

Les fiches techniques

54

La modulation d'énergie
Les démarreurs électroniques pour
moteur asynchrone triphasé



54 Démarreurs électroniques pour moteur asynchrone triphasé

54.1 Rôle

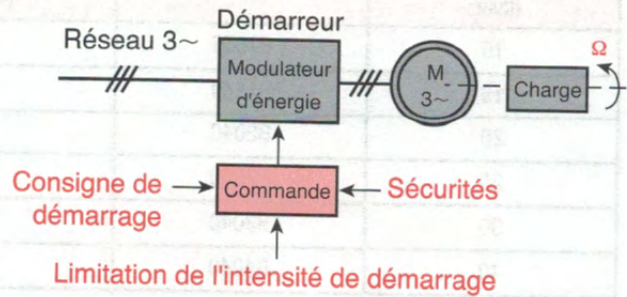
Ils permettent un démarrage progressif des moteurs.

Avantages :

- démarrage sans à-coups,
- montée progressive en vitesse,
- limitation de l'appel de courant au démarrage,
- usure réduite des systèmes mécaniques de transmission.

Ces démarreurs remplacent les démarreurs à technologie électromagnétique : étoile-triangle, par résistances statoriques ou rotoriques, par autotransformateur.

DÉMARREUR ÉLECTRONIQUE POUR MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASÉ



54.1.1 Principe de fonctionnement

La tension du réseau d'alimentation est appliquée progressivement au stator du moteur.

La variation de la tension statorique est obtenue par la variation continue de l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors du modulateur d'énergie (gradateur triphasé à découpage de phase).

La consigne de démarrage permet de régler la pente d'un signal en forme de « rampe ». Cette consigne est étalonnée en secondes.

Selon la valeur de cette pente (angle β réglable), le temps t_d nécessaire au signal « rampe » pour évoluer de 0 à $U_{\text{rampe max}}$ varie.

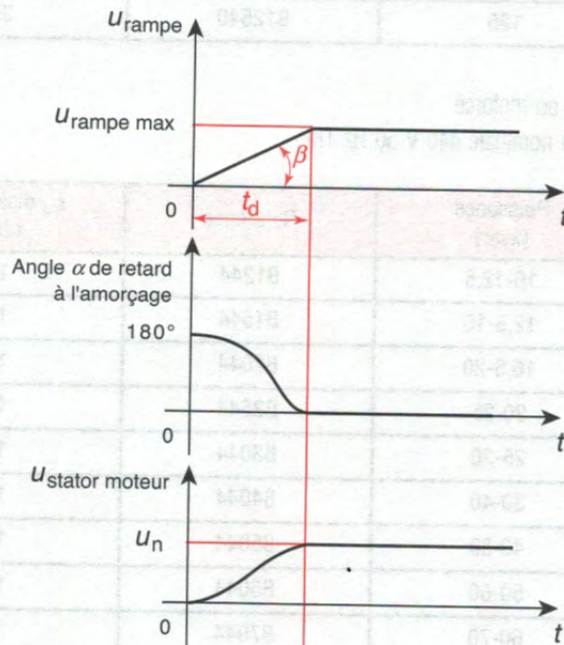
Une logique électronique associée permet de convertir $U_{\text{rampe}} = f(t)$ en $\alpha = f(t)$, faisant évoluer $U_{\text{stator moteur}} = f(t)$ de 0 à U_n durant le temps t_d de démarrage désiré.

À la fin du démarrage, le stator du moteur est sous tension nominale, les thyristors sont alors en pleine conduction.

Le phénomène inverse se produit lors d'un arrêt progressif contrôlé. La consigne de décélération (étalonnée en secondes) permet de faire évoluer l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors de 0° à 180° donc U_{moteur} de U_n à 0.

Pour une charge donnée, le réglage de la pente permet de faire varier la durée de démarrage, donc le temps de mise en vitesse progressive de l'association moteur + charge.

ÉVOLUTION DE LA TENSION MOTEUR (PHASE DE DÉMARRAGE)



54 ■ 12 Présentation fonctionnelle

On peut inclure un asservissement de courant (boucle courant), c'est-à-dire que la montée progressive de la tension moteur est asservie à un contrôle permanent du courant absorbé par le moteur. L'intensité ($I_{limitation}$), qui correspond au couple de démarrage nécessaire, est réglable.

Cette intensité est comparée avec la valeur réelle mesurée. La valeur de l'angle α est asservie à l'écart entre ces deux valeurs si la consigne I_{limite} au démarrage est inférieure à $I_{mesurée}$ moteur.

Dans le cas d'un démarrage brutal, si I_{moteur} tend à dépasser I_{limite} , la boucle courant est rendue prioritaire par rapport à l'information rampe. L'information rampe est uniquement opérationnelle si $I_{moteur} < I_{démarrage\ limite}$.

Rôle de la fonction logique OU exclusif

Selon le niveau de ses entrées e_1 et e_2 , la tension E de commande du déclencheur est fonction :

- soit de la consigne de démarrage si $e_1 > e_2$,
- soit de la consigne I_{limite} si $e_2 > e_1$.

54 ■ 13 Couple disponible

À fréquence fixe

$$T_{em} = K \times U_{eff}^2$$

EXEMPLE :

Si $U_{eff\ moteur} = 50\%$ de $U_{nominale}$, le couple moteur sera divisé par 4.

Au démarrage, la faible valeur de la tension limite le couple. Il faut s'assurer que le moteur associé au modulateur d'énergie est capable de démarrer la charge à entraîner. Ce type de démarreur convient donc aux applications à faible couple de démarrage.

La vitesse en régime établi (pour $U_{stator} = U_{nominale}$) est obtenue lorsque $T_m = T_r$. Elle dépend donc, comme en démarrage direct, de la caractéristique $T_r = f(n)$.

54 ■ 14 Domaine d'application

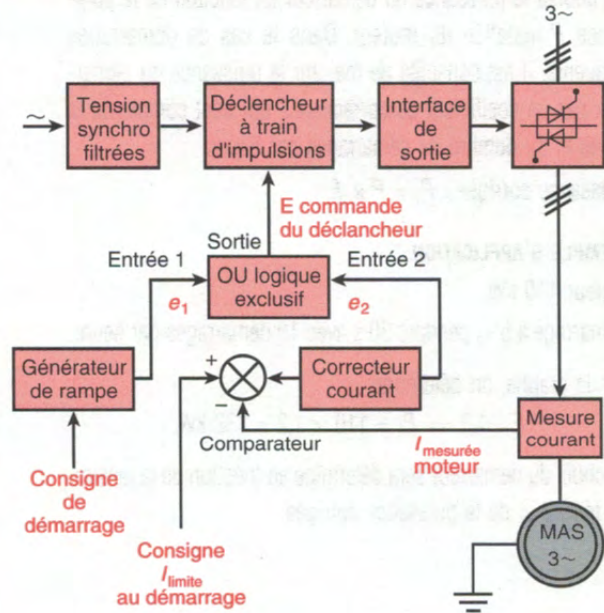
Ventilateurs, pompes centrifuges, rotatives, broyeurs.

54 ■ 15 Choix d'un démarreur

Ce choix est guidé par :

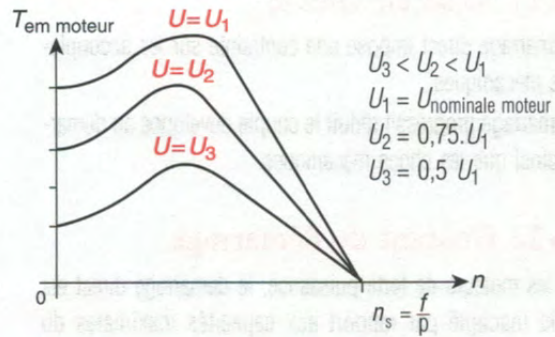
- la nature et les caractéristiques mécaniques de la charge,
- les performances recherchées, la souplesse d'utilisation,
- le type de moteur, la nature et la puissance installée du réseau,
- l'environnement dans lequel se situe l'ensemble.

DÉMARREUR : SCHÉMA FONCTIONNEL PROPOSÉ

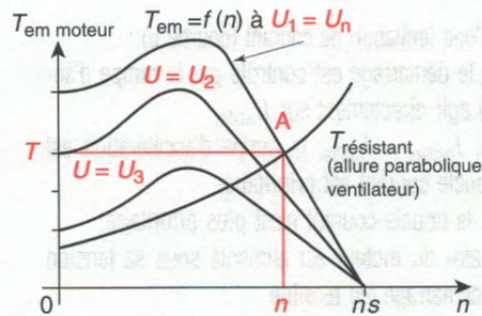


CARACTÉRISTIQUE COUPLE / VITESSE D'UN MOTEUR À CAGE

$$T_{em} = f(n) \quad u = Cte, \quad f = Cte$$



POINT DE FONCTIONNEMENT EN FIN DE DÉMARRAGE



En régime établi à la fin du démarrage, le point de fonctionnement se situe au point A dont les coordonnées représentent la vitesse et le couple moteur en régime établi.

Facteur de correction

On choisit la puissance du démarreur en fonction de la puissance P installée du moteur. Dans le cas de démarrages fréquents, il est conseillé de majorer la puissance du démarreur par un coefficient de correction F qui tient compte de la durée et du nombre de démarrages par heure.

Puissance corrigée : $P_1 = P \times F$.

EXEMPLE D'APPLICATION :

Moteur 110 kW.

Démarrage à $5 I_n$ pendant 30 s avec 10 démarrages par heure.

Sur le graphe, on détermine :

$$F = 1,2 \Rightarrow P_1 = 110 \times 1,2 = 132 \text{ kW.}$$

Le choix du démarreur sera déterminé en fonction de la tension du réseau et de la puissance corrigée.

54.2 Comparaison des performances

54.21 Mise en vitesse

Le démarrage direct impose une contrainte sur les accouplements mécaniques.

Le démarrage progressif réduit le couple développé au démarrage ainsi que les chocs mécaniques.

54.22 Courant de démarrage

Pour les moteurs de forte puissance, le démarrage direct est parfois inadapté par rapport aux capacités maximales du réseau d'alimentation.

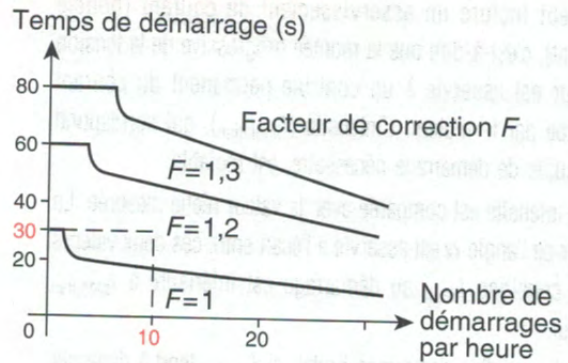
Le démarrage progressif permet une accélération progressive de la charge.

Dans le cas d'une limitation de courant (courbe b) :

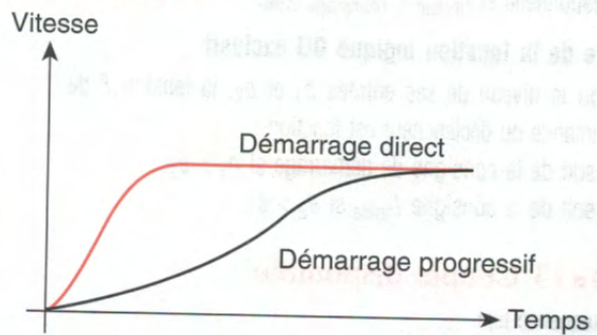
- de 0 à t_1 , le démarrage est contrôlé par la rampe d'accélération qui agit directement sur U_{stator} .
- de t_1 à t_2 , $I_{\text{moteur}} = I_{\text{limite}}$, la rampe d'accélération est inhibée, la boucle courant est prioritaire,
- de t_2 à t_3 , la boucle courant n'est plus prioritaire,
- à t_3 , le stator du moteur est alimenté sous sa tension nominale, le démarrage est terminé.

La valeur de « I_{limite} » doit être réglée à une valeur permettant de développer un couple moteur supérieur au couple résistant, sinon, le moteur risque de ne plus accélérer, voire ne pas « décoller ».

FACTEUR DE CORRECTION F



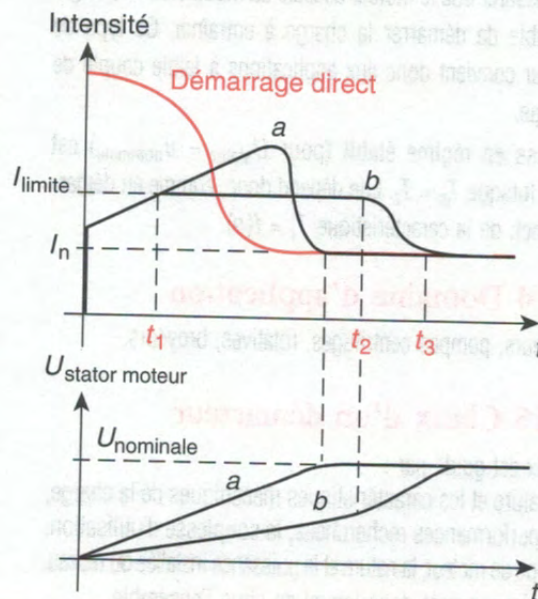
MISE EN VITESSE



Comparaison des caractéristiques

Courbe a : démarrage progressif sans limitation de courant.

Courbe b : démarrage progressif avec limitation de courant (à réglage de l'angle β , de la rampe, identique).



54.3 Réalisation industrielle

De nombreux constructeurs proposent une gamme de démarreurs ralentisseurs progressifs pour moteurs asynchrones.

Tous ces produits assurent :

- la maîtrise des caractéristiques de fonctionnement (accélération, décélération, couple de démarrage, limitation de courant) durant les régimes transitoires (démarrage et ralentissement) ;
- la protection thermique du moteur et du démarreur.

54.31 Exemple : Démarreur ralentisseur progressif Altistart

Entrées analogiques

I_r : réglage à intensité plaque de moteur.

I_{LT} : réglage de la limitation du courant de démarrage (multiple de I_r).

Acc et Dec : réglages des temps des rampes d'accélération et de décélération.

Entrées logiques

Ordres de marche ou d'arrêt.

RET : réarmement manuel ou automatique en cas de défaut thermique.

STP : arrêt libre ou arrêt contrôlé.

CTL : arrêt par rampe de décélération contrôlée ou par freinage.

BST : booster. Permet de disposer du couple maximal à la mise sous tension (machine à fort couple de démarrage).

Sorties logiques : elles se présentent sous forme de contacts à ouverture ou à fermeture. Elles délivrent les informations d'alarme (surcharge, défaut thermique) et de surveillance (fin de démarrage, freinage).

54.32 Mise en œuvre de l'Altistart

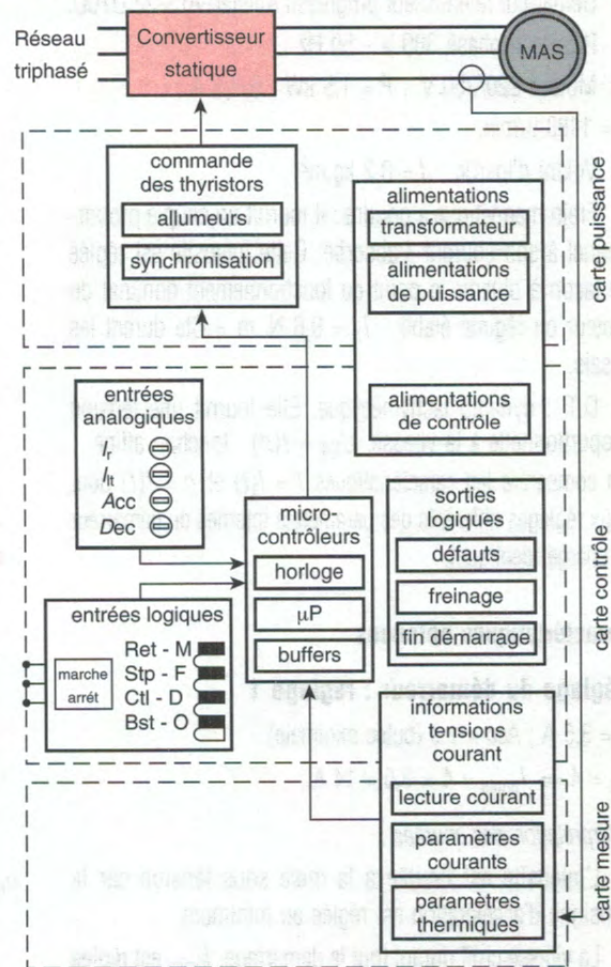
Le démarreur est symbolisé par A1.

L'ordre de marche ou d'arrêt est réalisé par le contact KMI (voir bornes O1-O2-O3).

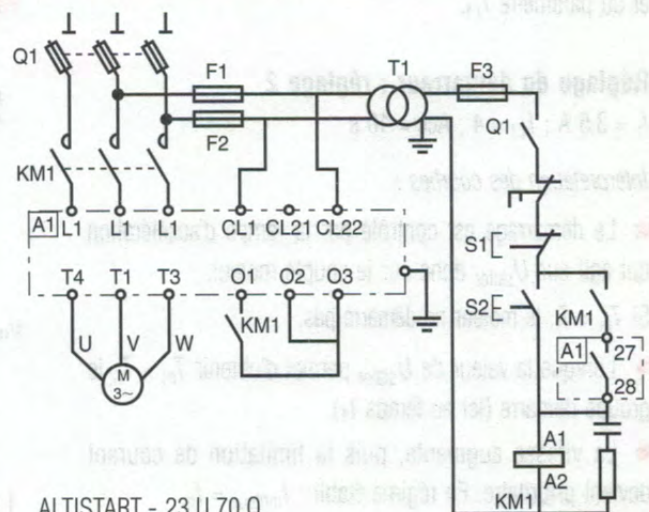
Le contact entre les bornes 27-28 indique l'état de la sortie logique « défaut thermique ».

Nota : Afin d'obtenir un couple suffisant au démarrage, l'Altistart impose une valeur minimale de tension égale à $U_n/3$. Le couple est 9 fois plus faible que lors d'un démarrage direct.

ALTISTART : PRÉSENTATION FONCTIONNELLE



SCHEMA DÉVELOPPÉ CONSEILLÉ POUR UN SENS DE MARCHÉ



ALTISTART - 23 U 70 Q

54 ■ 33 Relevés expérimentaux

- Démarreur ralentisseur progressif Altistart ATS-23 U70Q.
- Réseau triphasé 380 V - 50 Hz.
- Moteur 220/380 V ; $P = 1,5$ kW ; 6/3,5 A ; $n = 1480$ tr/min.
- Volant d'inertie : $J = 0,2$ kg.m²
- Frein magnétique à poudre : il fournit un couple proportionnel à son courant I_f absorbé. Cette intensité est réglée de façon à obtenir le point de fonctionnement nominal du moteur en régime établi : $T_n = 9,6$ N.m = Cte durant les essais.
- D.T. : dynamo tachymétrique. Elle fournit une tension proportionnelle à la vitesse, $U_{DT} = f(n)$: fonction affine. On comparera les caractéristiques $I = f(t)$ et $n = f(t)$ pour deux réglages différents des paramètres internes du démarreur (à charge identique).

Caractéristiques obtenues

Réglage du démarreur : réglage 1

$I_r = 3,5$ A ; Acc = 1 s (butée minimale)

$I_{\ell t} = 4 \Rightarrow I_{\text{limite}} = 4 \times 3,5 = 14$ A

Interprétation des courbes :

- L'intensité est limitée à la mise sous tension car la consigne d'accélération est réglée au minimum.
- La vitesse croît durant tout le démarrage. I_{limite} est réglée à une valeur permettant d'obtenir $T_m > T_r$ au démarrage. Le temps de démarrage dépend du couple d'accélération (fonction de l'inertie des masses entraînées), du couple résistant et du paramètre $I_{\ell t}$.

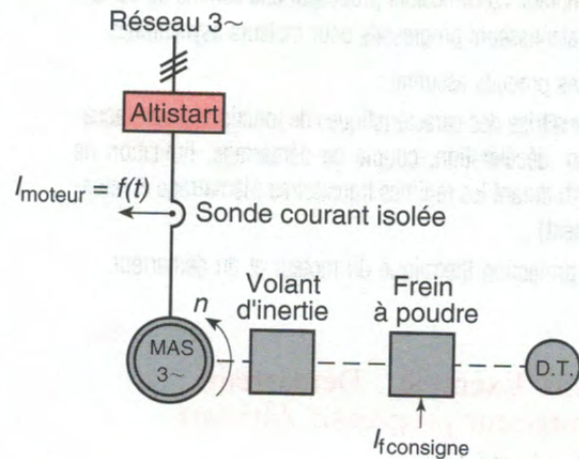
Réglage du démarreur : réglage 2

$I_r = 3,5$ A ; $I_{\ell t} = 4$; Acc = 10 s

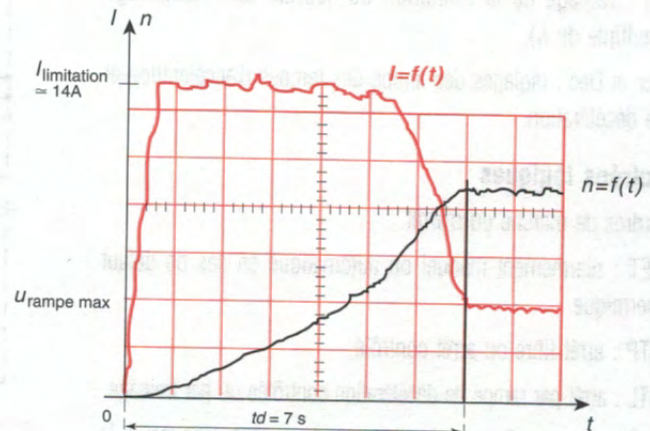
Interprétation des courbes :

- Le démarrage est contrôlé par la rampe d'accélération qui agit sur U_{stator} donc sur le couple moteur. Si $T_m < T_r$, le moteur ne démarre pas.
- Lorsque la valeur de U_{stator} permet d'obtenir $T_m > T_r$, le groupe démarre (ici au temps t_1).
- La vitesse augmente, puis la limitation de courant devient prioritaire. En régime établi : $I_{\text{moteur}} = I_n$. On constate que $t_d > t_{\text{acc}}$ (10 s).

MONTAGE RÉALISÉ - PRINCIPE

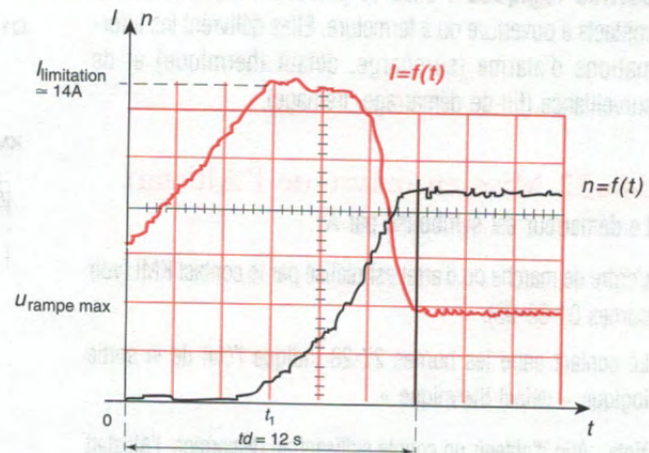


RÉGLAGE 1 : ALLURES DES CARACTÉRISTIQUES



1 carreau = 1 seconde

RÉGLAGE 2 : ALLURES DES CARACTÉRISTIQUES



1 carreau = 2 secondes