



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DÉPARTEMENT : Électrotechnique

MÉMOIRE DE LICENCE

Domaine Sciences et Technologies

FILIERE : Électrotechnique

Thème :

**Commande d'un moteur à c.c par
un redresseur triphasé**

Présentées par:

- FRIHA Wafa.
- MERDADI LINA ZINEB.

Dirigé par:

- Mr. Bouchikha .H.

Jury de soutenance :

- Bouchikha Hocine.
-

Université d'Annaba
Université d'Annaba

Promotion : JUIN 2021

Remerciements

Après le Bon Dieu

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à
Notre Encadreur*

Monsieur H. Bouchikha

*Ce mémoire n'est autre que
L'aboutissement de nos efforts*

Guidés Par vos conseils et votre rigueur.

*Permettez-nous de remercier les membres du
jury, sans oublier tous nos professeurs qui nous
ont prodigué un enseignement complet qui nous
sera à présent comme outil De Travail.*

Dédicace

Je dédie mon travail à mes parents et surtout ma mère Samira ... ☺

à mon frère et ma sœur ... ☺

à mes copines et surtout Fatima... ☺

à ma cousine Yousra Bariza ... ☺

à madame B.Radia pour le soutien... ☺

**Friha Wafa **

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents qui m'ont toujours soutenu, mon frère « Abde Al karim » mon bras droit, mes sœurs « Nourhane » et « Rania » je t'adore.

Mes amies d'amours « Ines », « Meriem », « Malek », « Hanene », et surtout « Zaineb » merci d'être à mes côtés.

Ma petite tante « Imene » merci beaucoup d'être toujours à mes côtés. Mon cousin « Ahmed ».

Un merci spécial à mon amie « Amel » qui ne m'a jamais quitté.

Sommaire :

Chapitre I:Machine à courant continu.

| | |
|--|-------------|
| I-1-Introduction..... | (8) |
| I-2- Définition..... | (10) |
| I-3 -Constitution..... | (10) |
| I-3.1-L'inducteur(Stator)..... | (11) |
| I-3.2-L'induit(Rotor)..... | (11) |
| I-3.3-Collecteur et balais..... | (11) |
| I-3.4-Principe de fonctionnement..... | (11) |
| I-4-Différent Types des moteurs selon le mode d'excitation..... | (12) |
| I-4.1-à excitation séparée (indépendante)..... | (12) |
| I-4.2-à excitation en shunt(dérivation)..... | (12) |
| I-4.3-à excitation en série..... | (13) |
| I-4.4-à excitation composée(compound)..... | (13) |
| I-5-Les équations de base d'un moteur à cc (exci indép)..... | (14) |
| I-6-La caractéristique mécanique d'un moteur à cc à exci indép..... | (15) |
| I-7-Démarrage d'un moteur à cc..... | (16) |
| I-7.1-Problème du couple et du courant | (16) |
| I-7.2-Rhéostat de démarrage | (16) |
| I-8-Freinage..... | (16) |
| I-8.1-Freinage rhéostatique..... | (17) |
| I-8.2-Freinage à contre courant..... | (17) |

| | |
|--|---------------|
| I-8.3-Freinage par récupération d'énergie..... | (17) |
| I-9-Réglage de la vitesse d'un moteur à cc..... | (18) |
| I-10-Les différents modes de réglages de la vitesse..... | (18) |
| I-10.1-Réglage par variation de flux..... | (19) |
| I-10.2-Réglage par variation de la résistance (rhéostatique)..... | (19) |
| I-10.3-Réglage par variation de la tension..... | (20) |
| I-11-Zone de réglage..... | (21) |
| Chapitre II:Les convertisseurs. | |
| II-1-Généralité..... | (23) |
| II-2-Types des convertisseurs..... | (23) |
| II-2.1-Les redresseurs..... | (23) |
| II-2.2-Les Hacheurs..... | (24) |
| II-2.3-Les Onduleurs..... | (24) |
| II-2.4-Les Gradateurs | (25) |
| II-3-Les types des redresseurs..... | (26) |
| II-3 .1-Les redresseurs non commandés..... | (26) |
| II-3.2-Les redresseurs commandés..... | (26) |
| II-4-Montage alimenté en triphasé..... | (27) |
| II-5-La courbe | (28) |
| Chapitre III :La protection des moteurs à cc . | |
| III- Les problèmes..... | (30) |
| III-1-Surcharge..... | (30) |
| III-2-Le défaut d'isolement..... | (30) |
| III-3-La sutention..... | (30) |
| III-4-Le court-circuit..... | ..(30) |

| | |
|--|--------------|
| III-5-Lessolutions..... | (31) |
| III-5-1-Protection contre les court-circuit..... | (31) |
| III-5-2-Protection contre les surcharges..... | (31) |
| III-5-3-Les disjoncteurs..... | (31) |
| III-5-3.1-Le disjoncteur à protection thermique..... | (32) |
| III-5-3.2-Le disjoncteur à protection magnéto-thermique..... | (33) |
| III-5-3.3-Le disjoncteur à protection magnétique..... | (33) |
| III-5-3.4-Le disjoncteur à protection hydrau-magnétique | (34) |
| -Conclusion..... | (35) |
| Bibliographie..... | (36) |

I-1-INTRODUCTION

Actuellement l'industrie et ces exigences a besoin d'un système à vitesse continuellement variable doué de souplesse et de précision .

Bien sur, les solutions mécaniques et les hydrauliques sont encore utilisées . Cependant les solutions électroniques sont aujourd'hui et de loin les plus appréciées qui ont complètement transformer la commande des moteurs (à courant continu ou alternatif).

Dans les différents régimes de fonctionnement tel que (démarrage, freinage et variation de vitesse), leurs succès vient des caractéristique incomparable que leur confère électronique .

Le réglage de la vitesse de ces moteurs , demeure cependant difficile quand on dispose d'une tension fixe.

C'est pourquoi on est amené à les alimenté par des variateurs de tension qui sont des dispositifs électronique à thyristors.

*Compte tenu de l'importance que représentent le réglage et la variation de la vitesse on a choisi comme thème de notre étude « **Commande d'un moteur à courant continu à l'aide d'un redresseur triphasé.** »*

Chapitre I

Les machines à Courant- Continu

I-2-Définition :

Les moteurs à courant continu sont des machines qui transforment l'énergie électrique qu'ils reçoivent en énergie mécanique.

L'usage du moteurs à courant continu est plutôt restreint car la distribution se fait à courant alternatif cependant pour certaines applications il est parfois avantageux d'utiliser des moteurs à c.c alimentés par des convertisseurs qui transforment le courant alternatif en courant continu.

La supériorité de ces moteurs réside dans le fait qu'ils se pretent facilement à un contrôle souple continu et presque instantané de leur vitesse .

I-3 -Constitution :

La machine à courant continu se compose de :

_L'inducteur .

_L'induit.

_Le dispositif collecteur et des balais .

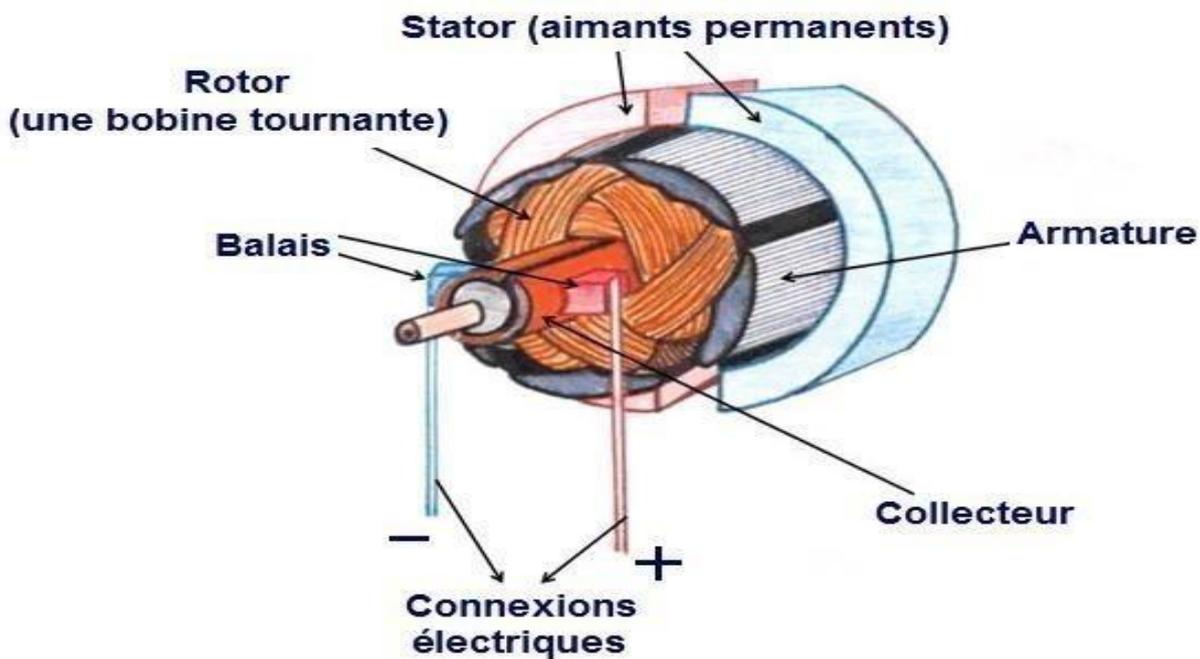


Figure1 :Constitution du moteur à courant continu.

I-3.1-L'inducteur (Stator) :

L'inducteur produit le flux magnétique dans la machine, il est constitué d'un électroaimant qui engendre la force magnétomotrice nécessaire à la production du flux . Dans les machines bipolaires (à deux pôles), les bobines sont portées par deux pièces polaires , et le circuit magnétique est complet par la culasse.

Les bobines excitatrices sont alimentées en courant continu, et le courant qui les traverse porte le nom de courant d'excitation .

I-3.2-L'induit (rotor) :

L'induit constitue l'ensemble des conducteurs qui coupent le flux magnétique ces conducteurs sont enroulés sur un noyau magnétique forme d'un assemblage de toles en fer doux. Ces toles sont isolées les unes des autres et portent des encoches destinées à recevoir les conducteurs .

I-3.3-Collecteur et balais :

Le collecteur est un ensemble de lames (ou segments) de cuivre isolées les unes des autres par des feuilles de mica et montées sur l'arbre de la machine lie aux conducteurs de l'induit son rôle est de redresser et de transformer les courants alternatifs dans la machine en grandeurs continues.

Dans une machine bipolaire , deux balais fixe diamétralement opposés appuient sur ce collecteur et assurent le courant électrique entre l'induit et le circuit extérieur .

I-3-4-Principe de fonctionnement :

L'inducteur (stator) crée un champ magnétique fixe B . Ce stator peut être à **aimants permanents** ou d'électro-aimants.

L'induit (rotor) porte des conducteurs parcourus par un courant continu (alimentation du moteur) ; Ces spires soumises à des forces (**Laplace**) , entraînent la rotation du rotor .

Il en résulte une variation du flux du champ magnétique à travers chaque spire elle engendre une f.é.m qui est redressée par l'ensemble (collecteur + balais)

La valeur moyenne E de cette f.e.m est proportionnelle à **la vitesse angulaire de rotation**

Du rotor , au flux maximal du champ magnétique créé par l'inducteur à travers une spire et à une constante K qui dépend des caractéristiques de la conception du moteur (nombre de conducteur , surface de chaque spire , nombre de paires de pôles).

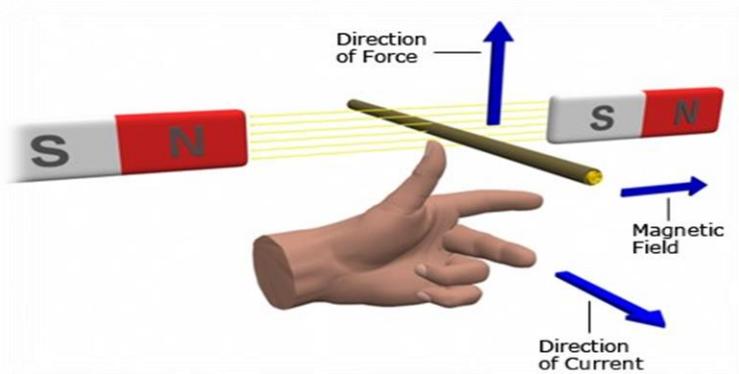


Figure2 :Fonctionnement d'un moteur a cc.

I-4-Différent Types de moteurs selon le mode d'excitation :

Les machines à courant continu se classent selon le mode de branchement de l'enroulement d'excitation par rapport a l'induit , on distingue des moteurs :

- _ à excitation séparée (indépendante).
- _ à excitation en shunt (dérivation).
- _ à excitation en série.
- _ à excitation composée (compound).

I-4.1-à excitation séparée (indépendante) :

L'inducteur et l'induit sont alimentés séparément .Donc deux sources de tension différentes:

- Le Schéma électrique équivalent :

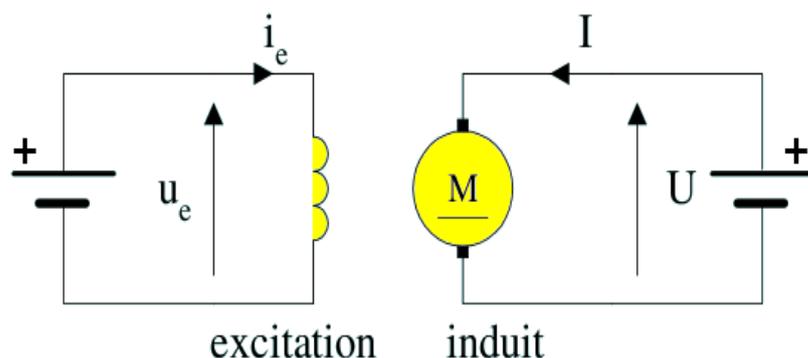


Figure3

I-4.2-à excitation en shunt (dérivation) :

Dans le moteur shunt, le stator est câblé en parallèle avec le rotor. La tension aux bornes du rotor est la même que celle aux bornes du stator (la vitesse pratiquement constante). Le courant absorbé par l'induit est proportionnel au couple résistant opposé au moteur .

- *Le Schéma électrique équivalent :*

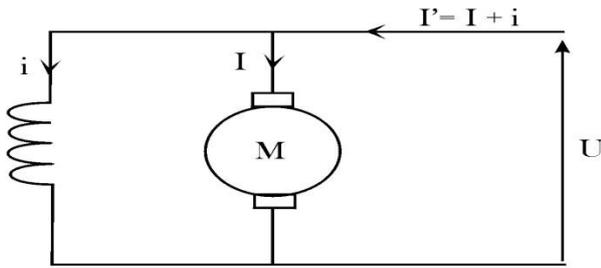


Figure 4

I-4.3-à excitation en série :

L'inducteur de ce moteur est en série avec l'induit : le courant d'induit est également le courant d'excitation.

On a :

- *Le schéma électrique équivalent :*

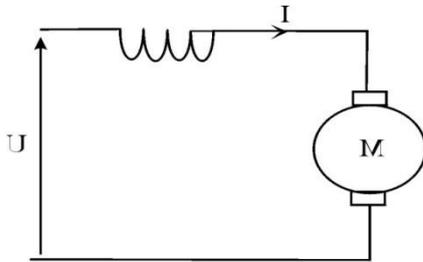


Figure 5

I-4.4-à excitation composée (compound) :

On trouve une partie des enroulements inducteurs en série et une partie en parallèle, utilisé pour laminoirs , appareils de levage .

- *Le schéma électrique équivalent :*

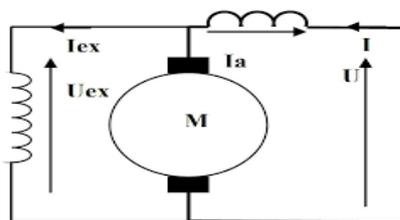


Figure 6

I-5-Les équations de base d'un moteur à c.c (excitation indépendante):

$$U_a = E + R_a \cdot I_a \dots \dots \dots (1)$$

$$E = P/a \cdot N \cdot n \cdot \phi = K \cdot \phi \cdot N \dots \dots \dots (2)$$

On remplace (2) dans (1) :

$$U_a = K \cdot \phi \cdot N + R_a \cdot I_a$$

U_a : la tension de l'induit .

I_a : Courant de l'induit .

ϕ : le flux d'inducteur .

N : vitesse angulaire.

R_a : résistance d'induit .

K : un coefficient constant .

$2p$: nombre totale des poles de l'inducteur.

$2a$: nombre de voix de l'enroulement d'induit .

n : nombre de brins actifs .

E : force électromotrice de moteur .

Si on néglige d'autre par le terme $R_a \cdot I_a$ la chute de tension ohmique ,le système devient :

$$U_a = K \cdot \phi \cdot N = E$$

Multiplications par les deux nombres de la relation.....(1) il vient :

$$U_a \cdot I_a = E \cdot I_a + R_a \cdot I_a^2$$

$P_a = U_a \cdot I_a$ et $P_j = R_a \cdot I_a^2$ représentant respectivement la puissance absorbée par l'induit et les pertes joules correspondantes.

En conséquence , la différence c'est la puissance électromagnétique, donne naissance au couple électromagnétique soit :

$$C_e = P_a / \omega = E \cdot I_a / 2\pi = K \cdot \phi \cdot I_a$$

En réalité le couple utile (Ou couple moteur) dont dispose sur l'arbre du moteur est légèrement inférieur au couple électromagnétique.

comporte, d'une part les pertes fer (hystérésis et Courant de foucault), d'autre part les pertes mécaniques (frottement et ventilation) dans la pratique ce couple dépend de la vitesse ,ne dépasse pas quelques pourcent du couple électromagnétique aussi peut on écrire la relation suivante :

$$C_m = C_e = K \cdot \phi \cdot I_a$$

Comme le flux est constant la relation devient :

$$C_m = C_e = K' \cdot I_a \quad (K' = K \cdot \phi)$$

Le couple utile d'un moteur à c . c est proportionnel au courant d'induit et du flux inducteur.

I-6-La caractéristique mécanique d'un moteur à C.C à excitation indépendante :

pour déterminer la caractéristique mécanique $C_m = f(N)$, il est intéressant de représenter au préalable les deux caractéristiques :

$$C_m = f(N) \text{ et } N = f(I)$$

Ces caractéristiques sont appelées électromécanique car elles établissent la relation entre grandeur mécanique et une grandeur électrique

$$C_m = K' \cdot I_a \text{ avec coefficient constant}$$

La caractéristique $C_m = f(I)$ est une droite passant par l'origine

D'après la relation: $U = E + R_a \cdot I_a$

On a:

$$U - R_a \cdot I_a = E = \frac{P \cdot N \cdot \phi}{a} = K \cdot N \cdot \phi$$

$$K = \frac{P \cdot N}{a}$$

D'où

$$N = \frac{U - R_a \cdot I_a}{K \phi} = \frac{1}{K \phi} (U - R_a \cdot I_a) = K_1 (U - R_a \cdot I_a)$$

$$K_1 = \frac{1}{K \phi}$$

Dans la pratique la chute de tension dans l'induit $R_a \cdot I_a$ faible par rapport à la tension appliquée U (soit 2 à 3 pour cent), aussi on conclut :

$$N = K_1 \cdot U$$

On détermine facilement la caractéristique mécanique, par l'élimination graphique de l'intensité entre deux caractéristiques électromécaniques, soit par calcul :

$$I_a = (U - N / K_1) / R_a$$

$$C_m = K' \cdot I_a$$

$$C_m = K' / R_a (U - N / K_1)$$

I-7-Démarrage d'un moteur à c.c :

I-7.1-Problème du couple et du courant :

Le démarrage d'un moteur à courant continu pose un problème de couple et un problème de courant. Comme le moment est proportionnel aux flux et au Courant. Soit ($C_e = K \cdot \phi \cdot I$) la solution consiste à faire en sorte que durant le démarrage le flux maximale et que la tension U aux bornes de l'induit soit suffisamment réduit pour que le courant dans l'induit soit supportable. La réduction de la tension aux bornes du moteur s'effectue généralement au moyen d'un rhéostat dit de démarrage qui est mis en série avec l'induit pour provoquer une chute de tension durant le démarrage. Pendant le fonctionnement normal le circuit est éliminé.

I-7.2-Rhéostat de démarrage :

Pour le démarrage d'un moteur à courant continu à un très appel du courant il faut connecter L'enroulement de l'induit directement à la source afin qu'il soit toujours sous la tension maximale. Le Rhéostat de démarrage, en série avec l'induit est généralement à plots. Le calcul de n de plots et des résistances entre plots se fait pratiquement ne tenant compte des deux conditions suivantes :

- l'intensité du courant ne doit pas dépasser une valeur maximale ,elle est généralement comprise entre ($I_d=2I_n$) pour éviter un échauffement exagéré
- L'intensité devenir inférieure à une valeur minimale il faut que le moment du couple moteur permette d'obtenir une accélération suffisante ($I_1 = 1,1 I_n$)

Au démarrage la F.E.M, (E) est nulle et il faut une résistance R_1 pour limiter l'intensité du courant à la valeur I_d .

$$E=0$$

$$E= U-R_1 \cdot I_d=0$$

$$U=R_1 \cdot I_d$$

$$I_d=U/R_1$$

On déduit donc ainsi R_1 est la valeur du rhéostat de démarrage à placer en série avec l'induit.

$$R_1=R_{ad1}+R_{ad2}+R_{ad3}.....$$

Au démarrage toutes les résistances sont branchées C_1, C_2, C_3 sont ouvertes le couple de démarrage $C_d=2C_n$.

Lorsqu'on alimente le circuit d'induit. la vitesse commence à augmenter jusqu'à une valeur correspondant au point 2; en shunt la résistance R_{ad1} par le contact C_1 le couple augmente jusqu'à $2C_n$.Donc on a le passage à une nouvelle caractéristique, puis la vitesse commence à augmenter suivant la droite (3-4) au point 4 en ferme le contact C_2 le moteur passe à la caractéristique suivant (5-6) après la fermeture du contact C_3 ; le moteur passe à la caractéristique naturelle et en obtient La Vitesse nominale qui correspond à la charge nominale.

I-8-Freinage:

Dans de nombreuses applications (traction, énergies de lavage.....) le problème de freinage est important. Certes, on peut toujours faire appel à des systèmes mécaniques, mais ceux-ci sont généralement Complexes et les organes de freinage (patins) s'usent rapidement.

C'est pourquoi ,on préfère utiliser une solution électrique qui consiste à transformer en énergie électrique l'énergie cinétique du moteur et de la machine entraînée. Le moteur étant alors

transforme en génératrice, le couple électromagnétique de la machine et le couple résistant de freinage.

Suivant la façon on utilise l'énergie électrique de freinage, on distingue les trois types de freinage suivant:

I-8.1-Freinage rhéostatique :

L'énergie est alors dissipée dans un rhéostat à cet effet, l'inducteur est toujours branché sur la ligne (alimentation à tension constant), on débranche l'induit et on le fait débiter dans un rhéostat en mettant l'interrupteur dans la position 2 le courant débité est donné par la loi d'Ohm :

$I = E / (R_a + R_h)$ désignant par R , la résistance de rhéostat d'adsorption. le couple de freinage est proportionnel à l'intensité ($C = K \cdot \phi \cdot I$), puisque le flux est constant, mais la F.e.m de la dynamo diminue au fur et à mesure que la vitesse décroît. Aussi, pour maintenir un couple de freinage suffisant, doit-on diminuer progressivement la résistance de rhéostat.

Ce procédé est très simple, mais il ne peut suffire à stopper la machine, en effet comme la résistance du circuit ne peut pas descendre au-dessous de R_a . L'intensité et le couple deviennent presque nuls quand la vitesse est faible.

C'est pourquoi, on doit ajouter à ce système un dispositif de blocage mécanique.

I-8.2-Freinage à contre courant :

Le freinage rhéostatique à l'inconvénient, de ne pas être assez efficace pour les applications (engins de lavage ...) qui nécessitent un arrêt brutal du déplacement de la charge.

Dans ce cas, on lui préfère de freinage à contre. il consiste à reverser le courant dans l'induit, en croisant les deux bornes de son alimentation, tout en maintenant le sens de courant dans l'inducteur

Une telle opération ne peut se faire que si l'on insère un rhéostat R_h dans le circuit du réseau, l'énergie globale fournie étant dissipée dans le rhéostat.

On a :

$$I = E / (R_a + R_h) \quad \text{avec} \quad C = K \cdot \phi \cdot I$$

Il est ainsi possible de à volonté le couple de freinage en modifiant l'intensité I par l'intermédiaire du rhéostat.

Si l'on compare ce procédé, on constate que le contrôle est beaucoup plus souple, mais qu'il est encore moins économique. En effet, non seulement l'énergie de freinage n'est pas récupérée, mais le réseau continue à fournir de l'énergie durant le freinage.

De plus, on doit s'assurer que l'alimentation est coupée dès que le moteur s'arrête car sans cette précaution celui-ci se remettrait en marche dans le sens inverse.

I-8.3-Freinage par récupération d'énergie :

Ce procédé consiste à transformer la F.E.M (E) du moteur en F.E.M de la génératrice et doit être supérieur à la tension d'alimentation.

$$E_m \Rightarrow E_G > U$$

Dans ces conditions le courant change de sens, le couple électromagnétique change le sens et il devient un couple résistant vu que le sens de rotation n'a pas changé et il commence à freiner la machine.

$$I_a = \frac{u + E_m}{R_a + R_h} \quad \text{avec} \quad C = K \cdot \phi \cdot I$$

I-9-Réglage de la vitesse d'un moteur à courant continu :

Pour qu'on puisse régler la vitesse du moteur à courant continu on doit tout d'abord connaître les relations de F.e.m et de la vitesse.

En application la 2^{ème} loi de « kirchoff » au circuit d'induit on aura les relations suivantes :

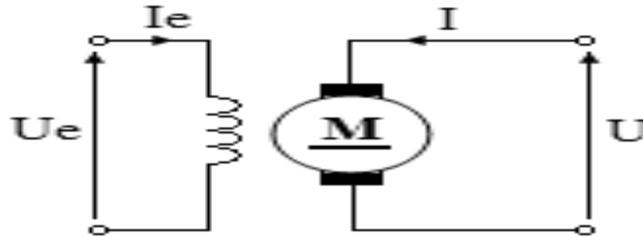


Figure7

$$U = R_a \cdot I_a + E$$

Avec :

$$E = K \cdot \phi \cdot \omega \quad (\omega = 2\pi N / 60)$$

Donc : la relation de la caractéristique de vitesse est donnée par :

$$\omega = \frac{U}{K\phi} - \frac{R_a \cdot I_a}{K\phi}$$

Sachant que la relation de caractéristique mécanique $\omega = f(\text{C})$

$$C = K \cdot \phi \cdot I$$

Donc on déduit la relation caractéristique mécanique en remplaçant dans celle de la vitesse ,le courant par couple et on aura :

$$\omega = \frac{U}{K\phi} - \frac{R_a \cdot C}{(K\phi)^2} \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

ω : vitesse de rotation du moteur(rad/s).

U : tension aux bornes de l'induit.

ϕ : le flux magnétique(wb).

I_a : le courant total dans l'enroulement d'induit.

I-10-Les différents modes de réglages de la vitesse :

il existe 3 modes de réglages de la vitesse d'un moteur à courant continu :

a / réglage par variation de flux .

b/ réglage par variation de la résistance .

c/ réglage par la variation de la tension .

I-10.1-Réglage par variation de flux :

Il est important de noter qu'un moteur doit tout absorber au réseau un courant important pendant son démarrage pour lui permettre de porter à la vitesse nominale toutes les masses qui sont initialement au repos

Dans ces conditions ,en vertu de la réaction du couple ($C=K\phi I$) , on a toujours intérêt à appliquer le flux maximal lors du démarrage. En suite, dès que la vitesse nominale sera atteinte , il sera possible de réduire le flux si on le soigne d'insérer dans le circuit de l'inducteur un rhéostat qui en court-circuite pendant le démarrage .

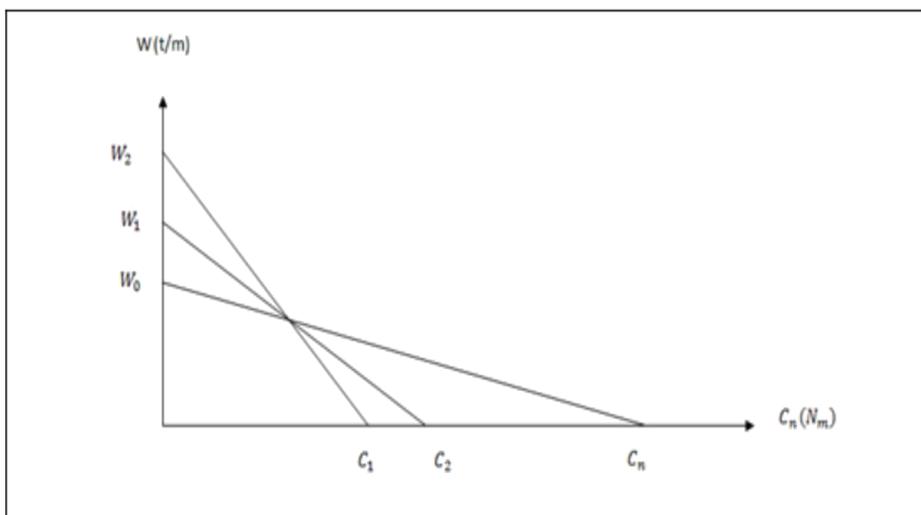


Figure8

I-10.2-Réglage par variation de la résistance (rhéostatique):

La tension et le flux étant fixés à leur valeur nominale ,on peut réduire la vitesse en augmentant la résistance de l'induit avec un rhéostat R_h branché en série avec l'induit .

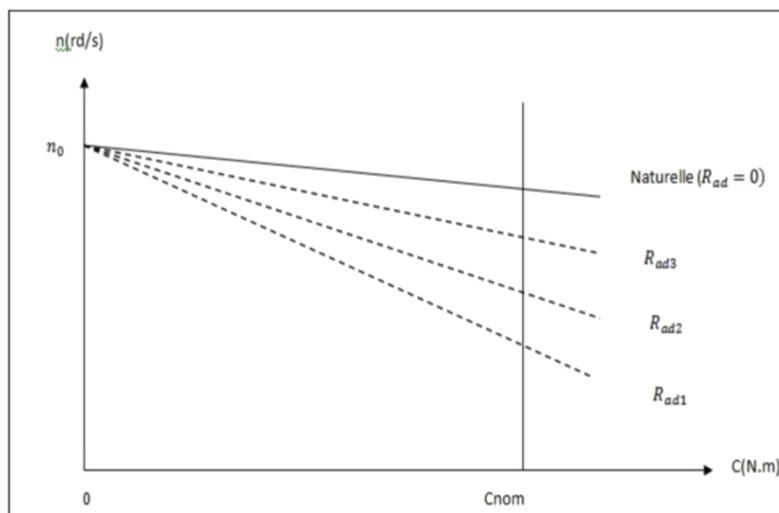


Figure 9

On a les relations suivantes :

$$\omega = \frac{U - (Ra + Rh)Ia}{K\phi} \quad \text{avec } C = K \cdot \phi \cdot Ia$$

$$\omega = \frac{U}{K\phi Ia} \quad \text{pour } c=0, \quad l=0, \quad (\text{vitesse de marche à vide idéal}).$$

$$\text{Pour } \omega=0, \quad Ia = \frac{U}{Ra + Rh}$$

On obtient ainsi un faisceau de droites concourantes . ce type de réglage est mauvais à la fois sur le plan technique et sur le plan économique .En effet , du point de vue technique , les caractéristique étant concourantes ,celle-ci deviennent de plus en plus « série » c'est-à-dire qu'avec une résistance insérée, la chute de vitesse augmente avec la charge .

Techniquement un bon réglage doit entrainer un déplacement des caractéristique parallèlement à la caractéristique d'origine .

I-10.3-réglage par la variation de la tension :

Ou règle le flux à sa valeur maximale en mettant le rhéostat de démarrage en court-circuit pour que le courant absorbée soit minimal ,on obtient ainsi la caractéristique à tension ω maximale .

Si le flux ϕ ne varie pas (cas d'un inducteur à aimant permanent, ou d'un inducteur à courant d'excitation constant).

Si l'on augmente ou diminue E_s , la vitesse du moteur augmente ou diminue à peu près dans les mêmes proportions.

En pratique, on peut réaliser cette variation en alimentant l'induit du moteur M avec une génératrice G de tension variable . La génératrice est entraînée par un moteur à courant alternatif Mc.a. qui reçoit son énergie du réseau.

On maintient l'excitation i_xM de l'inducteur du moteur M constante, alors que l'on fait varier celle de la génératrice. On peut même changer le sens de rotation du moteur en inversant la polarité de la tension E_s produite par la génératrice. Cette inversion de polarité est obtenue par simple inversion du courant d'excitation i_xG .

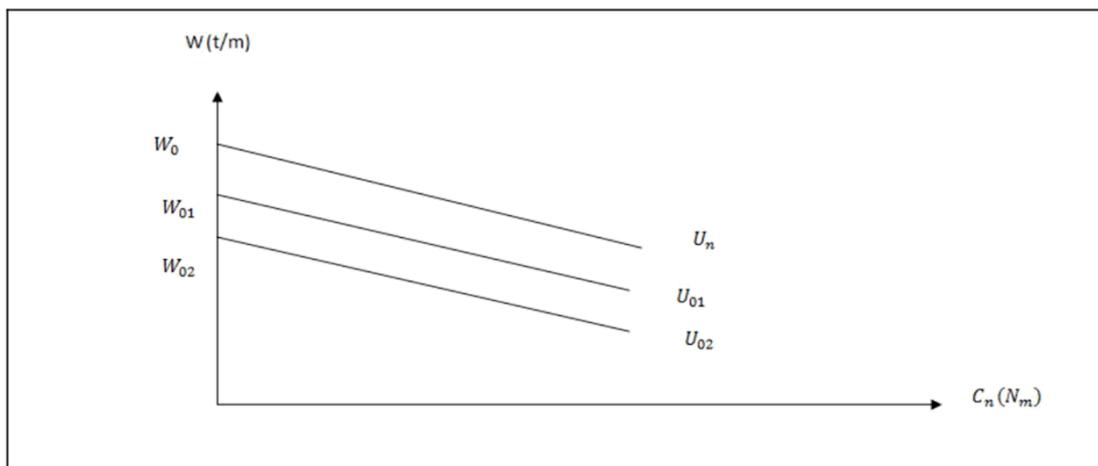


Figure 10

I-11- Zone de réglage :

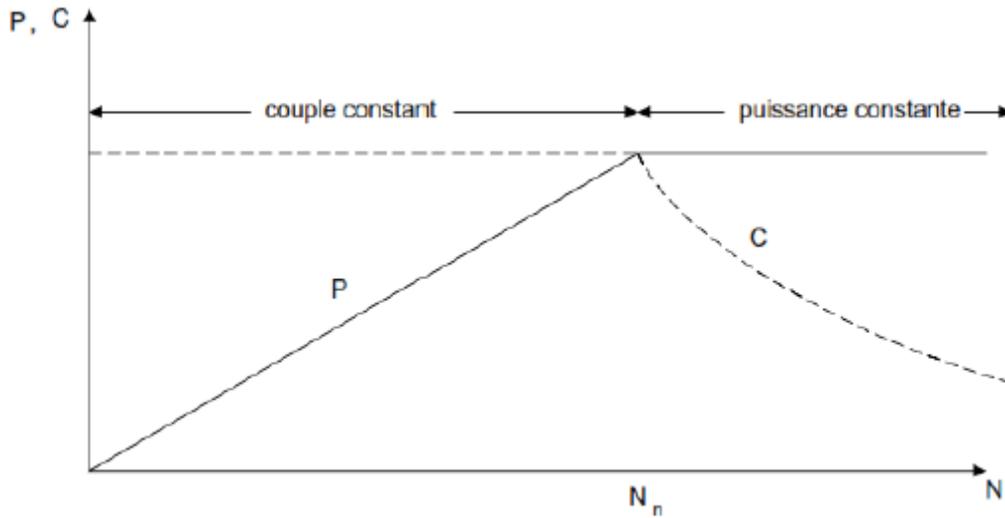


Figure11

Il existe deux zones de réglages:

Zone1:

U :var ϕ :const

P :var C :const

$$P=C*\omega.$$

Zone2:

ϕ :var C :const

$$C=K\phi I.$$

$$K\phi = \frac{U - R_{ind} * I}{\omega}$$

$$C = \frac{(U - R_{ind} * I)}{\omega} I$$

$$C = \frac{UI - R_{ind} * I^2}{\omega} = P_{ém} / \omega$$

$$C = A / \omega$$

$$D'où: P = C * \omega; P = A / \omega * \omega = A$$

Chapitre II

Les convertisseurs

II-1-Généralités :

Les éléments de puissance (tels que :le transistor ;la diode ;le thyristor ...) permettent de réaliser des montages concertés pour une conversion d'énergie basée sur des systèmes statiques appelés convertisseurs.

Donc les convertisseurs statiques ne sont que des composants électriques à base de semi conducteurs capables de modifier la tension ou la fréquence de l'onde électrique.

II-2-Types des convertisseurs :

On distingue quatre types de convertisseurs :

- *Convertisseur alternatif-continu (redresseur).*
- *Convertisseur continu-continu (hacheur) .*
- *Convertisseur continu-alternatif (onduleur).*
- *Convertisseur alternatif-alternatif (gradateur).*

II-2.1-Les redresseurs :

Les redresseurs est un dispositif qui convertit une tension alternative à l'entrée en une tension continue à la sortie, le redresseur également appelé convertisseur alternatif-continu est destiné à alimenter une charge de type continu, qu'elle soit résistive, inductive ou avec FEM à partie d'une source alternative.

Les petits redresseurs sont essentiellement réalisés de diodes et de thyristors, les derniers ne sont utilisés que s'il est nécessaire de faire varier les grandeurs électriques en sortie du convertisseur.

En générale, la tension est constante, parfois un signal de commande permet de faire varier la tension de sortie d'une manière continue; les redresseurs fonctionnent en commutation naturelle C'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire de prévoir d'artifice particulier pour bloquer les semi-conducteur à la fin de leurs intervalles normaux de conduction.

L'entrée du convertisseur de redressement est à courant alternatif de fréquence constante tandis que la sortie est à courant continu de fréquence nulle. La de semi-conducteur vis-à-vis de leurs polarisations fait que le courant de sortie du redresseur ne circuler que dans une seule direction.

IL EXISTE TROIS TYPES DE REDRESSEMENT :

- *Redressement non commandé.*
- *Redressement semi-commandé.*
- *Redressement complètement commandé.*



Figure12

II-2.2-Les Hacheurs :

Les hacheurs sont les convertisseurs statiques qui permettent le transfert de l'énergie électrique d'une source continue vers une autre source continue. (Ils sont l'équivalents des transformateurs en alternatif).

Aussi le **convertisseur continu - continu**, est un dispositif de l'électronique de puissance mettant en œuvre un ou plusieurs interrupteurs électroniques commandés, ce qui permet de modifier la valeur de la tension (moyenne) d'une source de tension continue avec un rendement élevé.

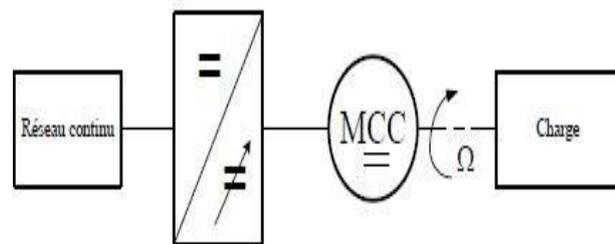


Figure13

II-2.3-Les onduleurs :

Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de générer des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique de tension ou de fréquence différente. C'est la fonction inverse d'un redresseur.



Figure14

Le principe :

Les onduleurs sont basés sur une structure en pont en H, constituée le plus souvent d'interrupteurs électroniques tels que les IGBT, transistors de puissance ou thyristors. Par un jeu de commutations commandées de manière appropriée (généralement une modulation de largeur d'impulsion), on module la source afin d'obtenir un signal alternatif de fréquence désirée.

Il existe différents types d'onduleurs :

- les onduleurs de tension et les onduleurs de courant ;
- les onduleurs autonomes et les onduleurs non autonome.

II-2.4-Les gradateurs :

Un gradateur est un appareil électronique destiné à faire varier la puissance délivrée à un autre appareil : un éclairage (projecteurs de scène, par exemple). C'est donc un dispositif de l'électronique de puissance, qui fonctionne en modulant la forme du signal électrique afin de faire varier la tension et l'intensité de sortie délivrés à l'appareil utile, nommé la charge. Le gradateur diminue la puissance délivrée à la charge, en comparaison d'un circuit sans gradateur. Ce dispositif est utilisé sur des tensions alternatives (souvent sinusoïdales) : c'est un convertisseur direct alternatif-alternatif.



Figure15

Le principe :

Le gradateur peut utiliser un triac pour faire varier la tension efficace en sortie du montage.

Pour les équipements de forte puissance les gradateurs peuvent être réalisés par des groupes de thyristors montés en anti- parallèle, ou bien éventuellement, par des associations thyristors-diodes dans le cas de raccordement à des réseaux polyphasés.

Un groupe de thyristors monté en anti- parallèle consiste en deux thyristors identiques montés tête-bêche, l'anode de l'un étant raccordé à la cathode de l'autre. Un des thyristors se charge du contrôle des alternances positives, l'autre du contrôle des alternances négatives. Le triac est un cas particulier de ce montage, pour lequel les gâchettes des deux thyristors sont reliées ensemble.

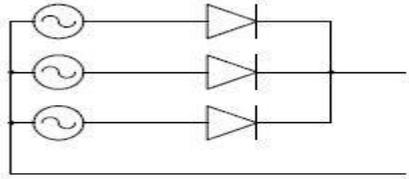
Pour notre cas on a utilisé un redresseur triphasé :

Ce sont les plus répandus dans les applications industrielles puisqu'ils partent

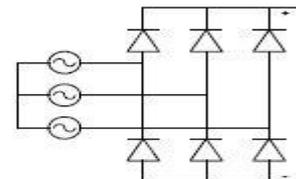
directement de la tension du réseau (avec ou sans transformateur). Ils sont monophasés ou triphasés selon la puissance du moteur.

II-3-Les différents types des redresseurs :

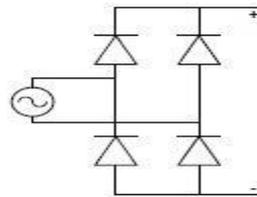
II-3.1-Les redresseurs non commandé : Ces ponts ne délivrent qu'une tension de sortie fixe, et ne seront donc pas utilisés pour faire la variation de vitesse pour les MCC. Ces redresseurs ne sont composés que de diodes.



Le pont simple triphasé PS3

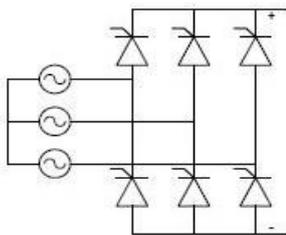


Le pont double triphasé PD3

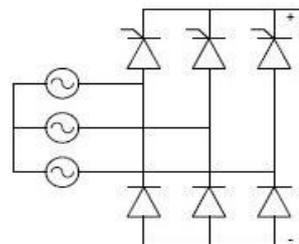


Le pont double monophasé PD2

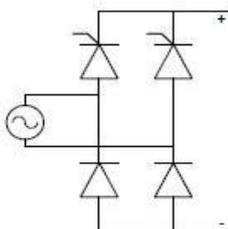
II-3.2-Les redresseurs commandés : Ces redresseurs permettent de faire varier la tension efficace avec, soit des diodes et des thyristors, soit seulement des thyristors.



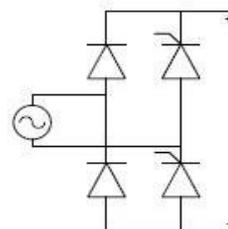
Le pont tout thyristor triphasé PT3



Le pont mixte triphasé PM3



Le pont mixte symétrique monophasé



Le pont mixte asymétrique monophasé

II-4-Montage alimenté en triphasé:

Le redresseur commandé (essentiellement à thyristors) assure directement la conversion de l'énergie alternative en continu. Il délivre une tension légèrement ondulée dont la valeur moyenne U est réglable, le redresseur est alimenté en triphasé

On utilise les montages en pont pour éviter l'emploi d'un transformateur. Il y'a deux possibilités :

- Pont complet à six thyristors.
- Pont mixte (3 thyristors et 3 diodes.) Le montage mixte est le plus économique, mais ses performances sont si mauvaises qu'on utilise le plus souvent le pont tout thyristors.

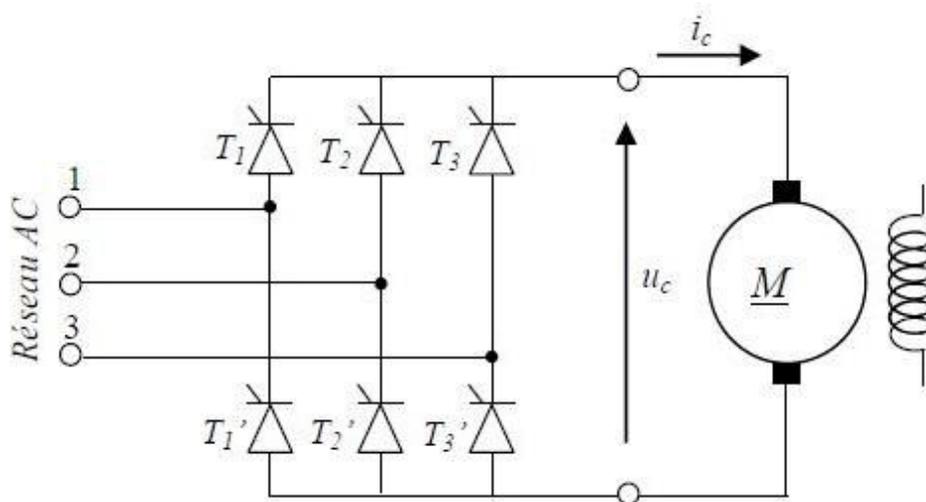


Figure16: Machine alimentée par un redresseur entièrement commandé.

- Interrupteurs unidirectionnels en courant (machine non réversible en couple)
- Un seul sens de rotation
- Deux quadrants de fonctionnement (n°1 et n°2)
- Freinage statique (moteur sens direct = génératrice sens inverse).

II-5-La courbe :

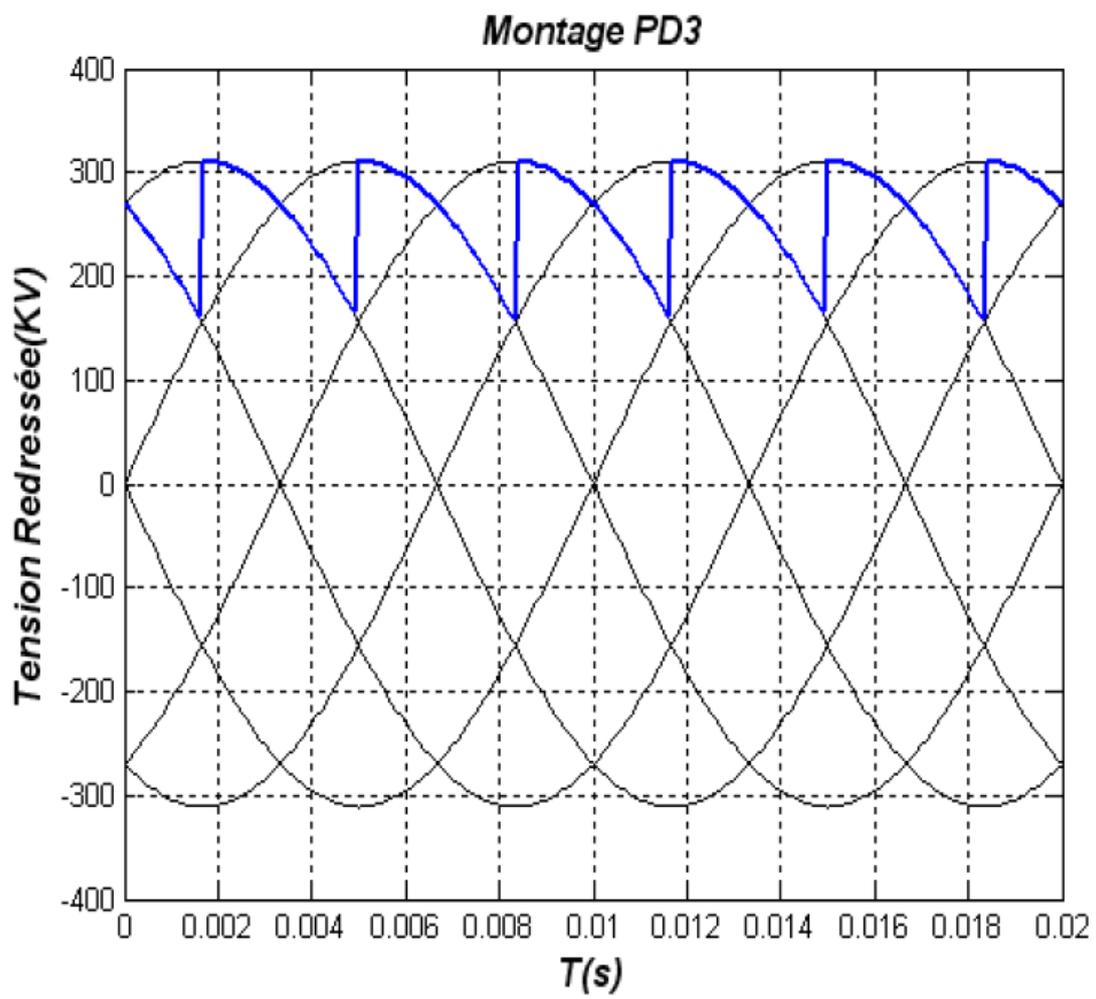


Figure17 :forme d'onde de la tension redressée

Chapitre III

La protection des moteurs à C.C

III-Les problèmes :

III-1-La surcharge :

La surcharge est due au passage d'une intensité trop importante par rapport au diamètre des conducteurs. On peut distinguer deux sortes de surcharge : les surcharges normales et les surcharges anormales.

Les surcharges normales apparaissent lors de la mise en marche de moteurs, de transformateurs ou de tubes fluorescents. Il se produit alors une surintensité égale à plusieurs fois l'intensité normale consommée par ces appareils, mais a pointe est de courte durée, donc normale et non dangereuse.

Les surcharges anormales se produisent, par exemple, lorsque l'on raccorde trop d'appareils sur une même ligne. Les conséquences sont alors identiques à celles d'un court-circuit, à savoir : échauffement des conducteurs, destruction de l'isolant et échauffement des supports. L'intensité est évidemment inférieure à celle d'un court-circuit mais le phénomène pouvant durer, le danger d'incendie est non négligeable.

III-2-Le défaut d'isolement :

Le défaut d'isolement est dû à un endommagement de l'isolant sur un ou plusieurs conducteurs de phase. Un défaut sur plusieurs conducteurs peut se traduire par un court-circuit direct. Ce problème peut se produire au niveau des lignes de l'installation mais aussi sur des appareils ménagers si le conducteur endommagé vient toucher la carcasse métallique de l'appareil. Le plus souvent, le courant dont vous disposez provient d'un réseau avec neutre à la terre. Si l'isolant d'un conducteur de phase est endommagé et qu'il entre en contact avec la terre, il va directement rejoindre le potentiel de neutre, d'où une sorte de court-circuit à travers la terre. Grâce à sa fonction différentielle, le disjoncteur d'abonné élimine ce risque en coupant l'alimentation générale de l'installation lorsque la perte de courant dépasse un certain seuil.

III-3-La surtension :

Les surtensions les plus importantes sont produites par l'électricité atmosphérique, c'est-à-dire la foudre. Elle peut tomber directement sur une ligne aérienne, ce qui est assez rare. Elle crée alors une surtension qui peut atteindre 5 millions de volts et qui se déplace sur la ligne à la vitesse de la lumière. Elle peut aussi, en tombant à proximité d'une ligne et par effet magnétique, créer une surtension qui peut dépasser 400 000 volts et se propager dans les lignes.

III-4-Le court circuit :

En courant alternatif, un court-circuit est dû à un contact accidentel entre phase et neutre ou, dans le cas d'une installation en triphasé, entre deux phases.

En continu, un court-circuit se produit lorsque les deux polarités entrent en contact. Ce phénomène peut être provoqué par le branchement d'un appareil défectueux par une ampoule électrique qui "grille" par la présence d'eau sur les lignes électriques, etc.

III-5- Les solutions :

III-5-1-Protection contre les courts-circuits :

Tous les disjoncteurs sont testés pour résister aux courts-circuits, mais la sévérité d'un court-circuit dépend de l'endroit dans lequel il est placé dans le circuit électrique en question.

Tous les types de disjoncteurs ne sont pas nécessairement capables de fonctionner après une ouverture sur un court-circuit.



Figure18

III-5-2-Protection contre les surcharges:

Les surcharges sont de courte ou de longue durée. Les éléments de protection sélectionnés ne doivent pas déclencher sur un courant de surcharge momentané si celui-ci est un événement normal dans l'équipement à protéger. Un autre type de pointe de courant temporaire est le courant de démarrage des moteurs. Les courants de démarrage de la plupart des moteurs, spécialement de ceux qui démarrent sous charge, montent à des valeurs multiples que son courant nominal pendant plusieurs minutes sans interruption et le disjoncteur ne doit pas déclencher sous ces conditions.

Par contre lorsque la surcharge reste présente plus longtemps que normalement, le disjoncteur doit déclencher pour éviter une surchauffe et un endommagement. La propriété de faire la différence entre des surcharges nocives ou normales est donnée au disjoncteur par la courbe de déclenchement.

III-5-3-Les disjoncteurs :

Les disjoncteurs sont utilisés de manières variées et très différentes. Ils sont montés sur des panneaux de commande pour la protection des câblages des circuits dérivés et directement dans les équipements pour les protéger. Avec cette variété d'applications, ce n'est pas une surprise que ces disjoncteurs doivent aussi bien assurer la protection contre les surcharges et les courts-circuits .Couper un courant de court-circuit uniquement limité par la résistance en ligne est un test sévère pour le disjoncteur et si le pouvoir de coupure de celui-ci n'est pas adapté à l'application, il peut littéralement exploser. Les courants de surcharge peuvent atteindre des valeurs de 2 à 5 fois la valeur du courant nominal du disjoncteur et sont traités différemment du courant de court-circuit. Très souvent le disjoncteur doit supporter ce courant de surcharge durant une durée appréciable .

Description des disjoncteurs:

Les disjoncteurs hauts tension sont composés des éléments à savoir :

1. Châssis de base.
2. le pôle :
 - a) La chambre de coupure.
 - b) Isolateur-support.
3. la commande.

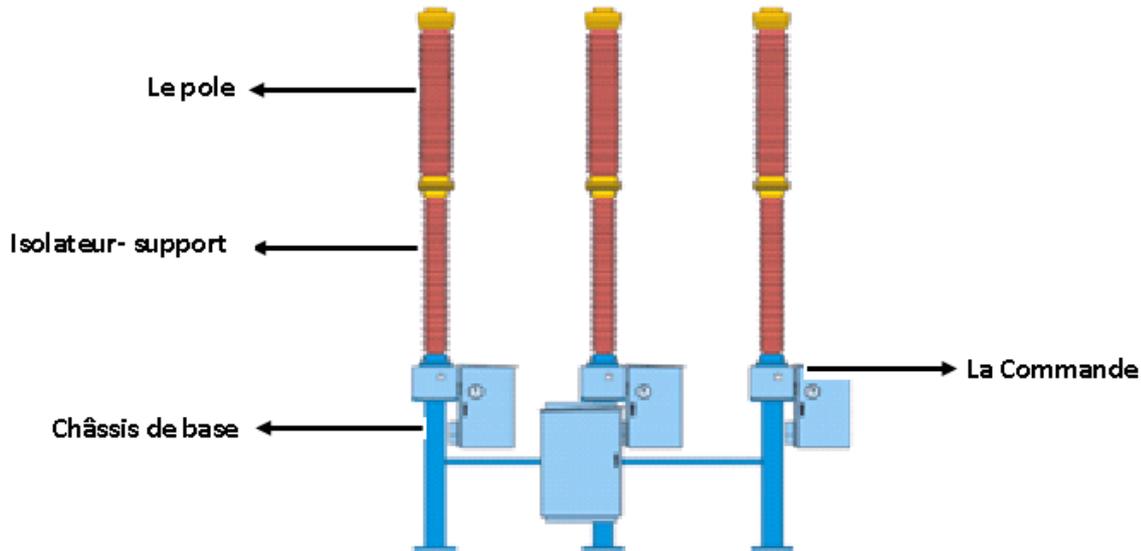


Figure19

III-5-3.1-Le disjoncteur à protection thermique (TO) :

Dans les disjoncteurs munis d'un système de déclenchement thermique la temporisation de déclenchement dépend de la hauteur de la surcharge. Plus le courant de surcharge est élevé, plus rapidement le bilame atteint sa température de déclenchement. En cas de faible surcharge le temps de déclenchement est relativement élevé. Dans ce cas la séparation galvanique du circuit protégé est retardée.

Les disjoncteurs thermiques sont utilisés lorsqu'il s'agit uniquement de protéger l'utilisateur contre les surcharges.

Disjoncteurs à protection thermique, protection idéale pour les moteurs, les transformateurs, les vannes magnétiques, les circuits de bord dans les véhicules, les avions ou les bateaux ainsi que les lignes basse-tension.



Figure20

III-5-3.2-Le disjoncteur à protection magnéto -thermique (TM) :

Dans les disjoncteurs munis d'un système déclenchement magnéto -thermique le déclenchement est commandé soit par une force électromagnétique, soit par la déviation du bilame due à une surchauffe de celui-ci. La partie thermique du disjoncteur protège l'utilisateur en cas de surcharge avec déclenchement retardé.

La partie magnétique du disjoncteur provoque le déclenchement quasi immédiat de celui-ci en cas de forte surcharge ou de court-circuit, la séparation galvanique du circuit protégé se fait en l'espace de quelques millisecondes.

Disjoncteurs à protection magnéto -thermique, protection idéale pour les appareils et les installations électriques dans l'industrie de la télécommunication et de la transmission de données, pour les commandes à microprocesseurs ainsi que tous les autres cas d'utilisation demandant une réaction rapide en cas de forte surcharge ou de courts-circuits.



Figure21

III-5-3.3-Le disjoncteur à protection magnétique (MO) :

Les disjoncteurs munis d'un système de déclenchement purement magnétique sont extrêmement rapides. En cas de court-circuit le circuit protégé est interrompu quasi instantanément. Le système de déclenchement est uniquement composé d'un électro-aimant commandant le disjoncteur.

Le déclenchement d'un disjoncteur magnétique dépend de la variation temporelle de la force magnétique et du champ magnétique.

Disjoncteurs à protection magnétique, protection idéale pour les circuits imprimés (protection contre la rupture de piste en cas de court-circuit) ou les semi-conducteurs.



Figure22

III-5-3.4-Le disjoncteur à protection hydrau-magnétique (HM) :

Dans les disjoncteurs munis d'un système de déclenchement hydrau-magnétique le déclenchement est commandé par une combinaison entre un électro-aimant et un système de temporisation hydraulique.

L'électro-aimant réagit pratiquement instantanément aux hautes surcharges et aux courts-circuits et provoque la coupure du circuit protégé en l'espace de quelques millisecondes. Le système de temporisation hydraulique permet une coupure retardée en cas de faibles et de moyennes surcharges.



Figure23

CONCLUSION :

Dans ce contexte ,le travail traité dans ce mémoire Fait intervenir d'une part la caractéristique spécifique des composants utilisés dans la construction des interrupteurs statiques ,d'autre part cette étude nous a permis de mieux connaître l'association convertisseur statique moteur à courant continu du point de vue conception et commande .

La machine est alimentée par un redresseur triphasé à thyristors en pont PD3, par ailleurs, a travers la modélisation du comportement de la machine à courant continu on a pu fixés description qui permettras de faciliter le choix de l'ensemble convertisseur-machine et permettant de faire évaluer les caractéristique de l'entraînement selon les exigences.

La structure proposé pour la régulation de vitesse de l'entraînement présente des performances dynamiques satisfaisantes ou es perturbations sont régentée.

Ainsi ce travail nous été très bénéfique , il nous approfondir notre connaissance dans le domaine de l'électronique de puissance , machine à courant continu , les régulateurs , et le réglage de vitesse du moteur à courant continu.

Bibliographie :

_Mémoire de master (**Commande d'un moteur à c.c par un PD3 "lotfi et lakhder"**).

_Livre (**Le grand livre de l'électricité « Thierry Gallauziaux et David Fedullo »**).

_Mémoire de master (**LA VARIATION DE VITESSE D'UNE MCC EN UTILISANT UN PONT À THYRISTORS TRIPHASÉ "ABBOUNA_YACINE" PDF**).

_La courbe de PD3 de mémoire (**Effet du phénomène de bifurcation du transport « HVAC-HVDC » sur la qualité de l'énergie électrique transmise « boumilek Radia »**).