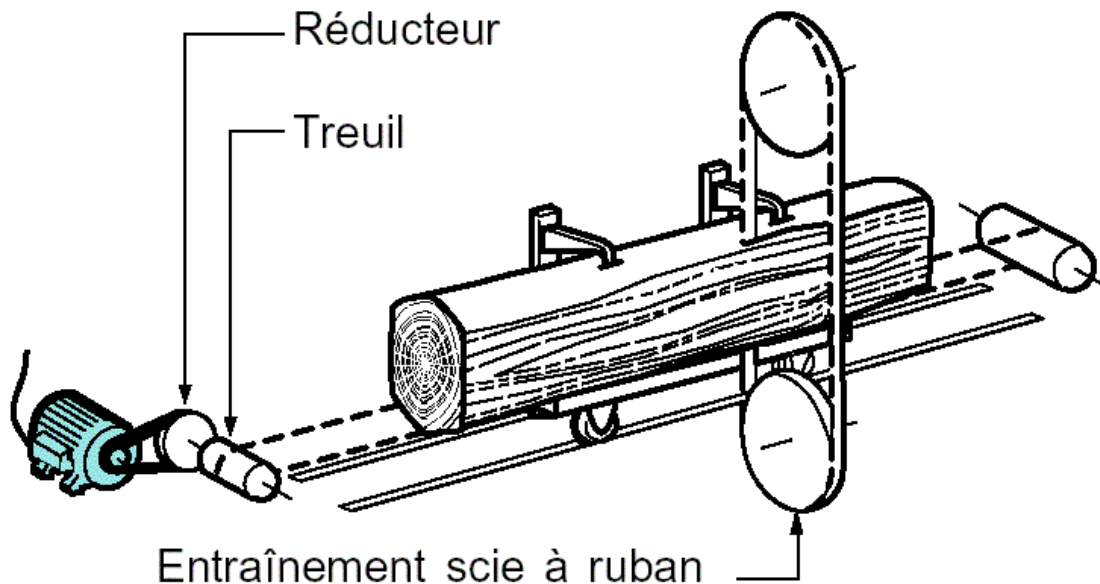


1. La scie à grume

Elle débite des grumes en plateaux. La scie à ruban tourne en permanence tandis que le chariot va et vient. La coupe n'a lieu que dans un seul sens à vitesse réduite et le retour se fait le plus rapidement possible.

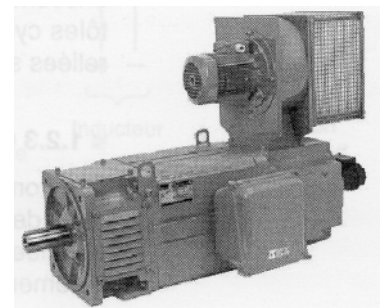


En sciage de grumes, comme pour toute opération d'usinage, il est important de réduire les temps morts afin d'améliorer la productivité. Il faut :

disposer d'une **plage de vitesse étendue** permettant d'optimiser la vitesse de coupe et la vitesse de retour rapide,

disposer aussi d'un **couple élevé à basse vitesse**, au moment du sciage,

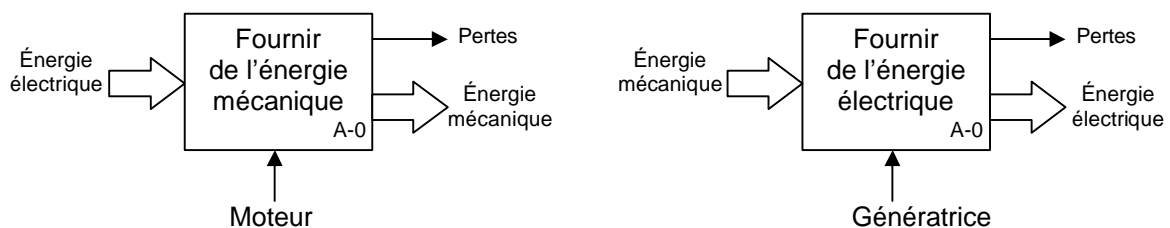
réaliser des inversions de marche rapides, en réduisant autant que possible la **consommation d'énergie** pendant le ralentissement.



Vu ces contraintes, un moteur asynchrone triphasé n'est pas satisfaisant, on va utiliser un autre type de moteur : le moteur à courant continu..

2. GÉNÉRALITÉS

Les machines à courant continu sont dites **réversibles**, c'est-à-dire qu'elles peuvent fonctionner en moteur ou en génératrice (dynamo).

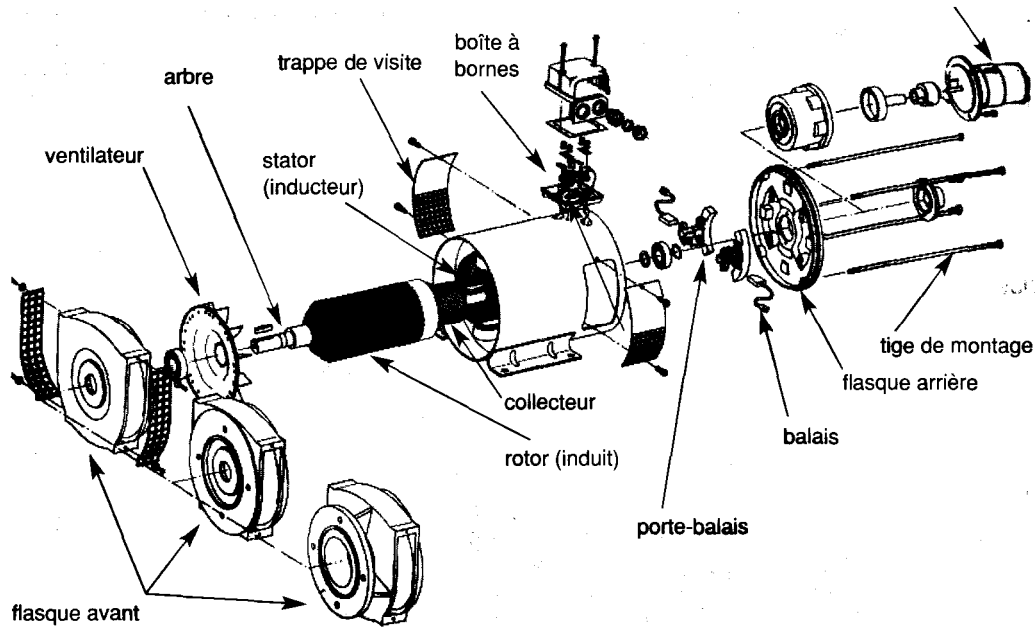


Notes :

Les moteurs à courant continu sont utilisés sur les systèmes nécessitant des **vitesse variables**.

On les rencontre principalement dans les systèmes de traction (locomotive, métro, chariot de manutention électrique,...).

2.1. Constitution



2.2. Constituants électriques

a) Inducteur

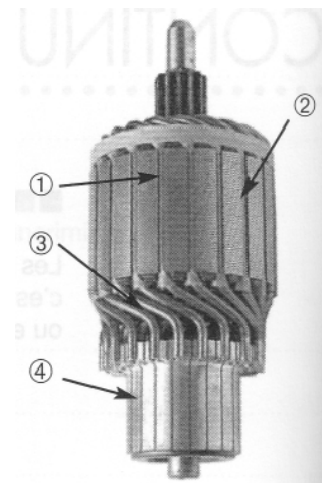
Situé dans le stator (partie fixe), il crée le **champ d'induction magnétique**. Il peut être formé d'aimants en ferrite ou de bobines parcourues par un courant continu.

b) Induit

Solidaire du rotor (partie mobile ou tournante de la machine), il est le siège des forces nécessaires à son entraînement. Il est composé de spires placées dans des encoches ① situées à la périphérie d'un empilement de tôles cylindriques ②. Les extrémités des spires ③ sont reliées sur les lames du collecteur ④.

c) Collecteur

Il se compose de lames de cuivre isolées latéralement les unes des autres, disposées de sorte à former un cylindre et reliées aux conducteurs de l'induit en des points régulièrement espacés.



Notes :

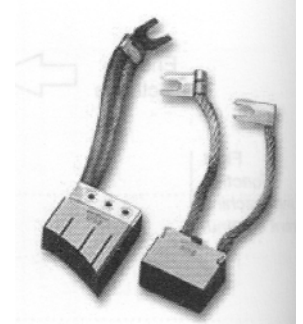
d) *Balais*

Les balais permettent l'alimentation de l'induit (partie en rotation) grâce à un **contact glissant** entre les lames du collecteur reliées aux conducteurs de l'induit et le circuit électrique extérieur. Ils sont constitués de petits cubes ayant une surface de contact de quelques mm^2 à quelques cm^2 , en graphite pur ou en alliage, qui doivent résister à des conditions d'utilisation sévères (courants élevés, températures élevées, frottements, arc, atmosphères chargées ou très sèches, ...).

Ils sont équipés d'une tresse de raccordement et maintenus en place par un porte-balais solidaire du stator. Un ressort exerce une pression constante sur la partie en graphite quel que soit le degré d'usure du balai.

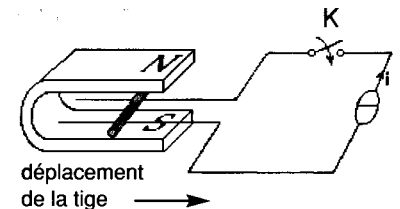
Remarque :

Généralement des pôles auxiliaires sont également présents dans les machines. Ils servent à réduire les étincelles au niveau des balais lors d'un changement de lame de collecteur. Ils sont constitués de bobinages placés perpendiculairement aux lignes de champ de l'inducteur et sont alimentés en série avec l'induit.

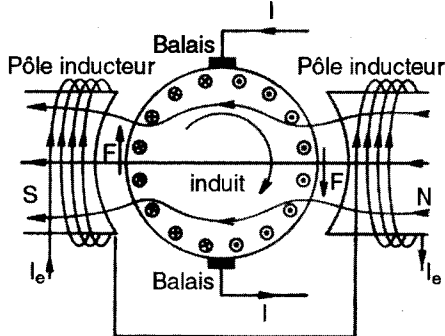
3. PRINCIPE

Le fonctionnement du moteur à courant continu est basé sur le principe des forces de Laplace (voir cours de physique).

Un conducteur de longueur L , placé dans un champ magnétique et parcouru par un courant, est soumis à une force électromagnétique (appelée force de Laplace).



Dans le moteur à courant continu, le champ magnétique est produit par l'inducteur, les conducteurs sont les spires placées dans l'induit. Lorsqu'on alimente les spires embrassées par le flux magnétique de l'inducteur, il se crée sur celles-ci des forces électromagnétiques qui entraînent un déplacement angulaire de l'induit. **Le collecteur alimente ensuite une autre spire** et ce phénomène se reproduit tant que le moteur est alimenté. L'induit entraîne alors le rotor en mouvement en lui transmettant son couple.

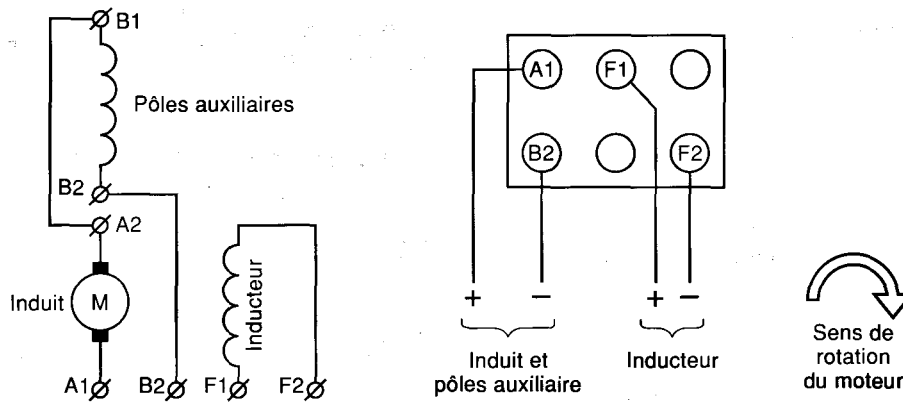


Pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu, il suffit **d'inverser le sens du courant** dans l'induit ou dans l'inducteur.

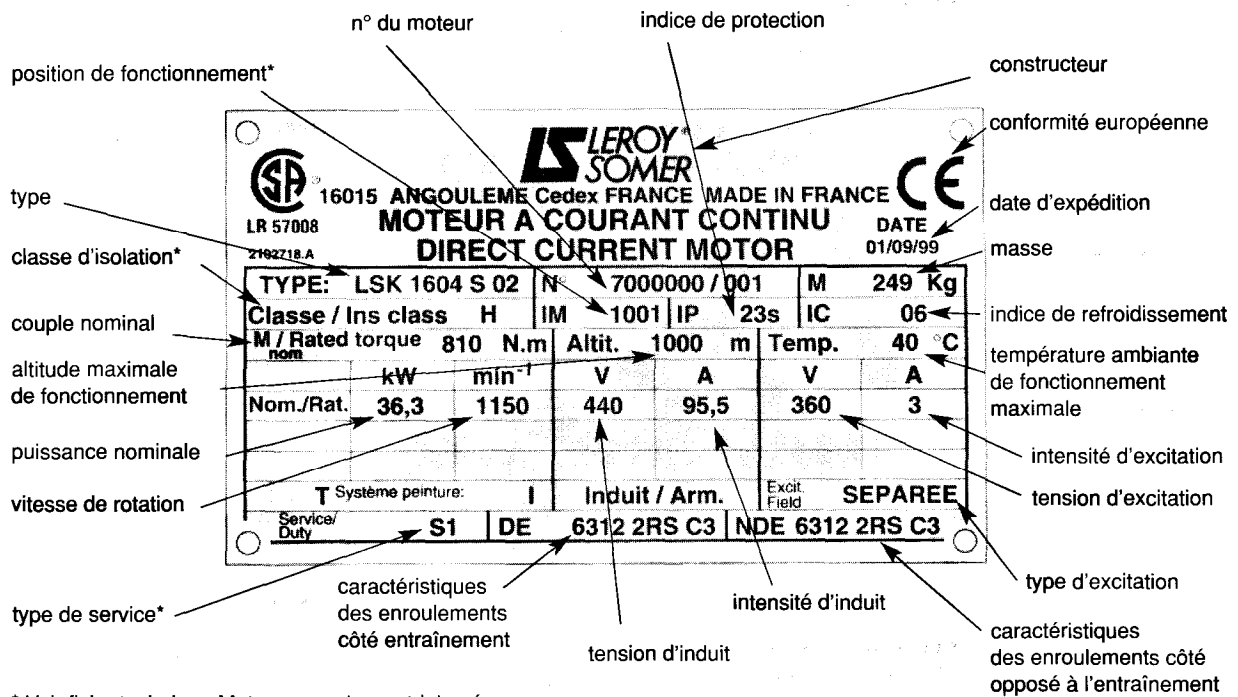
Notes :

4. PLAQUE À BORNES ET PLAQUE SIGNALÉTIQUE

4.1. Plaque à bornes



4.2. Plaque signalétique

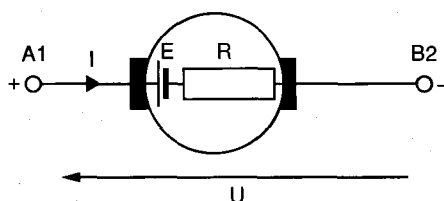


* Voir fiche technique Moteur asynchrone triphasé

5. CARACTÉRISTIQUES

5.1. Caractéristiques électriques

Considérons le schéma équivalent d'un moteur à courant continu.



Notes :

En fonctionnement, un moteur à courant continu présente **une force contre électro-motrice** :

$$E' = \frac{p}{a} \times N \times n \times \Phi$$

E' = force contre-électromotrice (V)

p = nombre de paires de pôles

a = nombre de paires de voies d'enroulements

N = nombre de conducteurs dans l'induit

n = vitesse de rotation (tr. s^{-1})

F = flux inducteur (Wb)

Machine bipolaire :	2 pôles $\rightarrow p = 1$
	2 voies d'enroulements $\rightarrow a = 1$
Machine tétrapolaire à 4 balais :	4 pôles $\rightarrow p = 2$
	4 voies d'enroulements $\rightarrow a = 2$
Machine tétrapolaire à 2 balais :	4 pôles $\rightarrow p = 2$
	2 voies d'enroulements $\rightarrow a = 1$

Loi d'Ohm appliqué aux générateurs :

$$U = E' + R \times I$$

U = tension aux bornes du moteur (V)

R = résistance interne du moteur (Ω)

I = courant absorbé (A)

Puissance électrique utile : $P_e = E' \times I$

Puissance électrique absorbée : $P_a = U \times I$

5.2. Caractéristiques mécaniques

Puissance mécanique :

$$P = T \times \omega$$

P = puissance mécanique (W)

T = couple moteur (N.m)

ω = fréquence de rotation angulaire (rd. s^{-1})

Couple moteur :

$$T = k \times \Phi \times I$$

$$k = \frac{p}{a} \times \frac{n}{2 \times p} = \text{constante}$$

F = flux produit par les inducteurs (Wb)

I = courant dans l'induit (A)

5.3. Variation de vitesse

Pour faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu, on peut agir sur deux grandeurs :

- la tension U aux bornes de l'induit :

la tension d'induit est directement proportionnelle à la vitesse de rotation.

La puissance varie mais **le couple reste constant**. On dit alors que l'on fait de la variation de vitesse à couple constant.

- le flux produit par l'inducteur F :

lorsque le flux d'excitation (produit par l'inducteur) diminue, le moteur accélère mais le couple diminue. On dit alors que l'on fait de la variation de vitesse **à puissance constante**.

5.4. Entretien d'un moteur à courant continu

Par rapport aux moteurs asynchrones, les machines à courant continu nécessitent une

Notes :

maintenance préventive plus importante :

- surveillance de l'état des balais et du collecteur,
- remplacement régulier des balais.

De plus, il est nécessaire **d'assurer une ventilation intérieure** du moteur pour évacuer les résidus issus de l'usure des balais et du collecteur car ces résidus conducteurs pourraient entraîner des courts-circuits.

La conception des moteurs à courant continu est telle qu'ils coûtent en moyenne **trois fois** plus cher qu'un moteur asynchrone.

6. DIFFÉRENTS TYPES DE MOTEURS À COURANT CONTINU

6.1. Moteur à aimant permanent

Ces moteurs sont généralement utilisés en robotique (micro-moteur). Le bobinage inducteur est remplacé par **un aimant** en matériau ferromagnétique.

6.2. Moteur à excitation séparée

Ces moteurs sont utilisés lorsque l'on désire obtenir une grande plage de fréquences de rotation. On les rencontre dans les systèmes nécessitant des vitesses contrôlées (machines-outils, traction, ligne de production industrielle,...) Au démarrage ($E=0$), ce type de moteur doit démarrer sous une tension d'induit progressive afin de limiter le courant dans l'induit.

Attention !

En fonctionnement, si le flux produit par l'inducteur devient nul, la fréquence du moteur tend vers l'infini, **le moteur s'emballé** et il y a danger. Pour éviter cela, on place un relais à minimum de courant dans le circuit inducteur et ce relais coupe automatiquement l'alimentation du moteur.

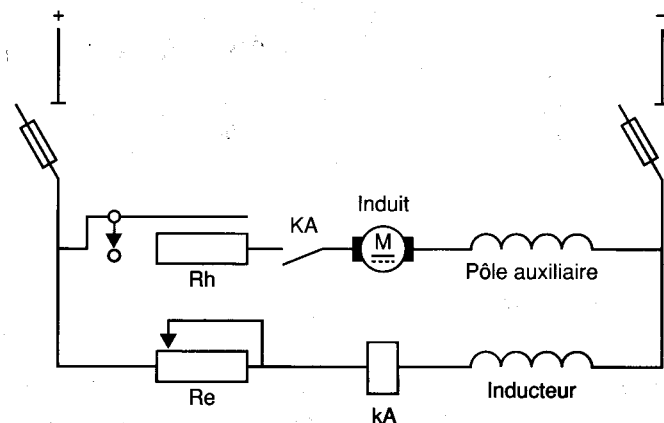
a) *Démarrage manuel d'un moteur à excitation séparée*

Au démarrage, l'inducteur (circuit d'excitation) est traversé par le courant maximum (rhéostat d'excitation R_e au minimum de résistance).

En déplaçant le curseur de R_h (rhéostat de démarrage à plot mort), on passe du plot mort (pas de courant dans l'induit) à la résistance maximale (courant réduit dans le circuit de l'induit).

En continuant l'action sur R_h , on diminue progressivement sa résistance afin d'augmenter le courant dans l'induit jusqu'à sa valeur nominale.

À la fin du démarrage, le curseur de R_h est maintenu en position grâce à la bobine à manque de courant K_A alimentée en série avec l'inducteur.



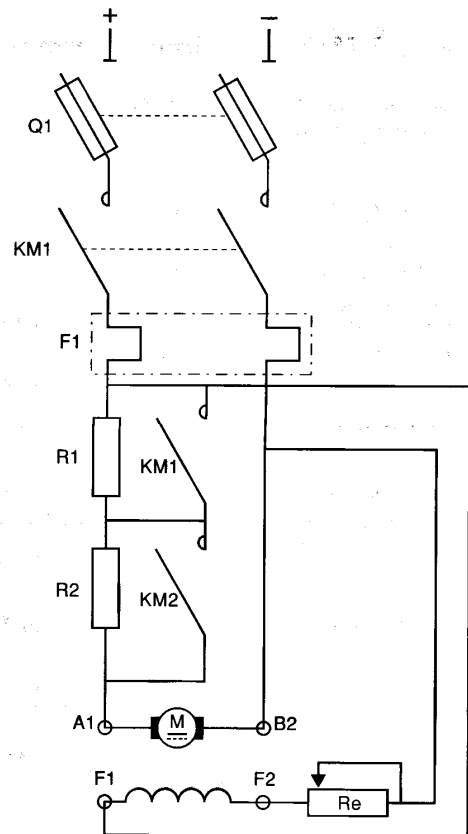
Notes :

b) Démarrage automatique d'un moteur à excitation séparée 1 sens de rotation

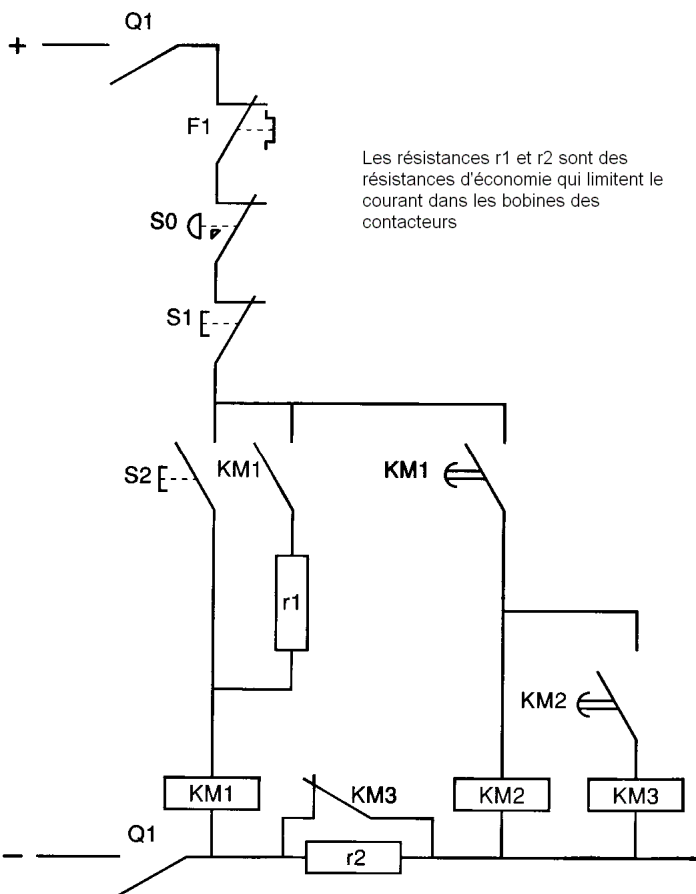
L'action sur le bouton poussoir S2 entraîne la mise sous tension de :
 - l'inducteur au travers du rhéostat d'excitation Re (minimum de résistance au démarrage),
 - l'induit au travers des résistances de démarrage R1 et R2.

Les résistances R1 puis R2 sont éliminées successivement après un temps prédéterminé.

Circuit de puissance



Circuit de commande

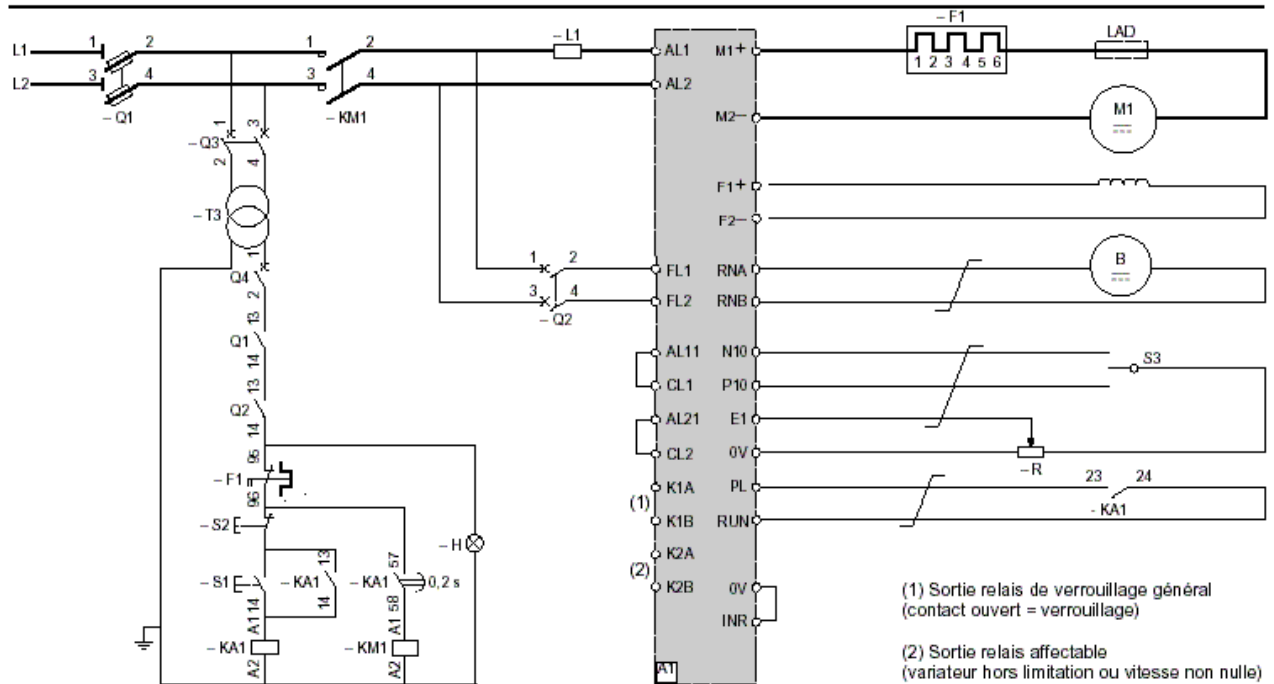


Notes :

c) Variateur de vitesse

L'alimentation des moteurs à courant continu à partir du réseau triphasé se fait par l'intermédiaire d'un variateur de vitesse qui fournit les différentes alimentations nécessaires (inducteur, induit). Il a souvent des fonctions de régulation et de protection.

Schéma développé conseillé (2 sens de marche avec récupération d'énergie sur le réseau)



Branchement d'un Rectivar 4

Rectivar 4, série 44
pour moteurs de 0,6 à 8,6 kW

Choix :
pages 0604Q/2 et 0604Q/3
Caractéristiques :
pages 60303/2 à 60303/4
Schémas :
page 60303/8
Encombrements :
page 60303/9

Références

Monophasés à pont complet (1)



RTV-44U60M

Réseau	Courant de ligne	Variateur	Courant maximal permanent	Moteur	Puissance (2)	Courant excitation	Variateur (4)	Masse		
50/60 Hz	eff	Fusibles UR non fournis	40 °C Nominal Pointe = 1,2	Puissance maximale avec $\eta = 0,85$ Cd/Cn = 1,2	en limitation de courant à 2 états Pc Pn	maxi (3)	Référence	kg		
Tension d'induit 150 V										
220	8	20	6	9	0,6	1,15	0,5	2	RTV-44U60M	3,600
	16	25	12	18	1,25	2,3	1	2	RTV-44D12Q	3,600
	32	40	24	36	2,55	4,6	2	2	RTV-44D24Q	6,000
	58	100	44	66	4,6	8,4	3,7	2	RTV-44D44Q	6,000
Tension d'induit 160 V										
240	8	20	6	9	0,65	1,2	0,55	2	RTV-44U60M	3,600
	16	25	12	18	1,35	2,45	1,1	2	RTV-44D12Q	3,600

Notes :

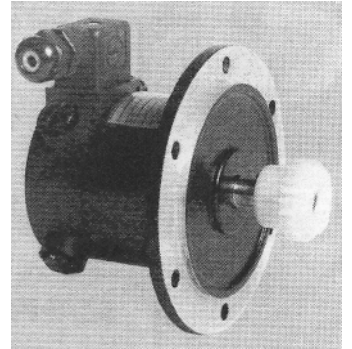
7. GÉNÉRATRICE TACHYMÉTRIQUE

Les génératrices tachymétriques délivrent **une tension continue** dont la valeur est proportionnelle à la fréquence de rotation. Les polarités changent avec le sens de rotation.

Le rotor de la génératrice tachymétrique est solidaire du rotor du moteur dont on veut connaître la fréquence de rotation.

Elles sont couramment utilisées pour **afficher la vitesse des systèmes** et pour les boucles de régulation en vitesse des moteurs commandés par variateur.

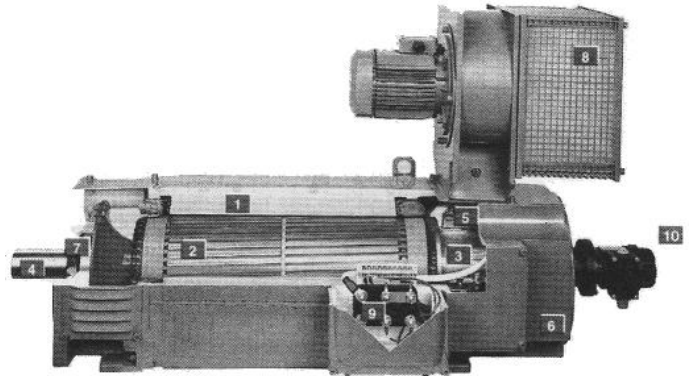
Une consigne de vitesse est donnée au variateur, celui-ci adapte les paramètres de tension et de courant envoyés au moteur pour que l'information de vitesse issue de la génératrice corresponde à la consigne.



a) Exercice

Donnez les repères des éléments du moteur ci-contre.

Repère	Désignation
	Dynamo
	Arbre
	Boîte à bornes
	Induit
	Roulement
	Porte-balais
	Stator
	Flasque arrière
	Ventilation
	Collecteur



b) Exercice

Donnez le sens de rotation du moteur en fonction des polarités de raccordement

Induit et pôles auxiliaires		Inducteur		Sens horaire	Sens trigonométrique
A1	B2	F1	F2		
+	-	+	-		
+	-	-	+		
-	+	-	+		
-	+	+	-		

Les parties grises sont réservées à la correction.

Notes :

c) Exercice

Soit la plaque signalétique d'un moteur à courant continu.

SP		16015 ANGOULEME Cedex FRANCE		MADE IN FRANCE		CE	
LR 67008		MOTEUR A COURANT CONTINU				DATE	
2102718.A		DIRECT CURRENT MOTOR				01/09/99	
TYPE: LSK 1604 S 02		N° 7000000 / 001		M 249 Kg			
Classe / Ins class H		IM 1001		IP 23s		IC 06	
M / Rated torque 810 N.m		Altit. 1000 m		Temp. 40 °C			
Nom./Rat.		kW min ⁻¹		V A		V A	
36,3		1150		440 95,5		360 3	
T Système peinture:		I Induit / Arm.		Excit Field		SEPARÉE	
Service/Duty		S1 DE		6312 2RS C3		NDE 6312 2RS C3	

1. Déterminez la puissance absorbée par le moteur lorsqu'il est à son point de fonctionnement nominal.

.....

.....

.....

2. Le circuit de puissance de ce moteur est protégé par des fusibles à couteaux taille 0.

Donnez le type de fusibles que vous devez mettre : aM gG
 Quel calibre choisissez-vous ? (Justifiez votre réponse.)

.....

3. Quelle référence de fusibles choisissez-vous ?
 Référence :

4. Combien de fusibles devez-vous mettre en place pour protéger le circuit de puissance ?

.....

5. Quel est le rendement global du moteur lorsqu'il est en fonctionnement nominal?

.....

.....

6. En considérant que la fréquence de rotation est directement proportionnelle à la tension d'induit, quelle doit être la tension d'alimentation de l'induit si on désire une vitesse de rotation de 1000 tr.min⁻¹ ? (Justifiez votre réponse.)

.....

.....

d) Exercice

Sur la plaque signalétique d'une génératrice tachymétrique couplée à un moteur, on lit 0,02 V/tr/min. Un voltmètre placé aux bornes de la génératrice indique 18 V.

1. Quelle est la fréquence de rotation du moteur ?

.....

2. Quelle sera la tension aux bornes de la génératrice lorsque le moteur aura une fréquence de rotation de 20 s⁻¹.

.....

Notes :