**Problèmes chapitre 3**

**Problème 3.1**

Le disque du lecteur CD-ROM d'un PC est entraîné en rotation par un petit moteur à courant continu à aimants permanents. En fonctionnement nominal, on a relevé pour l'induit du moteur : U = 13,5 V ; I = 3 A ; n = 6000 tr/min ; Ra = 0,1 Ω

1°- Etablir le schéma équivalent de l'induit et donner la relation entre la tension U et le courant I.

2°- Montrer que, les relations donnant la f.c.e.m. **E'** et le couple électromagnétique $C_{em}$ peuvent s'écrire : $E' = k.\Omega$ et $C_{em} = k.I$

3°- Pour le fonctionnement nominal :

**a)** Calculer la f.c.e.m. E' et déduire la valeur de la constante ***k***.

**b)** Déterminer le couple électromagnétique $C_{em}$

**c)** Sachant que le couple des pertes $C_p$ vaut $6.10^{-3}$ N.m, déduire alors la valeur du couple utile $\Gamma_u$

**d)** Calculer les puissances absorbée $P_a$ et utile $P_u$ et déterminer le rendement $\eta(\%)$ du moteur.

**Problème 3.2**

Un moteur à excitation shunt fonctionne sous une tension constante de 220 V. Les résistances d'induit et d'inducteur sont respectivement $R_a$=0,2 Ω et r = 110 Ω. Les pertes constantes sont $P_c$ = 760 W.

**1°-** Le moteur tourne à la vitesse n=1500 tr/min lorsqu'il absorbe un courant induit I=75A. Calculer alors :

**a)** La f.c.e.m E' et déduire la constante kϕ de la relation ($E' = k\phi.\Omega$).

**b)** La puissance absorbée $P_a$ et les différentes pertes de la machine.

**c)** La puissance mécanique utile $P_u$ en déduire le rendement $\eta(\%)$

**d)** le couple utile $C_u$ du moteur.

**2°-** Pour que l'intensité au démarrage soit de 160 A, on insère un rhéostat de démarrage $Rh_d$ en série avec l'induit de la machine. Déterminer alors :

**a)** Le courant sans rhéostat de démarrage.

**b)** La valeur du rhéostat de démarrage Rhd.

**c)** Le couple de démarrage $C_{dém}$.

**3°-** Lorsque le moteur consomme un courant induit I=40 A :

**a)** Calculer la f.c.e.m E' en déduire la vitesse de rotation correspondante.

**b)** Comparez les pertes constantes aux pertes Joule et calculer le rendement.

**4°-** Pour un courant I=75A, on veut régler la vitesse de rotation à 1650 tr/min en utilisant un rhéostat d'excitation.



Scanned with CamScanner

La relation (3.27) est une équation du second degré de la forme ($y=a.x^2+b.x$ ) dont le signe du coefficient *a* dépend du mode de fonctionnement (flux *add.* ou *soust.*).

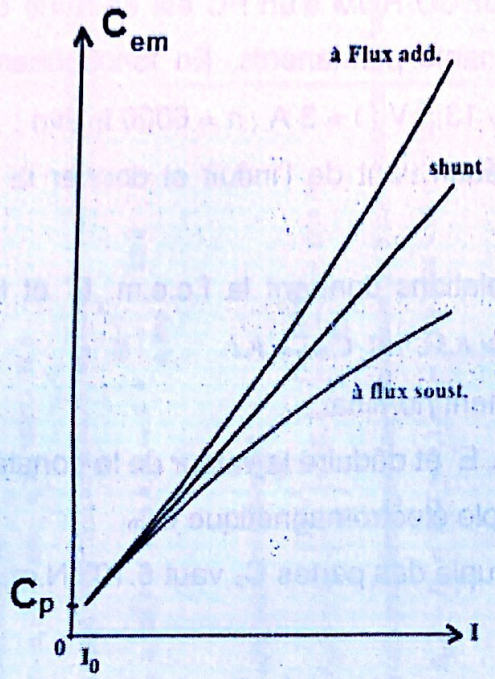



**Figure 3.17.** Caractéristiques de couple d'un moteur compound

Scanned with CamScanner

a) Calculer la nouvelle valeur de la constante $k\phi$

b) Le flux restant proportionnel à l'intensité du courant d'excitation, quelle valeur de résistance Rh faut-il donner à ce rhéostat ?

**Problème 3.3**

Un moteur à courant continu à excitation séparée est alimenté sous 240 V. Le circuit inducteur absorbe 250 W et les pertes collectives sont de 625 W.

La résistance d'induit vaut 0,5 Ω

1°- En fonctionnement nominal, le moteur consomme 42 A avec une vitesse de rotation de 1200 tr/min. Calculer :

a) La f.c.e.m E'

b) La puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile

c) Le couple utile et le rendement

2°- Le moteur consomme dans ce cas un courant d'induit I = 30 A.

a) Quelle sera la vitesse de rotation ?

b) Que devient le couple utile à cette nouvelle vitesse ?

c) Calculer le rendement.

**Problème 3.4**

Un moteur à courant continu à excitation indépendante a les caractéristiques suivantes : La tension d'alimentation de l'induit : U=160V et la résistance de l'induit est $R_a$=0,2 Ω.

1°- La f.c.e.m E' du moteur vaut 150V lorsque la vitesse de rotation est n=1500 tr/min. Déduire alors la relation entre E' et n (en tr/mn).

2°- Donner l'expression du courant induit I en fonction de n (en tr/min).

3°- Exprimer le couple électromagnétique $C_{em}$ en fonction de I.

4°- Montrer que le couple électromagnétique s'écrit sous la forme :

$C_{em}$=764–0,477.n

5°- On néglige les pertes collectives. Justifier qu'alors : $C_u = C_{em}$

6°- Calculer la vitesse de rotation à vide $n_0$.

7°- Le moteur entraîne maintenant une charge dont le couple résistant $C_r$ varie proportionnellement avec la vitesse (20 N.m à 1000 tr/min).

7.1°- Calculer la vitesse de rotation du moteur en charge :

a) Par une méthode graphique

b) Par un calcul algébrique

7.2°- En déduire le courant induit et la puissance utile du moteur.



Scanned with CamScanner

**Problème 3.5**

Un moteur à excitation série alimenté sous une tension de 120 V, possède un couple électromagnétique de 20 N.m pour un courant de 10A. Les résistances d'induit et de l'inducteur sont : $R_a$=0,5 Ω et $R_s$=0,3 Ω.

La machine est supposée parfaitement compensée et le flux inducteur est $\phi_s=\alpha.I$. Calculer alors :

1°- La f.c.e.m. E' du moteur.

2°- La constante $k' = \frac{k\alpha}{2\pi}$, en déduire la vitesse de rotation du moteur.

3°- Le couple électromagnétique pour un courant de 18 A.

**Problème 3.6**

Un moteur série alimenté sous une tension constante de 230 V. La résistance d'armature est $R_a$=0,2Ω et celle de l'inducteur série est $R_S$=0,1Ω. On suppose que la machine est parfaitement compensée et que le flux inducteur est $\phi_s = \alpha.I$.

**1°-** Le moteur consomme un courant de 70 A lorsqu'il tourne à une vitesse de 900 trs/mn. Il développe un couple utile de 146 N.m. Déterminer alors :

**a)** La puissance électrique absorbée et la puissance mécanique utile

**b)** Le rendement du moteur

**c)** Les pertes constantes de la machine.

**2°-** On varie la charge du moteur pour qu'il consomme un courant de 35 A. Déterminer dans ces conditions:

**a)** La vitesse de rotation du moteur.

**b)** La puissance électrique absorbée et la puissance mécanique utile, en déduire le couple utile.

**c)** Le rendement du moteur

Scanned with CamScanner

Le moteur est à excitation indépendante dont les caractéristiques sont : U = 160 V et $R_a$=0,2 Ω

**1°.** La f.c.e.m E' du moteur vaut 150 V quand la vitesse de rotation est n = 1500 tr/min.

L'excitation étant constante, E' est donc proportionnelle à n selon la relation :

$E' = 0,1.n$ Avec : E' en (V) et n en (tr/min)

**2°.** l'expression du courant induit I en fonction de n est :

$$I = \frac{U - E'}{R_a} = \frac{U - 0,1.n}{R_a} = 800 - 0,5.n$$ Avec : I en (A) et n en (tr/mn)

**3°.** Le couple électromagnétique $\Gamma_{em}$ est lié au courant I par la relation :

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{E'.I}{2\pi.n}.60 = \frac{0,1.n}{2\pi.n}.60.I = 0,955.I$$

Avec : $\Gamma_{em}$ en (N.m) et I en (A)

**4°.** En remplaçant I par son expression dans la relation du couple, on peut alors déduire :

$C_{em} = 0,955.I = 0,955.(800 - 0,5.n) = 764 - 0,477.n$ Avec : $C_{em}$ en (N.m) et n en (tr/mn)

**5°.** On sait que : $C_u = C_{em} - C_p$ Avec : $C_p = \frac{P_c}{\Omega}$

En négligeant les pertes collectives, le couple des pertes est donc nulle, on peut alors écrire : $C_u = C_{em}$

**6°.** La vitesse de rotation à vide est celle lorsque le couple utile est nul, **$C_u$ = 0.**

D'après la relation $C_u = C_{em}$, on aura donc : $C_{em} = 764 - 0,477.n_0 = 0$

La vitesse à vide est donc :

$$n_o = \frac{764}{0,477} = 1600\ tr/mn$$

Autrement ; on sait qu'à vide I= $I_0$ et E' = U - $R_a.I_0 \approx$ U =160 V.alors:

$$E' = 0,1.n_o \approx 160\ V \Rightarrow n_o = \frac{160}{0,1} = 1600\ tr/mn$$

**7°.** le couple résistant varie proportionnellement avec la vitesse (20 N.m à 1000 tr/min), on peut alors écrire : $C_r = 0,02.n$ avec **$C_r$** en (N.m) et **n** en (tr/min)

**7.1°-** La vitesse de rotation du moteur en charge peut être déterminée:

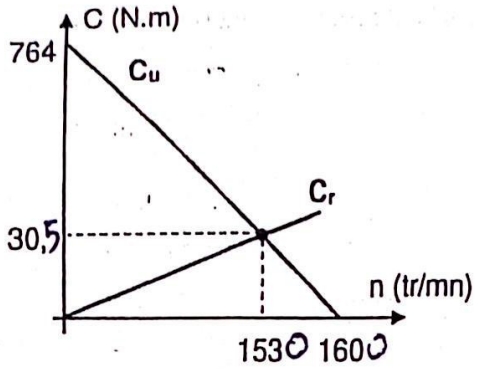
**a) <u>Méthode graphique</u> :**

On trace les deux caractéristiques $C_r(n)$ et $C_u(n)$.

Avec : $C_u$ = 764 – 0,477.n et $C_r$ = 0,02.n



Scanned with CamScanner




L'intersection des deux caractéristiques donne le point de fonctionnement (30,5 N.m ; 1536 tr/mn)

**b) Méthode analytique**

Au point de fonctionnement, on a : $C_u = C_r$, donc : $764 - 0{,}477.n = 0{,}02.n$

D'où : $n = 764/0.497 = 1536$ tr/min et $C_u = 764 - 0{,}477 \times 1536 = 30{,}56$ N.m

**7.2°-** Le courant induit est :

$$I = 800 - 0,5.n = 800 - 0,5 \times 1536 = 32\ A$$

Le courant peut être déterminé en utilisant l'expression du couple, sachant que :

$$C_{em} = 0,955.I = 30,5\ N.m \Rightarrow I = \frac{30,5}{0,955} = 32\ A$$

La puissance utile est déterminée pat :

$$P_u = C_u.\Omega = C_u.\left(\frac{2\pi.n}{60}\right) = 30,5 \times \left(\frac{2\pi.1536}{60}\right) = 4915\ W$$

La puissance utile peut être également déterminée par d'autre méthode, sachant que :

$$P_u = P_{em} - \underbrace{P_c}_{=0} = E'.I = 0,1.n.I = 0,1 \times 1536 \times 32 = 4915\ W$$



Scanned with CamScanner

**Corrigé Prob 3.5**

Un moteur à excitation série alimenté sous une tension de 120 V, possède un couple électromagnétique de 20 N.m pour un courant de 10 A. La résistance d'induit est $R_a$=0,5 Ω et la résistance d'inducteur série $R_s$=0,3 Ω.

La machine est parfaitement compensée et le flux inducteur est $\phi_s = \alpha.I$.

1°- La f.c.e.m. E' du moteur est :

$$E' = U - (R_a + R_s).I = 120 - (0,5 + 0,3) \times 10 = 112\ V$$

2°- L'expression du couple électromagnétique $C_{em}$ est :

$$C_{em} = \frac{E'.I}{\Omega} = \frac{k.n.\phi_s}{2\pi.n}.I = \frac{k.\phi_s}{2\pi}.I$$

$$Si : \phi_s = \alpha.I \Rightarrow C_{em} = \frac{k\alpha}{2\pi}.I^2 = k'.I^2 ; alors : k' = \frac{C_{em}}{I^2}$$

Pour I=10 A, on a: $C_{em} = k'.(10)^2 = 20$ N.m d'où $k' = 0,2$ (N.m.A$^{-2}$). L'expression de la f.c.e.m est :

$$E' = k.n.\phi_s = \frac{k.\phi_s}{2\pi}.\Omega = k'.I.\Omega \Rightarrow \Omega = \frac{E'}{k'.I} = \frac{112}{0,2 \times 10} = 56\ rad/s = 534\ trs/mn$$

3°- Pour I = 18 A, on aura: $\Gamma_{em} = 0,2 \times (18)^2 = 64,8$ N.m

**Corrigé Prob 3.6**

Un moteur série alimenté sous une tension constante de 230 V. La résistance d'armature est $R_a$=0,2Ω et celle de l'inducteur série est $R_S$=0,1Ω. On suppose que la machine est parfaitement compensée et le flux inducteur est $\phi_s$=α.I.

1°. Le moteur consomme un courant de 70 A lorsqu'il tourne à une vitesse de 900 trs/mn. Il développe un couple utile de 146 N.m.

a) La puissance électrique absorbée et la puissance mécanique utile sont :

$$P_a = U.I = 230 \times 70 = 16100\ W$$

$$P_u = C_u.\Omega = 147 \times 2\pi \times \frac{900}{60} = 13760\ W$$

b) Le rendement du moteur est donc :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{13760}{16100} = 85,5\ \%$$

c) Les pertes constantes de la machine sont : $P_c = P_a - P_j - P_u$

Les pertes par effet Joule vaut : $P_j = (R + R_s).I^2 = 0,3 \times 70^2 = 1470\ W$

D'où : $P_c = 870\ W$

Scanned with CamScanner

2°. On fait varier la charge du moteur pour qu'il consomme un courant de 35 A.

a) Sachant que la réaction d'induit est négligeable et que le circuit magnétique n'est pas saturable, on peut alors écrire : $\phi_s = \alpha.I \Rightarrow E' = k.\phi_s.n = k.\alpha.I.n$

De l'état précédent, on peut déduire la constante $k.\alpha$

$$\phi_S = \alpha.I \Rightarrow k.\alpha = \frac{E'}{I.n} = \frac{230 - 0,3 \times 70}{70 \times 900} = 3,3 \times 10^{-3}$$

La vitesse de rotation est donc:

$$n = \frac{E'}{k.\alpha.I} = \frac{219,5}{0,0033 \times 35} = 1890\ tr/mn$$

b) La puissance électrique absorbée et la puissance mécanique utile sont :

$$P_a = U.I = 230 \times 35 = 8050\ W$$

$$P_u = P_{em} - P_c = E'.I - P_c$$

Avec : $E' = U - (R + R_s).I = 230 - 0,3 \times 35 = 219,5\ V$

$$P_{em} = E'.I = 219,5 \times 35 = 7683\ W$$

D'où : $P_u = 7683 - 870 = 6813\ W$

Le couple utile développé est donc : $C_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{6813}{2\pi \times 1890} \times 60 = 34\ N.m$

c) Le rendement du moteur est : $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{6813}{8050} = 84,6\ \%$

Scanned with CamScanner

## Problèmes :

**Problème 2.1 :**

L'induit d'une génératrice à 6 pôles, 600 trs/min, contient 48 encoches dont chacune comporte 2 côtés de bobines. Chaque bobine est formée de 4 spires. L'enroulement est de type imbriqué et admet un nombre de voies egal a 6.

1°. Determiner le nombre total de conducteurs sur l'induit.

2°. Sachant que le lux par pole est de 0,04 Wb, calculer alors la valeur de la f.e.m induite aux bornes de cette generatrice.

**Problème 2.2 :**

Une génératrice à excitation indépendante fournit une f.e.m de 220 V pour un courant d'excitation de 3,5 A. La résistance de l'induit est de 90 mΩ.

Calculer la tension d'induit U lorsqu'elle débite 56 A dans le circuit de charge.

**Problème 2.3 :**

Sur une generatrice a excitation independante on a releve la caracteristique en charge pour une vitesse de rotation n=1500 trs/mn et un courant d'excitation i=2 A.

| I (A) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|
| U (V) | 240 | 235 | 229 | 222 | 213 |

1°. Sachant que la résistance de l'induit est $R_a = 0,3\ \Omega$, calculer pour chaque valeur du courant de charge la réaction de l'induit ε(I), puis tracer la courbe correspondante.

2°. Pour un courant I = 20 A, calculer :

a) La puissance utile

b) Les pertes joules dans l'induit et dans l'inducteur si la tension de l'inducteur est $V_f = 110$ V.

c) Le rendement de la machine, sachant que les pertes constantes sont Pc=275 W.

**Problème 2.4 :**

Une generatrice separee delivre une f.e.m constante de 210 V pour un courant inducteur de 2 A.

Les résistances des enroulements induit et inducteur sont respectivement 0,6 Ω et 40 Ω.

Les pertes « constantes » sont de 400 W.

En supposant que la machine est compensee et pour un debit de 45 A, calculer :

1°. La tension aux bornes de l'induit U

2°. La puissance utile Pu

3°. Les pertes Joule induit et inducteur

4°. Le rendement η

**Problème 2.5 :**

La plaque signalétique d'une génératrice à courant continu à excitation indépendante indique :

11,2 Nm/1500 tr/min induit 220 V/6,8 A excitation 220 V/0,26 A

Calculer pour le fonctionnement nominal.

1°. La puissance mecanique consommee.

2°. La puissance consommée par l'excitation.

3°. La puissance utile.

4°. En deduire le rendement nominal.



Scanned with CamScanner

**Problème 2.6 :**

Une generatrice a excitation shunt est entrainee a vide a la vitesse 1500 trs/mn. La variation du courant inducteur est obtenue en agissant sur un rhéostat d'excitation de résistance *Rh* mis en serie avec l'enroulement inducteur de résistance r = 50 Ω.

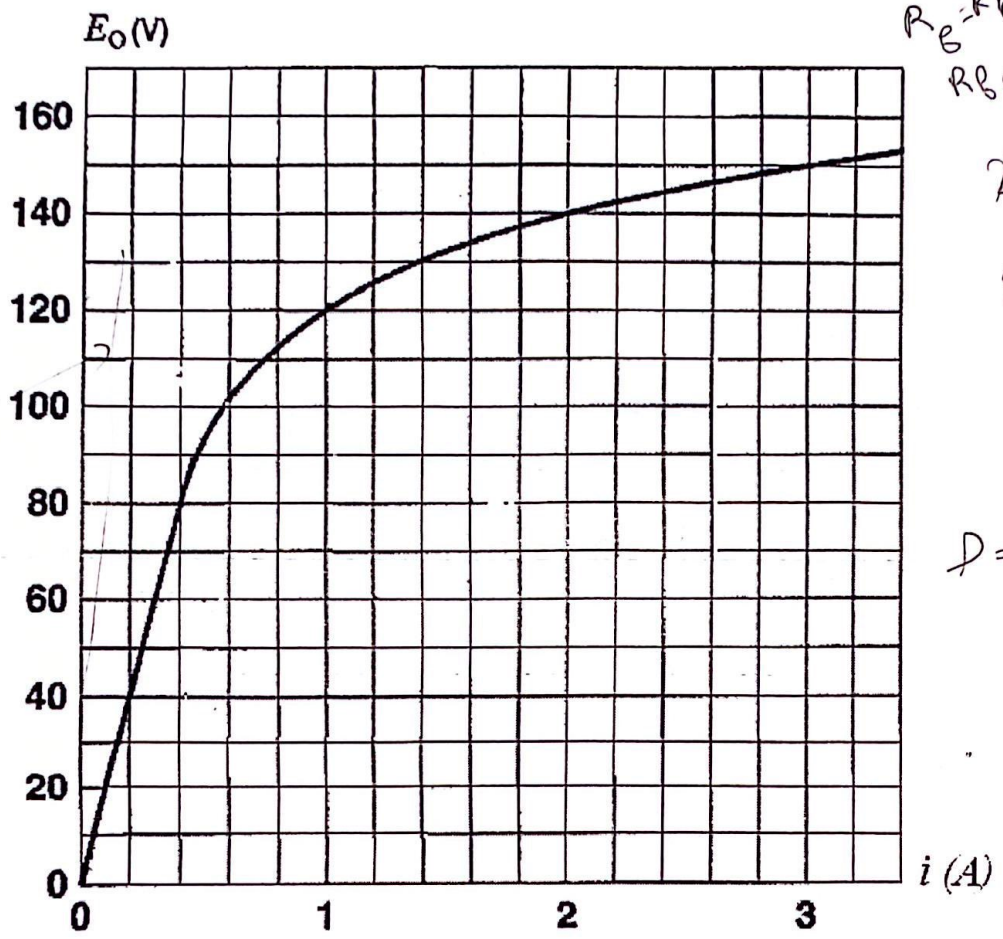
1°. En utilisant la caracteristique a vide, determiner la f.e.m induite $E_0$ et le courant d'excitation dans les cas suivants :

a) Sans rheostat *Rh*.

b) Le rheostat *Rh* est mis sur la position 70 Ω.

2°. pour une vitesse de 1500 trs/mn, determiner la valeur de la resistance critique $R_{fcr}$.

3°. Lorsque le rheostat *Rh* est mis sur la position 70 Ω, quelle sera alors la valeur de la vitesse critique $n_{cr}$ ?




**Problème 2.7 :**

Un générateur à courant continu dont l'induit ayant une f.e.m $E_0$=220 V et une resistance interne $R_a$=0,2 Ω debite un courant I=50 A lorsqu'il alimente une résistance R connectée en parallèle avec un moteur M.

Le moteur, de resistance interne $R_M$=0,2 Ω, absorbe une puissance $P_M$=8400 W.

Calculer:

1°. la tension U aux bornes du generateur.

2°. la puissance electrique utile PU fournie par le generateur au circuit exterieur;

3°. l'intensité IM du courant dans le moteur;

4°. la force contre-électromotrice E' du moteur ;

5°. l'intensité IR du courant dans la résistance R;

6°. la valeur de la resistance R.

Scanned with CamScanner

**Problème 2.8 :**

On dispose d'une génératrice à courant continu dont la plaque signaletique porte les indications suivantes: $n_n$=1500 trs/mn; $U_n$= 220V; $I_n$=12A

En excitation separee, et a la vitesse nominale, on a releve les caracteristiques a vide $E_0(i)$ et en charge U(I) suivantes:

| I (A) | 0 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $E_0$ (V) | 20 | 180 | 238 | 270 | 284 | 300 |

| I (A) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| U (V) | 278 | 260 | 242 | 216 | 186 |

**A-Génératrice à excitation séparée**

1°. Déterminer le courant d'excitation lors de l'essai en charge.

2°. Tracer U(I), $E_0(i)$ et $\Delta U(I)$ a 1500 trs/mn

**B-Génératrice à excitation Shunt**

1°. Quelle est la valeur de r de la résistance de l'enroulement inducteur sachant qu'en excitation shunt à 1500 tr/mn la tension a vide $U_0$=294V.

2°. Donner la valeur de la resistance critique du circuit inducteur $R_{fcr}$ provoquant le desamorçage a 1500 tr/mn.

3°. Quelle sera la valeur du rhéostat d'excitation $Rh_{cr}$ qui provoque le desamorçage a 1000 tr/mn

4°. Tracer la caractéristique en charge U(I) à 1500 tr/mn lorsque le rhéostat d'excitation vaut 100 Ω, En déduire le courant maximal de l'induit.



Scanned with CamScanner

## Problèmes :

**Problème 2.1 :**

L'induit d'une génératrice à 6 pôles, 600 trs/mln, contient 48 encoches dont chacune comporte 2 côtés de bobines. Chaque bobine est formée de 4 spires. L'enroulement est de type imbriqué et admet un nombre de voies egal a 6.

1°. Determiner le nombre total de conducteurs sur l'Indult.

2°. Sachant que le lux par pole est de 0,04 Wb, calculer alors la valeur de la f.e.m induite aux bornes de cette generatrice.

**Problème 2.2 :**

Une génératrice à excitation indépendante fournit une f.e.m de 220 V pour un courant d'excitation de 3,5 A. La résistance de l'induit est de 90 mΩ.

Calculer la tension d'induit U lorsqu'elle débite 56 A dans le circuit de charge.

**Problème 2.3 :**

Sur une generatrice a excitation independante on a releve la caracteristique en charge pour une vitesse de rotation n=1500 trs/mn et un courant d'excitation i=2 A.

| I (A) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|
| U (V) | 240 | 235 | 229 | 222 | 213 |

1°. Sachant que la résistance de l'induit est $R_a$ = 0,3 Ω, calculer pour chaque valeur du courant de charge la réaction de l'induit ε(I), puis tracer la courbe correspondante.

2°. Pour un courant I = 20 A, calculer :

a) La puissance utile

b) Les pertes joules dans l'induit et dans l'inducteur si la tension de l'inducteur est $V_f$ = 110 V.

c) Le rendement de la machine, sachant que les pertes constantes sont Pc=275 W.

**Problème 2.4 :**

Une generatrice separee delivre une f.e.m constante de 210 V pour un courant inducteur de 2 A.

Les résistances des enroulements induit et inducteur sont respectivement 0,6 Ω et 40 Ω.

Les pertes « constantes » sont de 400 W.

En supposant que la machine est compensee et pour un debit de 45 A, calculer :

1°. La tension aux bornes de l'induit U

2°. La puissance utile Pu

3°. Les pertes Joule induit et inducteur

4°. Le rendement η

**Problème 2.5 :**

La plaque signalétique d'une génératrice à courant continu à excitation indépendante indique :

11,2 Nm/1500 tr/min induit 220 V/6,8 A excitation 220 V/0,26 A

Calculer pour le fonctionnement nominal.

1°. La puissance mecanique consommee.

2°. La puissance consommée par l'excitation.

3°. La puissance utile.

4°. En deduire le rendement nominal.



Scanned with CamScanner

**Problème 2.6 :**

Une generatrice a excitation shunt est entrainee a vide a la vitesse 1500 trs/mn. La variation du courant inducteur est obtenue en agissant sur un rhéostat d'excitation de résistance *Rh* mis en serie avec l'enroulement inducteur de résistance r = 50 Ω.

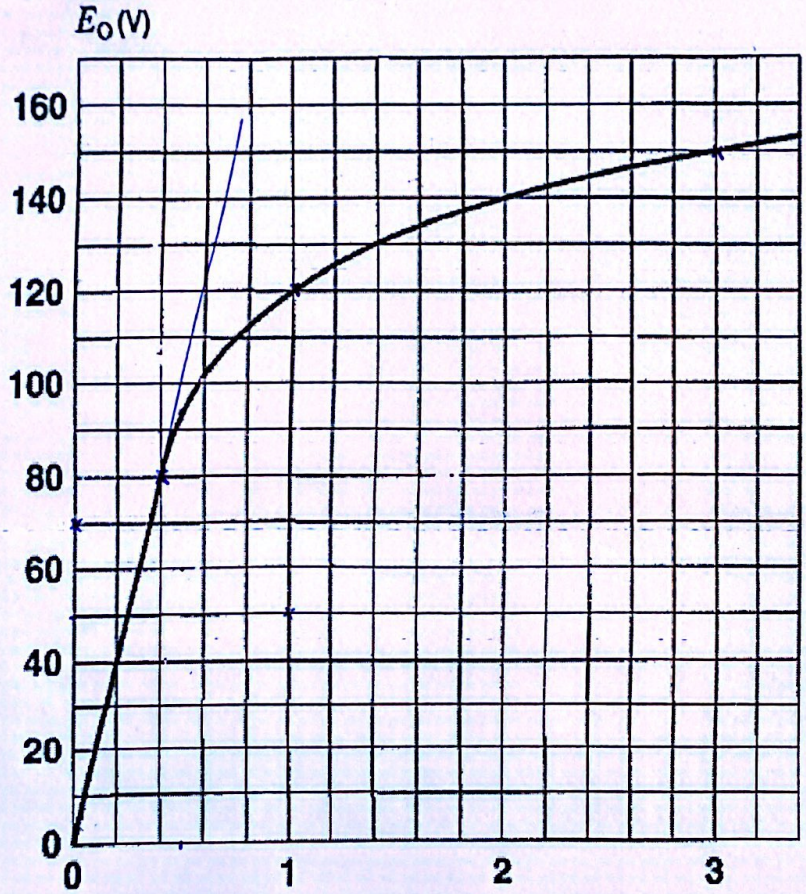
1°. En utilisant la caracteristique a vide, determiner la f.e.m induite $E_0$ et le courant d'excitation dans les cas suivants :

a) Sans rheostat *Rh*.

b) Le rheostat *Rh* est mis sur la position 70 Ω.

2°. pour une vitesse de 1500 trs/mn, determiner la valeur de la resistance critique $R_{fcr}$

3°. Lorsque le rheostat *Rh* est mis sur la position 70 Ω, quelle sera alors la valeur de la vitesse critique $n_{cr}$?




tg est critique.

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

AN $E_1 = 80$

vitesse critique →

**Problème 2.7 :**

Un générateur à courant continu dont l'induit ayant une f.e.m $E_0$=220 V et une resistance interne $R_a$=0,2 Ω debite un courant I=50 A lorsqu'il alimente une résistance R connectée en parallèle avec un moteur M.

Le moteur, de resistance interne $R_M$=0,2 Ω, absorbe une puissance $P_M$=8400 W.

Calculer:

1°. la tension U aux bornes du generateur.

2°. la puissance electrique utile PU fournie par le generateur au circuit exterieur;

3°. l'intensité IM du courant dans le moteur;

4°. la force contre-électromotrice E' du moteur ;

5°. l'intensité IR du courant dans la résistance R;

6°. la valeur de la resistance R.



Scanned with CamScanner

**Corrigé prob 2.1 :**

1°/ On a : 2 côtés de bobine/encoche, 48 encoches, 4 spires/bobine et chaque spire comprend 2 conducteurs. Le nombre total de conducteurs sur l'induit est donc:

Nb cotés = 48 x 2 = 96 → nb de bobines = 96/2 = 48 bobines

nb de spires = 48 x 4 = 192 spires

Nb cond = 192 x 2 cond/spire = **384 cond**

2°/ La f.e.m induite de l'induit est:

$E_0 = (p/a).N.n.\Phi$ = (3/3) x 384 x (600/60) x 0,04 = **153,6 V**

**Corrigé prob 2.2 :**

On a : $E_0$ = 220 V pour i= 3,5 A. $R_a$= 90 mΩ.

La tension d'induit U lorsque la génératrice débite 56 A dans le circuit de charge est :

$$U = E_0 - R_a.I = 220 - 0,09 \times 56 = 215\ V$$

**Corrigé prob 2.3 :**

Pour n=1500 trs/mn et i=2 A, on a :

| **I (A)** | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|
| **U (V)** | 240 | 235 | 229 | 222 | 213 |

1°/ la RMI est : $\varepsilon(I) = \frac{p}{a}.N.n.\Delta\phi = \frac{p}{a}.N.n.\left(\phi_0 - \phi\right) = E_0 - E$

Avec : $E_0$ : f.e.m à vide et E : f.e.m en charge.

D'autre part, on a : $E = E_0 - \varepsilon(I) = U + R_a.I \Rightarrow \varepsilon(I) = E_0 - \left(U + R_a.I\right)$

**A.N** : * Pour I=0, E = $E_0$ = 240+0,3 x 0 =240 V et ε(I) = 0 V.

* Pour I=10, ε(I) = 240-(235+0,3x10)=240-238 =2 V.

| I (A) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|
| U (V) | 240 | 235 | 229 | 222 | 213 |
| ε(I) | 0 | 2 | 5 | 9 | 15 |

2°/ a) $P_u = U.I = 229 \times 20 = 4580\ W$

b) $P_{jI} = R_a.I^2 = 0,3 \times 20^2 = 120\ W$ et $P_{ji} = V_f.i = 110 \times 2 = 220\ W$

c) $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_u + P_{jI} + P_{ji} + P_c} = \frac{4580}{4580 + 120 + 220 + 275} = 88\ \%$

Scanned with CamScanner

On a : $E_0$= 210 V pour i= 2 A.

$R_a$ = 0,6 Ω et r = 40 Ω.

$P_c$ = 400 W.

Machine compensée, c. à.d ε(I)=0 d'où E=$E_0$.

Pour I= 45 A, on a :

**1°.** La tension d'induit est :

$$U = E_0 - R_a.I = 210 - 0,6 \times 45 = 183\,V$$

**2°.** La puissance utile est :

$$P_u = U.I = 183 \times 45 = 8,235\,KW$$

**3°.** Les pertes Joule induit et inducteur sont respectivement :

$$P_{jI} = R_a.I^2 = 0,6 \times 45^2 = 1215\,W; P_{ji} = r.i^2 = 40 \times 2^2 = 160\,W$$

**4°.** Le rendement de la machine est :

$$\eta = \frac{P_u}{P_u} = \frac{P_u}{P_u + P_{jI} + P_{ji} + P_c} = \frac{8,235}{10,01} = 82,3\,\%$$

**Corrigé prob 2.5 :**

Sur la plaque signalétique on a : 11,2 Nm/ 1500 tr - 220 V/ 6,8 A - 220 V /0,26 A

Pour le fonctionnement nominal ; on aura :

**1°.** La puissance mécanique consommée est :

$$P_m = \Gamma_n.\Omega_n = \Gamma_n.2\pi.n_n = 11,2 \times 2\pi \times \frac{1500}{60} = 1759\,W$$

**2°.** La puissance consommée par l'excitation est :

$$P_{ji} = V_f \times i = 220 \times 0,26 = 57\,W$$

**3°.** La puissance utile est :

$$P_u = U \times I = 220 \times 6,8 = 1496\,W$$

**4°.** Le rendement nominal est :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{P_m + P_{ji}} = \frac{1496}{1759 + 57} = 82,4\,\%$$

Scanned with CamScanner

**Corrigé prob 2.6 :**

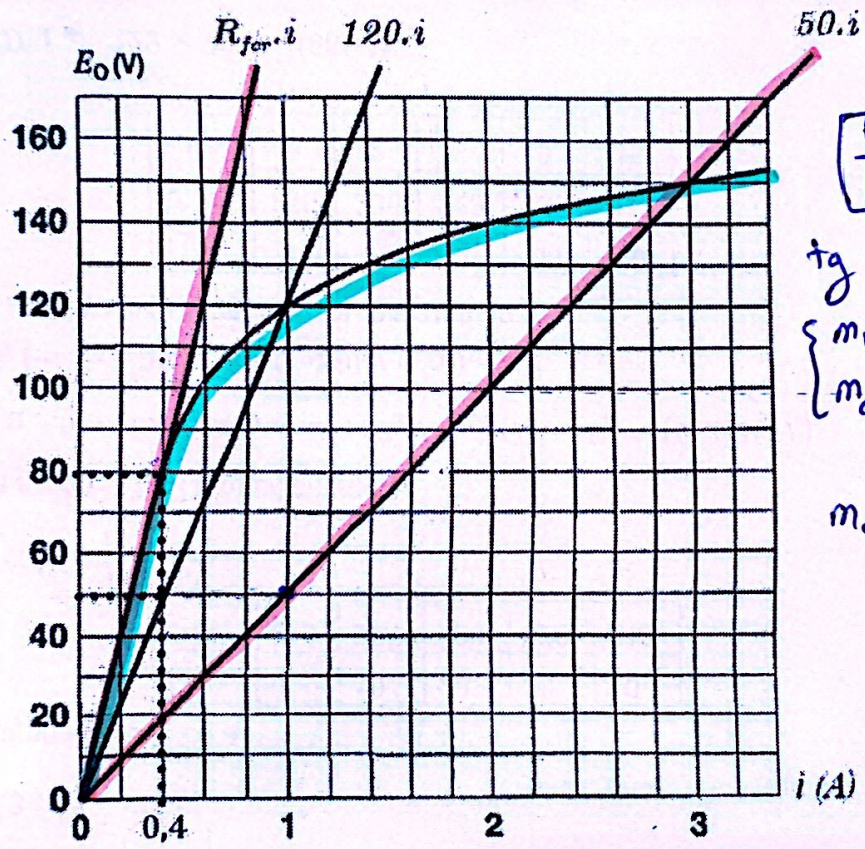
**1°.** En utilisant la caractéristique à vide, on a :

***a)*** Pour Rh=0 Ω, $R_f$= r+Rh = 50+0 = 50 Ω

La droite inducteur ($R_f$ .i) coupe la caractéristique $E_0$ (i) au point : ($E_0$ =150V, i=3A)

***b)*** Pour Rh = 70 Ω, $R_f$= r+Rh = 50+70 = 120 Ω

La droite inductrice (Rf.i) coupe la caractéristique $E_0$ (i) au point :($E_0$ =120V, i=1A)




$\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1}$

tg est critique I=0,4

$\begin{cases} n_1 \rightarrow E_{01} = 80 \\ n_{cr} \rightarrow E_{02} = 48 \end{cases}$

0,4 ∩ 120.I

$n_{cr} = \frac{n_1 E_{02}}{E_{01}} = \frac{1500 \times 48}{80} = 900$

**2°.** Pour une vitesse de 1500 trs/mn, la valeur de la résistance critique $R_{fcr}$ est telle que la droite de l'inducteur est tangente à la caractéristique $E_0(I)$.

Dans ce cas, on a : Pour $i$=0,4 A, $E_0$= 80 V, donc : $R_{fcr}$ = (80/0,4) = 200 Ω.

**3°.** Lorsque le rhéostat *Rh* est mis sur la position 70 Ω, on a : $R_f$ = 120 Ω.

La valeur de la vitesse critique $n_{cr}$ est telle que la droite de l'inducteur est tangente à la nouvelle caractéristique $E_{02}(i)$ obtenue à la vitesse $n_{cr}$. Dans ce cas :

$$Pour\ i = cte, on\ a : \begin{cases} n_1 \rightarrow E_{01} \\ n_{cr} \rightarrow E_{02} \end{cases} \Rightarrow n_{cr} = n_1 \cdot \frac{E_{02}}{E_{01}}$$

$$A.N : Pour\ i = 0,4\ A, on\ a : \begin{cases} 1500 \rightarrow E_{01} = 80V \\ n_{cr} = ? \rightarrow E_{02} = 48V \end{cases} \Rightarrow n_{cr} = 1500 \times \frac{48}{80} = 900\ trs/mn$$

Scanned with CamScanner

**Corrigé prob 2.7 :**

Générateur : $E_0$= 220 V, $R_a$ = 0,2 Ω,

Charge : Résistance R : U, $I_R$

Moteur M : $R_M$ = 0,2 Ω, $P_M$ = 8400 W

Pour I= 50 A, on a :

**1°.** La tension d'induit est :

$$U = E_0 - R_a.I = 220 - 0,2 \times 50 = 210\ V$$

**2°.** La puissance utile est :

$$P_u = U.I = 210 \times 50 = 10,5\ KW$$

**3°.** Le courant absorbé par le moteur est :

$$I_M = \frac{P_M}{U} = \frac{8400}{210} = 40\ A$$

**4°.** La f.c.e.m du moteur est :

$$E' = U - R_M.I_M = 210 - 0,2 \times 40 = 202\ V$$

**5°.** L'intensité du courant dans la résistance R est :

$$I_R = I - I_M = 50 - 40 = 10\ A$$

**6°.** La valeur de la résistance R est :

$$R = \frac{U}{I_R} = \frac{210}{10} = 21\ \Omega$$

**Corrigé prob 2.8 :**

**A-Génératrice à excitation séparée**

**1°.** Lors de l'essai en charge, et lorsque I = 0 A, on a : U = $E_0$ = 278 V. Cette f.e.m correspond à un courant d'excitation i ∈ [0.75 ; 1 A]. cette valeur est obtenue graphiquement à partir de la caractéristique à vide $E_0$ = f(i). on obtient :*(Pour $E_0$ = 278 V, i = 0.9 A)*

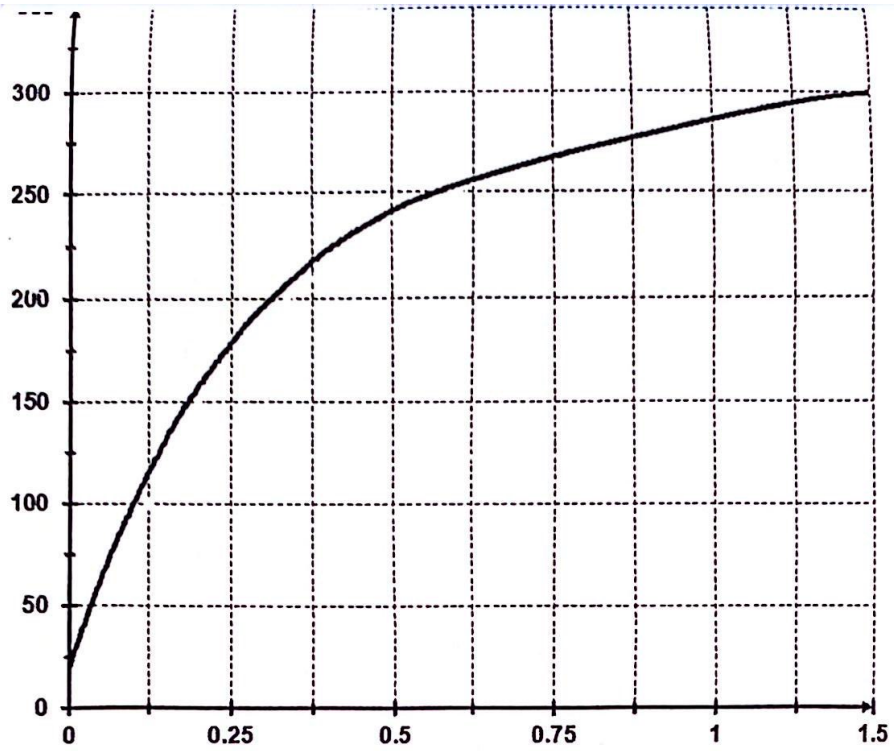
**2°.** La chute de tension totale ΔU est donnée par :

$$\Delta U = E_0 - U = 278 - U$$

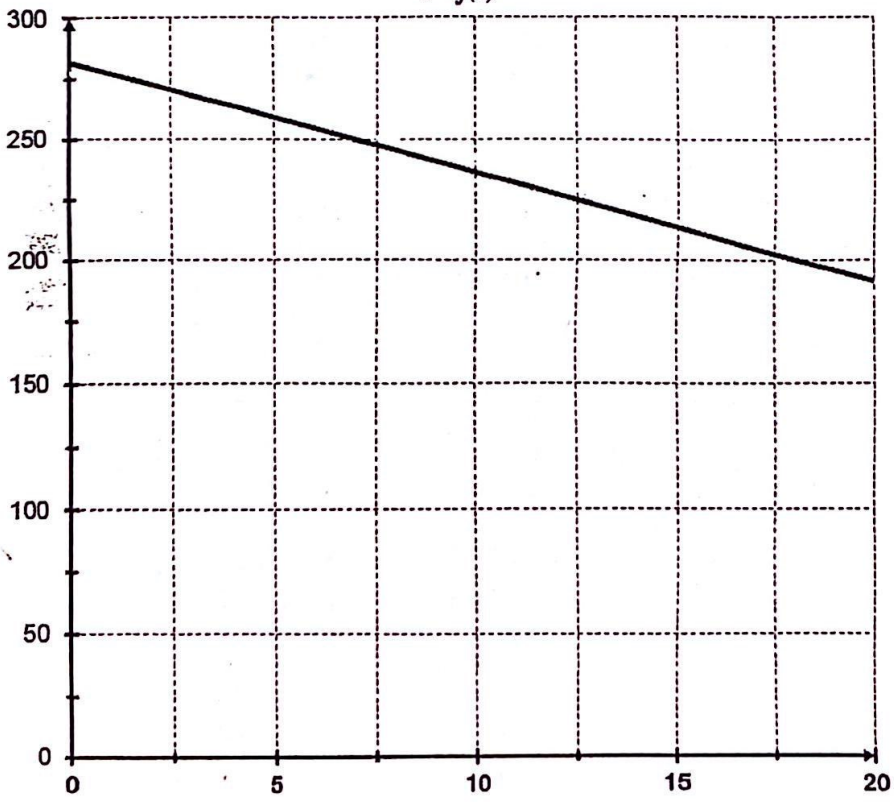
| I (A) | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| U (V) | 278 | 260 | 242 | 216 | 186 |
| ΔU(V) | 0 | 18 | 36 | 62 | 92 |

Les caractéristiques : U(I), $E_0$(i) et ΔU(I) à 1500 trs/mn, sont représentées sur papier millimétré.

Scanned with CamScanner




*U =f(I)*




1°. En e
qui es
Sach
de la
$U_0$ =
D'où,
La va

2°. Pou
de l'i

Dans

3°. Le
tr/mn

Donc à
(r+Rh)

4°. Lo

L'inte
La ca
de P
Le c

Scanned with CamScanner

**1°.** *En excitation shunt et à vide la résistance du circuit d'inducteur est ajusté à sa valeur minimale qui est égale à celle du bobinage inducteur r.*

Sachant de plus que dans ces conditions on a $I_0 = I$ (excitation shunt à vide) et que l'équation de la génératrice s'écrit :

$U_0 = E - R_a . I_0 = r.i$, or : $I_0 << I_{nom}$ d'où, on peut écrire : $U_0 = E_0 = r.i$

D'où, à 1500 tr/mn, on a $E_0 = 294$ V → à partir de $E_0(i)$, on obtient i = 1.25 A

La valeur de la résistance de l'enroulement inducteur r est tel que :

$$r = \frac{U_0}{i} = \frac{294}{1,25} = 235\ \Omega$$

**2°.** Pour une vitesse de 1500 trs/mn, la valeur de la résistance critique $R_{fcr}$ est telle que la droite de l'inducteur est tangente à la caractéristique $E_0(i)$.

Dans ce cas, on a : Pour $i=0,2$ A, $E_0 = 150$ V, donc : $R_{fcr} = \frac{150}{0,2} = 750\ \Omega$

**3°.** Le calcul de la valeur du rhéostat de champ **Rh** qui provoquerait le désamorçage à 1000 tr/mn passe tout d'abord par celui de la résistance critique à cette même vitesse $R'_{fcr}$. On a :

$$R'_{fcr} = R_{fcr} \cdot \frac{1000}{1500} = 500\ \Omega$$

Donc à 1000 tr/mn, le désamorçage est provoqué pour une résistance du circuit inducteur $(r+Rh) \geq R'_{fcr}$ d'où : $Rh_{cr} = R'_{fcr} - r = 551 - 235 = 265\ \Omega$

**4°.** Lorsque le rhéostat d'excitation vaut 100 Ω, on a :

$$R_f = r + Rh = 235 + 100 = 335\ \Omega$$

L'intersection de la droite des inducteurs ($R_f.i$) et la caractéristique à vide $E_0\ (i)$ donne $E_0 = 274$ V.

La caractéristique en charge U(I) à 1500 tr/mn est prédéterminée graphiquement (construction de Picou) moyennant les caractéristiques $E_0\ (i)$ et $R_f.i$.

Le courant maximal de l'induit est : $I_{max} = 20A$

Scanned with CamScanner

**Sol. Problème 1.1:**

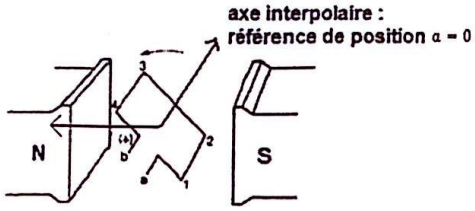
- **Figure 1(a):** Bobinage ondulé ayant : 4 pôles (p =2), 32 cotés de section, 16 encoches, 16 lames collectrices, 4 voies d'enroulements (a = 2).
- **Figure 1(b):** Bobinage imbriqué ayant : 4 pôles, 32 cotés de section, 16 encoches, 16 lames collectrices, 4 voies d'enroulements (a = 2).

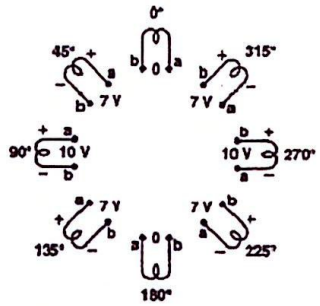
**Sol. Problème 1.2:**

1) Le courant de ***2400A*** sort de la borne (+) et entre par la borne (-) de la génératrice. Il y a **12** balais en tout ***6(+) et 6(-)***. Le courant par balais est :$I_B = 2400/6 = 400A$.
2) Au point de contact avec le collecteur, chaque balai (+) porte le courant venant des enroulements situés à gauche et à droite du balai. Donc, le courant porté par chaque bobine est :
   $I_{bob} = I_B/2 = 200A$.
3) L'induit comporte **72** bobines réparties entre **12** balais, soit $72/12 = 6$ bobines entre deux balais consécutifs. La tension entre balais étant de ***240V***, la tension moyenne par bobine est :
   $E_{moy} = 240/6 = 40V$.

**Sol. Problème 1.3:**

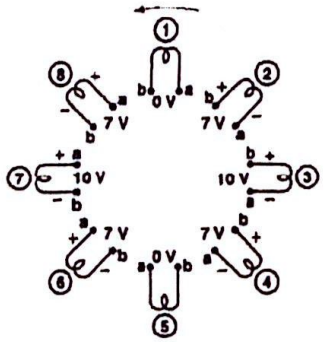
1) La f.e.m crée est sinusoïdale ayant pour forme $E = E_M.sin(\alpha)$ avec $EM$ : valeur maximale de la f.e.m et $\alpha$ : la position de la bobine % à l'axe inter-polaire. Les conducteurs en face du pôle Nord sont de polarité (+) et ceux en face du pôle Sud sont de polarité (-).




Tensions induites pour 8 positions du cadre

2) Faisons tourner à ce stade l'ensemble des huit bobines à la même vitesse qu'auparavant. Chaque bobine génère une tension et une polarité correspondant à sa position. Vu que chaque bobine est espacé de ses adjacente de 45°, on retrouve la même situation que la question précédente comme illustré ci-après.Notons que les bobines (1) et (5) sont logées dans les mêmes encoches : par conséquent, leurs tensions Eab ont instantanément la même valeur, mais de polarités contraires. Il en est de même pour les bobines (2), (6) ; (3), (7) et (4), (8).

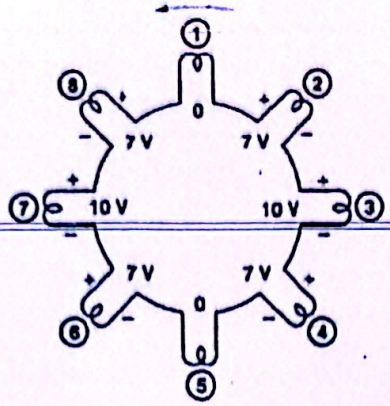



**Valeurs instantanées des tensions dans les huit bobines**



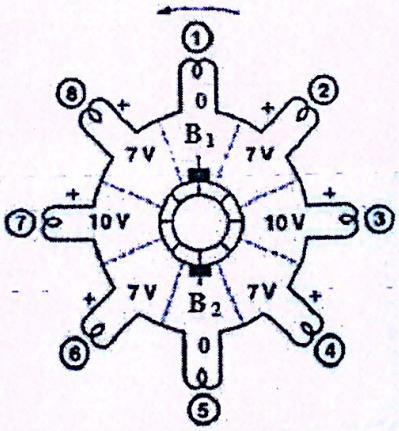
Scanned with CamScanner

3) L'enroulement d'induit doit être fermé sur lui-même après avoir rencontré tous les faisceaux. Les interconnexions entre les huit bobines sont comme suit :




**Interconnexion des bobines d'induit**

4) Les zones neutres sont les endroits situés à la surface de l'induit où la densité de flux est nulle. Ayant considéré un fonctionnement à vide de la génératrice, les zones neutres se trouvent exactement à mi-chemin entre les pôles. Aucune tension n'est induite dans une bobine traversant une zone neutre : c'est pourquoi on cherche à disposer les balais autour du collecteur dans cette zone afin qu'ils soient en contact avec les bobines franchissant ces zones neutre. On assure en même temps une tension maximale entre les balais. La tension recueillie est égale à la somme des tensions entre les lames: $E_{B1B2}$ = (+7) + (+10) + (+7) = 24V.




**Les balais sont placées à l'endroit produisant la plus grande tension $E_{B1B2}$**

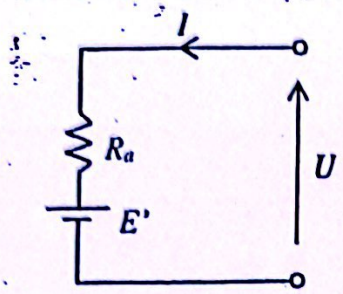
5) Le balai B1 est en contact avec deux lames mettant ainsi la bobine (1) en court-circuit. De la même façon, le balai B2 y court-circuite la bobine (5). Mais comme la tension induite dans ces bobines est nulle, ce court-circuit momentané n'a aucun effet. Par contre, si les balais sont déplacés de 45° dans le sens horaire, ils court-circuiteront les bobines (2) et (6). Or, la tension de 7V générée par ces bobines donnera naissance à un courant de court-circuit important qui risque de produire des étincelles et de provoquer la destruction progressive des balais et de la surface du collecteur : mauvaise commutation. Le déplacement des balais occasionne aussi une diminution de la tension entre les balais, même si ces tensions induites dans les bobines demeurent inchangées. En effet, dans ce cas la tension $E_{B1B2}$ devient : $E_{B1B2}$ = (+10+7+0) = 17V.

6) Si l'on déplace les balais de 90°, la tension $E_{B1B2}$ tombe à (+7+0-7) = 0V.
En même temps, les balais court-circuitent les bobines qui génèrent une tension de ***10V.*** Parconséquent, le problème de la commutation sera encore plus pire.

Scanned with CamScanner

## Corrigé Prob 3.1

**1°-** Le modèle équivalent de l'induit est:




La relation entre la tension U et le courant I est : $U = E' + R_a.I$

**2°-** Le moteur étudié est à aimants permanents, donc le flux est constant.

- La f.c.e.m. E' s'écrit alors: $E' = \frac{P}{2\pi a}.N.\phi.\Omega = k.\Omega$

avec : $k = \frac{P}{2\pi a}.N.\phi = k.\Omega$

- Le couple électromagnétique $\Gamma_{em}$ est :

$$C_{em} = \frac{E'.I}{\Omega} = \frac{k.\Omega}{\Omega}.I = k.I$$

**3°-** En fonctionnement nominal, on : U=13,5 V ; I=3 A ; n =6000 tr/min ; $R_a$ = 0,1 Ω

**a)** La f.c.e.m. E' est :

$$E' = U - R_a.I = 13,5 - 0,1 \times 3 = 13,2\ V$$

La valeur de la constante ***k*** est donc :

$$k = \frac{E'}{\Omega} = \frac{E'}{2\pi.n} = \frac{13,2}{2\pi \times 6000} \times 60 = 0,021\ \text{V.rad}^{-1}.s$$

**b)** Le couple électromagnétique $C_{em}$ est :

$$C_{em} = k.I = 0,021 \times 3 = 0,063\ N.m$$

**c)** Sachant que le couple des pertes $C_p$ de la machine vaut $6 \times 10^{-3}$ N.m, la valeur du couple utile $C_u$ est donc :

$$C_u = C_{em} - C_p = 0,063 - 0,006 = 0,057\ N.m$$

**d)** Les puissances ; absorbée $P_a$ et utile $P_u$ sont :

$$P_a = U.I = 13,5 \times 3 = 40,5\ W$$

$$P_u = C_u.\Omega = 0,057 \times \left(\frac{2\pi \times 6000}{60}\right) = 35,8\ W$$

Le rendement η(%) du moteur est alors ;

$$\eta(\%) = \frac{P_u}{P_a} = \frac{35,8}{40,5} = 88,4\ \%$$



Scanned with CamScanner

## Corrigé Prob 3.3

Un moteur à courant continu à excitation séparée est alimenté sous 240 V. Le circuit inducteur absorbe 250 W et les pertes collectives sont de 625 W. La résistance d'induit vaut 0,5 Ω.

**1°.** En fonctionnement nominal, le moteur consomme 42 A avec une vitesse de rotation de 1200 tr/min.

**a)** La f.c.e.m E' est : $E' = U - R_a.I = 240 - 0,5 \times 42 = 219\ V$

**b)** La puissance absorbée, la puissance électromagnétique et la puissance utile sont :

$P_a = UI + u.i = 240 \times 42 + 0,250 = 10,330\ KW$

$P_{em} = E'I = 219 \times 42 = 9,198\ KW$

$P_u = P_{em} - P_c = 8,573\ KW$

**c)** Le couple utile est :

$$C_u = \frac{P_u}{2\pi.n} = \frac{8573}{2\pi \times 1200} \times 60 = 68\ N.m$$

Le rendement est donc : $\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{8573}{10330} = 83\ \%$

**2°.** Le moteur consomme dans ce cas un courant d'induit I = 30 A.

**a)** La vitesse de rotation est dans ce cas :

$$n = \frac{E'}{k\phi} = \frac{U - Ra.I}{k\phi} \text{ avec } k\phi = \frac{219}{1200} = 0,1825\ V.tr^{-1}.mn \Rightarrow n = \frac{240 - 0,5 \times 30}{1,825} = 1233\ tr.mn$$

**b)** Pour cette nouvelle vitesse, le couple utile devient :

$$C_u = \frac{P_u}{2\pi.n} = \frac{E'.I - P_c}{2\pi.n} = \frac{6125}{2\pi \times 1233} \times 60 = 47,4\ N.m$$

**c)** Le rendement est :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{P_u}{U.I + u.i} = \frac{6125}{7460} = 82,2\ \%$$

Scanned with CamScanner