



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique



Université d'EL-Oued
Faculté des Sciences et de Technologie

Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et de Technologie
Filière: Génie Électrique
Spécialité: Contrôle et Diagnostic des Systèmes Électriques

Thème

Modélisation et simulation de la machine
à courant continu alimentée par un
hacheur

Dirigé par:
Mr :Allal Abderrahim

Réalisé par:
Zekkour Mohammed Salem
Kouider Mohammed

Soutenu 04 Juin 2013

Sommaire

Dédicaces.....	I
Remerciement	II
Liste des symboles.....	III
Liste des Figures.....	IV
Résumé.....	V
Introduction générale.....	VI

CHAPITER I

GENERALITE SUR LA MACHINE A COURANT CONTINU

I-1INTRODUCTION.....	2
I-2 STRUCTURE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU.....	2
I-2-1 Phénomène d'induction	3
I-3 LA MACHINE A COURANT CONTINU ET SES PRINCIPAUX ELEMENTS.....	3
I-4 EQUATIONS GENERALE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU	4
I-4-1 Equations des tensions.....	4
I-5 PHENOMENE DE COMMUTATION DE LA MACHINE A COURANT CONTINU	5
I-5-1 Commutation simple.....	5
I-5-2 Commutation multiple.....	5
I-6 LES MACHINES A COURANT CONTINU EN FONCTIONNEMENT MOTEUR...	6
1-6-1 Symboles.....	7
I-6-2 Constitution.....	7
I-6-3 Mise en équation du moteur à CC	8
I -6-4 Caractéristiques usuelles d'un moteur à CC.....	9
I-6-5 Les différents types de moteur à courant continu	10
I-6-5-1 Moteur série	10
I-6-5-2 Moteur shunt.....	11
I-6-5-3 Moteur composé (compound).....	12
I-6-5-4 Moteur à aimant permanent.....	12
I -7 HACHEURS	13
I -7-1 Hacheur série.....	14
I -7-2 Hacheur parallèle.....	16
I-8	18
CONCLUSION.....	

CHAPITER II

MODELISATION ET SIMULATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU

ALIMENTEE PAR UN HACHEUR

II.1 INTRODUCTION.....	19
II.2 SIMULATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU EXCITATION SEPARÉE.	20
II.2.1 Fonction de transfert de la machine à courant continu	20
II.2.2Le schéma bloc du moteur	21
II.2.3 Les paramètres du moteur.....	21
II-2-4-Les résultats de	21

simulation.....	
II-2-5-Interprétation.....	24
II-3-SIMULATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU EXCITATION SHUNT...	25
II-3-1-Fonction de transfert.....	25
II-3-2-Le schéma bloc du moteur.....	26
II-3-3-Les paramètres du moteur	26
II-3-4-Les résultats de simulation shunt.....	26
II-3-5-Interprétation	28
II-4- SIMULATION DU MOTEUR A COURANT CONTINU EXCITATION SERIE....	29
II-4-1-Equations électriques	29
II-4-2-Equations mécaniques	29
II-4-3-Schéma bloc du moteur série	29
II-4-4-Résultats de simulation MCC série.....	30
II-4-5-Interprétation	31
II-5 - simulation du la MCC excitation séparé alimentée par hacheur.....	31
II-5 -1) Le schéma bloc du moteur	31
II-5 -2) Les paramètres du moteur.....	31
II-5 -3) Les résultats de simulation.....	31
II-6 - simulation du la MCC excitation série alimentée par hacheur.....	35
II-6 -1) Le schéma bloc du moteur.....	35
II-6 -2) Les paramètres du moteur.....	36
II-6 -3) Résultats de simulation MCC série	36
II -7- simulation du moteur à courant continu excitation shunt alimentée par hacheur....	37
II -7-1) Le schéma bloc du moteur.....	37
II -7-2) Les paramètres du moteur.....	38
II -7-3) Résultats de simulation	38
II -8- CONCLUSION.....	39
CONCLUSION GENERALE	
ANNEXE	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	

Dédicaces

Nous consacrons CE MODESTE TRAVAIL A :

Nos chers parents

Nos pères et nos mères

Nos sœurs et nos frères

Toute nos familles

Tous nos amis

*Tous les enseignants qui m'ont aidé de proche ou de loin pour
être un jour licencié d'électrotechnique.*

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout premièrement Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience , qu'il nous a donné durant toutes ces longues années .

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Allal Abderrahim a pour avoir d'abord proposée ce thème, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessée de nous donner ses conseils.

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants et le chef de département d'Electrotechnique qui a contribué à notre formation par ailleurs, Nos remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

Liste des symboles

u :	Chute ohmique interne de la machine (V).
h_t :	Chute de tension totale dans la machine (V).
h_m :	Chute due à la réaction magnétique d'induit (V).
C_e :	Couple électromagnétique (N.m).
C_f :	Couple de frottement (N.m).
I_M :	Courant de moteur (A).
K :	Constant
C_r :	Couple résistant (N.m).
I_a :	Courant dans l'induit (A).
k' :	Est appelée constante interne de la machine
E'_v :	f.e.m à vide (V).
E_v :	f.c.e.m à vide (V).
E_{ch} :	f.c.e.m en charge (V).
Φ :	Flux par pôle (tesla)
E' :	Force électromotrice (f.e.m) (V).
E :	Force contre électromotrice (f.c.e.m) (V).
G :	Générateur
L :	Inductance (h).
L_a :	Inductance de l'induit (h).
L_e :	Inductance de l'inducteur (h).
M :	Moteur à courant continu
J :	Moment d'inertie (kgm^2).
p :	Opérateur de Laplace
R_e :	Résistance de l'inducteur (Ω).
R_{ex} :	Résistance d'excitation (Ω).
R :	Résistance (Ω).
r_a :	Résistance interne de l'induit (Ω).
R_a :	Résistance de l'induit (Ω).
U_a :	Tension de l'induit (V).
U_e :	Tension d'excitation (V).
Ω ou w :	Vitesse de rotation (rad/s)

Liste des Figures

Figure I.1	<i>Vue éclatée d'une machine à courant continu</i>	2
Figure I.2	<i>Machine à courant continu à 2 pôles et 18 encoches</i>	3
Figure I.3	<i>Schémas équivalents de la machine à courant continu</i>	4
Figure I.4	<i>Commutation simple</i>	5
Figure I.5	<i>Commutation multiple</i>	6
Figure I.6	<i>Symbole de moteur à courant continu</i>	7
Figure I.7	<i>Schéma électrique équivalent de l'induit du moteur à courant continu</i>	7
Figure I.8	<i>Schéma électrique équivalent de l'inducteur du moteur à courant continu</i>	7
Figure I.9	<i>Moteur série</i>	10
Figure I.10	<i>Moteur shunt</i>	11
Figure I.11	<i>Schéma des connexions d'un moteur compound avec pôles de commutation</i>	12
Figure I.12	<i>hacheur quadripôle</i>	14
Figure I.13	<i>structure du hacheur série</i>	14
Figure I.14	<i>Formes d'ondes</i>	15
Figure I.15	<i>Structure du hacheur parallèle</i>	16
Figure I.16	<i>Formes d'ondes</i>	17
Figure II.1	<i>Le schéma bloc de la MCC à excitation séparée</i>	21
Figure II.2	<i>Le couple du MCC excitation séparée</i>	21
Figure II.3	<i>La vitesse du MCC excitation séparé en vide</i>	22
Figure II.4	<i>La courant du MCC excitation séparé en vide</i>	22
Figure II.5	<i>La vitesse du MCC excitation séparée en charge</i>	23
Figure II.6	<i>Le couple du MCC excitation séparée en charge</i>	23
Figure II.7	<i>Le courant du MCC excitation séparée en charge</i>	24
Figure II.8	<i>Le schéma bloc de la machine à courant continu shunt</i>	26
Figure II.9	<i>La vitesse du MCC shunt en vide</i>	26
Figure II.10	<i>Le couple du MCC shunt en vide</i>	27
Figure II.11	<i>Le courant du MCC shunt en vide</i>	27
Figure II.12	<i>La vitesse du MCC shunt en charge</i>	27

Figure II.13	<i>Le couple du MCC shunt en charge.....</i>	<i>28</i>
Figure II.14	<i>Le courant du MCC shunt en charge.....</i>	<i>28</i>
Figure II.15	<i>Le schéma bloc de la machine à courant continu série.....</i>	<i>29</i>
Figure II.16	<i>Le courant du MCC série</i>	<i>30</i>
Figure II.17	<i>Le couple du MCC série.....</i>	<i>30</i>
Figure II.18	<i>La vitesse du MCC série.....</i>	<i>30</i>
Figure II.19	<i>Le schéma bloc de la MCC séparée alimentée par hacheur.....</i>	<i>31</i>
Figure II.20	<i>La vitesse du MCC excitation séparée en vide.....</i>	<i>32</i>
Figure II.21	<i>Le courant du MCC excitation séparée en vide</i>	<i>32</i>
Figure II.22	<i>La tension de source sans lissage.....</i>	<i>32</i>
Figure II.23	<i>La tension de source avec lissage.....</i>	<i>33</i>
Figure II.24	<i>Le couple du MCC excitation séparée en vide.....</i>	<i>33</i>
Figure II.25	<i>la vitesse avec variation l'ampulion du MCC.....</i>	<i>33</i>
Figure II.26	<i>La vitesse du MCC excitation séparée en charge.....</i>	<i>34</i>
Figure II.27	<i>Le courant du MCC excitation séparée en charge.....</i>	<i>34</i>
Figure II.28	<i>Le couple du MCC excitation séparée en charge.....</i>	<i>34</i>
Figure II.29	<i>La tension de source avec lissage.....</i>	<i>35</i>
Figure II.30	<i>Le schéma bloc de la MCC série alimentée par hacheur.....</i>	<i>35</i>
Figure II.31	<i>La vitesse de MCC excitation série</i>	<i>36</i>
Figure II.32	<i>Le courant de MCC excitation série.....</i>	<i>36</i>
Figure II.33	<i>Le couple de MCC excitation série.....</i>	<i>37</i>
Figure II.34	<i>Le schéma bloc de la MCC shunt alimentée par hacheur.....</i>	<i>37</i>
Figure II.35	<i>La vitesse de MCC excitation shunt.....</i>	<i>38</i>
Figure II.36	<i>Le courant de MCC excitation shunt.....</i>	<i>38</i>
Figure II.37	<i>Le couple de MCC excitation shunt.....</i>	<i>38</i>
Figure II.38	<i>La tension avec lissage de MCC excitation shunt.....</i>	<i>39</i>

Résumé

Les machines électriques est constutie deux parties (types) ,machines a courant alternative et machines a courant continu .

La machine à courant continu est une machine électrique tournante qui fonctionne, comme son nom l'indique, à partir de tensions et de courants continus.

Les machines électriques à courant continu tournantes sont des convertisseurs d'énergie. Lorsqu'elles transforment de l'énergie électrique en énergie mécanique, on dit qu'elles fonctionnent en moteur. En revanche, si elles transforment l'énergie mécanique apportée par une autre machine en énergie électrique, on dit qu'elles fonctionnent en génératrice .

Ce présent travail est consacré à l'étude la modélisation et simulation de la machine à courant continu en cas moteur alimenté par hacheur .

Introduction générale

Le monde industriel a été dominé pendant longtemps par les machines à courant continu. Grâce à leurs avantages relatifs qu'elles présentent par rapport à d'autres types des machines (machines à courant alternatif), les machines à courant continu sont largement employées dans plusieurs domaines de l'industrie, elles sont les plus utilisées pour la réalisation d'entraînement réglé avec un niveau de performance très élevé et une normalisation quasi complète des circuits de réglage.

Les machines à courant continu sont des machines tournantes qui sont réversibles c'est-à-dire qu'elles peuvent fonctionner indifféremment soit comme réceptrice (moteur) soit comme génératrice (dynamo) , on peut réaliser cette réversibilité à l'aide des deux techniques de commande , la plus ancienne c'est le groupe Ward léonard (convertisseur électrique) , qui représente une grande performance et surcharge ; Et la nouvelle technique grâce à la découverte des semi-conducteurs (thyristors) éléments répandant parfaitement aux exigences industrielles. A partir de 1960 environ les semi-conducteurs furent introduits dans le domaine de l'électronique industrielle, et permettent de réaliser des dispositifs de plus en plus complexes destinés à l'automatisation de processus industriels .

Le premier chapitre sera l'étude théorique de la machine à courant continu. Il constitue un rappel des généralités sur ces machines, on donnant la structure, le phénomène d'induction les différents types selon quelques critères (la puissance, le mode d'excitation) et structure de le convertisseur DC/DC (hacheur) .

Le deuxième chapitre sera une partie de la modélisation et de la simulation de quelques types du moteur à courant continu (moteur à courant continu à excitation séparée et série et shunt), dans ce chapitre on donne le modèle de ces moteurs à partir la transformation de LAPLACE des équations électriques et mécanique, on forme les schémas bloc qui nous permet d'extraire les caractéristiques de ces moteurs (la vitesse, le couple utile et le courant) et simulation de MCC alimentée par un hacheur dans les montages(excitation séparé ,série , shunt) on utilisant le programme MATLAB/SIMILINK .

Chapitre un

Généralité sur la machine à courant continu alimentée par un hacheur

I-1 INTRODUCTION

Le premier moteur à courant continu a été réalisé en 1836. Cette technologie a été beaucoup utilisée depuis pour toutes les applications à vitesse variable, en particulier pour les véhicules électriques comme pour les machines-outils. Ils sont fabriqués dans une très large plage de puissance, de $\sim 0,1$ W à ~ 4 MW.

Les machines à courant continu sont très utilisés de nos jours, notamment dans les applications automobile, dans des applications de faible puissance utilisant des batteries (moteur de jouet) ou encore pour la traction électrique, et très utilisée comme moteur à vitesse variable dans une gamme de puissance allant de quelques milliwatts à plusieurs mégawatts.

Ce premier chapitre rappelle sur les machines à courant continu en fonction d'un moteur et leur fonctionnement. Après un bref les différents structurent de machine à courant continu, nous présentons les différents éléments.

I-2 STRUCTURE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

Les machines tournantes sont constituées de deux parties principales. Le **stator** est la partie fixe du système. Il entoure la partie tournante, appelée **rotor**. Nous allons nous intéresser à la façon de réaliser une MCC.

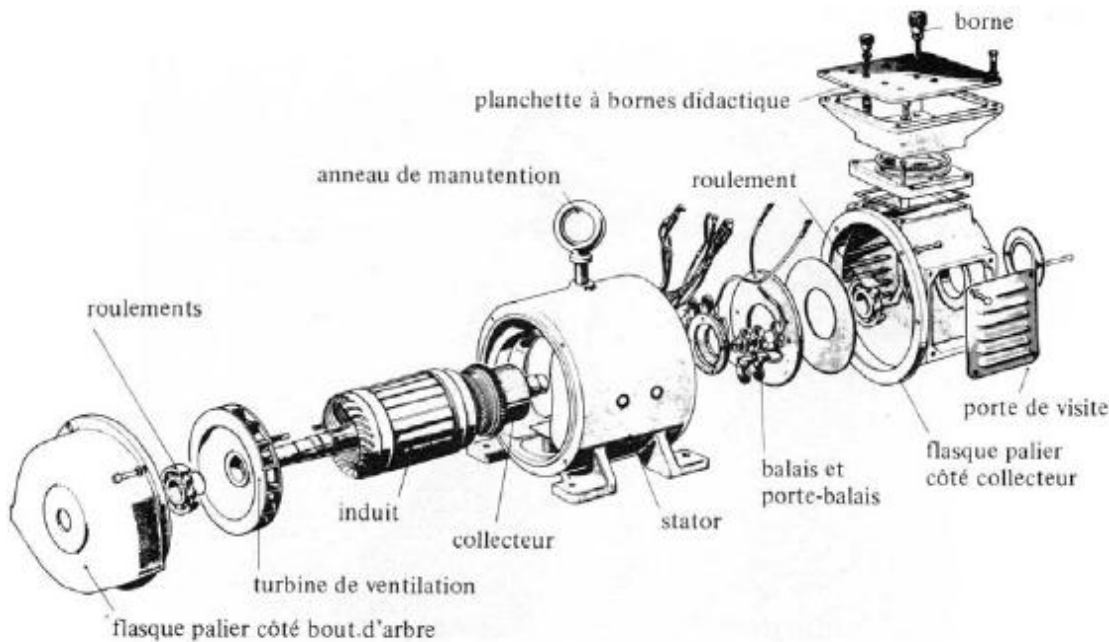


Figure (1-1) Vue éclatée d'une machine à courant continu. [1]

1-2-1 Phénomène d'induction

Un conducteur traversé par un courant, placé dans un champ magnétique est soumis à une force de Laplace. C'est le phénomène de base à prendre en compte dans une conversion d'énergie électrique en énergie mécanique.

Un conducteur se déplaçant dans un champ magnétique va être le siège d'une f.é.m. induite. Il s'agit donc d'une conversion de sens inverse, d'énergie mécanique en énergie électrique. [2]

1-3 LA MACHINE A COURANT CONTINU ET SES PRINCIPAUX ELEMENTS

Une machine à courant continu comprend deux parties principales :

Une partie fixe appelée inducteur ou stator, destinée à créer le flux magnétique.

Une partie mobile appelée induit ou rotor, dans laquelle a lieu la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique (génératrice électrique) ou inversement, de l'énergie électrique en énergie mécanique (moteur électrique). [3]

Les parties fixes et mobiles sont séparées l'une & l'autre par un entrefer.

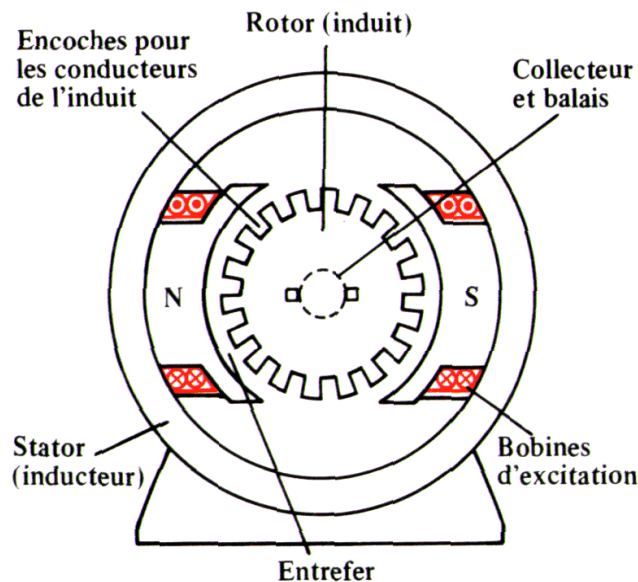


Figure (1-2) Machine à courant continu à 2 pôles et 18 encoches.

Le stator comprend :

1) Les pôles principaux, destinés à créer le flux magnétique principal, qui peuvent être constitués d'aimants permanents ou de pièces polaires associées à des enroulements inducteurs parcourus par un courant continu. Principaux et à l'aide de laquelle la machine est réunie à la fondation. Une partie de la carcasse qui sert au passage du flux produit par les pôles principaux est appelée culasse. [3]

La partie mobile (ou induit) comprend:

- 2) Une armature de l'induit (encoche), réalisée à l'aide de tôles empilées, montées directement sur l'arbre par insertion chaude, soit assemblées par queue d'aronde pour les grandes machines. Les encoches fermées par des becs d'encoches peuvent être de forme arrondie ou rectangulaire,
- 3) un enroulement placé sur cette armature (bobinage). Les conducteurs sont réalisés à partir de fils ou de barres de cuivre. Les fils sont soit bobinés directement sur le rotor les conducteurs sont isolés entre eux par un guilage (grande machine) ou un émail. Les faisceaux de fils ou des barres préformées sont isolés par rapport à la masse et entre eux avec un film enroulé.
- 4) un collecteur qui est réalisé par assemblage des lames isolantes et conductrices (cuivre). [3]

1-4 EQUATIONS GENERALE DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

1-4-1 Equations des tensions

Les schémas équivalents de la machine à courant continu dans les deux modes de fonctionnement sont représentés sur la fig. (I-3) où la chute supplémentaire due à la réaction magnétique d'induit est négligée. En effet, parcouru par un courant, en fonctionnement en charge, l'induit se comporte comme une bobine dont l'axe coïncide avec l'axe inter polaire. Ce nouveau comportement de

l'induit a pour u effet de crée une chute de tension supplémentaire (en plus de la chute ohmique qui est due à la résistance interne de l'induit). [4]

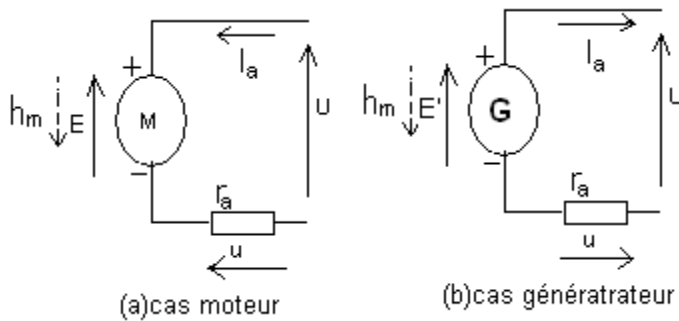


Figure (1-3) Schémas équivalents de la machine à courant continu.

Dans le cas où la machine est compensée $h_m = 0$

On aura :

$$\text{Cas moteur } U = E + r_a I_a \quad (1-1)$$

$$\text{Cas générateur } U = E' - r_a I_a \quad (1-2)$$

Dans le cas général, lorsque la machine est non compensée $h_m \neq 0$.

On aura :

$$\text{Cas moteur } U = E + (r_a I_a - h_m) \quad (1-3)$$

$$\text{Cas générateur } U = E' - (r_a I_a + h_m) \quad (1-4)$$

$$\text{On définit alors : } h_t = u \pm h_m \quad (1-5)$$

$$\text{En effet : } h_m = E - E_{ch} = K.n.\Delta\phi \quad (1-6)$$

$\Delta\phi$: Qui doivent faible lorsque la machine est munie d'enroulements de compensation. [4]

1-5 PHENOMENE DE COMMUTATION DE LA MACHINE A COURANT CONTINU

En définit la commutation dans les systèmes électriques. Comme changement d'état brusque. [4]

On entend par la commutation d'une section est son passage d'une voie de l'induit dans la suivant quand les lames de collecteur entre lesquelles elle est montée passent face à une ligne de balais. Les deux lames étant au contact des mêmes balais, la section est mise en court-circuit. Durant ce court-circuit, le courant dans la section doit s'inverser puisqu'elle passe d'une voie dans une autre. [5]

On distingue deux types de commutation : simple et multiple.

I-5-1 Commutation simple

La commutation est simple si la largeur des balais est égale à celle d'une lame de collecteur. Alors un balai ne met en court-circuit qu'une section à la fois.

Ce cas théorique, car les balais sont plus larges, permet de voir ce qui se passe durant la commutation d'une section. [5]

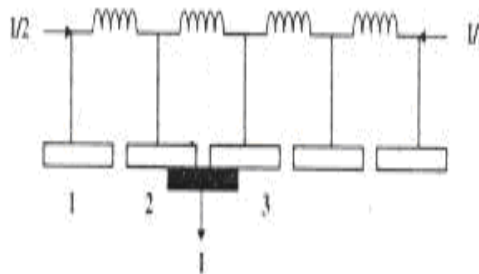


Figure (1-4) Commutation simple.

I-5-2 Commutation multiple

Pour une largeur du balai dépassant la largeur d'une lame de collecteur. Les phénomènes de commutation se produisent simultanément dans plusieurs sections court-circuitées par les balais. La variation du courant dans une section pendant la commutation dépendra non seulement de la f.é.m. d'auto induction e_s . De la section commutée mais aussi de la f.é.m. d'induction mutuelle e_m avec les sections voisines placées dans la même encoche. [6]

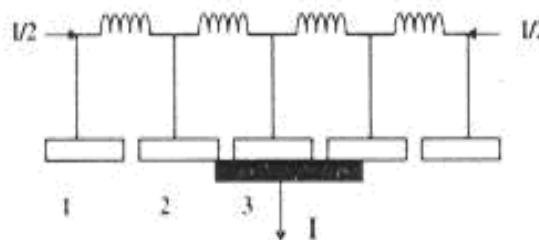
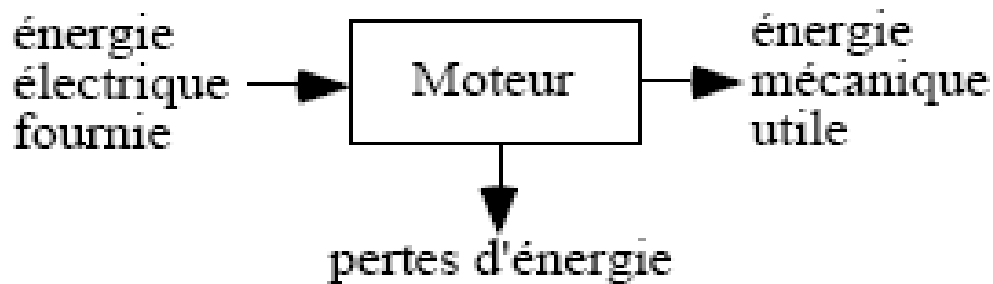


Figure (1-5) Commutation multiple.

I-6 LES MACHINES A COURANT CONTINU EN FONCTIONNEMENT MOTEUR

Le moteur à courant continu est plus coûteux que le moteur à courant alternatif usuel, son entretien est plus exigeant, mais on peut faire varier sa vitesse de rotation. [5]. Le moteur à courant continu peut développer un couple électromagnétique important ainsi qu'une large gamme de vitesse. A cause du couplage entre le couple électromagnétique et le flux.

Les moteurs à courant continu sont des appareils qui transforment l'énergie électrique qu'ils reçoivent en énergie mécanique. [6]



1-6-1 Symboles

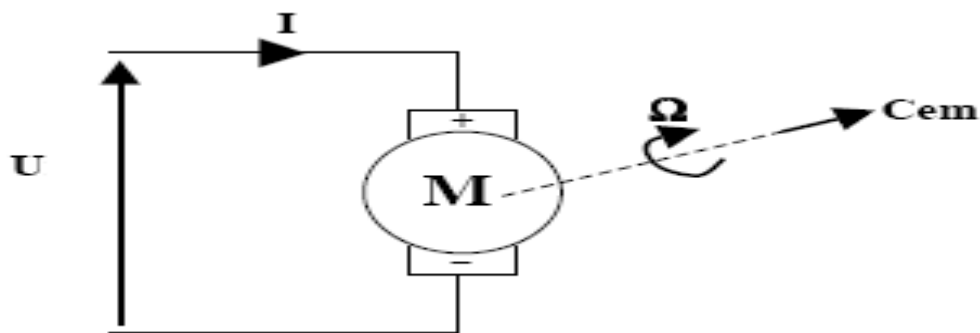


Figure (I-6) Symbole de moteur à courant continu.

I-6-2 Constitution

Un circuit magnétique : pôles, entrefer, culasse

Deux circuits électriques : l'inducteur et l'induit

Le schéma électrique équivalent de l'induit est donné sur la figure (I-07).

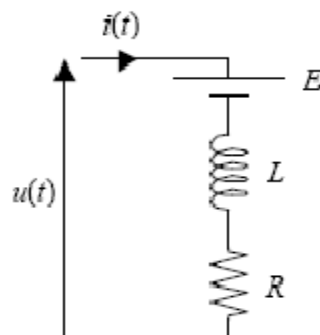


Figure (I-7) Schéma électrique équivalent de l'induit du moteur à courant continu.

Le schéma électrique équivalent de l'inducteur est donné sur la figure (I-08).

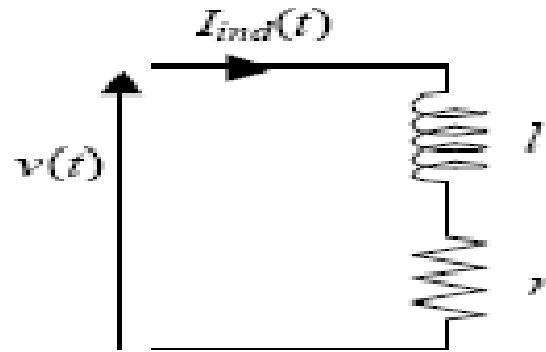


Figure (I-8) Schéma électrique équivalent de l'inducteur du moteur à courant continu.

I-6-3 Mise en équation du moteur à CC

L'équation des tensions du circuit de l'induit s'écrit

$$U_a = R_a \cdot I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E \quad (1-7)$$

Où la f.c.é.m. est donnée par

$$E = \frac{p}{a} n \frac{\Omega}{2\pi} \phi \quad (1-8)$$

Pour montrer la proportionnalité de la f.c.é.m. à la vitesse et au flux, on écrit

$$E = k \cdot \Omega \cdot \phi \quad (1-9)$$

Si plus la machine fonction à flux constant

$$E = k' \cdot \Omega \quad (1-10)$$

Dans l'expression de la puissance instantanée fournie au circuit de l'induit

$$U_a I_a = R_a I_a^2 + L_a I_a \frac{dI_a}{dt} + E I_a \quad (1-11)$$

Le terme $R_a I_a^2$ correspond aux pertes joule.

Le terme $L_a I_a \left(\frac{dI_a}{dt} \right)$ à l'échange d'énergie entre la source et l'inductance L_a .

Le terme $E I_a$ à la puissance électromagnétique, c'est-à-dire transformée de la couple électromagnétique se déduit de $E I_a$

$$C = \frac{E I_a}{\Omega} = K \phi \cdot I_a \quad (1-12)$$

Il est proportionnel au flux et au courant.

Le couple mécanique C_m transmis par l'arbre du moteur à la charge entraînée est égal à C après soustraction du couple consommé par le moteur lui-même à cause des pertes par frottement, par ventilation et par pertes dans le fer rotorique. Comme on l'a fait dans le premier volume, on peut confondre le couple mécanique ou utile C_m du moteur avec son couple électromagnétique C , à condition d'ajouter le couple de pertes au couple résistant C_r de la charge. [7]

L'équation des tensions du circuit de l'inducteur s'écrit

$$U_e = R_e I_e + L_e \frac{dI_e}{dt} \quad (1-13)$$

Cette relation n'est valable que tant que la machine n'est pas tenir compte de la saturation, on peut écrire

$$U_e = R_e I_e + n_e \frac{d\phi}{dt} \quad (1-14)$$

En désignant par n_e le nombre total de spires des pôles de l'inducteur

En résumé, le système d'équations différentielles régissant le fonctionnement du moteur à courant continu à excitation séparée s'écrit :

$$\begin{cases} U_a = E + R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} \\ U_e = R_e I_e + L_e \frac{dI_e}{dt} \quad \text{ou} \quad R_e I_e + n_e \frac{d\phi}{dt} \\ C = C_r + J \frac{d\Omega}{dt} \end{cases} \quad (1-15)$$

avec $E = k.\phi.\Omega$; $C = k.\phi.I_a$; $\Omega = \frac{d\Theta}{dt}$

Remarque :

La caractéristique donnant le flux utile ϕ en fonction du courant d'excitation I_e , est pratiquement linéaire au voisinage de l'origine, mais s'incurve ensuite par un effet de saturation plus ou moins prononcé [7]

I-6-4 Caractéristiques usuelles d'un moteur à CC

Le moteur à courant continu est plus coûteux que le moteur à courant alternatif usuel.

Son entretien est plus exigeant, mais on peut faire varier sa vitesse de rotation.

De plus en plus, à cause progrès de l'électronique de puissance, la machine est alimentée sous tension variable par un « variateur électronique de vitesse ». C'est par la variation de la tension U qu'on règle la vitesse N .

Autrefois on envisageait surtout l'alimentation de la machine sous une tension « constante » U_{nom} fournie par un réseau continu. [5]

Pour chaque type d'excitation « série ou shunt ou compend ». On rencontre trois catégories de caractéristiques

Les caractéristiques électriques à tension constante et charge variable.

Les caractéristiques électriques à tension et charge variables. Que donnent les réseaux de caractéristiques de réglage.

Les caractéristiques mécaniques qui sont les plus importantes car elles montrent l'évolution du couple en fonction de la vitesse pour un fonctionnement donné. [4]

I-6-5 Les différents types de moteur à courant continu

I-6-5-1 Moteur série

La construction d'un moteur série est identique à celle d'un moteur shunt, sauf en ce qui concerne l'inducteur. L'inducteur connecté en série avec l'induit. [8]

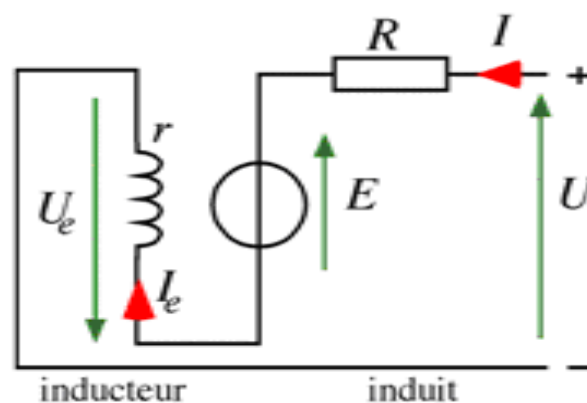


Figure (1-9) Moteur série.

1-6-5-1-A Caractéristiques de moteur série

Les caractéristiques d'un moteur série sont complètement différentes. Dans un moteur shunt. Le flux ϕ par pôle est constant pour toute charge normale, et le flux dépend du courant qui circule dans l'induit. [8]

Lorsqu'un moteur série fonctionne à pleine charge. le flux par pôle est le même. [1]

Le flux utile sous un pôle est proportionnel au courant d'excitation I (circuit magnétique non saturé) : $\Phi = k.I$ avec $k = Cte$. [1]

1-6-5-1-B Démarrage de moteur série

Il faut mettre un rhéostat en série avec le moteur à l'arrêt avant de lui appliquer la tension U . le rhéostat aura une résistance totale Rh_t telle que

$$R + Rh_t = \frac{U - e_B}{I_M} \quad (1-16)$$

On doit éliminer progressivement le rhéostat au fur et à mesure que la vitesse N du moteur augmente.

Couple de démarrage

Le couple de démarrage étant donne par

$$C_{dém} = \frac{1}{2\pi} \frac{p}{a} n \phi_M I_M \quad (1-17)$$

Si on admet I_M nettement plus fort que I_{nom} on aura un couple de démarrage beaucoup plus fort que le couple nominale car en même temps que le courant le flux augmenté. Cette obtenir un très fort couple de démarrage est une supériorité du moteur série sur le moteur shunt dont le flux est constant. [5]

Lors du démarrage. Le courant d'induit est supérieur au courant nominale, le flux est donc supérieur au flux obtenu à pleine charge. Par conséquent, le couple de démarrage d'un moteur série excède celui d'un moteur shunt. [2]

I-6-5-2 Moteur shunt

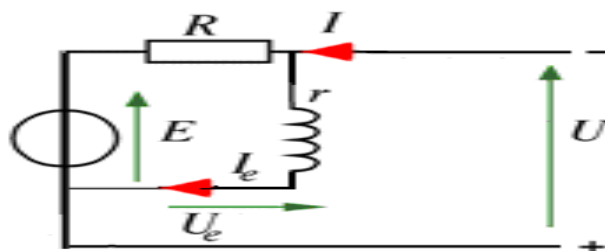


Figure (I-10) Moteur shunt.

I-6-5-2-a Démarrage de moteur shunt

On a vu que si la pleine tension est appliquée à un moteur au repos, l'appel de courant énorme. On risque alors de faire sauter les fusibles, de brûler l'induit et d'endommager le collecteur. Pour tout moteur shunt à courant continu. Il faut donc prendre des précautions appropriées pour limiter le courant de démarrage à une valeur raisonnable, de l'ordre de 1.5 à 2 fois le courant nominal. [8]

Alors pour la phase de démarrage des moteurs on doit prendre les précautions suivantes : [1]

Soit introduire une résistance variable ou rhéostat de démarrage en série avec l'induit, afin de réduire le courant dans ce dernier au moment du démarrage.

Soit à l'aide d'un variateur de tension (i.e) qu'on doit augmenter progressivement la tension jusqu'à ce que la machine développe une f.c.é.m. suffisante « E ».

Aujourd'hui, on utilise plutôt des circuits électriques pour limiter le courant de démarrage et pour régler la vitesse. [8]

I-6-5-3 Moteur composé (compound)

Le moteur compound porte un inducteur série et inducteur shunt, la F.M.M de l'enroulement série agit toujours dans le même sens que celle de l'enroulement shunt. La F.M.M de l'enroulement shunt est habituellement plus grande que celle du champ série. Même à pleine charge. [8]

Le moteur compound sert à entraîner des machines en présentant une charge très élevée et de courte durée. [8]

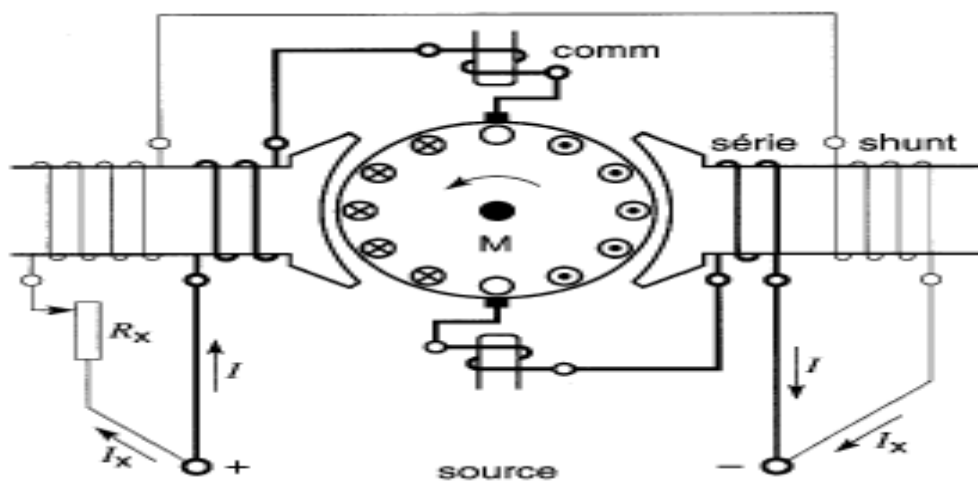


Figure (I-11) Schéma des connexions d'un moteur compound avec pôles de commutation.

I-6-5-4 Moteur à aimant permanent

Nous avons vu que dans un moteur shunt le champ magnétique est produit par un courant d'excitation circulant dans les bobines excitatrices. L'énergie dépensée, la chaleur dégagée et

l'espace relativement important occupé par ces bobines constituent parfois inconvénients du moteur à courant continu conventionnel. On peut éviter ces inconvénients en remplaçant les bobines par des aimants permanents. Il en résulte un moteur plus petit et qui ne risque pas de s'emballer à cause d'une défaillance du champ. [8]

1-6-5-4-A Caractéristiques de moteur à aimant permanent

Les moteurs à aimant permanent sont particulièrement utiles dans la gamme de la puissance inférieure à 5 KW.

Les aimants utilisés sont en céramique (ferrite).

Le coût relativement élevée des aimants, et l'impossibilité d'augmenter la vitesse du moteur en réduisant le champ magnétique. [8]

I -7 HACHEURS

Les hacheurs sont des convertisseurs directs du type continu-continu. Leur utilisation permet le contrôle de la puissance électrique dans des circuits fonctionnant en courant continu avec une très grande souplesse et un rendement élevé.

D'un point de vue circuit, le hacheur apparaît comme un quadripôle fig (I.12), jouant le rôle d'organe de liaison entre deux parties d'un réseau. On peut le considérer comme un "transformateur" de grandeurs électriques continues.

Si V_c et I_c sont les grandeurs d'entrée du quadripôle, V_s et I_s les grandeurs des sorties, le hacheur introduit des relations entre ces grandeurs par l'intermédiaire de paramètre variable. Ces relations ne sont pas linéaires toutefois il sera possible d'établir des relations linéaires entre les valeurs moyennes de ces grandeurs qui pénétrant de caractériser l'échange de puissance moyenne contrôlée par le hacheur. [9]

Les différentes structures des hacheurs dépendent des cahiers des charges imposés au système. Dans une première approche, les caractéristiques à prendre en compte pour établir les structures portent sur la nature des réseaux d'entrée et de sortie. Identifiés comme des sources de tension ou de courant et sur les réversibilités qui peuvent être demandées à ces sources.

Dans un deuxième temps, il est possible, une fois la structure établie de prendre comme modèle des sources. Un réseau électrique plus proche des propriétés réelles de ces sources.

Par exemple, tout réseau électrique présentant une inductance série sera préalablement identifié à une "source de courant", tout réseau électrique comportant une capacité en parallèle sera identifié à une "source de tension".

Ainsi un moteur de courant continu dont le modèle électrique est représenté par le dipôle actif de la fig (I.12) sera-t-il assimilé dans un premier temps à une source de courant (le courant moyen I dans le dipôle est proportionnel au couple C imposé sur l'arbre du moteur).

Cette source de courant sera réversible en tension si la fem E est réversible (réversibilité de vitesse ou du flux inducteur). Elle sera réversible en courant si le couple est réversible (traction! freinage). Dans un deuxième temps on tiendra effectivement compte des éléments électriques qui constituent le dipôle.

Les applications des hacheurs sont nombreuses. En forte puissance ils n'interviennent comme organe de réglage de puissance électrique en continu, généralement dans les systèmes de contrôle de vitesse ou de couple de machines électriques. Ils peuvent être associés à d'autres convertisseurs pour contribuer à des conversions indirectes de type alternatif-continu, continu-alternatif ou alternatif-alternatif. On peut généralement identifier les circuits d'entrée et de sortie comme ayant natures différentes: l'une source de tension de l'autre source de courant.

En petite et moyenne puissance les problèmes se posent de manière différente. Dans les alimentations de tension par exemple, le cahier des charges impose à la sortie des convertisseurs une tension parfaitement continue (avec un taux d'ondulation négligeable), l'entrée étant une source de tension constante. A la structure élémentaire du hacheur viennent alors s'associer des éléments linéaires (inductance, capacité) qui sont des éléments d'adaptation (transformation d'une source de tension en source de courant) et de filtrage. [9]

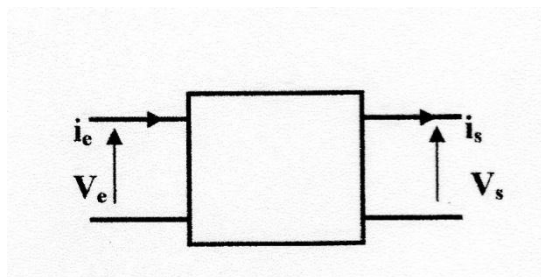


Figure (I.12): hacheur quadripôle.

1-7-1 Hacheur série:

a) Hypothèses:

L'interrupteur K est supposé parfait ($v_K = 0$ en conduction, les temps de commutation sont négligés). K est commandé en commutation à la période T avec un rapport cyclique

α . Le rapport cyclique est défini $a = \frac{\text{temps de conduction}}{\text{période}}$

La diode D est idéale.

Le régime est établi.

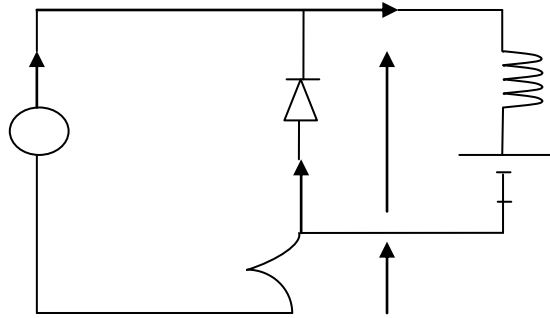


Figure I-13 structure du hacheur série.

b) Equation du circuit:

$$V = E + L \frac{di}{dt} \quad (1.18)$$

$$U_a = V + V_K \quad (1.19)$$

$$i_a = i - i_d \quad (1.20)$$

c) Formes d'ondes:

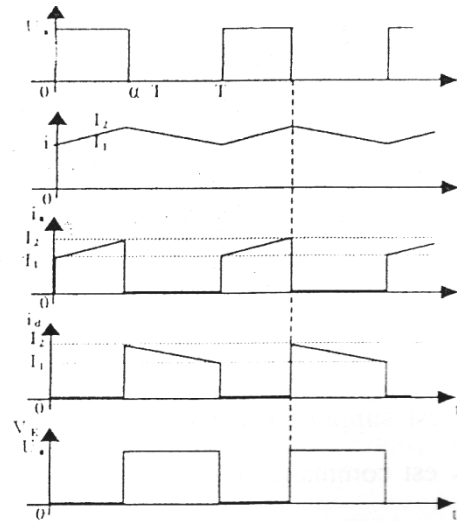


Figure I-14 Formes d'ondes

d) Justification du tracés:

De 0 à αT : la conduction de K force le blocage de la diode D en imposant $v = U_a$

Alors:

$$i_d = 0, i_K = i_a = i \text{ et } v_K = 0$$

$$U_a = E + L \frac{di}{dt} \quad (I.21)$$

$$i = \left[\frac{U_a - E}{L} \right] t + I_i \quad (\text{I.22})$$
$$\mathbf{v} = 0, \mathbf{v}_k = \mathbf{U}_a, \mathbf{i}_a = \mathbf{i}_k = 0$$

$$0 = E + L \frac{di}{dt} \quad (1.22)$$

$$i = \left[-\frac{E}{L}\right](t - \alpha T) + I_s \quad (1.23)$$
$$\langle V \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T v \, dt = \alpha U_a \quad (1.24)$$

$\langle v \rangle = E$ en régime établi car alors $L di/dt = 0$

$$\Delta i = \frac{\alpha T}{L} (U_a - E) \quad (1.25)$$

$$E = \alpha U_a$$

$$\Delta i = \frac{\alpha T(1-\alpha)U_a}{L} \quad (1.26)$$

Si la valeur moyenne de i devient inférieure à $h/2$ la conduction devient discontinue.[9]

Figure I-15 structure du hacheur parallèle.

a) Hypothèses:

k_1 et K_2 sont commandés simultanément avec le même signal de période T et de rapport cyclique a

b) Equations du circuit:

$$V = E + L \frac{di}{dt} \quad (1.27)$$

$$U_a = V_{d1} + V_{K2} = V_{K1} + V_{d2} \quad (1.28)$$

$$V = V_{d1} - V_{K1} = V_{d2} - V_{K2} \quad (1.29)$$

$$I_a = i_{K1} - i_{d1} = i_{d2} + i_{K2} \quad (1.30)$$

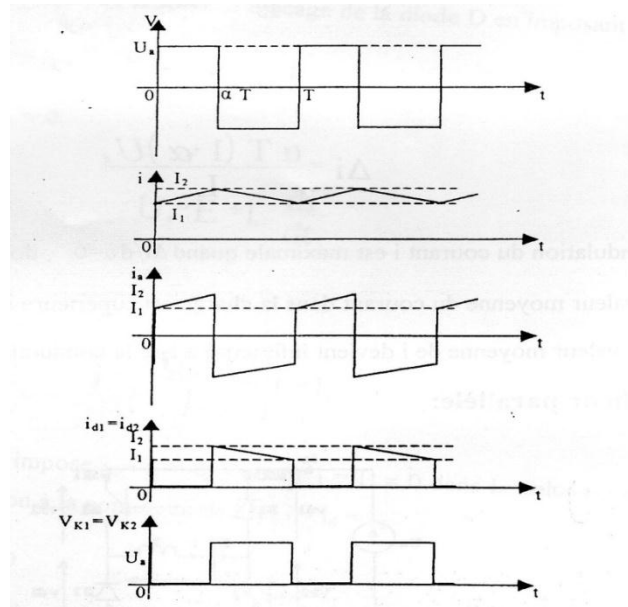
c) Formes d'ondes:

Figure I-16 Formes d'ondes

d) Justification des tracés:

De 0 à αT , la conduction de K_1 et K_2 force le blocage des diodes D_1 et D_2 en

imposant: $V = U_a$.

Alors:

$$i_{d1} = i_{d2} = 0, i_{K1} = i_{K2} = i_a = i \text{ et } V_{K1} = V_{K2} = 0$$

$$U_a = E + L \frac{di}{dt} \quad (1.31)$$

Et en intégrant:

$$i = \left[\frac{(U_a - E)}{L} \right] t + I_1 \quad (1.32)$$

De αT à T , le blocage de K_1 et K_2 impose $i_{K1} = i_{K2} = 0$. Comme $i = I_2 \neq 0$ dans L , celui-ci ne peut varier spontanément. La seule solution à la continuité de i est:

$$i = i_{d1} = i_{d2} = -i_a = I_2$$

Alors:

$$V = -U_a \quad V_{K1} = V_{K2} = U_a$$

$$-U_a = E + L \frac{di}{dt} \quad (1.33)$$

Et en intégrant

$$i = \left[\frac{(-U_a - E)}{L} \right] (t\alpha) + I_2 \quad (1.34)$$

Observations:

$$\langle V \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V dt = (2\alpha - 1)U_a \quad (1.35)$$

Si $0 < \alpha < 0.5 \langle V \rangle < 0$. Si $0.5 < \alpha < 1 \langle V \rangle > 0$.

Le convertisseur est réversible deux quadrants car $i > 0$ et $\langle v \rangle > 0$ ou < 0 .

$\langle V \rangle = E$ en régime établi car alors $L di/dt = 0$

Exprimons l'ondulation du courant dans la charge Δi

$$\Delta i = \frac{\alpha T}{L} (U_a - E) \quad (1.36)$$

Ou :

$$E = (2\alpha - 1)U_a \quad (1.37)$$

$$\Delta i = \frac{\alpha T(1-\alpha)U_a}{L} \quad (1.38)$$

L'ondulation du courant i est maximale quand $\Delta i/d\alpha = 0$ donc si $\alpha = 0,5$.

La valeur moyenne du courant dans la charge est supérieure à $\frac{I_2}{2}$ en conduction continue.

Si la valeur moyenne de i devient inférieure à $I_2/2$ la conduction devient discontinue.[9]

I-8 CONCLUSION

Le moteur à courant continu reste intéressant dès que la source d'énergie prévue est batterie d'accumulateurs, ou bien entendu, un réseau continu. Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les caractéristiques mécaniques et on définit le modèle du moteur à courant continu entraînant une charge mécanique commandée par l'induit.

On a présenté le principe de fonctionnement d'un hacheur en mode continu, ou on a déterminé la valeur moyenne de la tension de sortie du hacheur .

Chapitre deux

Modélisation et simulation du moteur à courant continu alimentée par un hacheur

introduction-1-II

La simulation qui se fait avec le logiciel MATLAB/SIMILINK est nécessaire pour comprendre le comportement de la machine électrique avant leur utilisation.

Dans ce chapitre, on a met la transformation de LAPLACE de l'équation électrique et mécanique pour déduire le modèle du moteur à courant continu (à excitation séparée et shunt et moteur série). A partir ce modèle, on trace le schéma bloc qu'il permet d'obtenir les caractéristiques de ces machines (le courant, le couple utile, la vitesse de rotation).

On présente le schéma bloc du machine à courant continu alimenté par un hacheur (excitation séparée et shunt et série) pour d'obtenir les caractéristiques de cette machines (le tension de source avec lissage, le courant, le couple utile, la vitesse de rotation) .

II-2-Simulation du moteur à courant continu à excitation séparé

II-2-1-Fonction de transfert de la machine à courant continu

Le circuit de l'induit d'une machine à courant continu à excitation séparée est représenté par sa f.e.m, sa résistance et l'inductance par la formule suivante:

$$U_a = R_a \cdot I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E_a \quad (\text{II.1})$$

Après la transformation de Laplace [10]

L'équation de tension de l'inducteur est

$$U_e = R_e \cdot I_e + L_e \cdot \frac{dI_e}{dt} \quad (\text{II.4})$$

Le couple électromagnétique est donné par

$$C_e = k' \cdot \phi \cdot I_a \quad (\text{II.5})$$

Le couple de frottement visqueux est exprimé par

$$C_f = f \cdot \omega \quad (\text{II.6})$$

D'où l'interaction entre le couple électromagnétique et la partie mécanique est représentée par l'équation suivante commune pour toutes les machines:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} + f \cdot \omega = C_e - C_r \quad (\text{II.7})$$

Après la transformation de Laplace:

$$C_e(p) - C_r(p) = J \cdot p \cdot \omega(p) \quad (\text{II.8})$$

$$\omega(p) = \frac{C_e(p) - C_r(p)}{J \cdot p + f} \quad (\text{II.9})$$

Et d'autre part:

$$C_e = k' \cdot \phi \cdot I_a = k \cdot I_a \quad (\text{II.10})$$

$$E = k' \cdot \phi \cdot \omega = k \cdot \omega \quad (\text{II.11})$$

$$k' = k \cdot \omega$$

II-2-2-Le schéma bloc du moteur

A partir les transformations de LAPLACE d'équation électrique et mécanique on obtient le schéma bloc suivant :

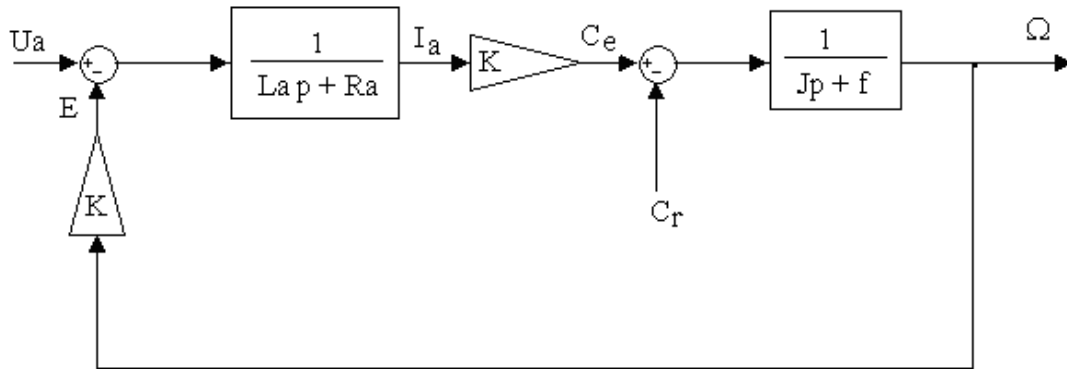


Figure II-1 Le schéma bloc de la MCC à excitation séparée.

II-2-3-Les paramètres du moteur

$U=300\text{V}$, $K=1.71$, $f=50\text{Hz}$, $C_r = 15 \text{ N.m}$, $P_n=0.3\text{kW}$

$R_a = 2.581\Omega$, $L_a = 0.028\text{H}$, $L_f = 156\text{H}$, $R_f = 281.3\Omega$, $j = 0.02215 \text{ Kg.m}^2$

II-2-4-Les résultats de simulation

II-2-4-1-Les caractéristiques à vide du moteur à courant continu

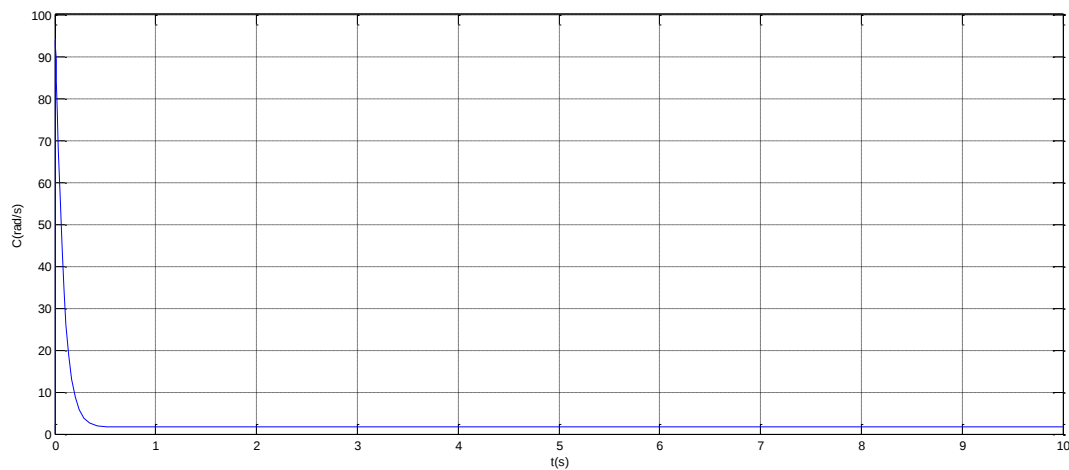


Figure II-2 Le couple du MCC excitation séparée.

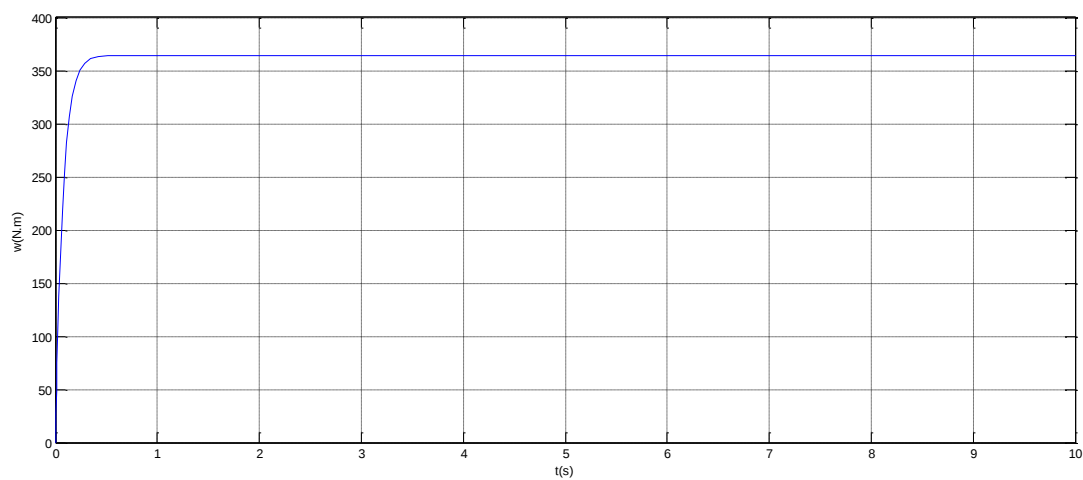


Figure II-3 La vitesse du MCC excitation séparée.

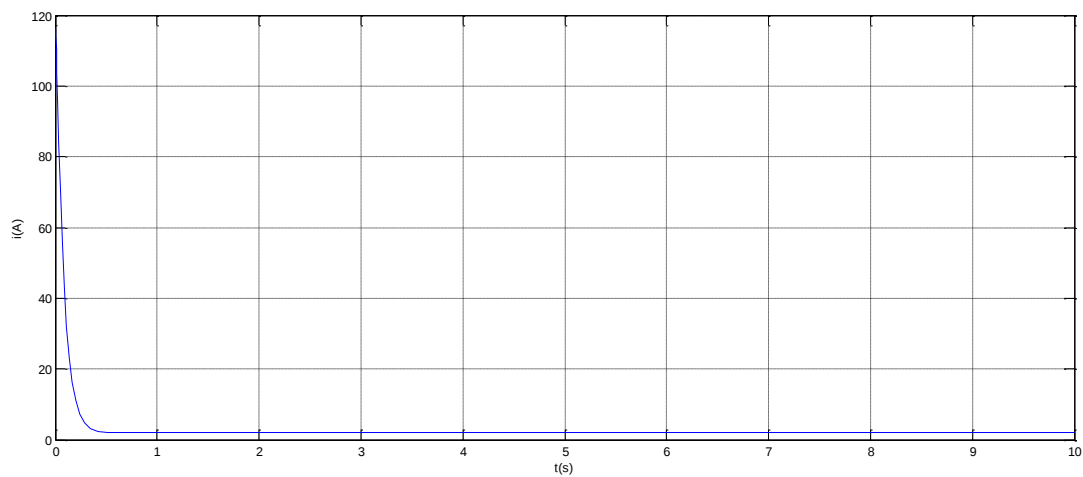
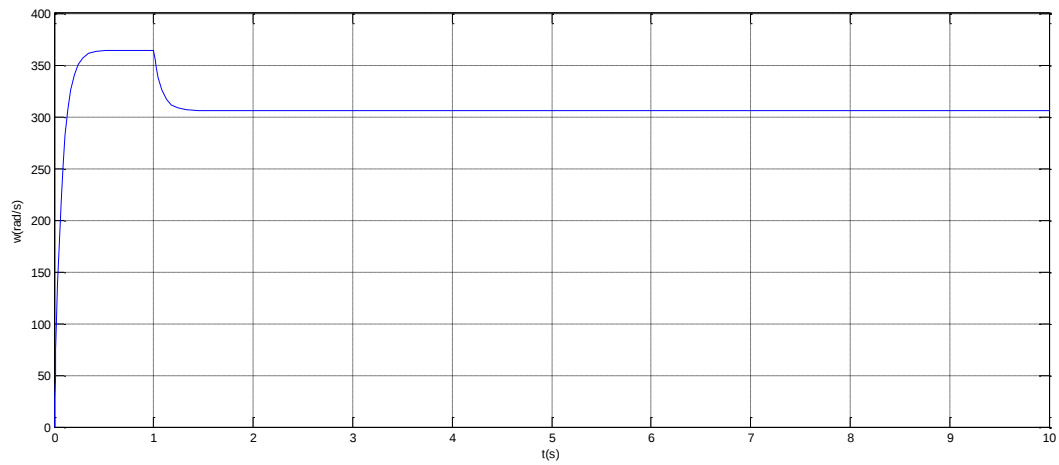
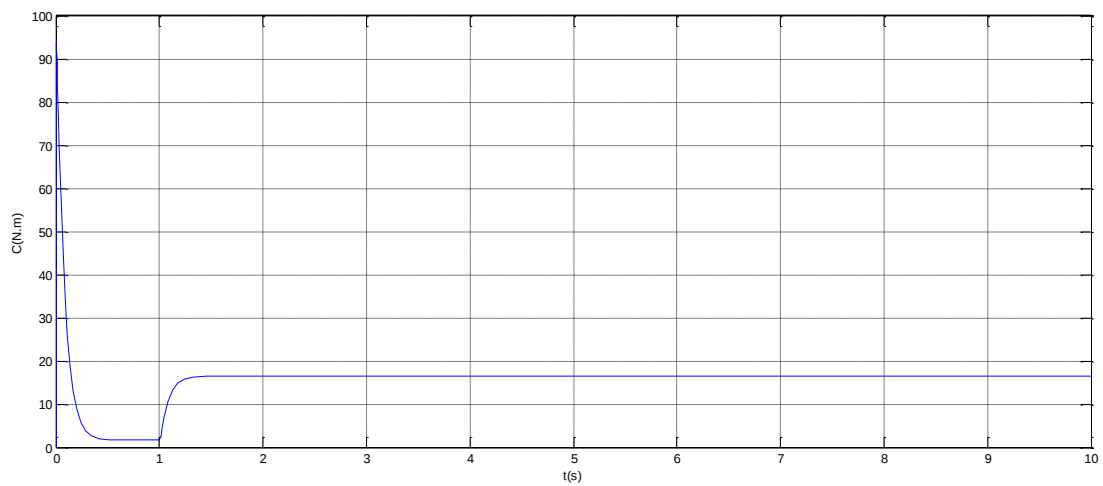


Figure II-4 Le courant du MCC excitation séparée.

II-2-4-2- Les caractéristiques en charge du moteur à courant continu:

*Figure II-5 La vitesse du MCC excitation séparée.**Figure II-6 Le couple du MCC excitation séparée.*

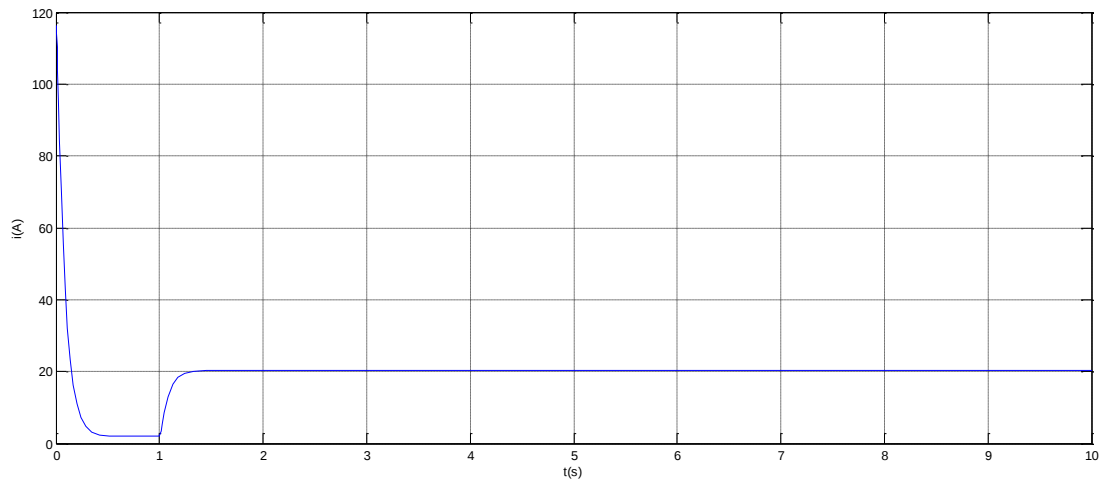


Figure II-7 Le courant du MCC excitation séparée.

II-2-5-Interprétation

II-2-5-1-À vide

C'est-à-dire le couple résistant est nul. Les figures (II.2), (II.3) et (II.4) montrent qu'il y a un fort appel du courant pendant 1 s puis il revient à zéro. $I_m = 120$ A démarrage atteint jusqu'à la forme du couple qui dépend du courant pendant le démarrage, sa valeur atteinte puis elle revient à zéro (couple à vide), jusqu'à ($C_{max} = 100$ N.m)

La vitesse angulaire augmente d'une façon presque linéaire puis se stabilise à ($\omega = 370$ rad/s) qui correspond à la vitesse de la marche à vide idéal.

II-2-5-2-En charge

$C_r = 15$ N.m

Les figures [(II.5), (II.6) et (II.7)] mettent en évidence les conséquences du comportement d'un moteur entraînant une charge. On peut remarquer les caractéristiques du moteur à courant continu, une demande du courant d'induit atteint à 20A.

Par contre la vitesse charge de valeur en régime permanent ($\omega = 310$ rad/s). La valeur ($k.\Phi$) reste constante, ce qui explique la diminution de la vitesse en charge. Pour le couple électromagnétique il prend le même comportement que le courant.

Simulation du moteur à courant continu à excitation shunt -3-II

Fonction de transfert -1-3-II

Le circuit de l'induit d'une machine à courant continu à excitation shunt est représenté par sa f.e.m, sa résistance et l'inductance par la formule suivante:

$$U_a = R_a \cdot I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E_a \quad (\text{II.12})$$

$$I_a = I - I_{exc} \quad (\text{II.13})$$

Après la transformation de LAPLACE :

$$U_a(p) = E(p) + (R_a + L_a \cdot p) \cdot I_a(p) \quad (\text{II.14})$$

$$I_a(p) = \frac{U_a(p) - E(p)}{R_a + L_a \cdot p} \quad (\text{II.15})$$

$$I_a(p) = I(p) - I_{exc}(p) \quad (\text{II.16})$$

L'équation de tension de l'inducteur est

$$U_a = U_e = R_e \cdot I_e + L_e \cdot \frac{dI_e}{dt} \quad (\text{II.17})$$

Le couple électromagnétique est donné par

$$C_e = k' \cdot \phi \cdot I_a \quad (\text{II.18})$$

Le couple de frottement visqueux est exprimé par

$$C_f = f \cdot \omega \quad (\text{II.19})$$

D'où l'interaction entre le couple électromagnétique et la partie mécanique est représentée par l'équation suivante commune pour toutes les machines:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} + f \cdot \omega = C_e - C_r \quad (\text{II.20})$$

Après la transformation de Laplace:

$$C_e(p) - C_r(p) = J \cdot p \cdot \omega(p) \quad (\text{II.21})$$

$$\omega(p) = \frac{C_e(p) - C_r(p)}{J \cdot p + f} \quad (\text{II.22})$$

Et d'autre part:

$$C_e = k' \cdot \phi \cdot I_a = k \cdot I_a \quad (\text{II.23})$$

$$E = k' \cdot \phi \cdot \omega = k \cdot \omega \quad (\text{II.24})$$

$$k' = k \cdot \omega \quad (\text{II.25})$$

Le schéma bloc du moteur -2-3-II

Après les transformations de LAPLACE d'équation électrique et mécanique on obtient le schéma bloc suivant:

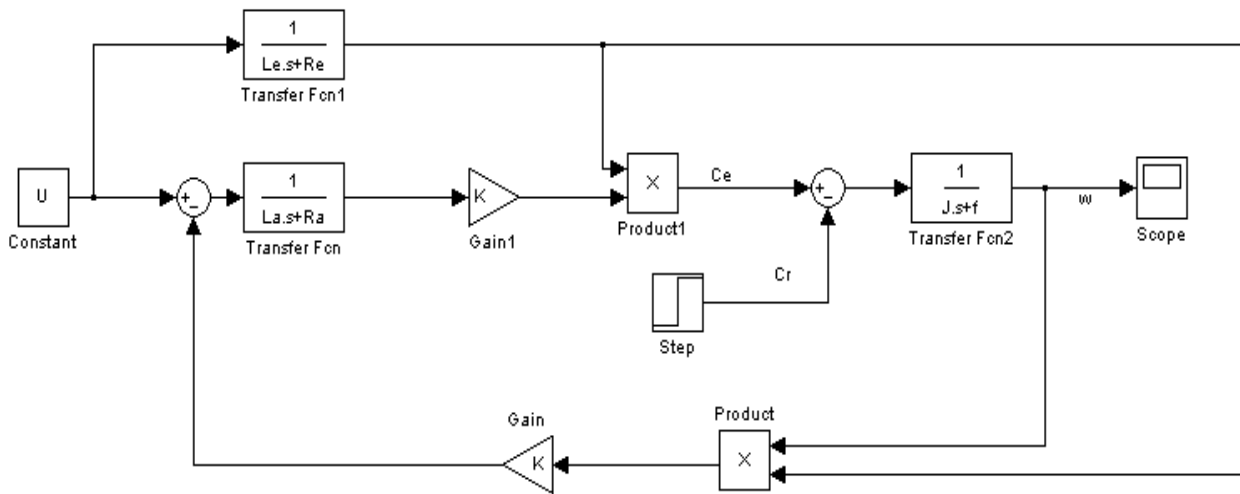


Figure II-8 Le schéma bloc de la machine à courant continu shunt.

II-3-3-Les paramètres du moteur

Les mêmes paramètres du moteur à courant continu séparé avec :

$$R_{exc} = 10\Omega, L_{exc} = 0.04H$$

Les résultats de simulation shunt -4-3-II

II-3-4-1- Les caractéristiques à vide du moteur à courant continu shunt

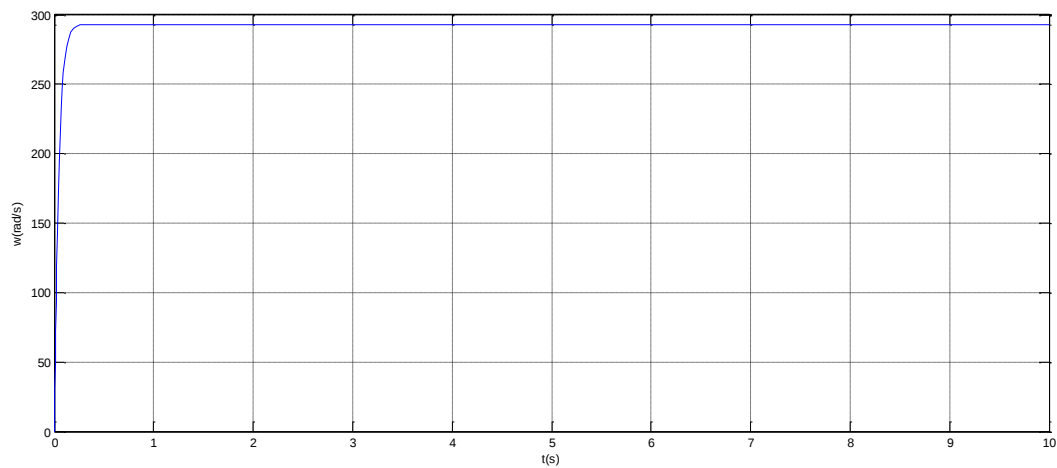


Figure II-9 La vitesse du MCC shunt

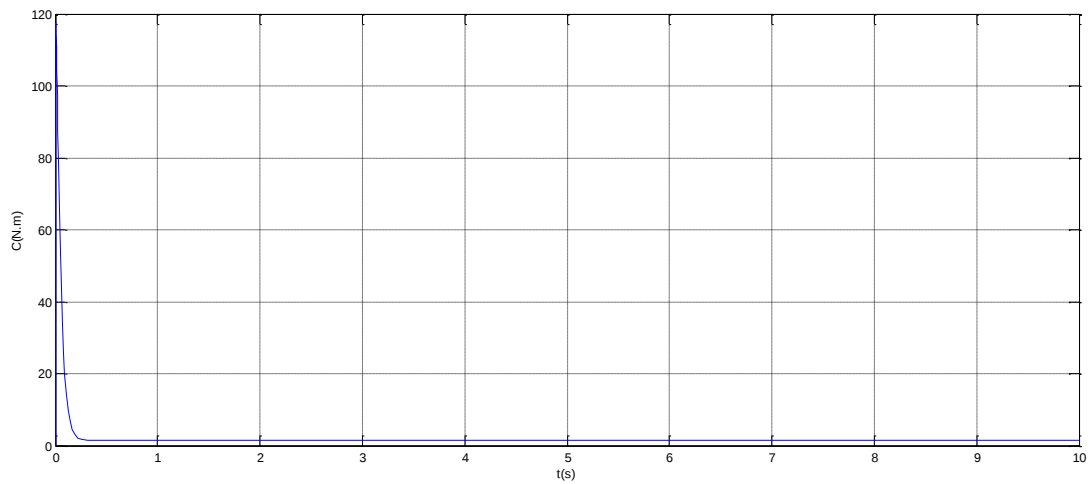


Figure II-10 Le couple du MCC shunt

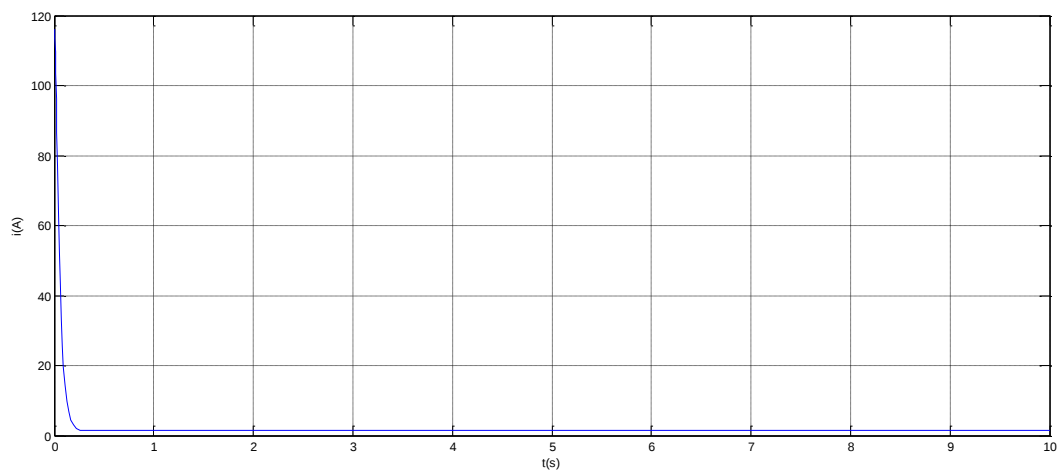


Figure II-11 Le courant du MCC shunt

II-3-4-2-Les caractéristiques en charge du moteur à courant continu shunt

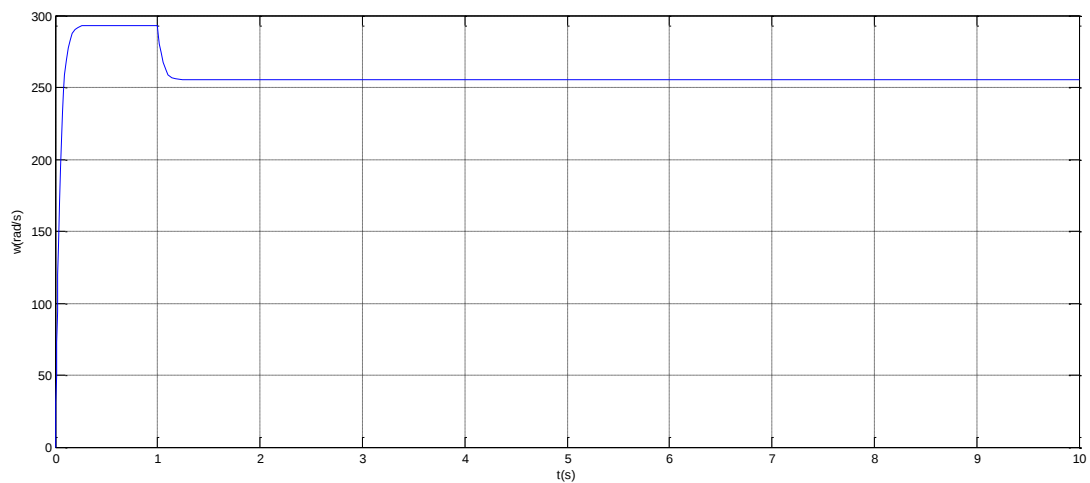


Figure II-12 La vitesse du MCC shunt

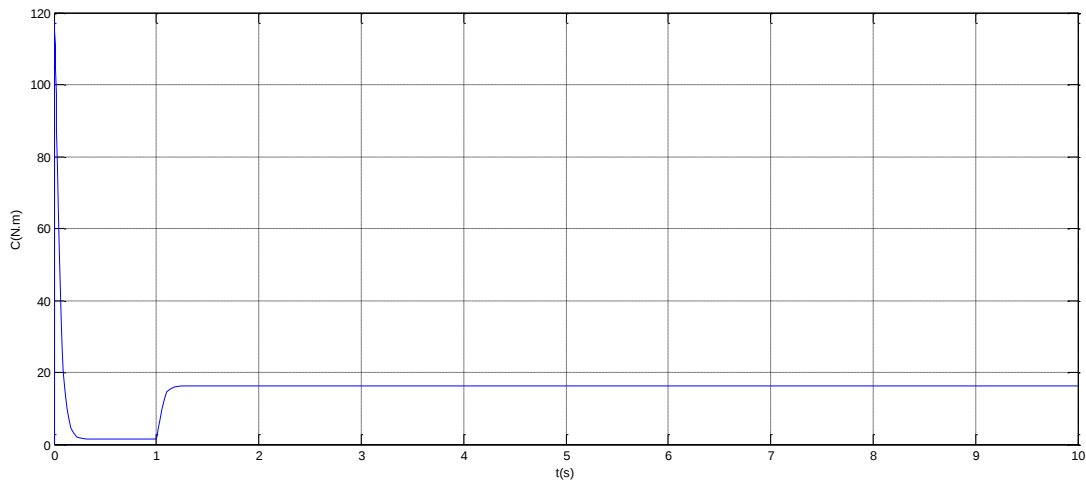


Figure II-13 Le couple du MCC shunt

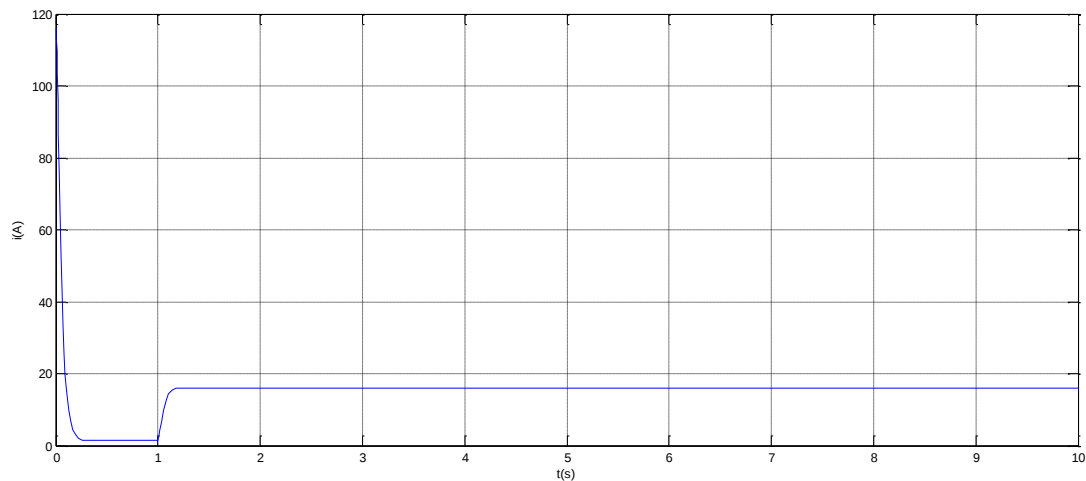


Figure II-14 Le courant du MCC shunt

II-3-5-Interprétation

Pour un moteur à courant continu à excitation shunt , on obtient les mêmes résultats de simulation mais avec une seule variation qui est reliée à le courant de la charge .

II -3-5-1-A vide :

le figure (II.11) montre qu'il y a un fort appel du courant pendant le démarrage atteint jusqu'à $I_m=110A$ puis il revient zéro.

II -3-5-2-En charge :

On peut remarquer sur la caractéristique du moteur à courant continu à excitation shunt, une demande du courant d'induit atteint à 19A lorsqu'on applique un couple résistant.

Simulation du moteur à courant continu à excitation série -4-II

La construction d'un moteur série est identique à celle d'un moteur shunt, sauf en ce qui concerne l'inducteur. L'inducteur est connecté en série avec l'induit.

II-4-1-Equations**électriques**

$$\begin{aligned} U_s &= R_s I_q + L_s \frac{dI_q}{dt} \\ U_a &= R_a I_q + L_a \frac{dI_q}{dt} + \omega_r M_{sd} I_q \end{aligned} \quad (II.26)$$

$$C_e = M_{sd} I_q^2$$

$$I_s = I_q \quad (II.27)$$

$$U = U_s + U_a \quad (II.28)$$

On remplace les deux équations du système (II.26) dans (II.28) on obtient :

$$(L_s + L_a) \frac{dI_q}{dt} = U - (R_s + R_a) I_q - \omega_r M_{sd} I_q \quad (II.29)$$

Equations mécaniques -2-4-II

$$J \frac{d\omega}{dt} = C_e - C_r \quad (II.30)$$

$$\Rightarrow \frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{sd} I_q}{J} - \frac{C_r}{J} \quad (II.31)$$

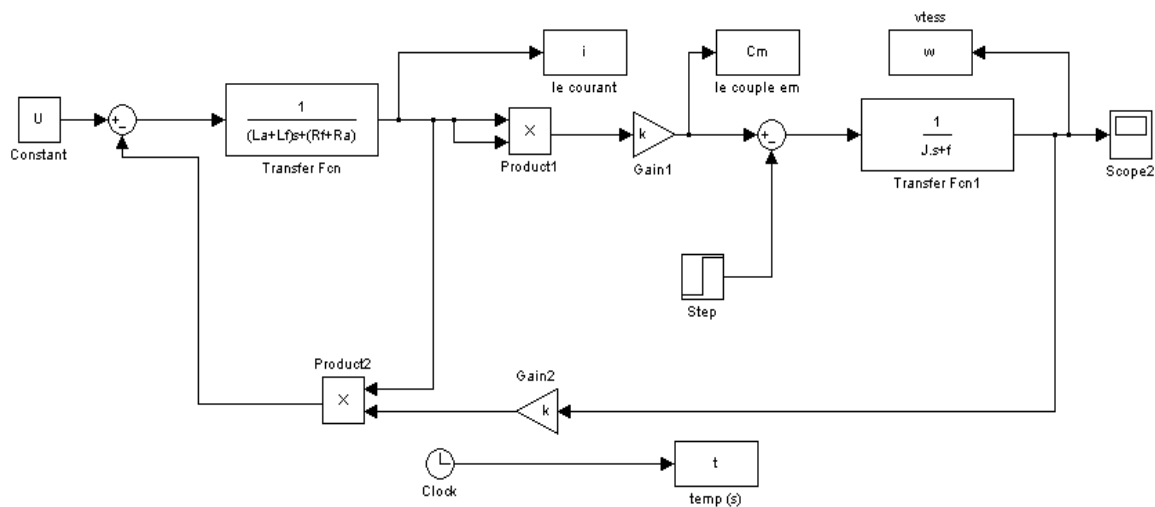
Schéma bloc du moteur série -3-4-II

Figure II-15 Le schéma bloc de la machine à courant continu série

Les mêmes paramètres du moteur à courant continu séparé et série avec :

$$L_f = 0.868 \text{ H} \quad R_f = 1.158 \Omega$$

Résultats de simulation MCC série-4-4-II

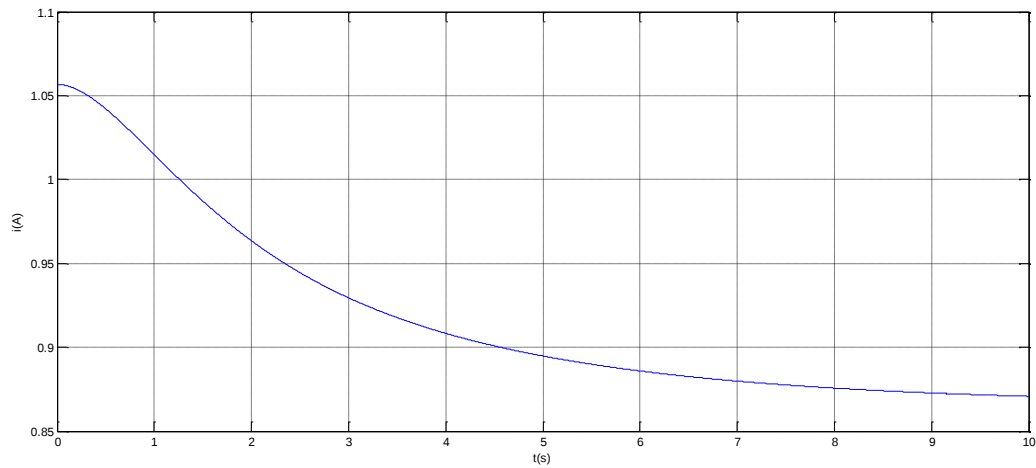


Figure II-16 Le courant du MCC série

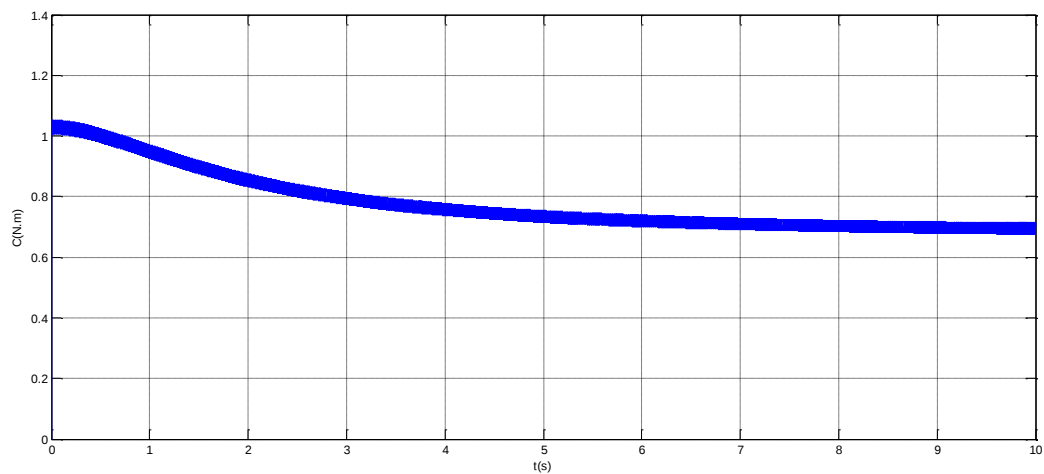


Figure II-17 Le couple du MCC série

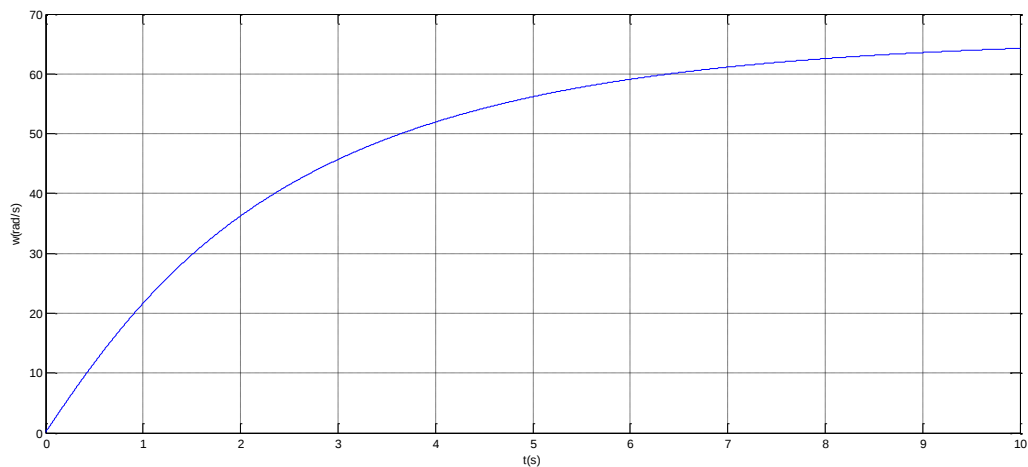


Figure II-18 La vitesse du MCC

II-4-5-Interprétation

Les figures (II.16), (II.17) et (II.18) montrent qu'il y a un fort appel du courant pendant 1 puis il revient zéro. ($I_m = 1.05 \text{ A}$) démarrage atteint jusqu'à

La forme du couple qui dépend du courant pendant le démarrage, sa valeur atteinte puis elle revient à zéro (couple à vide), jusqu'à ($C_{\max} = 1.03 \text{ N.m}$) La vitesse angulaire augmente d'une façon presque linéaire puis se stabilise à ($w=65 \text{ rad/s}$) qui correspond à la vitesse de la marche à vide idéal

II-5 - simulation du moteur à courant continu a excitation séparée alimentée par hacheur

II-5 -1) Le schéma bloc du moteur

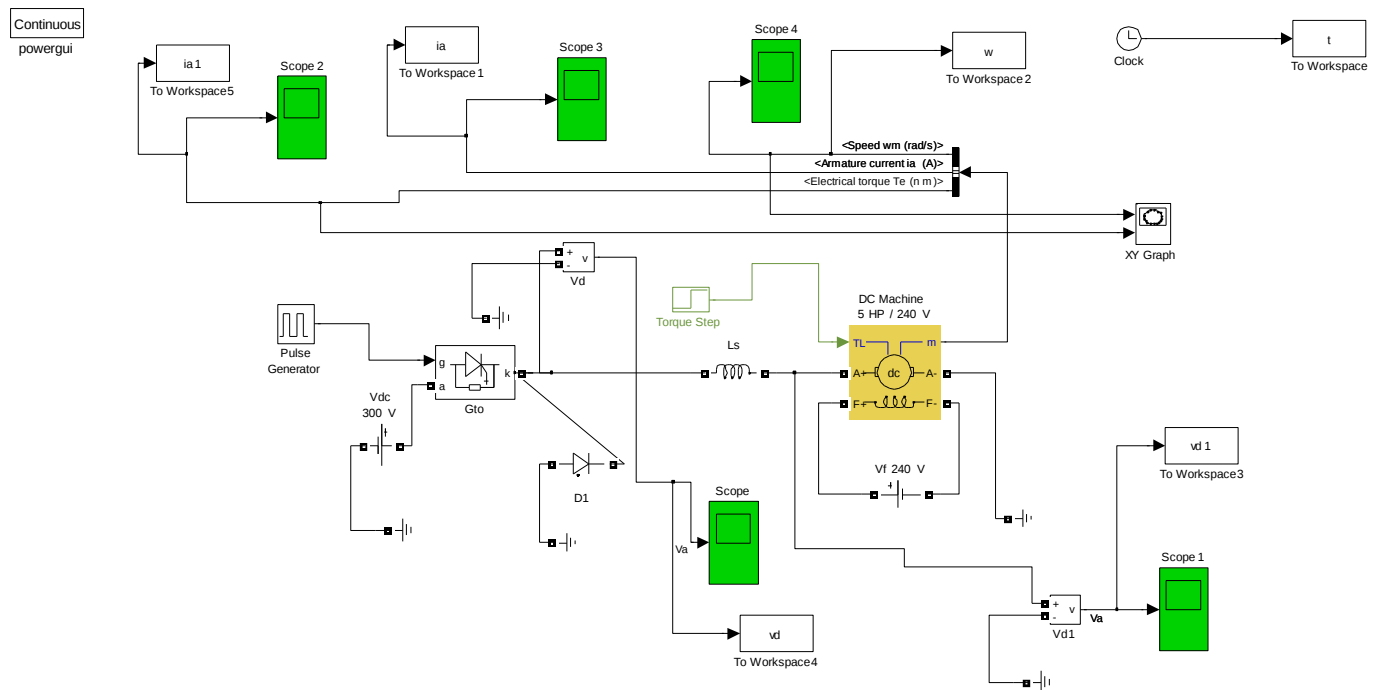


Figure II-19 Le schéma bloc de la MCC séparée alimentée par hacheur.

II-5 -2) Les paramètres du moteur

$U = 300 \text{ V}$, $L_s = 0.2 \text{ H}$, $R_a = 2.581 \Omega$, $L_a = 0.028 \text{ H}$, $L_f = 156 \text{ H}$, $R_f = 281.3 \Omega$, $P_n = 0.3 \text{ kW}$

$L_{af} = 0.9483 \text{ H}$, $j = 0.02215$, $T_f = 5161 \text{ N.m}$, $B_m = 0.002953 \text{ N.m.s}$, $C_r = 15 \text{ N.m}$

II-5 -3) Les résultats de simulation

II-5 -3-1) Les caractéristiques à vide du moteur à courant continu séparée alimentée par hacheur

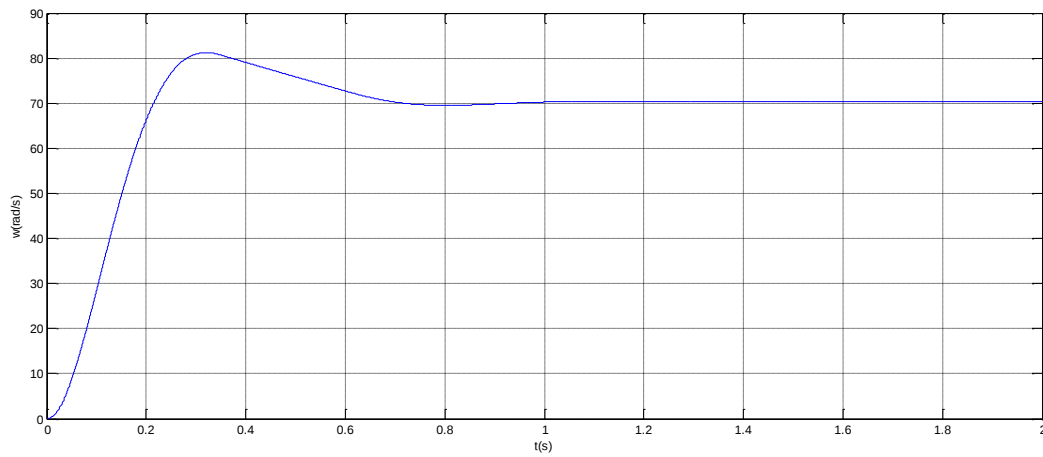


Figure II-20 La vitesse du MCC excitation séparée

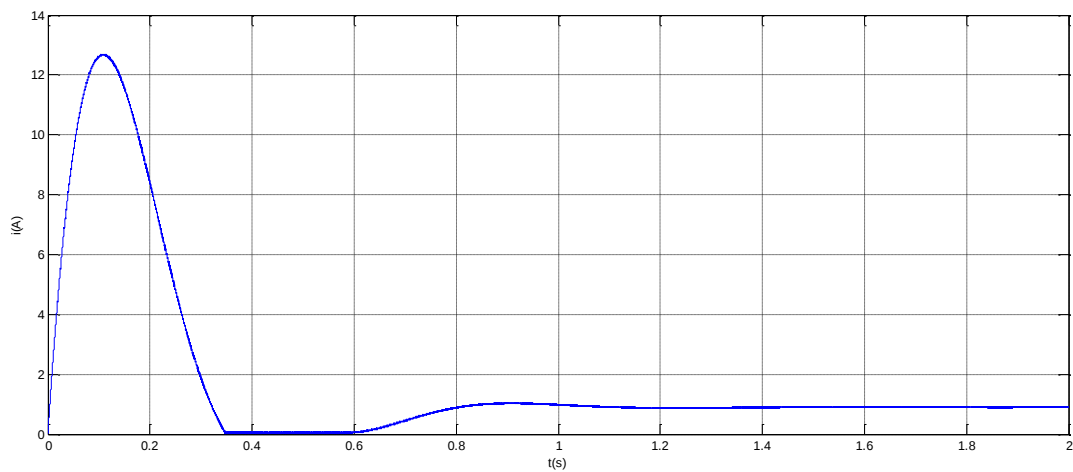


Figure II-21 Le courant du MCC excitation séparée

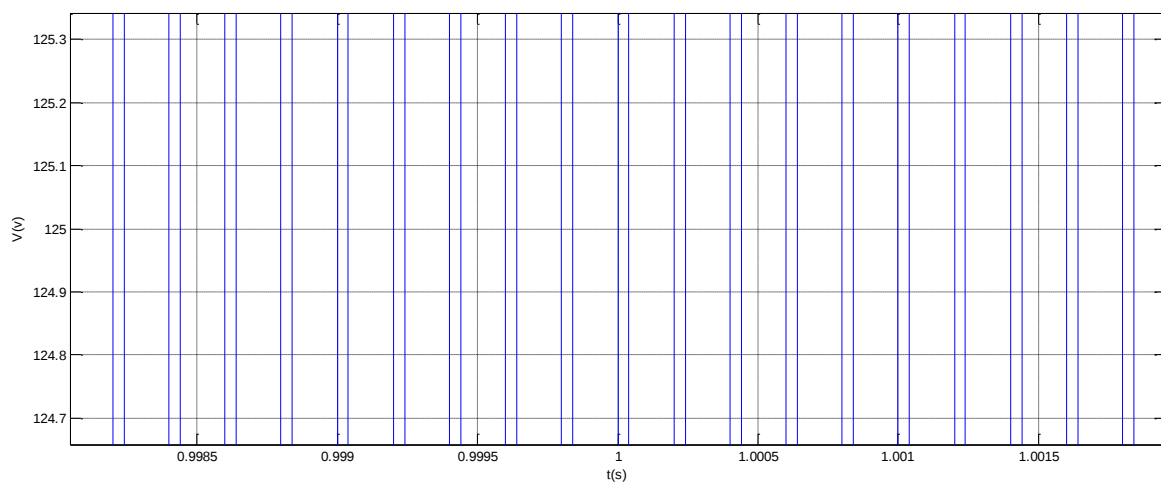


Figure II-22 La tension de source sans lissage

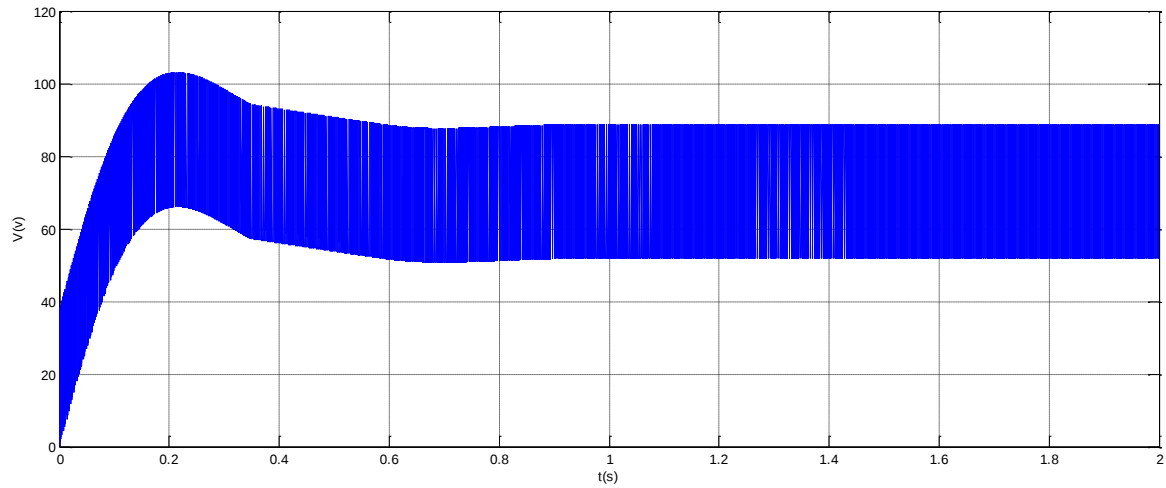


Figure II-23 La tension de source avec lissage

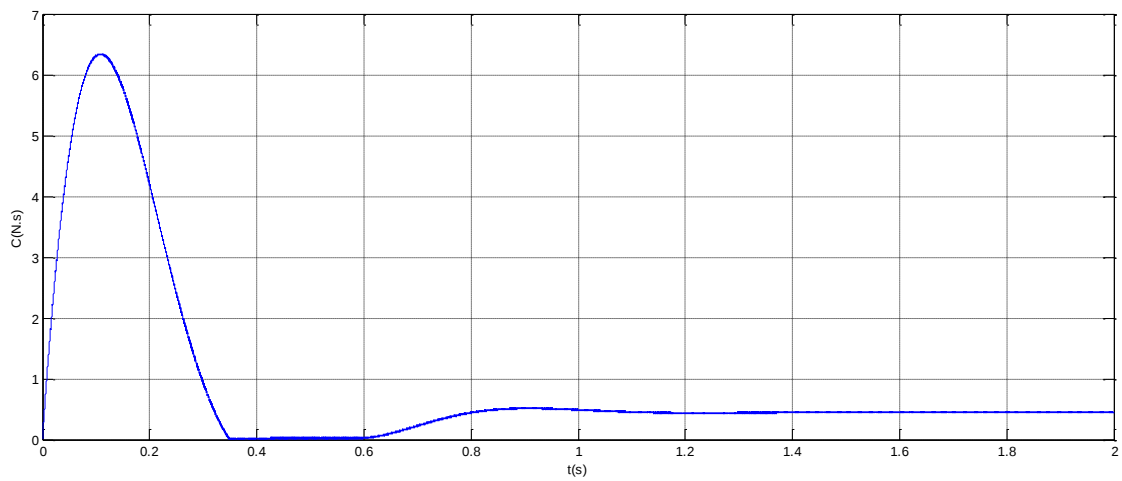


Figure II-24 Le couple du MCC excitation séparée .

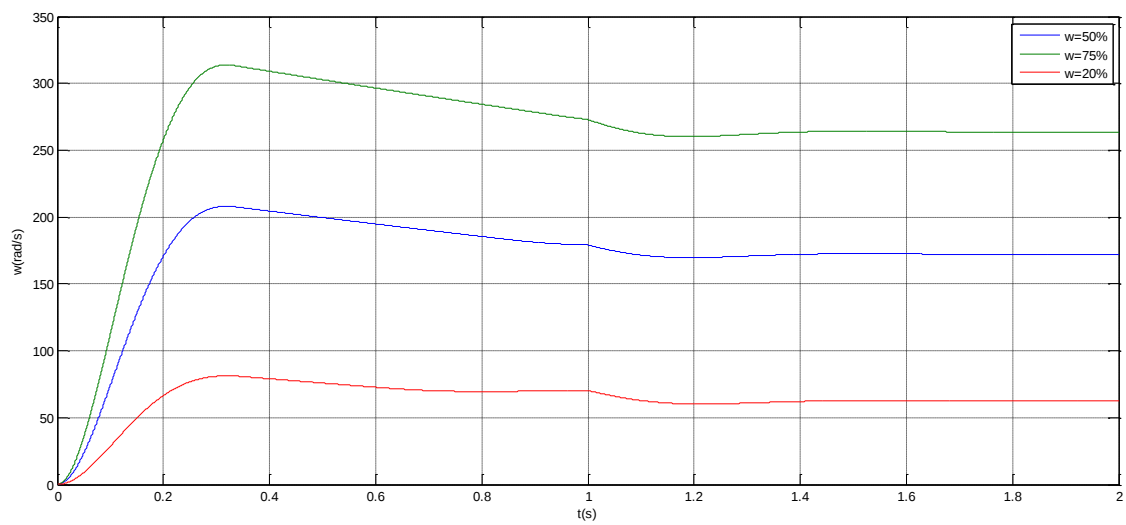


Figure II-25 la vitesse avec variation l'ampultion du MCC

II-5 -3-2) Le résultat issu du moteur à courant continu en charge à excitation séparée alimentée par hacheur :

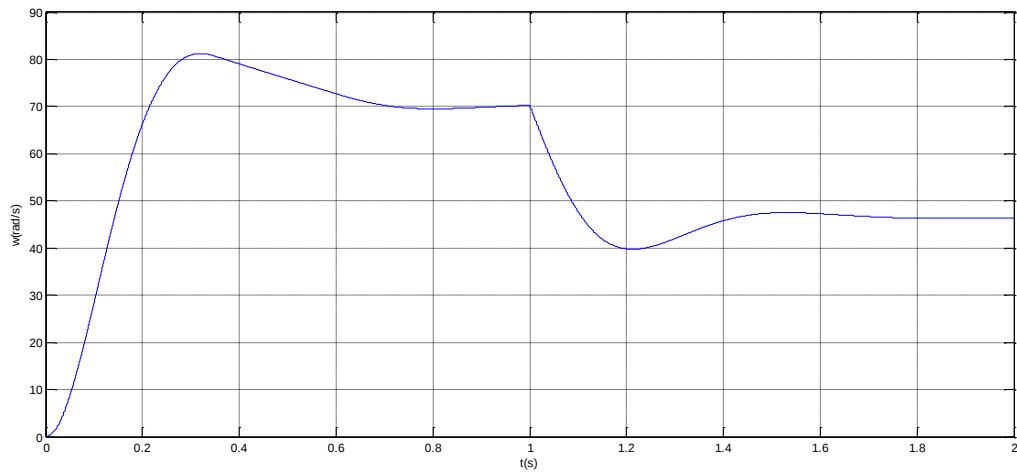


Figure II-26 La vitesse du MCC excitation séparée

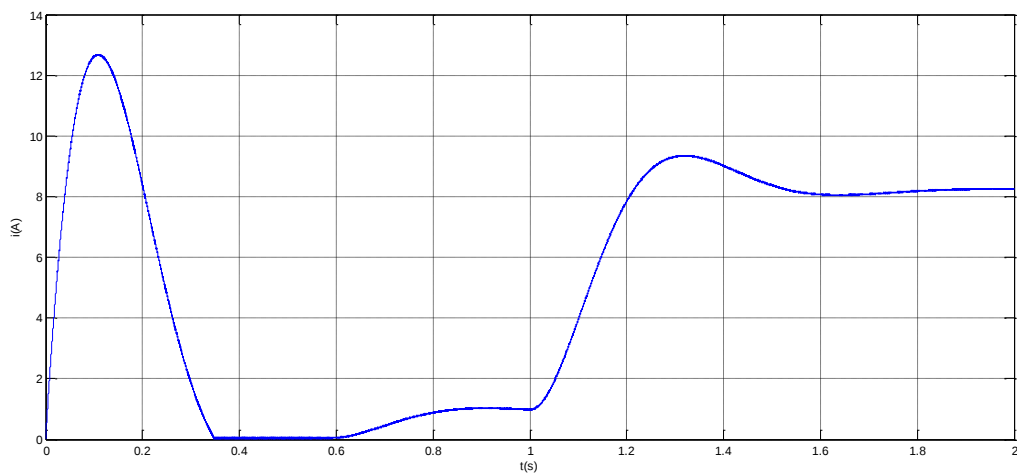


Figure II-27 Le courant du MCC excitation séparée

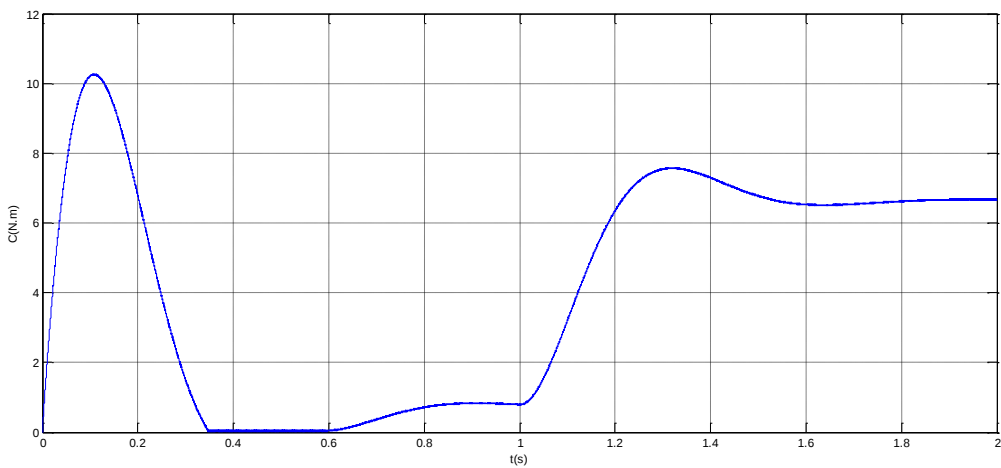


Figure II-28 Le couple du MCC excitation séparée

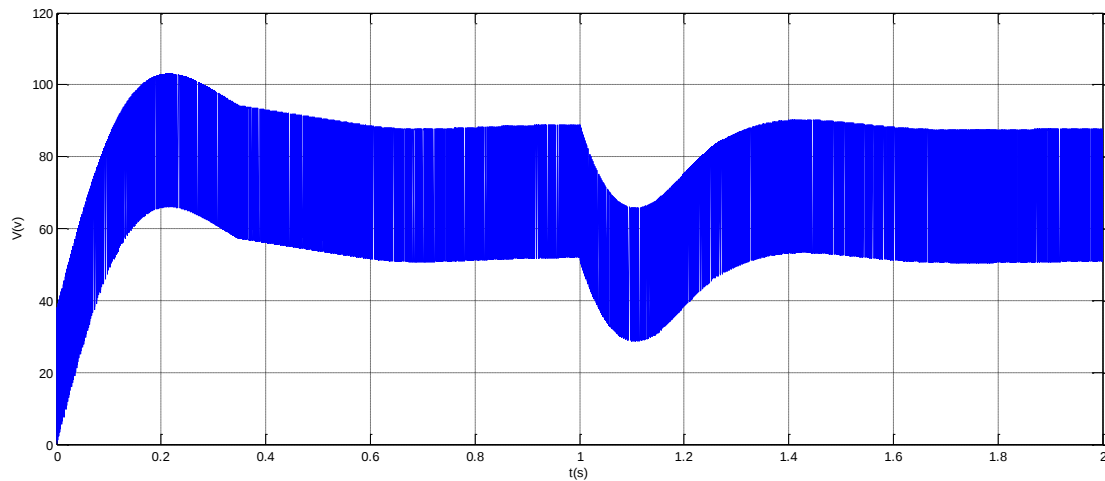
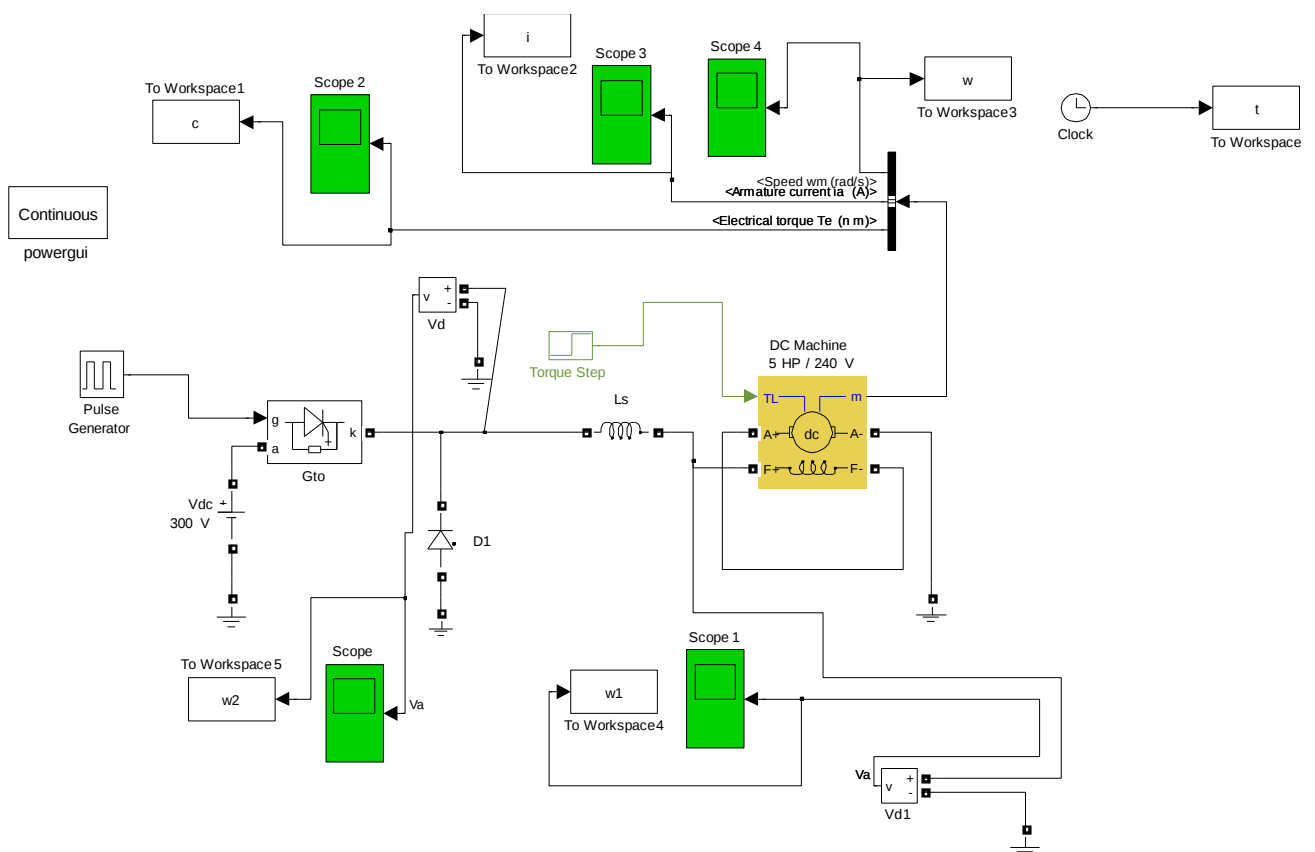


Figure II-29 La tension de source avec lissage

II-6 - simulation du moteur à courant continu à excitation série alimentée par hacheur



II-6 -1) Le schéma bloc du moteur

Figure II-30 Le schéma bloc de la MCC série alimentée par hacheur

II-6 -2) Les paramètres du moteur

Les mêmes paramètres du moteur à courant continu séparé et série

II-6 -3) Résultats de simulation MCC série

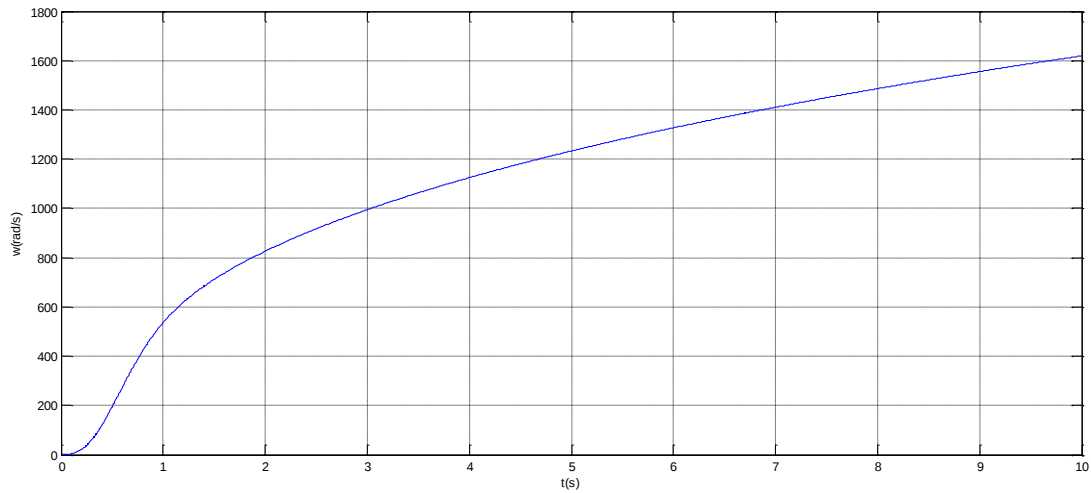


Figure II-31 La vitesse de MCC excitation série

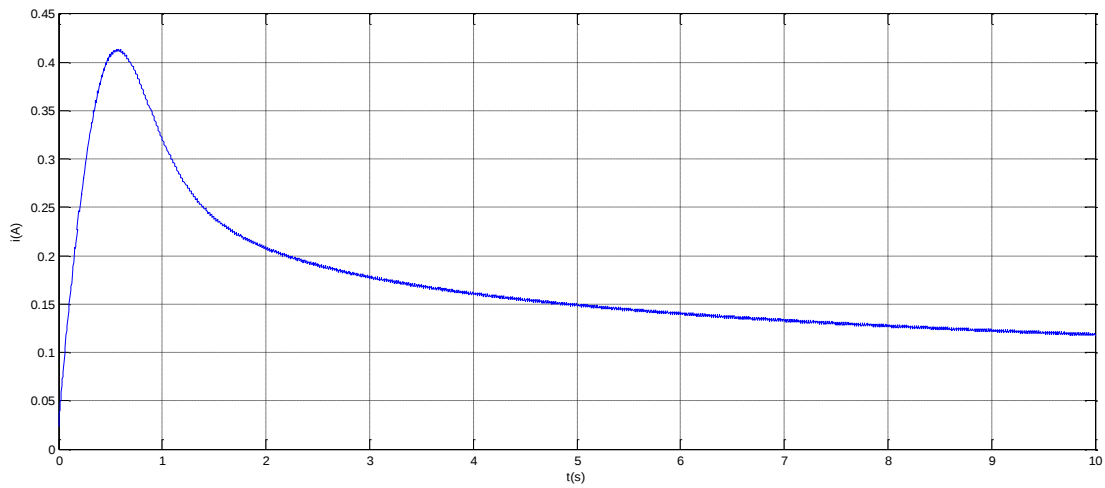


Figure II-32 Le courant de MCC excitation série

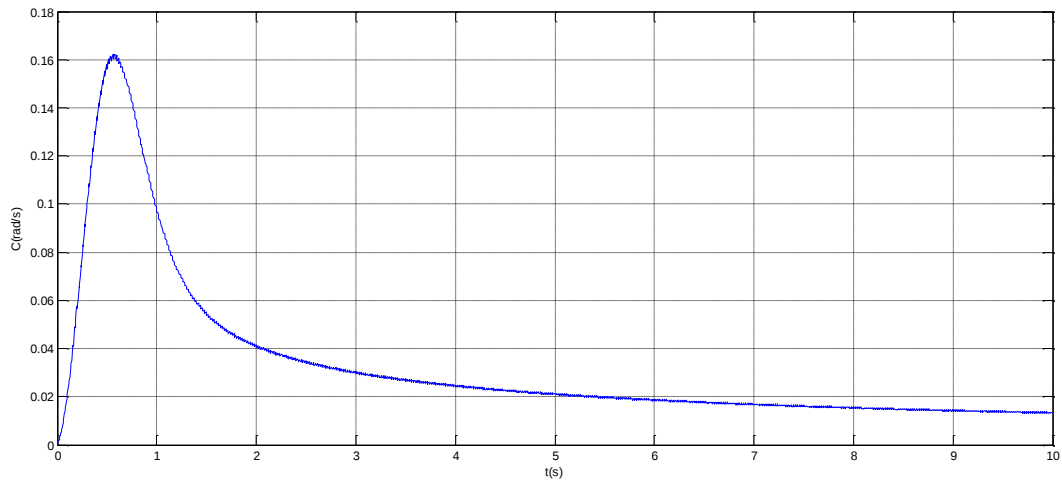
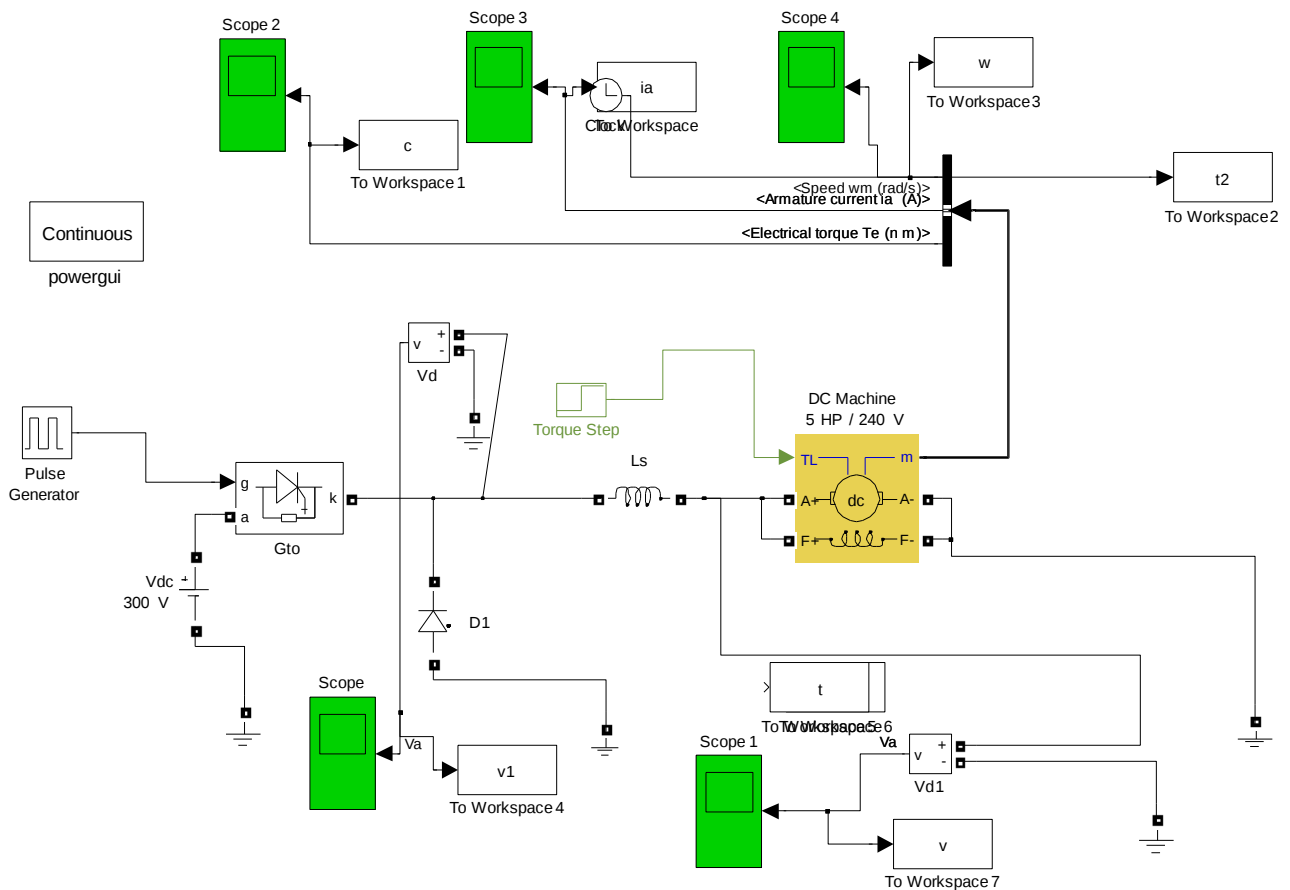


Figure II-33 Le couple de MCC excitation série

II -7- simulation du moteur à courant continu à excitation shunt alimentée par hacheur



II -7-1) Le schéma bloc du moteur

Figure II-34 Le schéma bloc de la MCC shunt alimentée par hacheur

II -7-2) Les paramètres du moteur

Les mêmes paramètres du moteur à courant continu séparé

II -7-3) Résultats de simulation

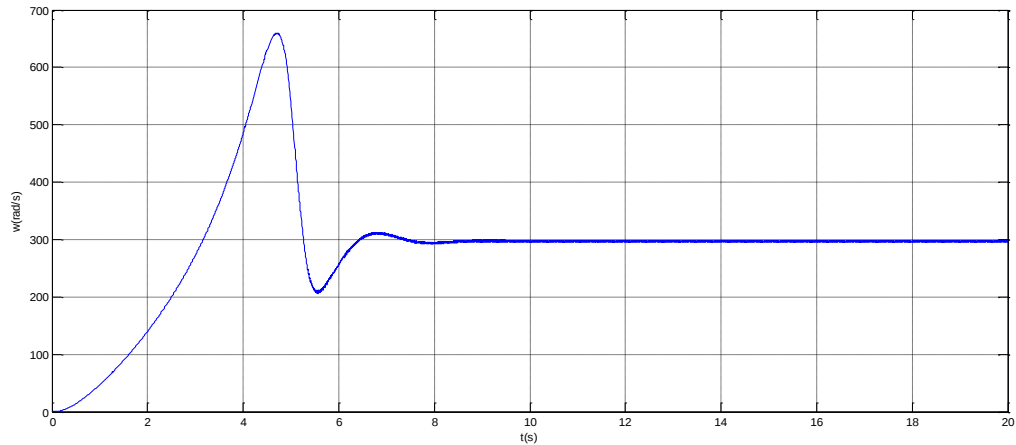


Figure II-35 La vitesse de MCC excitation shunt

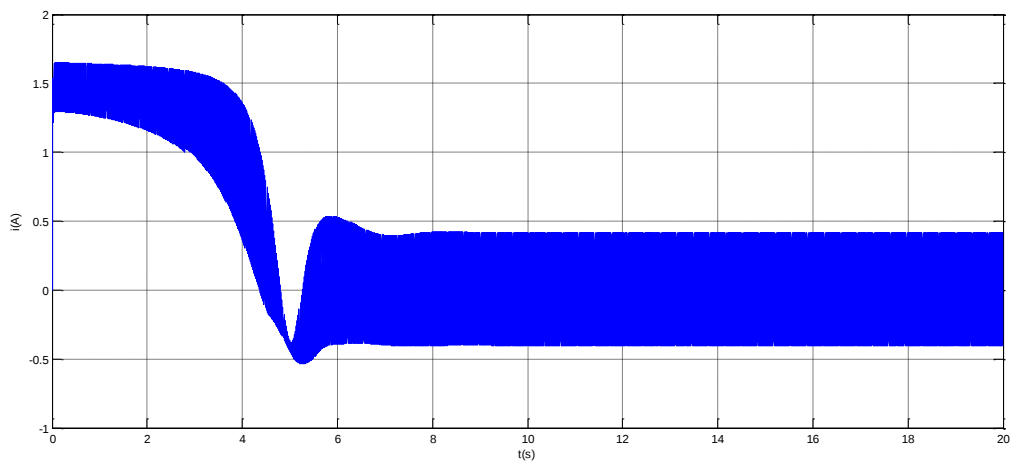


Figure II-36 Le courant de MCC excitation shunt

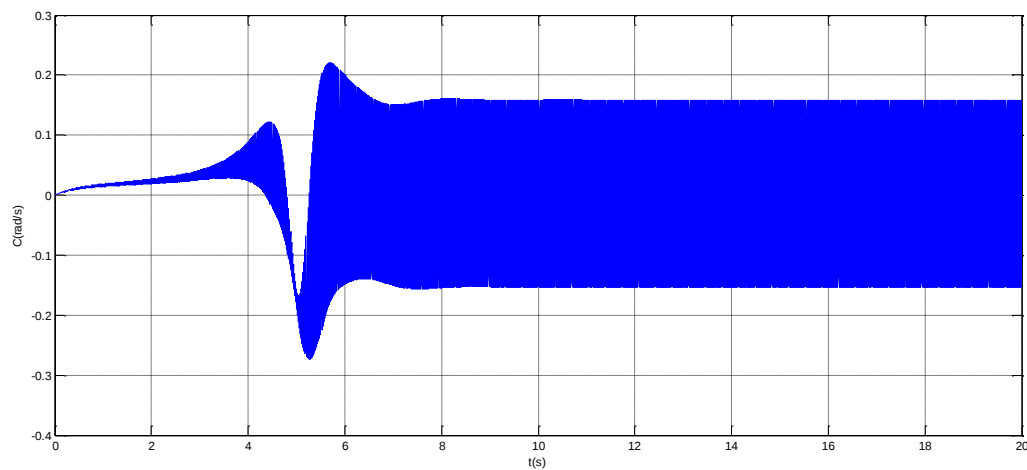
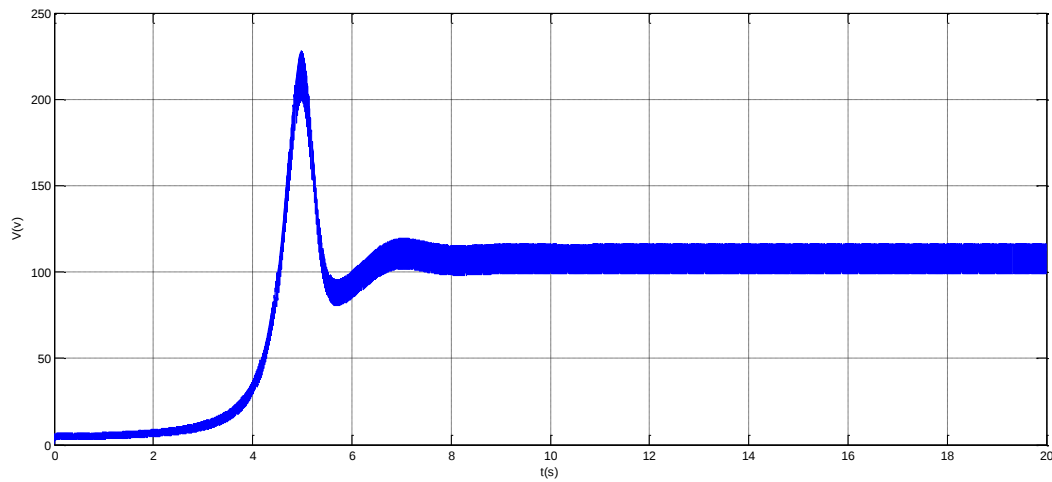


Figure II-37 Le couple de MCC excitation shunt*Figure II-38 La tension avec lissage de MCC excitation shunt*

II -8- Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la modélisation et simulation de fonctionnement de la machine à courant continu alimentée par un hacheur.

On conclut que les caractéristiques des machines à courant continu qui dépend par le couple résistant (à vide - en charge) , et pour fonctionnement (moteur) . La commande linéaire des moteurs à courant continu à flux constant ou variable est devenue l'un des sujets qui intéresse tant les ingénieurs de génie-électrique aussi que d'autres chercheurs.

Conclusion Générale

La commande linéaire des moteurs à courant continu à flux constant est devenue l'un des sujets qui intéresse tant les ingénieurs de génie-électrique aussi que d'autres chercheurs.

Le présent travail est consacré à l'étude de l'association hacheur et un moteur à courant continu.

A l'issue de ce travail, les volets principaux et les perspectives futures envisageables peuvent être résumés comme suit:

Après la représentation des généralités sur la machine à courant continu, nous avons établi le modèle mathématique du moteur à courant continu et la simulation en boucle ouverte et les différents types d'hacheurs.

Enfin, nous avons proposé une commande d'un moteur à courant continu à excitation séparée, série et shunt alimenté par un convertisseur statique DC/DC (hacheur).

Les résultats obtenus montrent clairement que les performances obtenues, avec les régulateurs de (vitesse, courant et de couple) par dans les différentes modes de marche, à vide ou en charge suivent les performances et les réponses souhaitées.

Les perspectives qu'on peut envisagé comme suite à ce travail se traduisent par l'application d'autres techniques de commande telle que le moteur sera alimenté par un convertisseur statique DC/DC (hacheur) en cascade avec un filtre passif par intégration de correcteurs de courant et de vitesse pour agir sur la réponse du système global de suivre les valeurs de référence .

ANNEXE

Paramètres de la machine à courant continu

Les caractéristiques du moteur à courant continu utilisées dans notre travail sont :

1- Caractéristiques

$P_n=0.3KW$	Puissance nominale.
$f = 50HZ$	Fréquence du réseau industriel.
$U_d = 300 \text{ v}$	Tension nominale.
$N = 1750 \text{ tr/mn}$	Vitesse de rotation nominale.

2- Paramètres

$R_a = 2.581 \text{ } \Omega$	Résistance d'induit.
$L_a = 0.0063H$	Inductance d'induit.
$J = 0.02215 \text{ Kg.m}^2$	Moment d'inertie.
$P_p = 2$	Paire de pôle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Francis MILSANT, " Cours d'électronique ''", tome 5, 2^{ème} édition, EYROLLES [1985].
- [2] Francis MILSANT, " Cours d'électrotechnique ", tome 2, Machines à courant continu, EYROLLES [1981].
- [3] Guy SEGUIER, Francis NOTELET, " Electrotechnique industrielle ", 2^{ème} édition augmentée [1982], Lavoisier.
- [4] H.FRAUDET, F.MILSANT, " Cours d'électricité ", 9^{ème} édition, ERROLLES [1987].
- [5] Guy SEGUIER, " L'électronique de puissance ", 6^{ème} édition, Dunod [1990] Paris.
- [6] Sites Internet.
- [7] Guy SEGUIER, " Les convertisseurs de L'électronique de puissance, La conversion Alternatif-Continu ", Lavoisier [1984].
- [8] Technique d'ingénieur" Electronique de puissance ", Dunod [1989].
- [9] S. Chemanedji et A. Sadoud ; « *Conception d'un Hacheur à deux Thyristors Auxiliaires Destiné à la Poursuite du Point de Puissance Maximale d'un Générateur Photovoltaïque* » ; revue des énergies renouvelables. : Valorisation ; 1999 .
- [10] BEN AMOR Afaf, BOUGHAZALA MOHAMMED Messouda, mémoire de la fin étude «commande linéaire d'un moteur à courant continu à flux constant (synthèse et régulateurs», Centre Universitaire d'EL-OUED, promotion 2008 .