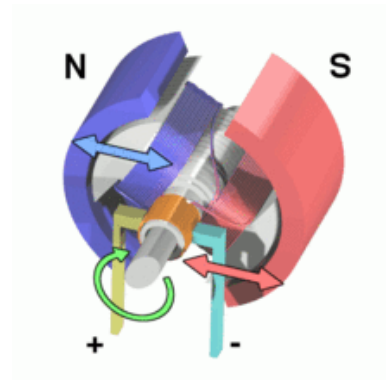


Machines électriques



CHALABI Nadia Faliha université de blida 1
département de physique email : cnf_nadia@hotmail.fr

Table des matières



I - objectifs du chapitre II	3
II - CHAPITRE II : la machine à courant continu	4
1. introduction	4
2. Mode de fonctionnement de la machine a courant continu	6
3. plaque signalétique	6
4. Exercice	7
5. Modélisation de la génératrice à courant continu	7
5.1. Tension aux bornes de la génératrice	8
5.2. Puissance électromagnétique	8
5.3. Couple électromagnétique (résistant)	9
6. Exercice	9
7. Les différentes configurations d'excitation	9
7.1. La génératrice a excitation indépendante	10
7.2. Bilan des puissances et rendement	12
Solutions des exercices	13
Références	14
Bibliographie	15
Webographie	16

objectifs du chapitre II



A la fin de ce chapitre vous serais capable de :

- décrie les principes de la machine à courant continu.
- Différencier entre les modes d'excitation d'un moteur à c.c.
- Analyser la machine a courant continu a excitation indépendante .

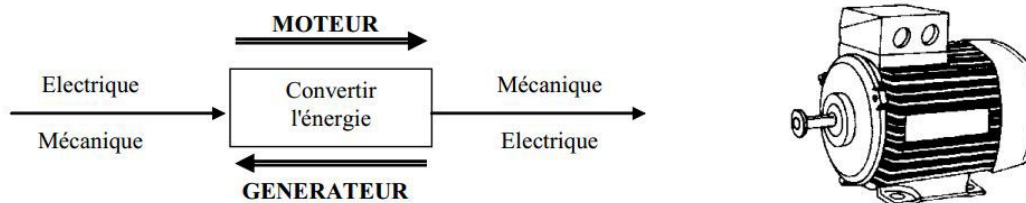
CHAPITRE II : la machine à courant continu

II

1. introduction

Définition

Une machine à courant continu est un convertisseur électromécanique permettant la conversion Mécanique /Électrique ou Électrique/Mécanique tel que :

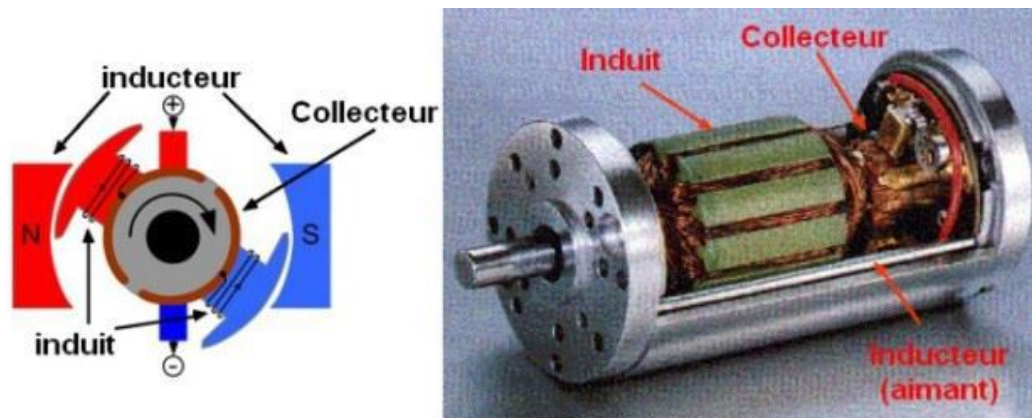


définition de la conversion électromécanique

Complément : constitution

La machine à courant continu comporte trois éléments essentiels :

- L'inducteur : C'est la partie fixe du moteur, dont la fonction consiste à créer le champ magnétique d'excitation. Il est constitué, soit par un aimant permanent, soit par un électro-aimant dont les enroulements sont parcourus par le courant continu d'excitation.
- L'induit : C'est la partie mobile, qui comporte une ou plusieurs bobines tournant dans le champ magnétique. Il est le siège d'une f.e.m induite alternative.
- Le collecteur : Il est également mobile, son rôle est de transformer le courant alternatif présent dans l'induit en courant unidirectionnel à l'aide de balais fixe.

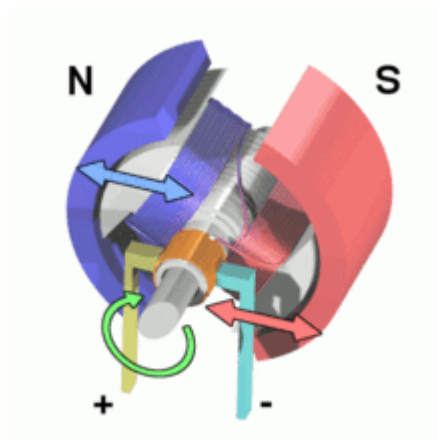


constitution de la machine a courant continu

Le circuit électrique de l'inducteur est constitué de bobines branchées en série, il est alimenté en courant continu.

Les bobines enroulées autour des noyaux polaires sont la source du champ magnétique. Suivant le nombre de bobines inductrices, on obtient :

- soit une machine bipolaire où l'on distingue l'axe des pôles et la droite perpendiculaire à l'axe des pôles qui est appelée ligne neutre,
- soit une machine multipolaire comportant $2p$ pôles (p pôles Nord et p pôles Sud).



L'enroulement du rotor, plus complexe, est formé de conducteurs logés dans des encoches aménagées sur la surface extérieure de la carcasse cylindrique formant le circuit magnétique rotorique. Ce sont ces conducteurs solidaires du cylindre soumis aux forces de Laplace, qui vont entraîner celui-ci dans leur mouvement de rotation.

On relie ensemble deux conducteurs presque diamétralement opposés, pour constituer une spire dont les extrémités sont soudées à deux lames voisines d'un collecteur, solidaire de l'arbre.

Le collecteur est constitué de lames de cuivre isolées les unes des autres. Sur ce collecteur frottent des balais fixes en carbone et de ces balais partent les conducteurs qui assurent la liaison électrique entre le rotor et l'extérieur de la machine.



Rotor +collecteur

2. Mode de fonctionnement de la machine a courant continu

Selon la nature de la **conversion énergétique** réalisée, **deux types** de machines sont distingués :

- la génératrice à courant continu, elle transforme une énergie mécanique en énergie électrique sous forme de courant continu.





- **Fonctionnement en mode génératrice*** :

L'inducteur est alimenté par une tension continue et produit un champ magnétique constant. L'induit est entraîné en rotation par un système d'entraînement. Il est le siège de variation de flux au travers de spires qui le constituent. Ils en résultent la création d'une f.e.m alternative qui est redressée et transmise au circuit extérieur par l'ensemble collecteur-balais.

- **Fonctionnement en mode moteur :***

L'inducteur est également alimenté par une tension continue et produit un champ magnétique constant. Par contre, l'induit est alimenté par une source de courant continu. Le champ inducteur agit sur ses conducteurs de l'induit en leur appliquant des forces électromagnétiques. Ces forces électromagnétiques produisent un couple moteur qui entraîne le rotor en rotation.

3. plaque signalétique

 LR 57008 IEC 34.1.1990				2 102 451 / A MADE IN FRANCE			
		MOTEUR A COURANT CONTINU DIRECT CURRENT MOTOR					
TYPE: LSK 1604 S 02		N° 700000/10		9/1992		M 249 kg	
Classe / Ins class H		IM 1001		IP 23		IC 06	
M _{nom} / Rated torque 301 N.m		Altit. 1000 m		Temp. 40 °C			
	kW	min⁻¹	V	A	V	A	
Nom./Rat.	36.3	1150	440	95.5	360	3	
	3.63	115	44	95.5	360	3	
	36.3	1720	440	95.5	240		
T	Système refroidissement: I		Induit / Arm.		Excit. / Field		
○	Service / Duty S1		DE 6312 2RS C3		NDE 6312 2RS C3 ○		

symboles	Désignations
36,3 kW	puissance
1150tr/min	Nombre de tours par minute
440V	Tension d'induit
95.5A	Intensité d'induit
360V	Tension d'excitation
3A	Intensité d'excitation
4	Polarité
N° 700000	N° série moteur
M 249 kg	Masse
Classe H	Classe d'isolation
IM 1001	Position de fonctionnement
IP 23S	Indice de protection
Temp. 40°C	Température maximale ambiante de fonctionnement

4. Exercice

[solution n°1 p.13]

Une machine à courant continu est considérée comme :

- convertisseur électrique
- machine mécanique
- machine électrique
- convertisseur électromécanique

5. Modélisation de la génératrice à courant continu

Expression de la force électromotrice

L'enroulement **induit** en mouvement dans le **champ magnétique** produit par l'inducteur est le siège d'une **une force électromotrice** (f.e.m.) E à ses bornes.

Cette f.e.m est proportionnelle au nombre de conducteurs actifs de l'induit, à la vitesse de rotation n de l'induit, au flux Φ dans l'entrefer. Son expression est donnée par la relation suivante :

$$E = \frac{2p}{2a} * N * n * \Phi$$

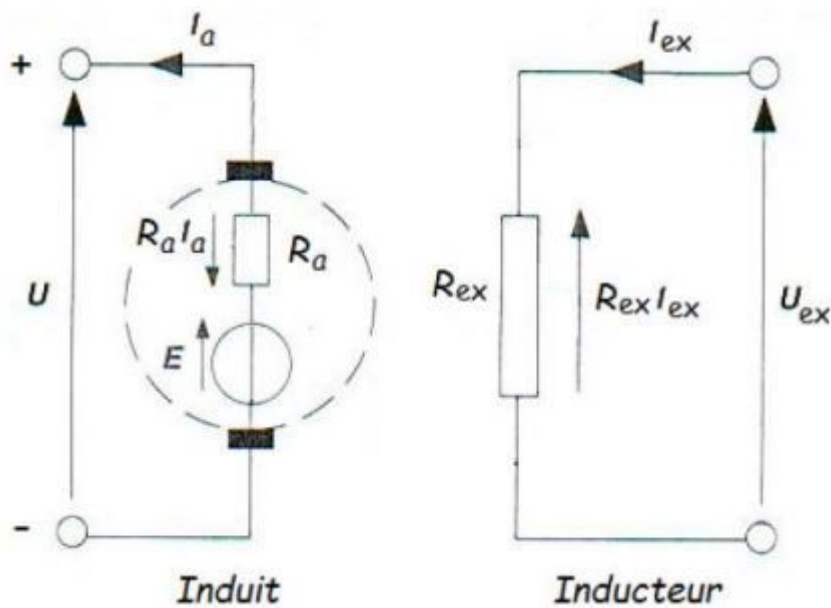
E : f.e.m en Volts, n : vitesse de rotation de l'induit en tr/s, Φ : flux magnétique maximum traversant les enroulements de l'induit en webers, N : nombre de conducteurs actifs de l'induit, 2p : Nombre de voie d'enroulement, 2a : Nombre de voie d'enroulement (on adopte : $2p/2a=1$).

5.1. Tension aux bornes de la génératrice

En appliquant à l'induit la convention d'un générateur, la tension qu'il délivre à ses bornes s'exprime sous la forme :

$$U = E - R_a I_a$$

U et E : tension et f.e.m en Volts, Ra : résistance de l'induit en Ohms, Ia : courant d'induit en ampères.



La convention récepteur appliquée à l'inducteur donne :

$$U_{ex} = R_{ex} I_{ex}$$

U_{ex} : tension en Volts, R_{ex} : résistance de l'inducteur en

Ohms et I_{ex} : courant d'inducteur en ampères.

5.2. Puissance électromagnétique

La puissance électromagnétique, notée P_{em} , est la portion de la puissance absorbée sous forme mécanique qui est convertie dans l'entrefer en énergie électrique :

$$P_{em} = E I_a = \frac{2p}{2a} N n \Phi I_a = UI + R_a I_a^2$$

5.3. Couple électromagnétique (résistant)

Selon le principe de Laplace ****, un conducteur parcouru par un courant électrique et placé dans un champ magnétique est soumis à une force électromagnétique. Sur ce principe, le rotor de la machine est soumis à un couple électromagnétique qui, dans le cas du fonctionnement en génératrice, s'oppose au couple fourni par le dispositif d'entraînement (couple résistant) :

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E I_a}{\Omega} = K \Phi I_a$$

C_{em} : couple électromagnétique en m.N), Ω : vitesse de rotation en rad.s⁻¹

6. Exercice

[solution n°2 p.13]

la machine a courant continu fonctionne en :

- générateur
- moteur
- moteur et générateur

7. Les différentes configurations d'excitation

Il existe 4 modes d'alimentation (**ou excitation**) de l'inducteur : l'excitation séparée, l'excitation shunt, l'excitation

série et excitation composée (compound).

- **Excitation séparée ou indépendante** : Une source d'alimentation auxiliaire (batterie, ou autre...) est nécessaire pour alimenter l'inducteur.
- **Excitation en dérivation ou shunt** : L'énergie nécessaire à la circulation d'un courant d'excitation pour la production du champ magnétique inducteur est délivrée à l'enroulement d'induit, aussi l'inducteur est mis en parallèle avec l'induit.
- **Excitation série** : Dans ce mode d'excitation, l'enroulement inducteur est branché en série avec l'enroulement induit et le courant d'excitation est le même dans les deux circuits.
- **Excitation composée ou compound** : Dans ce mode d'excitation, la machine possède deux enroulements d'excitation destinés à la production du champ magnétique. L'un est branché en parallèle avec l'induit, l'autre est connecté en

Pour les excitations, shunt, série et compound, la génératrice ne nécessite pas de source auxiliaire d'excitation, la machine est qualifiée de génératrice auto-excitée lorsqu'elle fonctionne selon l'un de ces trois modes.

7.1. La génératrice à excitation indépendante

schéma équivalent

U_{ex} : Tension de la source d'excitation,

R_{hd} : Rhéostat d'excitation (ou de champ),

R_d : Résistance de l'enroulement inducteur,

I_{ex} : Courant d'excitation,

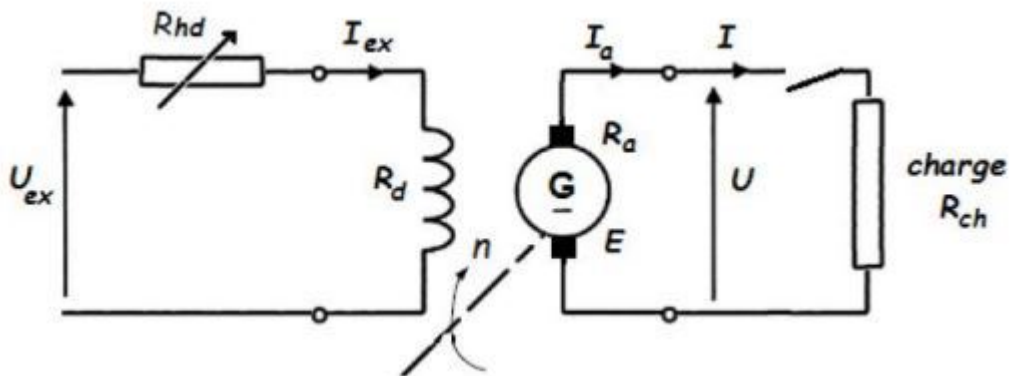
n : Vitesse de rotation

E_v : Force électromotrice,

R_a : Résistance de l'enroulement induit,

I_a : Courant d'induit,

I : Courant circulant dans la charge, U : Tension délivrée par l'induit, R_{ch} : Résistance de la charge



7.1.1. Caractéristique interne

Définition

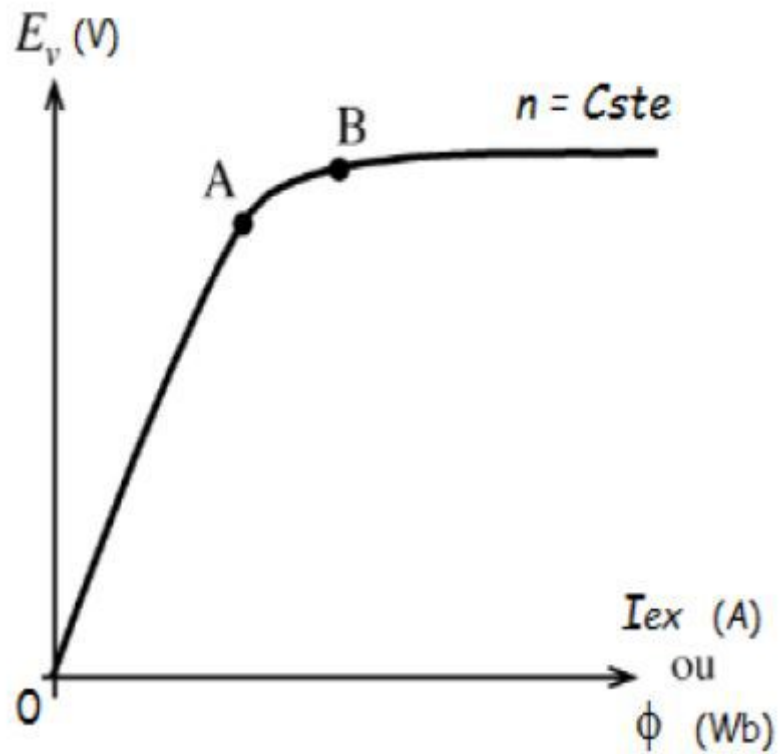
C'est la courbe $E_v = f(I_{ex})$ relevée à vide à vitesse n constante.

C'est une courbe de magnétisation, en effet elle a la même allure que celle de l'induction $B = f(H)$, et :

- de O à A, la caractéristique est linéaire,
- de A à B le matériau ferromagnétique commence à saturer ;
- après B, le matériau est saturé, le f.e.m. n'augmente presque plus.

Pour des valeurs du courant d'excitations importantes, le circuit magnétique se sature et l'accroissement de la f.e.m. est moins rapide.

La zone utile de fonctionnement de la machine se situe au voisinage du point A.



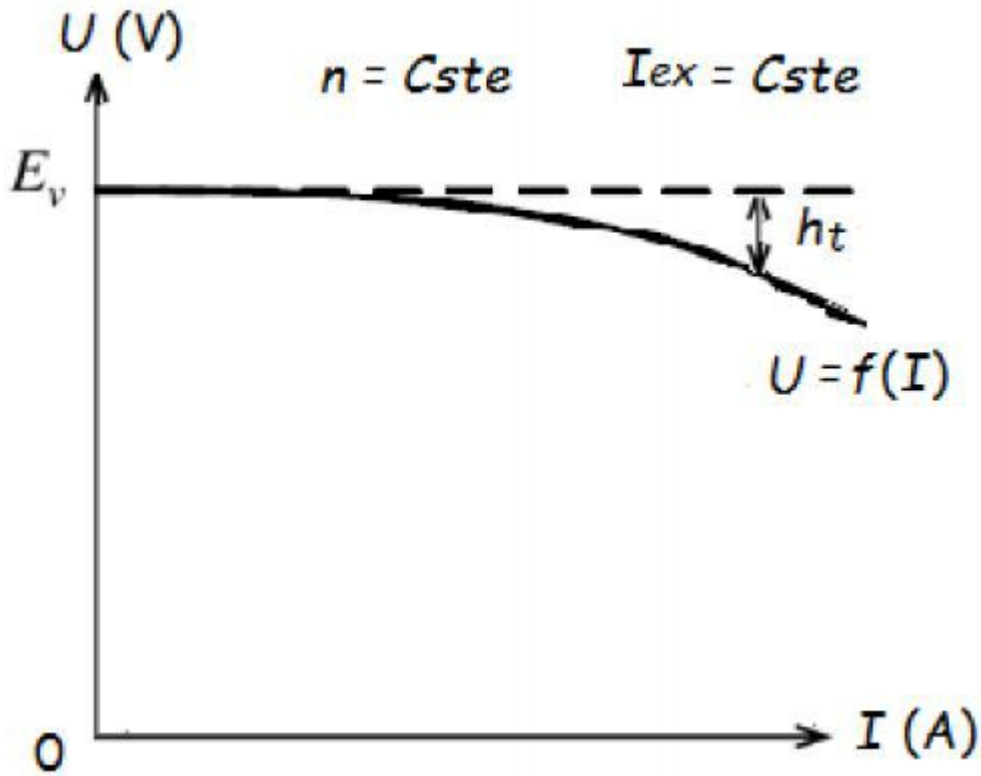
a) Caractéristique externe

🔗 Définition

C'est la courbe $U = f(I)$ relevée en charge, en maintenant constantes la vitesse n et le courant d'excitation I_{ex} .

Lorsque le courant I croît la tension aux bornes de la charge diminue, la caractéristique est donc décroissante et s'incurve de plus en plus à cause des chutes de tension ohmique et de réaction magnétique de l'induit.

Les différentes caractéristiques de chute de tension $h_t = f(I)$, $h_m = f(I)$, $\mu = f(I)$ peuvent être déduites par une méthode graphique ou à l'aide de calcul.



7.2. Bilan des puissances et rendement

La valeur du rendement est déterminée soit :

- par la méthode directe par un essai en charge,
- par la méthode des pertes séparées.

Les différentes puissances mises en jeu lors du fonctionnement en charge de la génératrice à excitation indépendante sont :

$$\begin{aligned}
 \text{Puissance utile} \quad P_u &= UI \\
 \text{Puissance absorbée par circuit d'excitation} \quad P_{ex} &= U_{ex} I_{ex} \\
 \text{Puissance mécanique} \quad P_m & \\
 \text{Puissance absorbée} \quad P_{ab} &= P_m + P_{ex} \\
 \text{Pertes joules dans l'induit} \quad P_{ja} &= R_a I_a \\
 \text{Pertes joules dans l'inducteur} \quad P_{jex} = P_{ex} &= (R_d + R_{hd}) I_{ex}^2
 \end{aligned}$$

Le rendement est calculé par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_u + \sum \text{pertes}} = \frac{P_u}{P_u + P_{jex} + P_{ja} + P_m}$$

Solutions des exercices



> Solution n°1

Exercice p. 7

Une machine à courant continu est considérée comme :

- convertisseur électrique
- machine mécanique
- machine électrique
- convertisseur électromécanique

> Solution n°2

Exercice p. 9

la machine à courant continu fonctionne en :

- générateur
- moteur
- moteur et générateur

Références



Électrotechnique
Fondamentale 2

Ce fascicule de travaux pratiques 2eme année Licence du système LMD, Sciences et Technologie auteur :
MCHERNENE.A et LOUCIF.M

Bibliographie



BAE 662-Design of Rotating Electrical Machines



Webographie



<https://www.cours-et-exercices.com/2016/03/transformateur-monophasé-bilan-de.html>