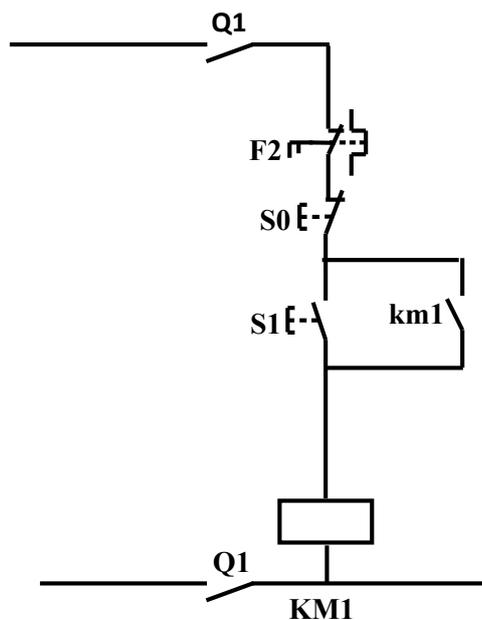
Q1 : Sectionneur porte fusible tripolaire

F1 : Fusibles aM

KM1 : Contacteur de puissance

F2 : Relais Thermique

M : Moteur asynchrone triphasé à cage

III. 3. SCHEMA DE COMMANDE :

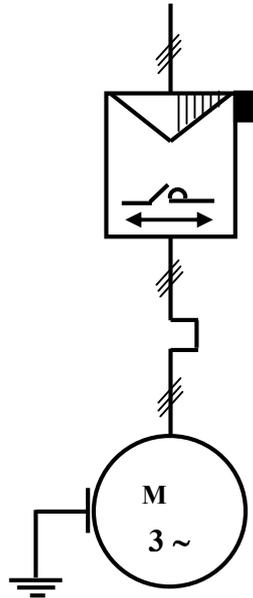
Q1 : Contacts auxiliaires du sectionneur

F2 : Contact auxiliaire du relais

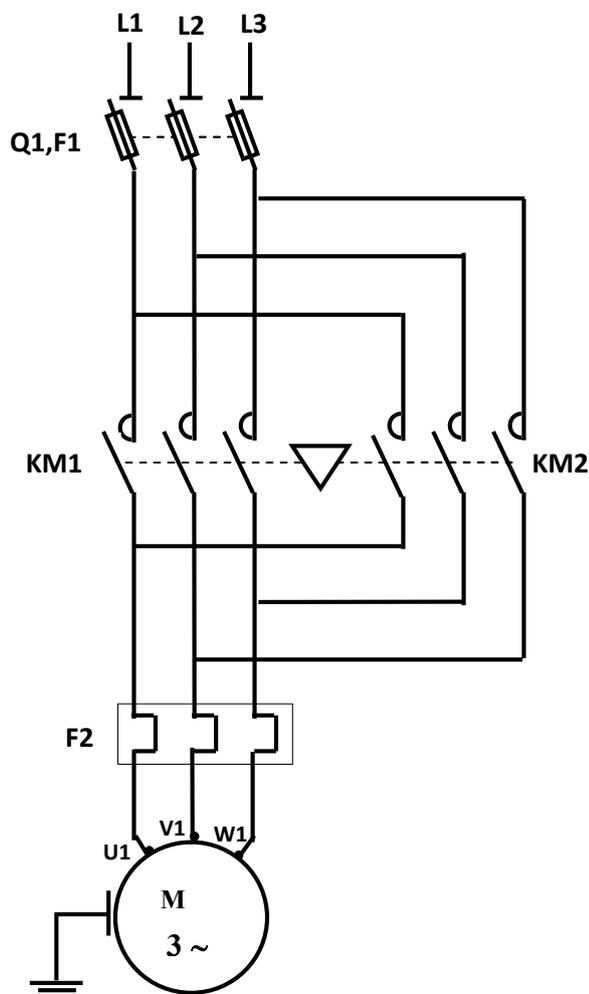
S0 : Bouton poussoir arrêt

S1 : Bouton poussoir marche

Km1 : contact auxiliaire du contacteur

IV. DEMARRAGE DIRECT DEUX SENS DE MARCHE :IV.1. SCHEMA FONCTIONNEL:IV.2. SCHEMA DE PUISSANCE :

L'inversion du sens de marche est obtenue par le croisement de deux phases aux bornes du stator.



L1, L2, L3 : Alimentation triphasée

Q1 : Sectionneur porte fusible tripolaire

F1 : Fusibles aM

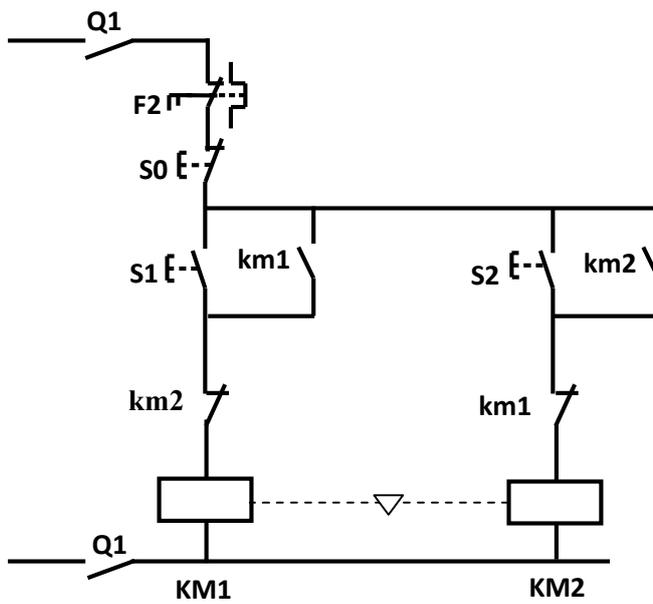
KM1 : Contacteur de puissance marche avant

KM2 : Contacteur de puissance marche arrière

F2 : Relais Thermique

M : Moteur asynchrone triphasé à cage

---▽--- : Verrouillage mécanique entre les deux contacteurs

IV.2. SCHEMA DE COMMANDE :

Q1 : Contacts auxiliaires du sectionneur

F2 : Contact auxiliaire du relais

S0 : Bouton poussoir arrêt

S1 : Bouton poussoir marche avant

S2 : Bouton poussoir marche arrière

Km1 : contact auxiliaire du contacteur

Km2 : contact auxiliaire du contacteur

KM 1 : Bobine du contacteur marche avant

KM2 : Bobine du contacteur marche arrière

DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE

I.SOLUTIONS GENERALES AU PROBLEME DE DEMARRAGE

Mis à part le démarrage direct, les différents procédés de démarrage ont pour objectif fondamental de limiter l'intensité absorbée tout en maintenant les performances mécaniques de l'ensemble « moteur-machine entraînée » conformes au cahier des charges. Dans le cas du moteur asynchrone cette limitation de courant peut être obtenue par : une réduction de la tension d'alimentation, le courant est proportionnel à la tension par action sur le circuit primaire (stator) : exemple démarrage par couplage étoile-triangle.

II. PRINCIPE

Ce procédé est basé sur le rapport des grandeurs entre la tension simple V et la tension composée U d'un réseau triphasé de distribution. $U = \sqrt{3} V$.

Dans un premier temps la tension appliquée à chacun des enroulements du moteur couplé en étoile est une tension simple.

A l'issue de ce premier temps, au couplage étoile est substitué le couplage triangle dans lequel est appliquée à chacun des enroulements la tension composée. Ce procédé de démarrage ne peut être utilisé que pour des moteurs conçus pour supporter en fonctionnement normal et pour un couplage triangle la tension composée du réseau.

III. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

La tension réduite dans le rapport de $\sqrt{3}$ qui est appliquée au moteur dans le premier temps du démarrage entraîne une réduction du tiers des grandeurs couple intensité par rapport au démarrage direct.

Ce démarrage convient aux machines démarrant à vide ou à couple résistant très faible. La valeur typique du couple de décollage C_d est la moitié du couple C_n .

Pendant toute la phase étoile le couple reste faible, si le couple résistant est relativement élevé, la vitesse en fin de ce premier temps peut se trouver à des valeurs assez faibles :

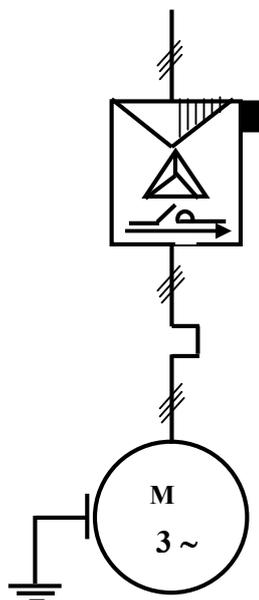
- il en résulte alors des pointes de courant et de couple importantes au moment du changement de couplage.

Par ailleurs, l'interruption d'alimentation qui se produit au passage du couplage étoile au couplage triangle se traduit, du fait des caractéristiques inductives des enroulements, par des phénomènes transitoires de grande amplitude.

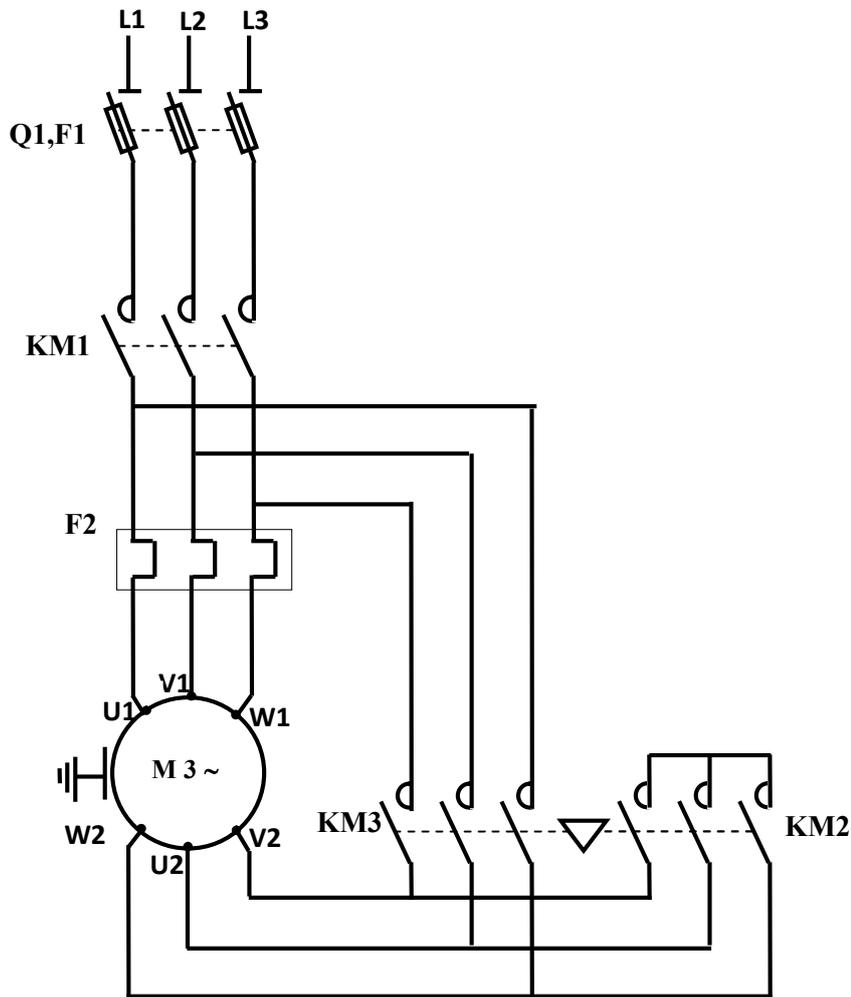
- Ce procédé de démarrage ne convient pas pour des puissances élevées.

IV. DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE UN SENS DE MARCHE

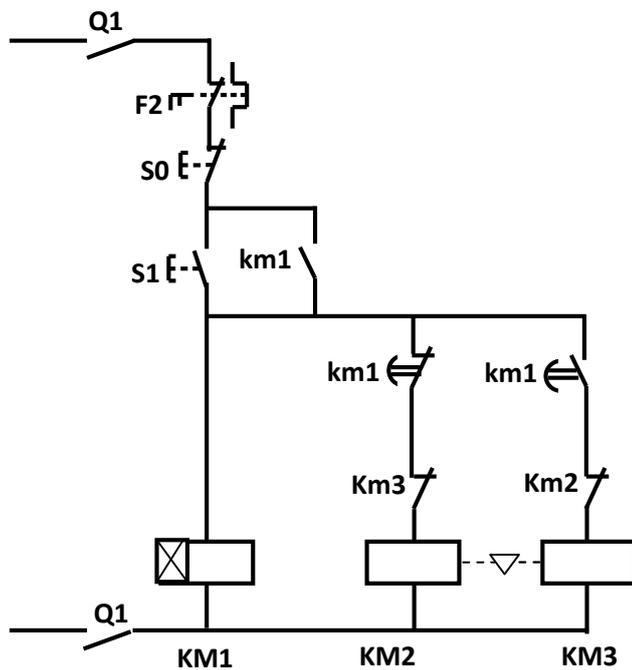
IV. 1. SCHEMA FONCTIONNEL



IV. 2.SCHEMA DE PUISSANCE

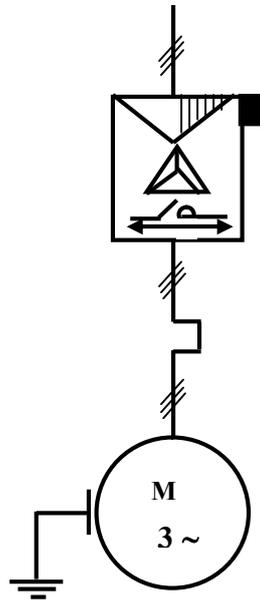


IV.3 .SCHEMA DE COMMANDE

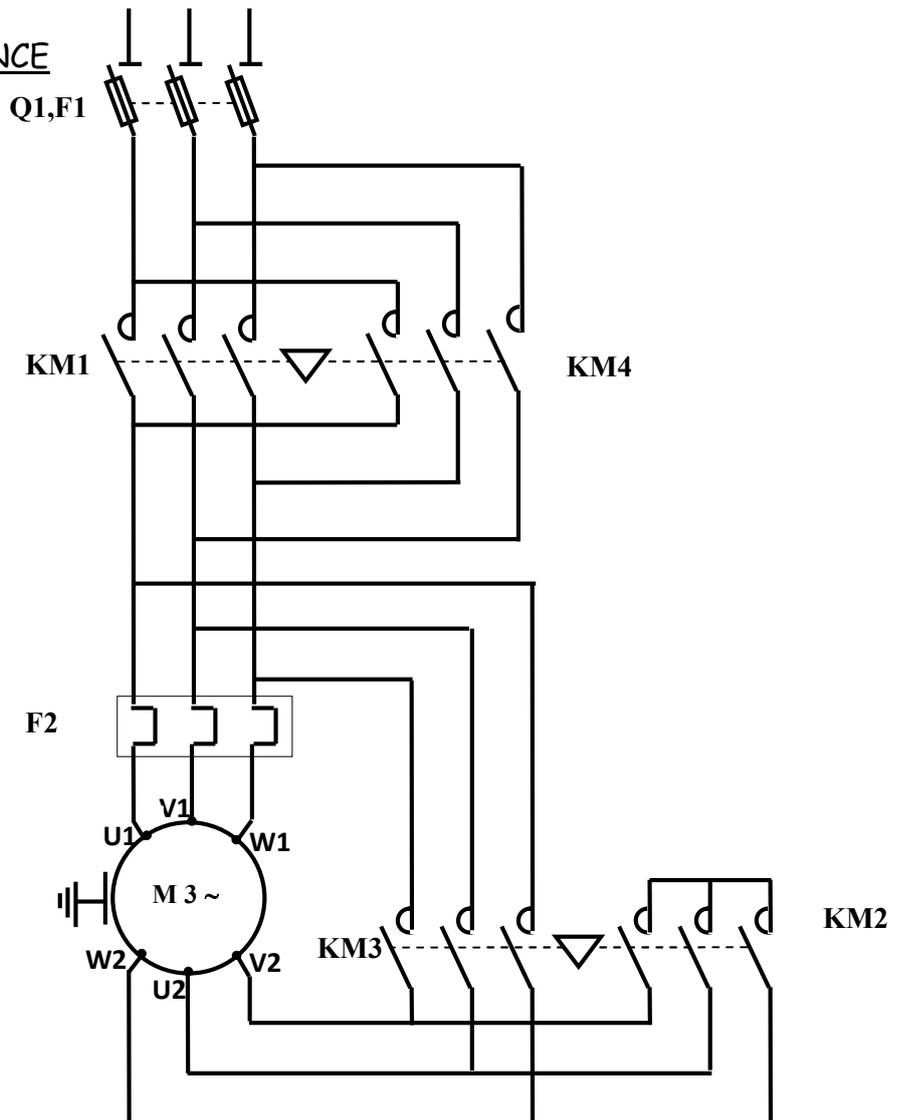


V. DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE DEUX SENS DE MARCHE

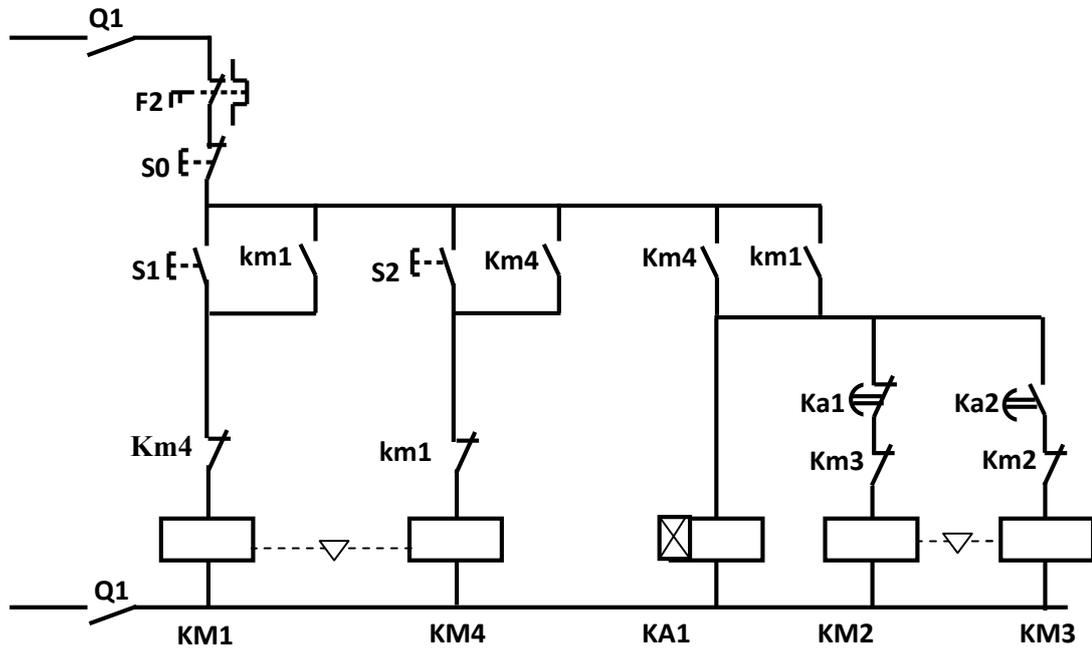
V. 1. SCHEMA FONCTIONNEL



V. 2. SCHEMA DE PUISSANCE



V.3.SCHEMA DE COMMANDE



DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE-RESISTANCE

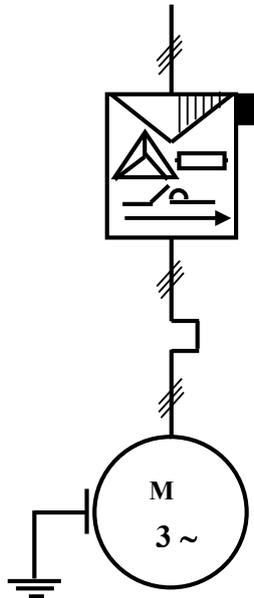
I. PRINCIPE :

Il s'agit d'un démarrage en trois temps :

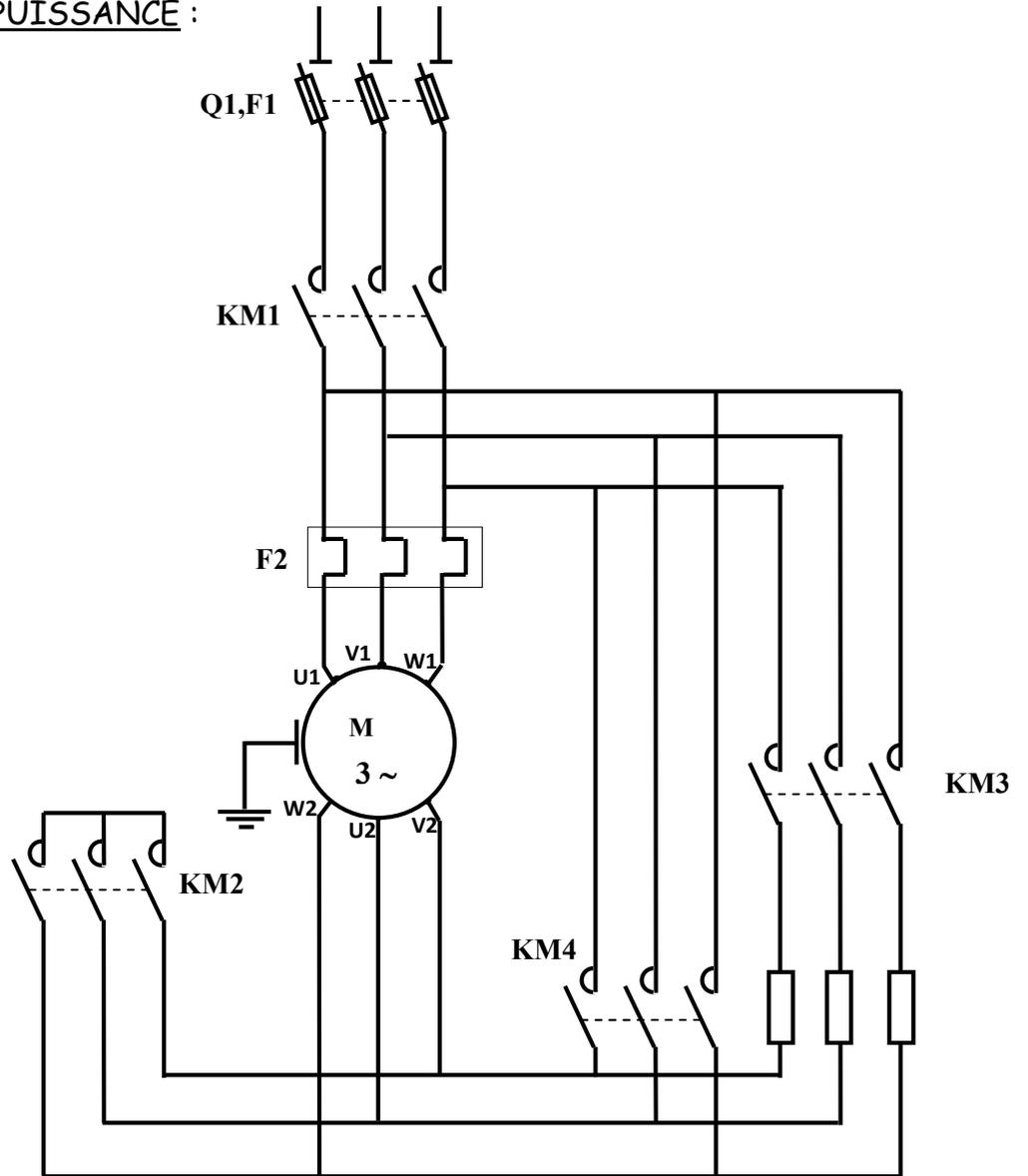
- Premier temps : couplage étoile, la tension $U / \sqrt{3}$ est appliquée au moteur.
- Deuxième temps : couplage triangle-résistances.
- Troisième temps couplage triangle

II. DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE-RESISTANCE UN SENS DE MARCHE :

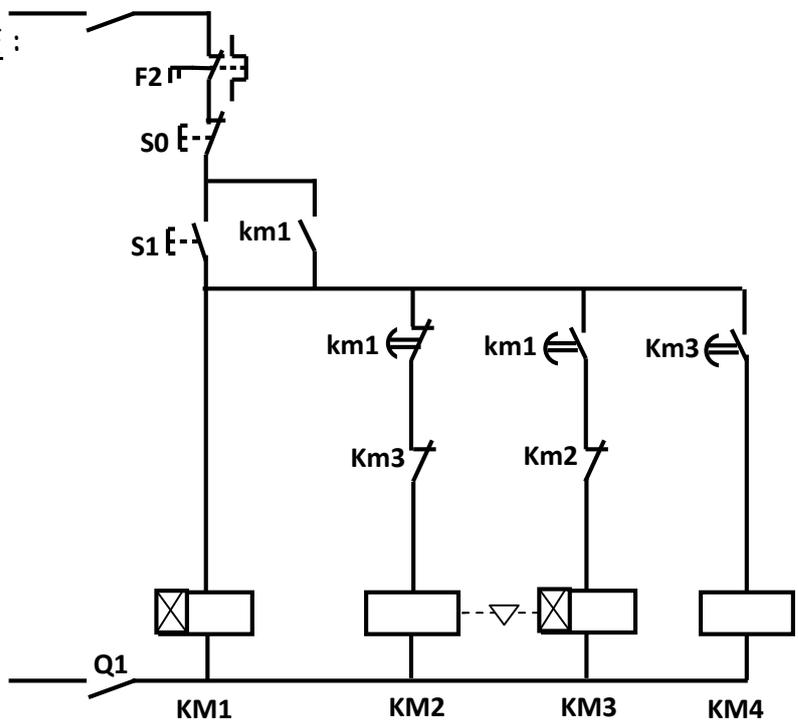
II.1. SCHEMA FONCTIONNEL :



II.2. SCHEMA DE PUISSANCE :

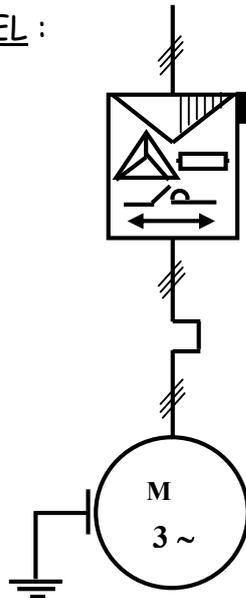


II.3. SCHEMA DE COMMANDE :

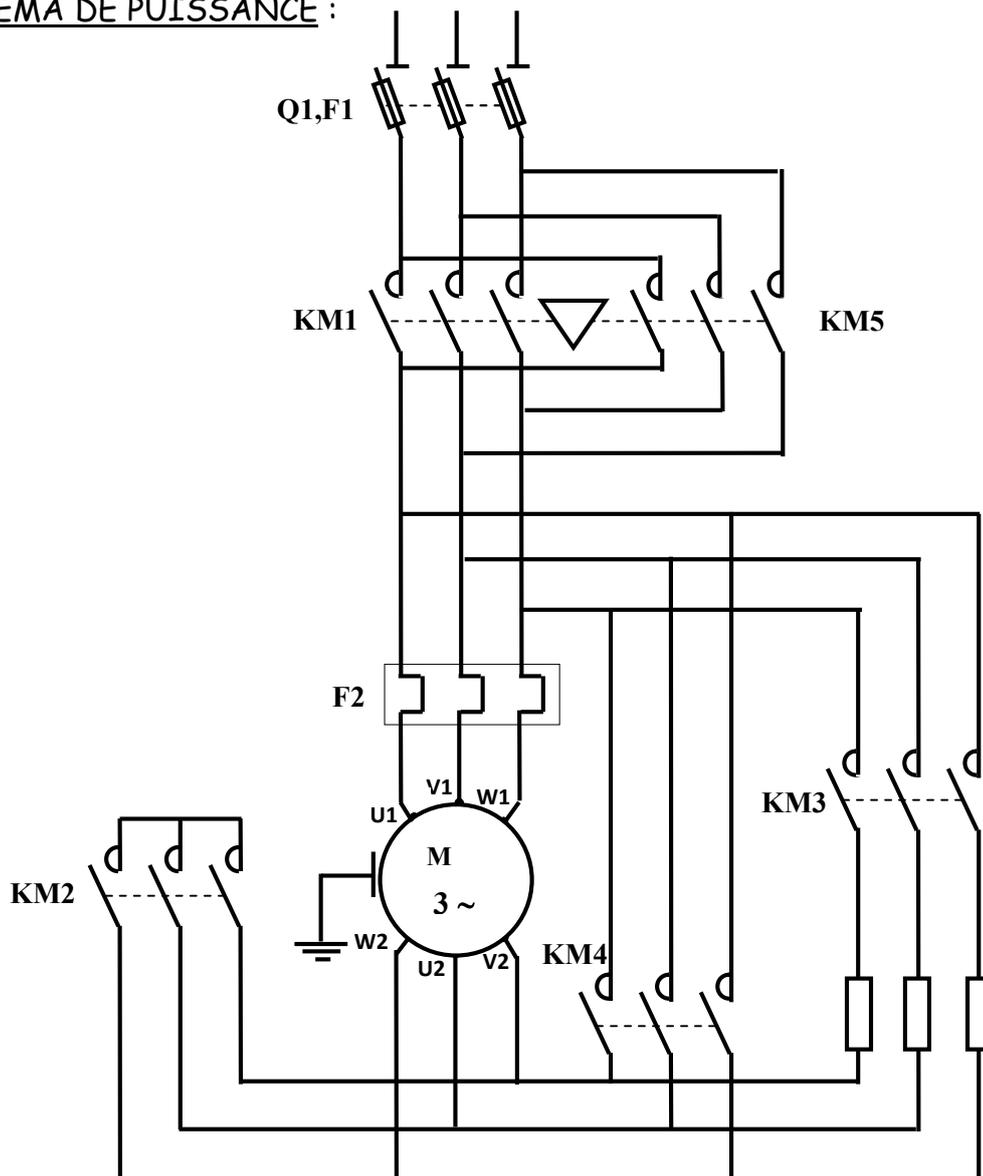


III. DEMARRAGE ETOILE TRIANGLE-RESISTANCE DEUX SENS DE MARCHE :

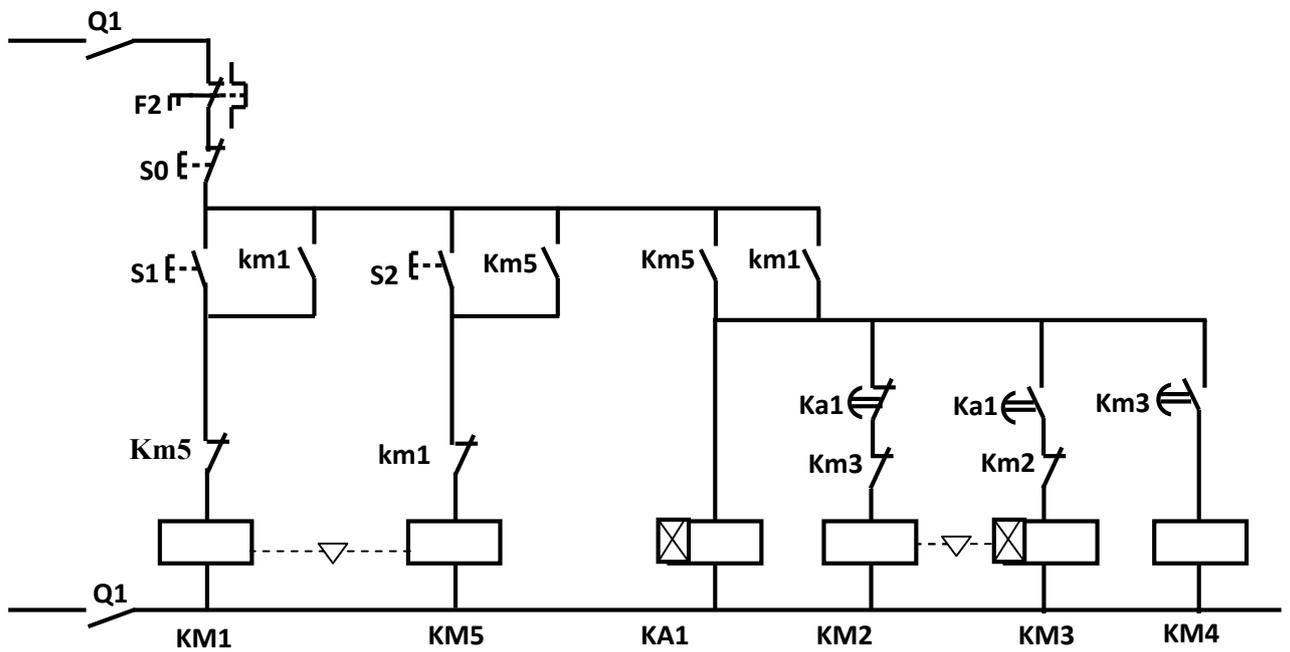
III.1. SCHEMA FONCTIONNEL :



III.1. SCHEMA DE PUISSANCE :



III.3. SCHEMA DE COMMANDE :



DEMARRAGE STATORIQUE :

DEMARRAGE PAR ELIMINATION DE RESISTANCES STATORIQUES

I. PRINCIPE :

La tension réduite d'alimentation, nécessaire pour limiter l'intensité au démarrage, est obtenue par insertion dans chacune des phases du stator d'une ou de plusieurs résistances. Quand le moteur a atteint environ 80% de sa vitesse nominale, les résistances sont court-circuitées et le stator est alimenté par la pleine tension du réseau. Ce type de démarrage a des caractéristiques comparables au démarrage étoile triangle, il n'y a pas de coupure de l'alimentation du moteur entre les temps de démarrage.

II. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

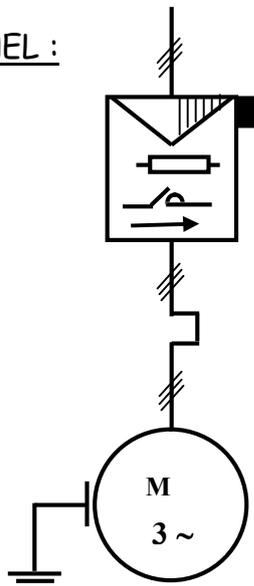
Ce procédé de démarrage :

- Permet une mise en vitesse plus rapide et sans à-coups,
- Provoque une surintensité acceptable au moment du court-circuitage des résistances,
- Supprime les phénomènes transitoires (les enroulements du moteur ne sont jamais déconnectés du réseau d'alimentation).

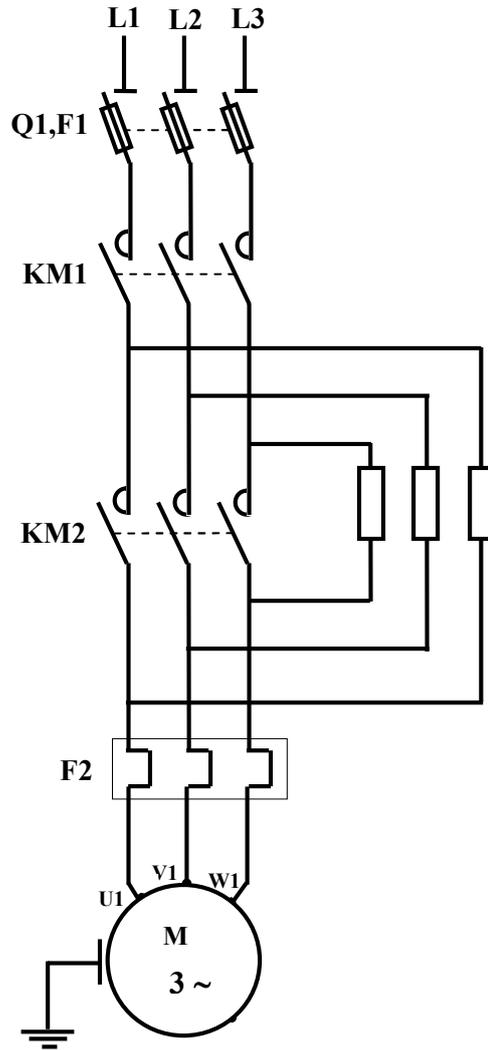
Ce procédé de démarrage s'applique aussi bien aux moteurs couplés en étoile qu'aux moteurs couplés en triangle. Les caractéristiques des résistances sont définies en fonction du couplage du moteur. Malgré un couple de décollage assez faible, de l'ordre de 0,75 Cn, la pointe d'intensité reste importante de l'ordre de 4 à 5 In.

III. DEMARRAGE STATORIQUE 2 TEMPS UN SENS DE MARCHE :

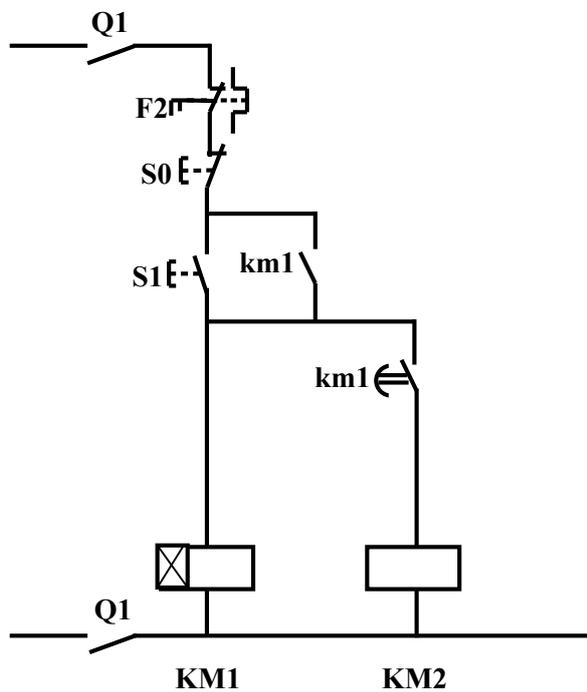
III. 1. SCHEMA FONCTIONNEL :

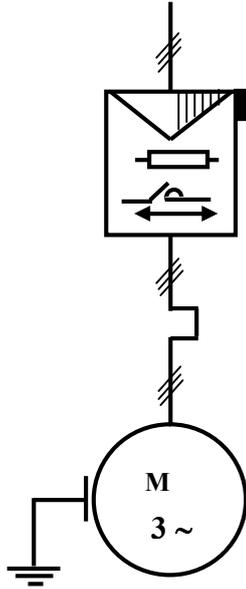
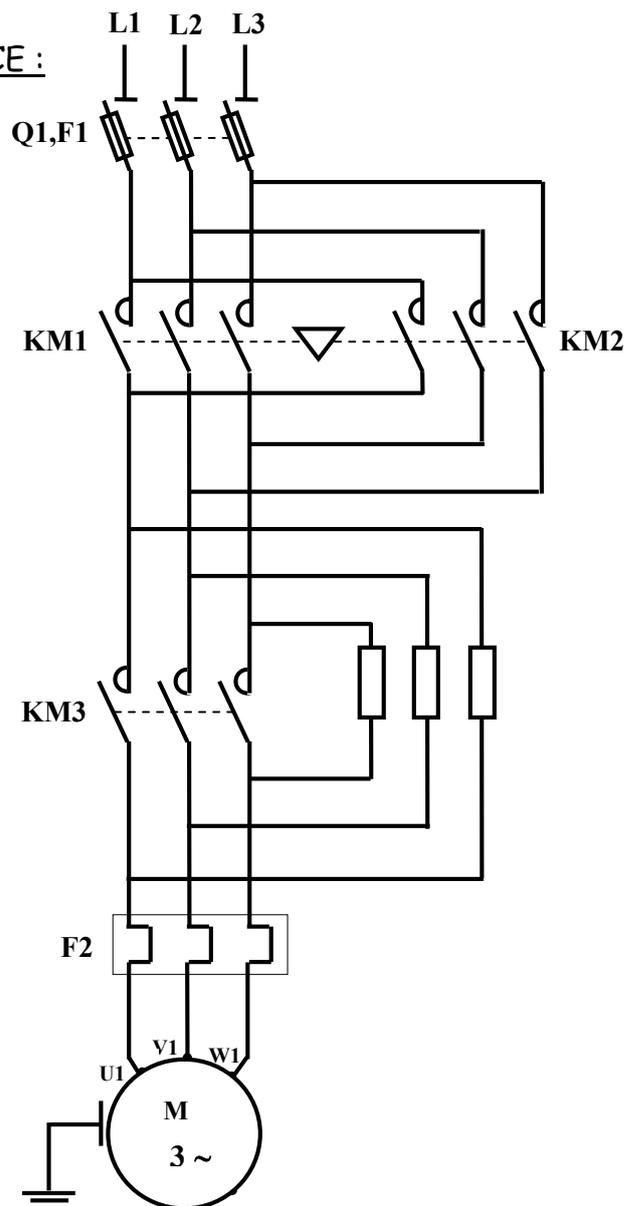


III. 2. SCHEMA DE PUISSANCE :

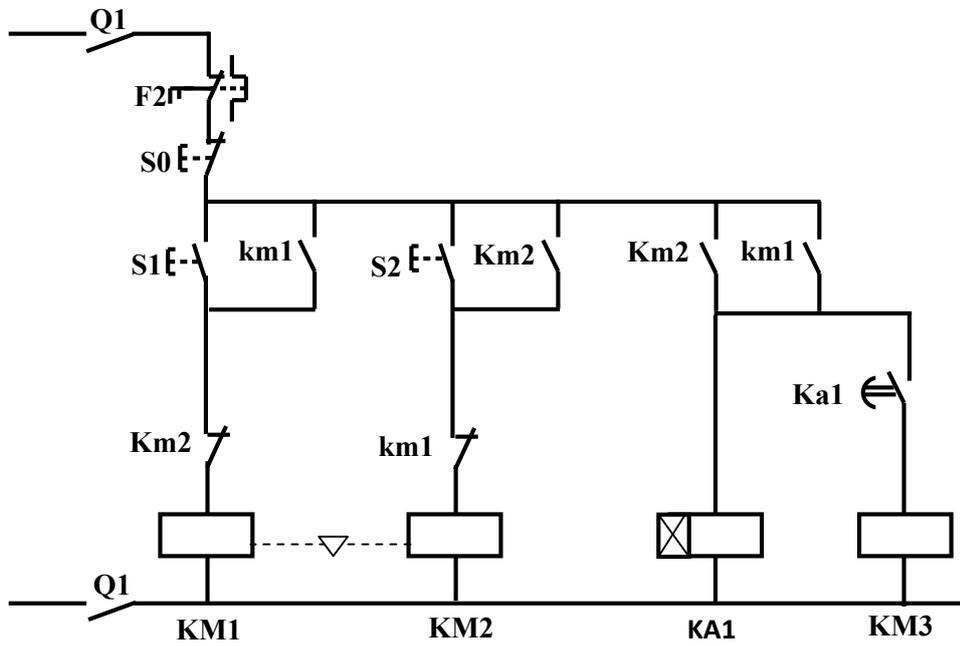


III.3. SCHEMA DE COMMANDE :



IV. DEMARRAGE STATORIQUE 2 TEMPS DEUX SENS DE MARCHE :IV. 1.SCHEMA FONCTIONNEL :IV. 2.SCHEMA DE PUISSANCE :

IV. 3.SCHEMA DE COMMANDE :



DEMARRAGE ROTORIQUE

DEMARRAGE PAR ELIMINATION DE RESISTANCES ROTORIQUES

I. PRINCIPE :

Dans les démarrages précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarrage (démarrage rotorique), 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. L'augmentation de la résistance des phases du rotor entraîne :

- Un accroissement du couple moteur de décollage,
- Une diminution de l'intensité.

Le moteur se comporte comme un transformateur et la relation entre courants primaire et secondaire peut s'appliquer : $I_1 = mI_2$ avec $m = U_2/U_1$

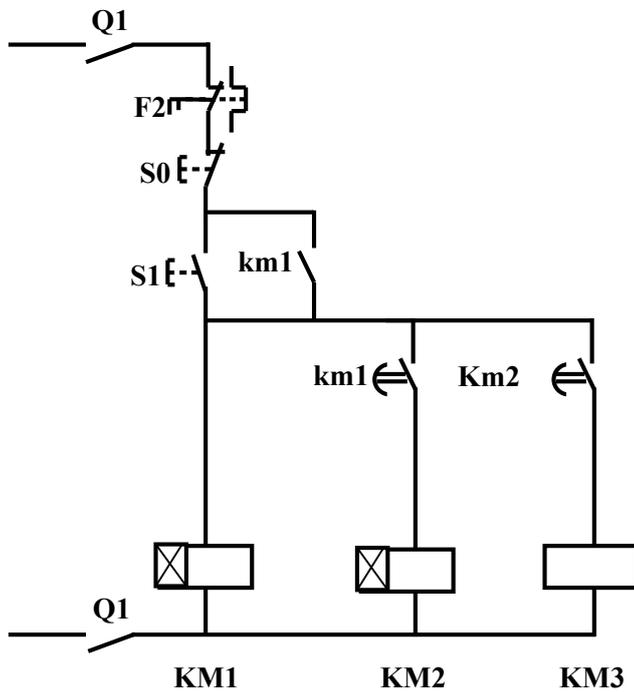
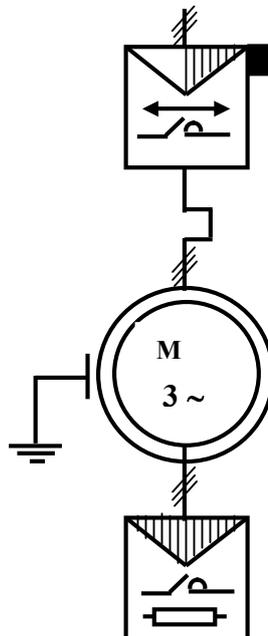
Le courant secondaire dépend uniquement de la résistance secondaire.

$$I_2 = U_2/R_D \quad R_D = \text{résistance rotorique au décollage}$$

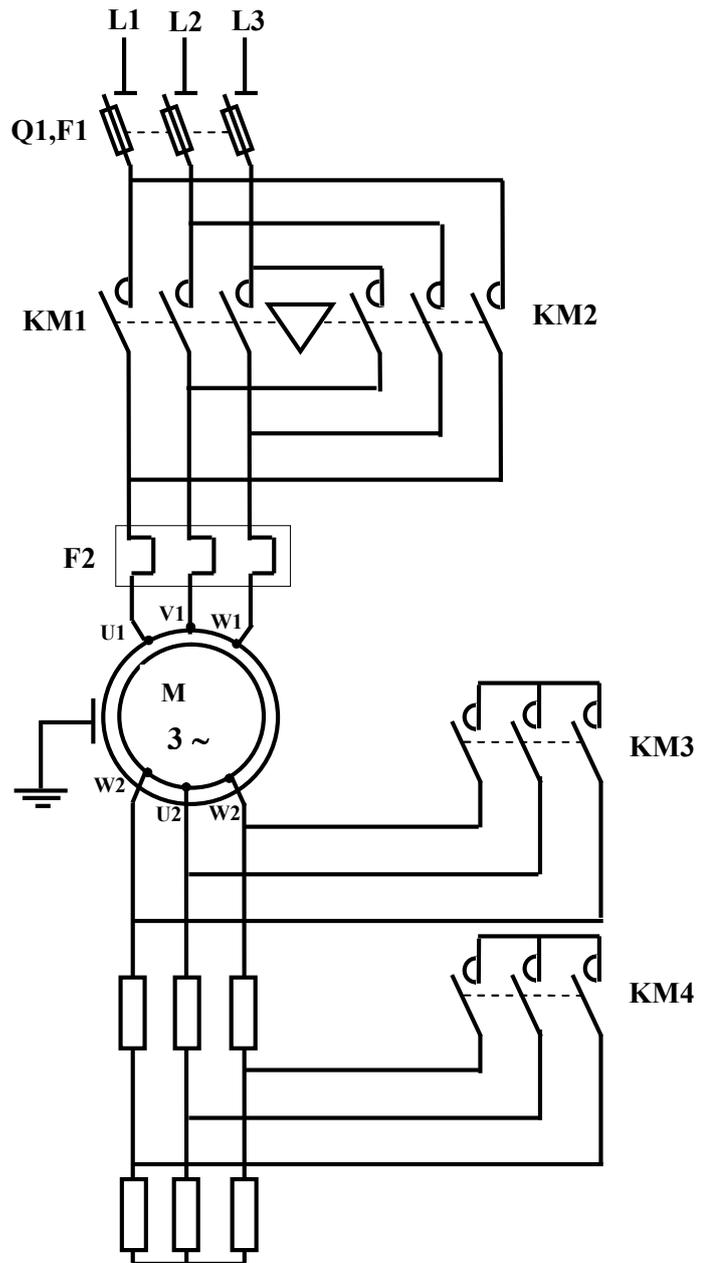
Il en est de même pour le courant en ligne I_{1D} . $I_{1D} = U_2^2 R_D / U_1$

II. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

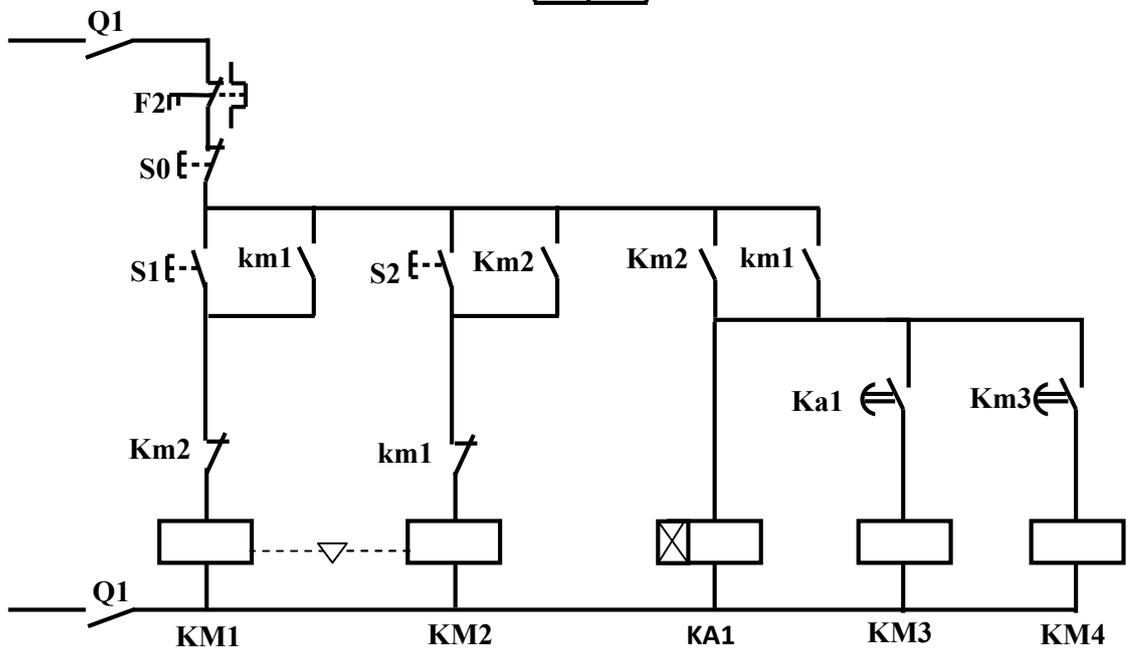
Le stator du moteur étant alimenté directement par le réseau, un ensemble de résistances est inséré en série dans le circuit rotorique. Ces résistances sont progressivement éliminées (court-circuitage) au fur et à mesure de la montée en vitesse du moteur.

III.3. SCHEMA DE COMMANDE :I. DEMARRAGE ROTORIQUE 3 TEMPS, DEUX SENS DE MARCHÉ :IV.1. SCHEMA FONCTIONNEL :

IV.2. SCHEMA DE PUISSANCE :



IV.3. SCHEMA DE COMMANDE :



DEMARRAGE PAR AUTO-TRANSFORMATEUR

I. PRINCIPE :

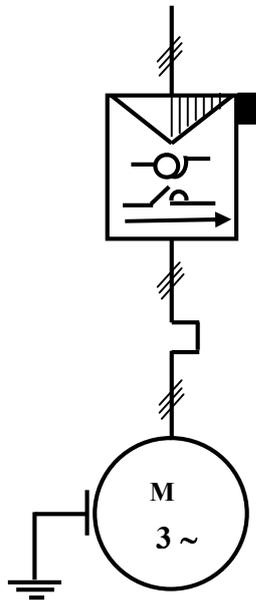
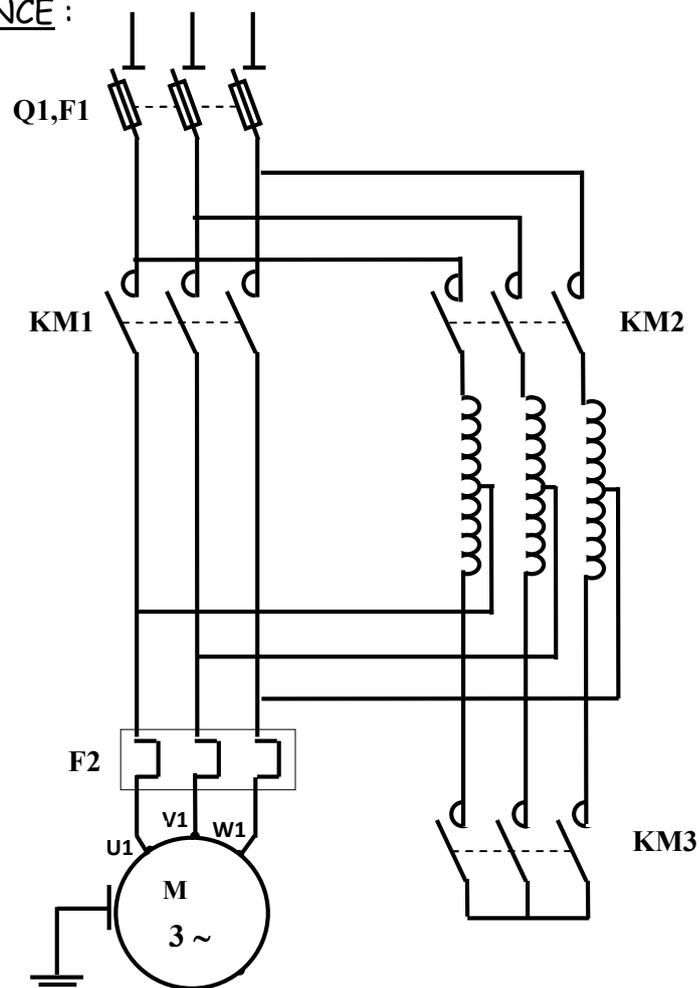
Un autotransformateur réglable est un appareil dont le circuit primaire est alimenté par le réseau et qui délivre à son secondaire une tension pouvant varier linéairement de 0 à 100 % de la tension primaire.

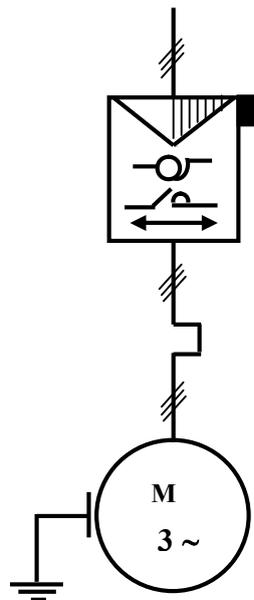
Dans le démarrage par autotransformateur, on effectue le même type de démarrage étoile triangle (on a en plus le choix du rapport des tensions en choisissant le rapport de transformation) mais les phénomènes transitoires du démarrage étoile triangle (pointe de courant au passage triangle, ne vont plus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

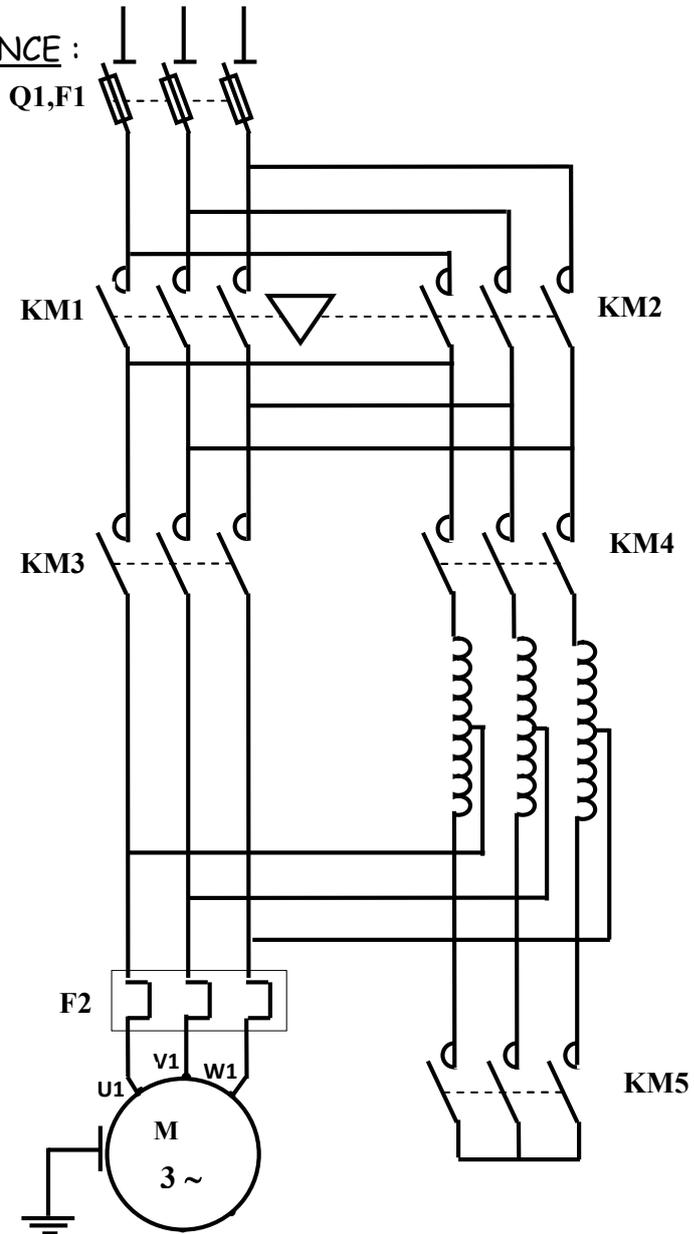
$$I_d = 1,7 \text{ à } 4 I_n \quad C_d = 0,5 \text{ à } 0,85 C_n$$

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

II. DEMARRAGE PAR AUTOTRANSFORMATEUR UN SENS DE MARCHE :II.1. SCHEMA FONCTIONNEL :II.2. SCHEMA DE PUISSANCE :

II.3. SCHEMA DE COMMANDE :III. DEMARRAGE PAR AUTOTRANSFORMATEUR DEUX SENS DE MARCHE :III. 1. SCHEMA FONCTIONNEL :

III.2. SCHEMA DE PUISSANCE :



III.3. SCHEMA DE COMMANDE :

