



ESSAIS ET MESURES ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES IV

OBJECTIFS GENERAUX

Le cours des essais et mesures IV vise à :

- Initier les élèves à la manipulation de l'électricité ;
- Familiariser les élèves avec les appareils de mesure ;
- Développer l'aptitude à rédiger un compte-rendu ;
- Rendre les élèves aptes à effectuer une mesure quelconque ; etc.

INTRODUCTION GENERALE

Dans les classes antérieures l'Electricien d'équipement a étudié la manière dont on entreprend pour connaître les quantités des différentes grandeurs électriques telles que : l'intensité du courant, la tension électrique, la résistance ou la puissance afin de pouvoir concevoir, évaluer, maintenir ou dépanner un circuit ou un équipement électrique. Dans ce cours, il est question d'étudier le comportement des machines électriques (moteurs et génératrices à courant continu, moteurs asynchrones, alternateurs, transformateurs), des diodes à jonction et zener, des transistors et des thyristors. C'est donc dans cet optique que ce cours intitulé les essais et mesures II trouve toute son importance. Et comme l'a dit **Samuel SMILES** : « une place pour chaque chose et chaque chose à sa place ». Tout au long de ce cours, nous étudierons les généralités sur les essais et mesures, les notions sur l'utilisation de quelques appareils de mesure et la mesure de certaines grandeurs électriques.

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- ESSAI A VIDE
 - 1- But
 - 2- Principe
 - 3- Schéma de principe
 - 4- Schéma de montage
 - 5- Liste de matériel
 - 6- Mode opératoire
 - 7- Tableau des relevés
 - 8- Construction des courbes
 - 9- Conclusion
- II- ESSAI EN CHARGE
 - 1- But
 - 2- Principe
 - 3- Schéma de principe
 - 4- Schéma de montage
 - 5- Liste de matériel
 - 6- Mode opératoire
 - 7- Tableau des relevés
 - 8- Construction des courbes
 - 9- Conclusion

CONCLUSION

CHAPITRE 3 : LES MOTEURS A COURANT CONTINU

COURS DES ESSAIS ET MESURES Quatrième Année Electricité d'Equipelement
 CETIC DE NGANG Enseignant: M. BANDE NGWA Justin

LES OBJECTIFS SPECIFIQUES :

- A la fin de ce chapitre, l'élève doit être capable de :
- Donner le principe de fonctionnement d'un moteur à courant continu ;
- Expliquer le fonctionnement d'un moteur à courant continu ;
- Connaitre les grandeurs caractéristiques d'un moteur à courant continu ;
- Résoudre un problème concernant un moteur à courant continu ; etc.

L'INTRODUCTION :

Les moteurs à courant continu, contrairement aux génératrices à courant continu sont irremplaçables non seulement vu sa petitesse, mais surtout sa facilité de conception. Inventée par **Zénope Gramme** en 1869, les machines à courant continu étaient au départ des simples générateurs de courant continu. Aujourd'hui, s'il est un domaine à la pointe du progrès dans l'utilisation de cette technologie dans le domaine de l'électrotechnique et de l'électronique de puissance, c'est bien le secteur de la traction ferroviaire et les appareils électroniques. L'évolution des technologies conduit aussi aujourd'hui à utiliser des machines nécessitant des vitesses de rotation précises et variables. Et les machines à courant continu sont donc bien adaptées pour répondre à ses exigences technologiques. Dans ce chapitre, nous pénétrons dans les profondeurs analytiques et physico-mathématiques du moteur à excitation séparée ou indépendante, du moteur à excitation shunt ou en dérivation, du moteur à excitation série et du moteur à excitation compound ou composée. Cependant, il faut noter que les études menées dans le chapitre précédent ne doivent surtout pas être négligées car, rappelons-le, ce chapitre concerne toujours les machines à courant continu fonctionnant en mode moteur.

I- LES ETUDES PRELIMINAIRES DU MOTEUR A
 COURANT CONTINU

1- Le démarrage d'un moteur à courant continu

En réalité, le courant absorbé par une machine à courant continu est:

$$I_n = \frac{U - E'}{R}$$

Au moment de la mise sous tension et au décollage, la vitesse du moteur est nulle donc la f.c.é.m. aussi, Le courant n'est donc plus limité que par la valeur de R, résistance de l'induit, d'où : $I_d = \frac{U}{R}$.

Si le moteur est alimenté sous la tension nominale, le courant transitoire va être très supérieur à sa valeur nominale et il est donc nécessaire pour ne pas détériorer la machine de limiter le courant de démarrage à l'aide d'un rhéostat de démarrage monté en série avec l'induit :

$$I_d = \frac{U}{R + R_h}$$

Le Rhéostat comporte, en général, plusieurs plots de façon à diminuer progressivement la résistance R_h , au fur et à mesure que la vitesse augmente.

2- La variation de vitesse d'un moteur à courant continu

Nous savons que pour un moteur à courant continu, la tension à ses bornes est $U = E' + RI$. Si on néglige RI à cause de la faible résistance de de l'induit, nous aurons :

$$U \approx E' = \frac{p}{a} N n \phi \rightarrow n = \frac{U}{\frac{p}{a} N \phi} \text{ or } p, a \text{ et } N \text{ sont les constances. On peut poser } K = \frac{p}{a} N \text{ d'où, } n = \frac{U}{K \phi}$$

Pour régler la vitesse de rotation n d'une machine à courant continu, on peut agir sur :

- la tension d'alimentation ;

$$n = \frac{U}{K \phi} \quad n = f(U) \text{ donc } n = K' U$$

- le flux inducteur;

$$n = \frac{U}{K \phi} \quad n = f(\phi) \text{ donc } n = K' \phi$$

- le courant d'excitation en utilisant un rhéostat, un variateur électronique.

ATTENTION !!! Il est donc dangereux d'annuler le courant inducteur lorsque le moteur est en fonctionnement normal, car la vitesse correspondante serait

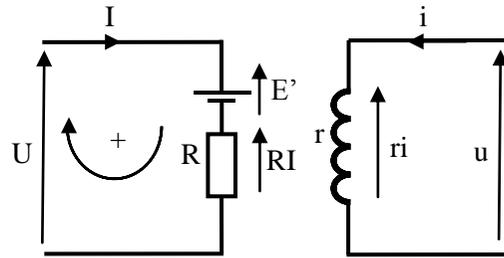
alors très grande (tend vers l'infini) devant la vitesse nominale (phénomène d'emballement). Pour éviter cela, on place un relais à minimum de courant dans le circuit inducteur et ce relais coupe automatiquement l'alimentation du moteur.

3- L'inversion de sens de rotation du moteur à courant continu

Pour inverser le sens de rotation d'un moteur à courant continu, il faut modifier le branchement en permutant les deux bornes (positives et négatives) de l'induit ou de l'inducteur pour tous les modes d'excitation en dehors du mode d'excitation série, car l'induit et l'inducteur ayant un même courant.

II- LE MOTEUR A EXCITATION SEPARÉE

1- Le schéma électrique équivalent



Figure

La force contre électromotrice en charge E' .

D'après la maille :

$$-E' - RI + U + \varepsilon = 0 \rightarrow E' = U - RI + \varepsilon$$

2- Le principe

Le principe d'un moteur à excitation séparée ou indépendante consiste à alimenter le circuit de l'inducteur à l'aide d'une source auxiliaire et le circuit de l'induit jusqu'à l'amorçage. Pour qu'il s'amorce c'est-à-dire être

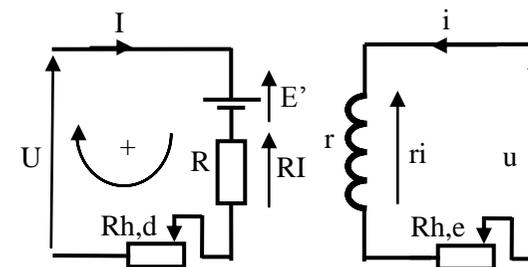
dans les conditions de fonctionnement normal, les conditions suivantes dites d'amorçage doivent être remplies :

- L'induit soit alimenté par une tension suffisante ;
- Le courant d'excitation prévu par le constructeur soit atteint.

3- Le fonctionnement

A vide, le moteur n'entraîne aucune charge c'est-à-dire que le rotor est libre donc, le couple utile est nul ($T_u=0$), le couple électrique utile $T_{éu}$ est égal au couple des pertes collectives T_c ($T_{éu}=T_c$) et le courant I dans l'induit est égal au courant I_v .

a) Le schéma et la réaction induite



a1) La force électromotrice à vide

$$E'_v = \frac{P}{a} \times N \times n_v \times \phi_v \text{ ou } E'_v = k \phi_v \Omega_v \text{ ou } E'_v = U - RI_v^2$$

a2) La réaction magnétique d'induit ε

$$\varepsilon = E'_v - E'$$

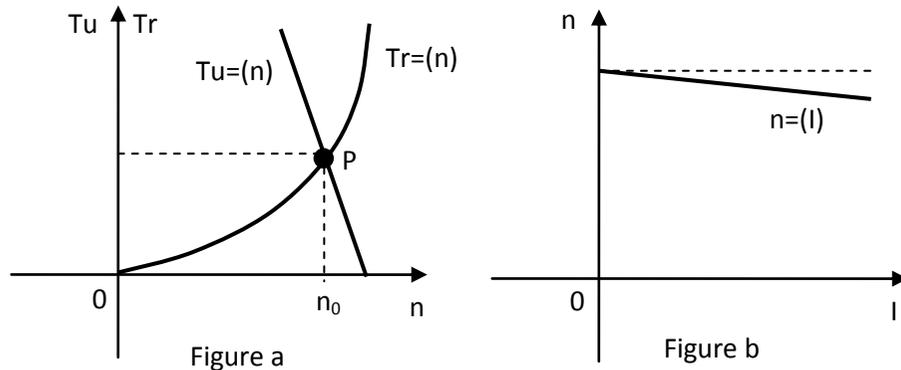
a3) La chute de tension dans l'induit

$$u' = E'_v - U$$

4- La caractéristique mécanique du moteur

Cette caractéristique nous permet de trouver le point de fonctionnement (P) en régime permanent du moteur et de la charge.

En régime permanent, il y a égalité du couple utile T_u et du couple résistant T_r imposé par la charge.



La caractéristique $n(I)$ de la figure b montre que lorsque l'intensité absorbée par le moteur augmente, la vitesse n décroît légèrement.

5- Le bilan des puissances et les couples

a) La puissance électrique utile

$$P_{éu} = E'I \text{ ou } P_{éu} = \Omega \cdot T_{éu}$$

b) La puissance utile P_u

$$P_u = P_a - \sum \text{pertes} \text{ ou } P_u = P_a - P_{JR} - P_{Jr} - P_C \text{ ou } P_u = P_{éu} - P_C$$

$$P_u = T_u \cdot \Omega$$

c) Les pertes joules

$$P_J = P_{JR} + P_{Jr}$$

c1) Les pertes joules dans l'induit P_{JR}

$$P_{JR} = RI^2$$

c2) Les pertes joules dans l'inducteur P_{Jr}

$$P_{Jr} = rI^2 \text{ ou } P_{Jr} = uI$$

d) Les pertes collectives

$$P_C = P_m + P_{fer} \text{ ou } P_{a_v} = P_{Jv} + P_C \text{ or } P_{Jv} \ll P_C \text{ d'où } P_{a_v} = P_C = UI_v = E'_v I_v \text{ ou } P_C = T_C \cdot \Omega$$

d1) Les pertes fers

$$P_{fer} = RI_v^2$$

d2) Les pertes mécaniques

$$P_m = P_v$$

e) La puissance absorbée

$$P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_C$$

f) La puissance mécanique absorbée P_a

$$P_a = UI + uI \rightarrow P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_C$$

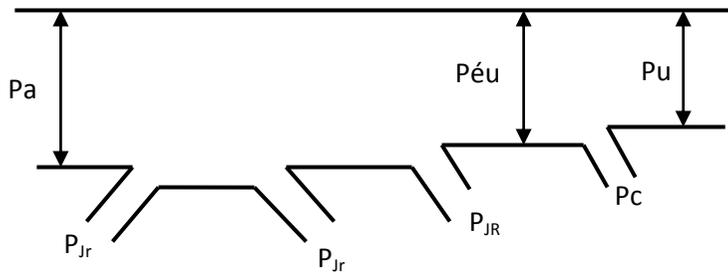
g) Le couple électrique utile $T_{éu}$

$$T_{éu} = \frac{P_{éu}}{\Omega} = \frac{E'I}{\Omega} \text{ ou } T_{éu} = k \phi I$$

h) Le rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

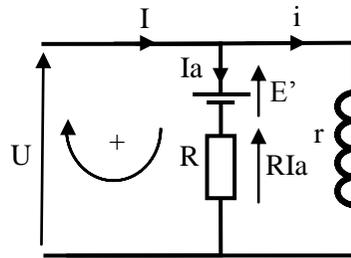
i) L'arbre des puissances



j) Les exemple

III- LE MOTEUR A EXCITATION SHUNT

1- Le schéma électrique équivalent



Figure

La force contre électromotrice en charge E' .

D'après la maille :

$$-E' - R I_a + U + \epsilon = 0 \rightarrow E' = U - R I_a + \epsilon$$

2- Le principe

Le principe d'un moteur à excitation shunt consiste à alimenter le circuit de l'inducteur et le circuit de l'induit à l'aide d'une source commune jusqu'à l'amorçage. Pour qu'il s'amorce c'est-à-dire être dans les conditions de fonctionnement normal, les conditions suivantes dites d'amorçage doivent être remplies :

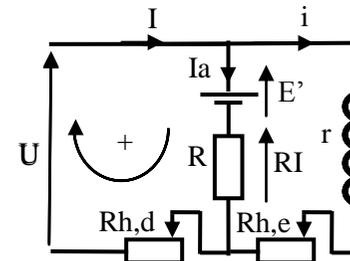
- L'induit soit alimenté par une tension suffisante ;
- Le courant d'excitation prévu par le constructeur soit atteint.

3- Le fonctionnement

A vide, le moteur n'entraîne aucune charge c'est-à-dire que le rotor (l'arbre) est libre donc, le couple utile est nul ($T_u=0$), le couple électrique utile $T_{éu}$ est égal au couple des pertes collectives T_c ($T_{éu}=T_c$) et le courant I dans l'induit est égal au courant I_v . Alors, la puissance fournie correspond aux pertes collectives ou constantes.

En charge, l'arbre du moteur exerce un couple résistant et la puissance électrique compense la puissance mécanique grâce à la valeur du courant dans l'induit devenu important.

4- Le schéma et la réaction induite



- a) La force électromotrice à vide

$$E'_v = \frac{P}{a} \times N \times n_v \times \phi_v \text{ ou } E'_v = k\phi_v\Omega_v \text{ ou } E'_v = U - RI_v^2$$

- b) La réaction magnétique d'induit ϵ

$$\epsilon = E'_v - E'$$

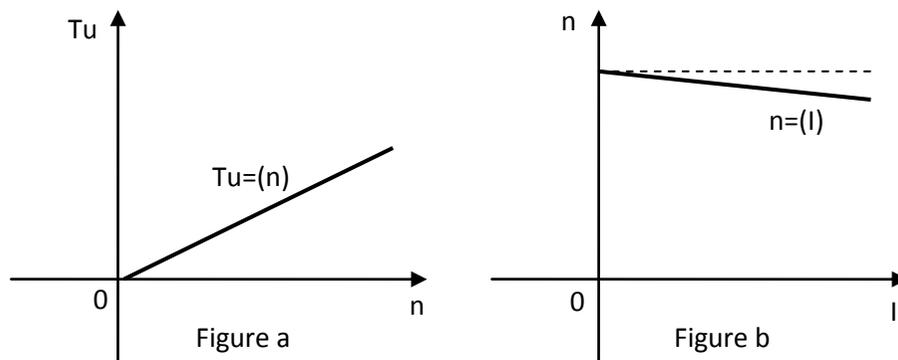
- c) La chute de tension dans l'induit

$$u' = E' - U$$

5- La caractéristique mécanique du moteur

Cette caractéristique nous permet de trouver le point de fonctionnement (P) en régime permanent du moteur et de la charge.

En régime permanent, il y a égalité du couple utile T_u et du couple résistant T_r imposé par la charge.



Les caractéristiques montrent le moteur shunt est très stable lorsque la charge augmente.

6- Le bilan des puissances et les couples

- a) La puissance électrique utile

$$P_{eu} = E'_v I_a \text{ ou } P_{eu} = \Omega \cdot T_{eu}$$

- b) La puissance utile P_u

$$P_u = P_a - \sum \text{pertes} \text{ ou } P_u = P_a - P_{JR} - P_{Jr} - P_c \text{ ou } P_u = P_{eu} - P_c$$

$$P_u = T_u \cdot \Omega$$

- c) Les pertes joules

$$P_j = P_{JR} + P_{Jr}$$

- c1) Les pertes joules dans l'induit P_{JR}

$$P_{JR} = RI_a^2$$

- c2) Les pertes joules dans l'inducteur P_{Jr}

$$P_{Jr} = ri^2 \text{ ou } P_{Jr} = ui$$

- d) Les pertes collectives

$$P_c = P_m + P_{fer} \text{ ou } P_{av} = P_{Jv} + P_c \text{ or } P_{Jv} \ll P_c \text{ d'où}$$

$$P_{av} = P_c = UI_v = E'_v I_v \text{ ou } P_c = T_c \cdot \Omega$$

- d1) Les pertes fers

$$P_{fer} = RI_v^2$$

- d2) Les pertes mécaniques

$$P_m = P_v$$

e) La puissance absorbée

$$P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$$

f) La puissance mécanique absorbée P_a

$$P_a = UI \rightarrow P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$$

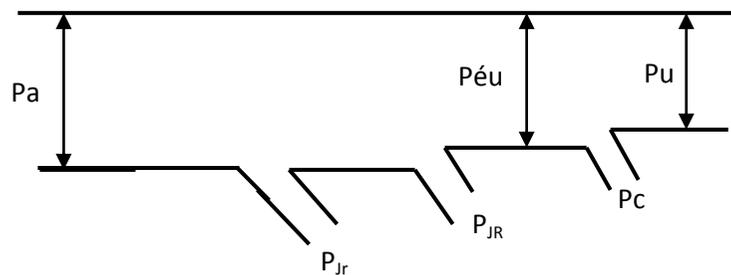
g) Le couple électrique utile $T_{éu}$

$$T_{éu} = \frac{P_{éu}}{\Omega} = \frac{E' I_a}{\Omega} \text{ ou } T_{éu} = k \phi I_a$$

h) Le rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

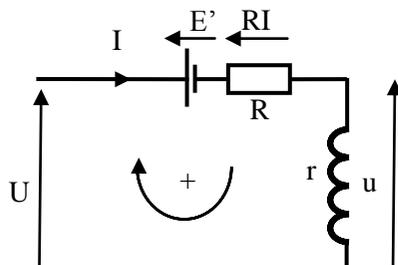
i) L'arbre des puissances



j) Les exemple

IV- LE MOTEUR A EXCITATION SERIE

1- Le schéma électrique équivalent



Figure

La force contre électromotrice en charge E' .

D'après la maille :

$$-E' - RI - rI + U + \varepsilon = 0 \leftrightarrow -E' + U - (R+r)I + \varepsilon = 0 \rightarrow E' = U - (R+r)I + \varepsilon$$

2- Le principe

Le principe d'un moteur à excitation shunt consiste à alimenter le circuit de l'inducteur et le circuit de l'induit à l'aide d'une source commune jusqu'à l'amorçage. Pour qu'il s'amorce c'est-à-dire être dans les conditions de fonctionnement normal, les conditions suivantes dites d'amorçage doivent être remplies :

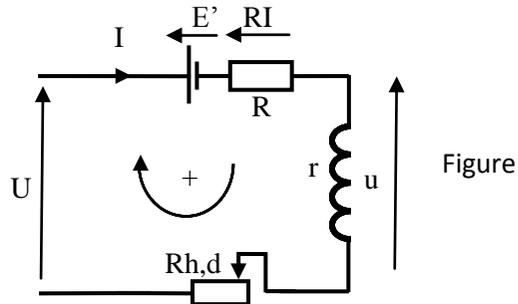
- L'induit soit alimenté par une tension suffisante ;
- Le courant d'excitation prévu par le constructeur soit atteint.

3- Le fonctionnement

A vide, le moteur n'entraîne aucune charge c'est-à-dire que le rotor (l'arbre) est libre donc, le couple utile est nul ($T_u=0$), le couple électrique utile $T_{éu}$ est égal au couple des pertes collectives T_c ($T_{éu}=T_c$) et le courant I dans l'induit est égal au courant I_v . Alors, la puissance fournie correspond aux pertes collectives ou constantes.

En charge, l'arbre du moteur exerce un couple résistant et la puissance électrique compense la puissance mécanique grâce à la valeur du courant dans l'induit devenu important.

4- Le schéma et la réaction induite



$$-E' - RI - rI - R_{h,d}I + U + \varepsilon = 0 \Leftrightarrow -E' + U - (R + r + R_{h,d})I + \varepsilon = 0$$

$$\rightarrow E' = U - (R + r + R_{h,d})I + \varepsilon$$

a) La force électromotrice à vide

$$E'_v = \frac{p}{a} \times N \times n_v \times \phi_v \text{ ou } E'_v = k\phi_v\Omega_v \text{ ou } E'_v = U - RI_v^2$$

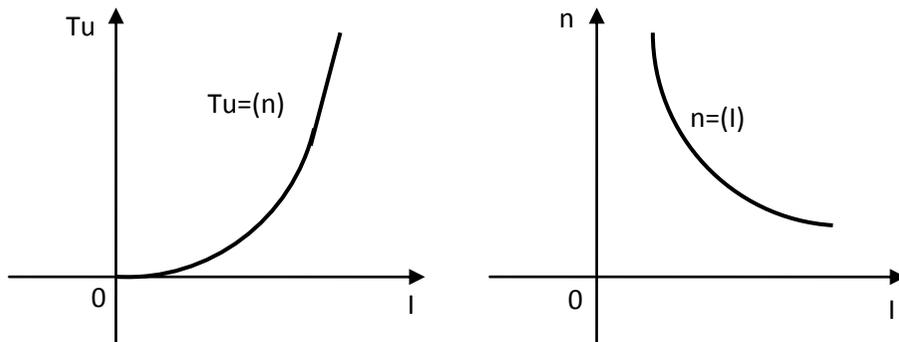
b) La réaction magnétique d'induit ε

$$\varepsilon = E'_v - E'$$

c) La chute de tension dans l'induit

$$u' = E' - U$$

d) La caractéristique mécanique du moteur



En régime permanent, la tension d'alimentation U aux bornes du moteur à excitation série compense la force contre électromotrice E' et les chutes ohmiques.

On constate à travers la figure a $T_u=f(I)$ que le couple évolue paraboliquement lorsque l'intensité croit. Par ailleurs, la figure b $n=f(I)$ montre que la vitesse quant' à elle décroît lorsque l'intensité du courant augmente permettant un fonctionnement normal du moteur car, lorsque le courant I tend vers 0, la vitesse n tend vers l'infini (le moteur risque de s'emballer).

ATTENTION !!! Le moteur à excitation série ne jamais tourner à vide, car l'induit risque d'exploser à cause l'augmentation exagérée de la vitesse.

5- Le bilan des puissances et les couples

a) La puissance électrique utile

$$P_{éu} = E'I \text{ ou } P_{éu} = \Omega \cdot T_{éu}$$

b) La puissance utile Pu

$$P_u = P_a - \sum \text{pertes} \text{ ou } P_u = P_a - P_{JR} - P_{Jr} - P_C \text{ ou } P_u = P_{éu} - P_C$$

$$P_u = T_u \cdot \Omega$$

c) Les pertes joules

$$P_j = P_{JR} + P_{Jr}$$

$$T_{\text{éu}} = \frac{P_{\text{éu}}}{\Omega} = \frac{E \cdot I}{\Omega} \text{ ou } T_{\text{éu}} = k \phi I$$

c1) Les pertes joules dans l'induit P_{JR}

$$P_{JR} = R I^2$$

h) Le rendement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a}$$

c2) Les pertes joules dans l'inducteur P_{Jr}

$$P_{Jr} = r I^2 \text{ ou } P_{Jr} = u I$$

d) Les pertes collectives

$$P_c = P_m + P_{\text{fer}} \text{ ou } P_{a_v} = P_{J_v} + P_c \text{ or } P_{J_v} \ll P_c \text{ d'où } P_{a_v} = P_c = U I_v = E'_{\text{v}} I_v \text{ ou } P_c = T_c \cdot \Omega$$

d1) Les pertes fers

$$P_{\text{fer}} = R I_v^2$$

d2) Les pertes mécaniques

$$P_m = P_v$$

e) La puissance absorbée

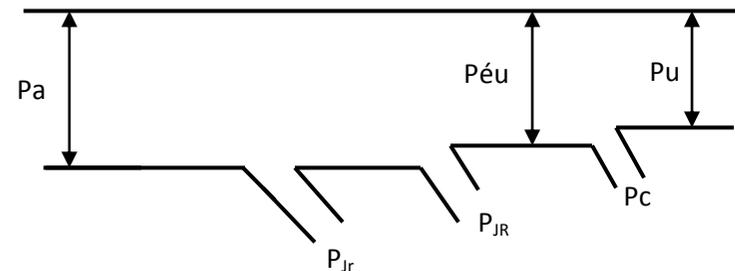
$$P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$$

f) La puissance mécanique absorbée P_a

$$P_a = U I \rightarrow P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$$

g) Le couple électrique utile $T_{\text{éu}}$

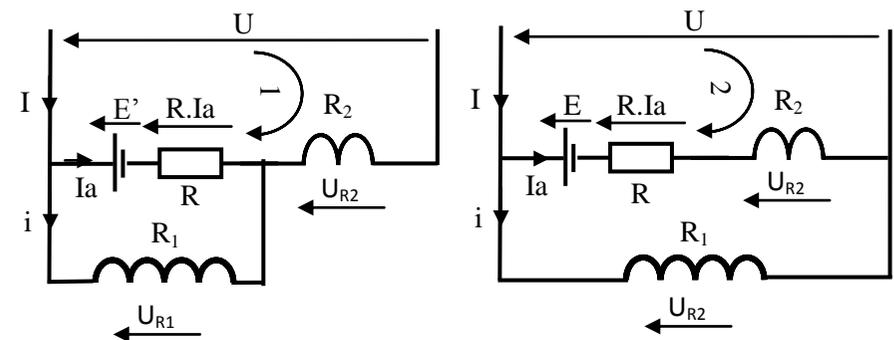
i) L'arbre des puissances



j) Les exemple

V- LE MOTEUR COMPOUND

1- Le schéma électrique équivalent



Figure

La force contre électromotrice en charge E' .

D'après la maille 1:

$$E' - U + R_2 I + R I + \varepsilon = 0 \rightarrow E' = U + R_2 I + R I + \varepsilon$$

D'après la maille 2:

$$E' - U + R_2 I + R I + \varepsilon = 0 \rightarrow E' - U - (R + R_2) I + \varepsilon = 0 \leftrightarrow E' = U + (R + R_2) I + \varepsilon$$

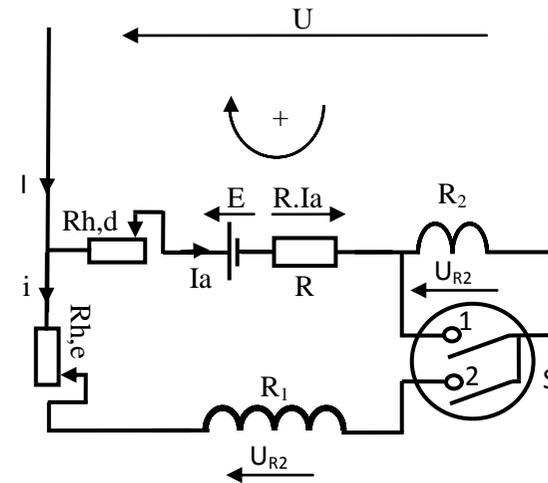
2- Le principe

Le principe d'un moteur à excitation composée consiste à alimenter le moteur tout en éliminant d'abord la branche de l'inducteur série en plaçant l'interrupteur S en position 2. Puis, on branche l'inducteur série avec l'inducteur parallèle ou dérivation en positionnant l'interrupteur S en position 1 jusqu'à l'amorçage. Pour qu'il s'amorce c'est-à-dire être dans les conditions de fonctionnement normal, les conditions suivantes dites d'amorçage doivent être remplies :

- L'induit soit alimenté par une tension suffisante ;
- Le courant d'excitation prévu par le constructeur soit atteint.

3- Le fonctionnement

A vide, le moteur n'entraîne aucune charge c'est-à-dire que le rotor (l'arbre) est libre donc, le couple utile est nul ($T_u=0$), le couple électrique utile T_{eu} est égal au couple des pertes collectives T_c ($T_{eu}=T_c$) et le courant I dans l'induit est égal au courant I_v . Alors, la puissance fournie correspond aux pertes collectives ou constantes. Et contrairement aux autres moteurs, le moteur à excitation composée ne s'emballe pas à vide, mais il faut brancher l'inducteur série de façon à obtenir un flux additif.



d) La force électromotrice à vide

$$E'_v = \frac{P}{a} \times N \times n_v \times \phi_v \text{ ou } E'_v = k \phi_v \Omega_v \text{ ou } E'_v = U - R I_v^2$$

e) La réaction magnétique d'induit ε

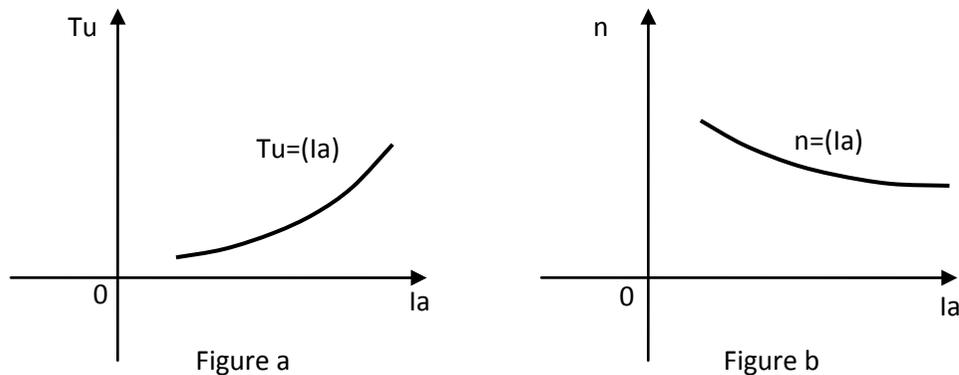
$$\varepsilon = E'_v - E'$$

f) La chute de tension dans l'induit

$$u' = E' - U$$

En charge, l'arbre du moteur exerce un couple résistant et la puissance électrique compense la puissance mécanique grâce à la valeur du courant dans l'induit devenu important et en régime permanent, il y a égalité du couple utile T_u et du couple résistant T_r imposé par la charge.

4- La caractéristique mécanique du moteur



On remarque d'après la figure a $T_u=f(I_a)$ que le couple moteur augmente avec l'intensité du courant en ligne pour une excitation à flux additif alors que la figure b $n=f(I_a)$ indique la vitesse du moteur décroît légèrement avec l'augmentation du courant I jusqu'à pleine charge.

5- Le bilan des puissances et les couples

k) La puissance électrique utile

$$P_{\text{éu}} = E' I_a \text{ ou } P_{\text{éu}} = \Omega \cdot T_{\text{éu}}$$

l) La puissance utile P_u

$$P_u = P_a - \sum \text{pertes} \text{ ou } P_u = P_a - P_{J_R} - P_{J_r} - P_C \text{ ou } P_u = P_{\text{éu}} - P_C$$

$$P_u = T_u \cdot \Omega$$

m) Les pertes joules

$$P_J = P_{J_R} + P_{J_r}$$

c1) Les pertes joules dans l'induit P_{J_R}

$$P_{J_R} = (R + R_2) I_a^2$$

c2) Les pertes joules dans l'inducteur P_{J_r}

$$P_{J_r} = R_2 i^2$$

n) Les pertes collectives

$$P_C = P_m + P_{\text{fer}} \text{ ou } P_{a_v} = P_{J_v} + P_C \text{ or } P_{J_v} \ll P_C \text{ d'où}$$

$$P_{a_v} = P_C = U I_v = E'_{v} I_v \text{ ou } P_C = T_c \cdot \Omega$$

d1) Les pertes fers

$$P_{\text{fer}} = R I_v^2$$

d2) Les pertes mécaniques

$$P_m = P_v$$

o) La puissance absorbée

$$P_a = P_u + \sum \text{pertes} \text{ ou } P_a = P_u + P_{J_R} + P_{J_r} + P_C$$

p) La puissance mécanique absorbée P_a

$P_a = UI \rightarrow P_a = P_u + \sum \text{pertes}$ ou $P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$

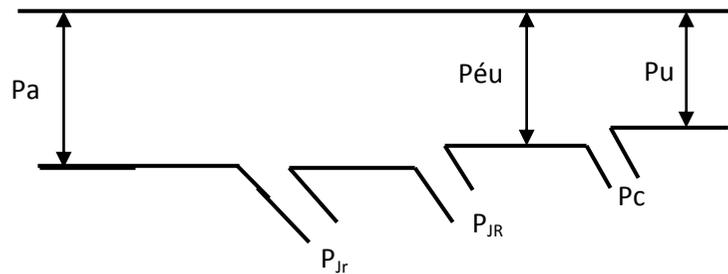
q) Le couple électrique utile T_{éu}

$T_{éu} = \frac{P_{éu}}{\Omega} = \frac{E I_a}{\Omega}$ ou $T_{éu} = k \phi I_a$

r) Le rendement

$\eta = \frac{P_u}{P_a}$

s) L'arbre des puissances



t) Les exemple

Génératrice \ Grandeur	à excitation séparée ou indépendante	à excitation shunt ou en dérivation	à excitation série	à excitation compound ou composée.
La force électromotrice	$E = \frac{P}{a} \times N \times n \times \phi$ $E = k \phi \Omega$ $E = U + R I + \epsilon$	$E = \frac{P}{a} \times N \times n \times \phi$ $E = k \phi \Omega$ $E = U + R I + \epsilon$	$E = \frac{P}{a} \times N \times n \times \phi$ $E = k \phi \Omega$ $E = U + R I + \epsilon$	$E = \frac{P}{a} \times N \times n \times \phi$ $E = k \phi \Omega$ $E = U + (R + R_2) I_a + \epsilon$
La puissance électromagnétique	$P_{ém} = EI$	$P_{ém} = EI_a$	$P_{ém} = EI$	$P_{ém} = EI_a$
La puissance utile	$P_u = UI$	$P_u = U I_a$	$P_u = UI$	$P_u = U I_a$
Les pertes joules totales	$P_J = P_{JR} + P_{Jr}$			
Les pertes joules dans l'induit	$P_{JR} = R I^2$	$P_{JR} = R I_a^2$	$P_{JR} = R I^2$	$P_{JR} = R I_a^2$
Les pertes joules dans l'inducteur	$P_{Jr} = r i^2$	$P_{Jr} = r i^2$	$P_{Jr} = r i^2$	$P_{Jr} = (R_1 + R_1) i^2$
Les pertes collectives	$P_c = P_m + P_{fer}$			
Les pertes fers	$P_{fer} = R I_V^2$	$P_{fer} = R I_{aV}^2$	$P_{fer} = R I_V^2$	$P_{fer} = R I_{aV}^2$
Les pertes mécaniques	$P_m = P_v$	$P_m = P_v$	$P_m = P_v$	$P_m = P_v$
La puissance absorbée	$P_a = P_u + \sum \text{pertes}$ $P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$	$P_a = P_u + \sum \text{pertes}$ $P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$	$P_a = P_u + \sum \text{pertes}$ $P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$	$P_a = P_u + \sum \text{pertes}$ $P_a = P_u + P_{JR} + P_{Jr} + P_c$
La puissance mécanique	$P_{ma} = P_a - P_{Jr}$	$P_a = P_{ma}$	$P_a = P_{ma}$	$P_a = P_{ma}$

absorbée				
Le couple électromagnétique	$T_{ém} = \frac{P_{ém}}{\Omega} = \frac{EI_a}{\Omega}$ $T_{ém} = k \phi I_a$	$T_{ém} = \frac{P_{ém}}{\Omega} = \frac{EI_a}{\Omega}$ $T_{ém} = k \phi I_a$	$T_{ém} = \frac{P_{ém}}{\Omega} = \frac{EI_a}{\Omega}$ $T_{ém} = k \phi I_a$	$T_{ém} = \frac{P_{ém}}{\Omega} = \frac{EI_a}{\Omega}$ $T_{ém} = k \phi I_a$
Le rendement	$\eta = \frac{P_u}{P_a}$	$\eta = \frac{P_u}{P_a}$	$\eta = \frac{P_u}{P_a}$	$\eta = \frac{P_u}{P_a}$

LA CONCLUSION :

Les moteurs à courant continu comme nous l'avons-vu, sont les types de machines électriques tournantes les plus utilisés dans le monde entier non seulement vu leur économie (fabrication, encombrement, etc) mais, surtout leur facilité de démarrage en ce qui concerne les miniaturés. Nous pouvons tout simplement le constater sans être exhaustive à travers l'utilisation des radios cassettes, les magnétoscopes, les disques durs, les lecteurs de compact disc (CD), etc. Malgré leur prolifération dans le monde surtout dans le domaine de l'électronique c'est-à-dire l'utilisation des petits courants (continus), elles ne sont néanmoins pas favorables dans le domaine de l'électrotechnique c'est l'utilisation des forts courants (alternatif). Voilà pourquoi nous allons dans le chapitre avenir, nous intéresser à l'étude d'une machine électrique tournante dite machine asynchrone.

CHAPITRE1 : GENERATRICES A EXCITATION INDEPENDANTE ET SHUNT

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

A- MESURE DE LA RESISTANCE DES ENROULEMENTS

D'UNE GENERATRICE : la génératrice Shunt

I- BUT

II- PRINCIPE

- III- SCHEMA DE PRINCIPE
- IV- SCHEMA DE MONTAGE
- V- LISTE DE MATERIEL
- VI- MODE OPERATOIRE
- VII- TABLEAU DES RELEVES
- VIII- CONCLUSION

B- ESSAI SUR LA GENERATRICE A EXCITATION INDEPENDANTE

I- ETUDE E VIDE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

II- ETUDE EN CHARGE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

C- ESSAI SUR LA GENERATRICE A EXCITATION SHUNT

I- ETUDE A VIDE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage

- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

II- ETUDE EN CHARGE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

CONCLUSION

CHAPITRE3 : ETUDE DE L'ALTERNATEUR

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- ESSAI A VIDE
 - 1- But
 - 2- Principe
 - 3- Schéma de principe

- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

II- ESSAI EN CHARGE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

CONCLUSION

CHAPITRE4 : ETUDE DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASES

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- ESSAI A VIDE
 - 1- But
 - 2- Principe
 - 3- Schéma de principe

- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

II- ESSAI EN CHARGE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

CONCLUSION

CHAPITRE5 : MESURE DE LA RESISTANCE DES ENROULEMENTS D'UN MOTEUR ASYNCHRONE TRIPHASE

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- BUT
- II- PRINCIPE
 - A- Mesure de la résistance d'un enroulement
 - 1- Schéma de principe

- 2- Schéma de montage
- 3- Leste de matériel
- 4- Mode opératoire
- 5- Tableau de relevés
- 6- Conclusion
- B- Mesure de la résistance des enroulements couplés en étoile (Y)
 - 1- Schéma de principe
 - 2- Schéma de montage
 - 3- Leste de matériel
 - 4- Mode opératoire
 - 5- Tableau de relevés
 - 6- Calcul des pertes par effet Joule
 - 7- Conclusion
- C- mesure de la résistance des enroulements couplés en triangle (D)
 - 1- Schéma de principe
 - 2- Schéma de montage
 - 3- Leste de matériel
 - 4- Mode opératoire
 - 5- Tableau de relevés
 - 6- Calcul des pertes par effet Joule
 - 7- Conclusion

Remarque :

CONCLUSION

CHAPITRE6 : ETUDE DES TRANSFORMATEURS MONOPHASES ET TRIPHASES

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

A- TRANSFORMATEUR MONOPHASE

I- ETUDE A VIDE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes $U_1=f(I_{10})$
- 9- Conclusion

II- ETUDE EN COURT-CIRCUIT

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

III- ETUDE EN CHARGE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes
- 9- Conclusion

CONCLUSION

CHAPITRE7 : ETUDE DE LA DIODE A JONCTION PN ET LE REDRESSEMENT

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

I- POLARISATION DIRECTE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes $I_f=f(U_f)$
- 9- Conclusion

II- POLARISATION INVERSE

- 1- But
- 2- Principe
- 3- Schéma de principe
- 4- Schéma de montage
- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes $I_R=f(U_R)$
- 9- Conclusion

III- REDRESSEMENT

- 1- Simple alternance

- a) But
- b) Principe
- c) Schéma de principe
- d) Schéma de montage
- e) Liste de matériel
- f) Mode opératoire
- g) Tableau des relevés
- h) Construction des courbes ($U=f(t)$, $U_D=f(t)$, $U_R=f(t)$)
- i) Conclusion
- 2- Double alternance
 - a) But
 - b) Principe
 - c) Schéma de principe
 - d) Schéma de montage
 - e) Liste de matériel
 - f) Mode opératoire
 - g) Tableau des relevés
 - h) Construction des courbes ($U=f(t)$, $U_D=f(t)$, $U_R=f(t)$)
 - i) Conclusion

- 5- Liste de matériel
- 6- Mode opératoire
- 7- Tableau des relevés
- 8- Construction des courbes $I_R=f(U_R)$
- 9- Calcul de la résistance de protection et dynamique
- 10- Conclusion

III- APPLICATION DE LA DIODE ZENER

- 1- Le principe de la stabilisation
- 2- Le schéma de montage
- 3- Le fonctionnement
- 4- Le calcul des grandeurs
 - a) La résistance ballast
 - b) Le facteur de stabilisation
 - c) La résistance dynamique de sortie

CONCLUSION

CONCLUSION

CHAPITRE8 : ETUDE DE LA DIODE ZENER OU REGULATRICE DE TENSION

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- POLARISATION DIRECTE
- II- POLARISATION INVERSE
 - 1- But
 - 2- Principe
 - 3- Schéma de principe
 - 4- Schéma de montage

CHAPITRE9 : ETUDE DU TRANSISTOR A JONCTION

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- BUT
- II- PRINCIPE
- III- SCHEMA DE PRINCIPE
- IV- SCHEMA DE MONTAGE
- V- LISTE DE MATERIEL
- VI- MODE OPERATOIRE
- VII- TABLEAU DES RELEVES

- VIII- CONSTRUCTION DES COURBES $I_c=f(V_{CE})$, $I_c=f(I_B)$,
 $V_{BE}=f(I_B)$
- IX- CALCUL DES GRANDEURS
- X- CONCLUSION

- 1- La mise en marche
- 2- La mesure d'une tension continue
 - a) Le schéma de montage
 - b) Le mode opératoire
- 3- La mesure d'une tension sinusoïdale
 - a) Le schéma de montage
 - b) Le mode opératoire
- 4- La mesure d'une intensité périodique
 - a) Le schéma de montage
 - b) Le mode opératoire
- 5- L'évaluation des déphasages
 - L'utilisation en bi courbe

CONCLUSION

CHAPITRE10 : ETUDE DU THYRISTOR

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- BUT
- II- PRINCIPE
- III- SCHEMA DE PRINCIPE
- IV- SCHEMA DE MONTAGE
- V- LISTE DE MATERIEL
- VI- MODE OPERATOIRE
- VII- TABLEAU DES RELEVES $I_A=f(V_{AK})$
- VIII- CONCLUSION

CONCLUSION

CHAPITRE11 : ETUDE DE L'OSCILLOSCOPE CATHODIQUE

OBJECTIFS SPECIFIQUES

INTRODUCTION

- I- DEFINITION
- II- FONCTIONNEMENT
- III- UTILISATION DE L'OSCILLOSCOPE

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE