

Fréquence de rotation :

$$E'_s = U - RI = 230 - 0,4 \times 2,6 = 229 \text{ V.}$$

$$\frac{n_s}{n} = \frac{E'_s}{E'} = \frac{229}{214}$$

$$n_s = 1000 \times \frac{229}{214} = 1070 \text{ tr/min.}$$

L'erreur n'aurait pas été grande si nous avions pris  $E'_s \approx U$ .

## II. A RÉSOUDRE.

3.07 — Sur la plaque d'un moteur à excitation indépendante on lit :

$$U = 230 \text{ V} \quad I = 32 \text{ A} \quad P = 6,5 \text{ kW} \quad n = 600 \text{ tr/min.}$$

1° Calculer le rendement du moteur sachant que les pertes par effet Joule dans le circuit inducteur sont de 140 W.

2° La résistance de l'induit est  $R = 0,4 \Omega$ . Calculer les pertes par effet Joule correspondantes et les pertes collectives.

3° Calculer le couple moteur utile et le comparer au couple électromagnétique.

3.08 — L'induit d'un moteur à excitation indépendante a une résistance de  $0,6 \Omega$  et tourne à 3000 tr/min. Le couple électromagnétique est alors  $T = 7 \text{ Nm}$ . Calculer :

1° La puissance électrique utile.

2° La f.é.m. et la tension appliquée sachant que le courant dans l'induit est de 20 A.

3.09 — Un moteur à excitation indépendante constante tourne à la fréquence de rotation de 1400 tr/min quand il absorbe un courant de 30 A sous une tension de 115 V. Les pertes par effet Joule dans l'inducteur sont de 150 W et les pertes collectives, supposées indépendantes de  $I$ , sont égales à 220 W. La résistance de l'induit est  $R = 0,3 \Omega$ .

Déterminer pour les courants induits suivants : 10, 20, 30 A :

1° La force électromotrice.

2° La fréquence de rotation.

3° La puissance absorbée.

4° La puissance utile.

5° Le rendement.

6° Le couple électromagnétique.

Disposer les résultats en tableau.

3.10 — Un moteur à excitation indépendante fonctionne sous une tension constante  $U = 240 \text{ V}$  et avec un courant d'excitation d'intensité invariable. La résistance constante de son induit est  $R = 0,2 \Omega$ . Le courant à vide et les pertes collectives sont négligés. Au point nominal on a relevé :

$$I_N = 45 \text{ A} \quad \text{et} \quad n_N = 750 \text{ tr/min.}$$

1° Calculer le moment du couple nominal.

2° Après avoir établi leur équation, tracer les trois caractéristiques :

a)  $n(I)$ ;

b)  $T(I)$ ;

c)  $T(n)$ .

3° Ce moteur entraîne une machine pour laquelle on a mesuré le couple résistant à différentes fréquences de rotation :

$n(\text{tr/min})$	0	200	400	600	800
$T_r(\text{Nm})$	60	65	75	90	120

Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement.

## PROBLÈMES

### I. AVEC SOLUTION.

#### 4.01 — Étude d'un moteur dérivation.

Données : résistance des inducteurs (pas de rhéostat d'excitation) :  $r = 110 \, \Omega$ .

Résistance de l'induit :  $R = 0,2 \, \Omega$ .

Tension d'alimentation :  $U = 220 \, \text{V}$ .

Pertes collectives :  $p_c = 700 \, \text{W}$ .

1° La fréquence de rotation du moteur est 1500 tr/min quand l'induit absorbe un courant de 75 A.

Calculer :

- a) la force électromotrice;
- b) la puissance absorbée;
- c) la puissance utile;
- d) le rendement;
- e) le couple utile.

2° Déterminer la résistance du rhéostat de démarrage pour que l'intensité au démarrage soit de 160 A.

Quel est alors le moment du couple de démarrage? (On suppose que le circuit magnétique n'est pas saturé, le 1° permet alors le calcul de  $N\Phi$ .)

3° Variations spontanées de fréquence de rotation :

Calculer la fréquence de rotation lorsque le courant induit est  $I = 45 \, \text{A}$ , puis lorsque le moteur est à vide ( $P_u = 0$ ;  $RI^2$  négligeable devant  $p_c$ ).

4° Réglage de la fréquence de rotation.

Le flux restant proportionnel à l'intensité du courant d'excitation, quelle résistance faut-il donner au rhéostat d'excitation pour obtenir 1650 tr/min avec la même intensité  $I$  qu'au 1°?

### Solution abrégée

1° a)  $E' = U - RI = 220 - 0,2 \times 75 = 205 \, \text{V}$ .

b)  $i = \frac{U}{r} = \frac{220}{110} = 2 \, \text{A}$ ;

$$P_s = U(I + i) = 220 \times 77 = 16940 \, \text{W}$$

c)  $P_u = E'I - p_c = 205 \times 75 - 700 = 14675 \, \text{W}$ .

d)  $\eta = \frac{14675}{16940} = 0,865$ .

e)  $\Omega = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 50\pi \approx 157 \, \text{rad/s}$ .

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega} = \frac{14675}{50\pi} = 94 \, \text{Nm} \quad (\text{le couple électromagnétique est plus grand}).$$

2°  $R + R_h = \frac{220}{160} = 1,375 \, \Omega$ ;  $R_h = 1,175 \, \Omega$

$$N\Phi = \frac{E'}{n} = \frac{205}{25} = 8,2$$

$$T_d = \frac{NI\Phi}{2\pi} = \frac{160 \times 8,2}{2\pi} = 209 \, \text{Nm}$$

3° a)  $E'_1 = U - RI = 220 - 0,2 \times 45 = 211 \, \text{V}$

$$\frac{n_1}{n} = \frac{E'_1}{E'} = \frac{211}{205} \quad n_1 = 1500 \times \frac{211}{205} = 1543 \, \text{tr/min}$$

b) A vide

$$I_v = \frac{p_c}{U} = \frac{700}{220} = 3,2 \, \text{A}$$

$$E'_v = 220 - 0,2 \times 3,2 = 219,4 \, \text{V}$$

$$n_v = 1500 \times \frac{219,4}{205} \approx 1600 \, \text{tr/min}$$

4° Même charge  $I \Rightarrow$  même f.é.m.  $E' = 205 \text{ V}$ .

$$E' = Nn\Phi = Nn'\Phi'$$

soit  $n\Phi = n'\Phi'$  soit encore  $ni = n'i'$  ( $\Phi$  proportionnel à  $i$ )

$$i' = \frac{ni}{n'} = \frac{1500 \times 2}{1650} = 1,82 \text{ A}$$

$$\text{Résistance totale : } \frac{220}{1,82} = 121 \Omega$$

$$\text{Rhéostat : } 121 - 110 = 11 \Omega$$

4.02 — Un moteur bipolaire à excitation indépendante constante, dont l'induit a une résistance  $R = 0,1 \Omega$ , est alimenté par une tension continue réglable et fonctionne à courant d'intensité constante  $I = 140 \text{ A}$ . Il tourne à 720 tr/min quand la tension est  $U = 194 \text{ V}$ . Les pertes collectives sont proportionnelles à la fréquence de rotation et valent alors :  $p_c = 960 \text{ W}$ . Calculer :

1° La f.é.m. et le moment du couple électromagnétique dans les conditions données.

2° Le rendement sachant que les pertes par excitation sont de 600 W.

3° La fréquence de rotation pour les tensions suivantes : 50; 100; 150; 230 V.

#### Solution abrégée

$$1^\circ E' = U - RI = 194 - 0,1 \times 140 = 180 \text{ V}$$

$$T = \frac{E'I}{\Omega} \text{ avec } \Omega = \frac{2\pi \times 720}{60} = 24\pi \approx 75 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{180 \times 140}{75} = 336 \text{ Nm}$$

$$2^\circ P_u = E'I - p_c = 180 \times 140 - 960 = 24240 \text{ W}$$

$$P_a = UI + ui = 194 \times 140 + 600 = 27760 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{24240}{27760} = 0,875$$

$$3^\circ \text{ Calculons le rapport } \frac{720}{180} = \frac{n(\text{tr/min})}{E'(\text{V})} = 4 \text{ d'où } n = 4E'$$

$U(\text{V})$	50	100	150	230
$E'(\text{V})$	36	86	136	216
$n(\text{tr/min})$	144	344	544	864

N.B. — Le couple est constant; à titre d'exercice compléter le tableau en calculant les rendements. Ne pas oublier que  $p_c$  varie avec la fréquence de rotation, calculer au préalable le coefficient de proportionnalité :

$$a = \frac{P_c}{n} = \frac{960}{720}$$

#### II. A RÉSOUDRE.

4.03 — Le rhéostat de démarrage d'un moteur-dérivation a été monté comme l'indique la figure 4.18. On donne  $U = 115 \text{ V}$ ,  $R = 0,3 \Omega$ ,  $R_h = 2 \Omega$ ; pour les calculs, on néglige la conductance de l'inducteur. Quelle est au démarrage la tension commune inducteur-induit? Pourquoi ce montage est-il à rejeter?

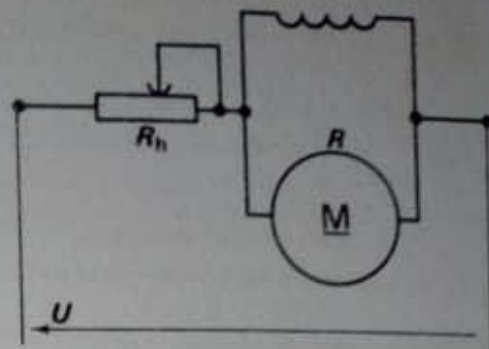


FIG. 4.18. — Problème 4.03.

4.04 — Un moteur-dérivation est alimenté par un secteur continu à 120 V.

La résistance de l'induit est  $0,5 \Omega$ .

La résistance des inducteurs est  $80 \Omega$ .

L'intensité totale absorbée est  $37,5 \text{ A}$ .

La fréquence de rotation nominale est 1800 tr/min.

On demande :

1° L'intensité  $i$  du courant d'excitation.

2° L'intensité  $I$  du courant dans l'induit.

3° La force électromotrice du moteur.

4° La puissance électrique utile.

5° Le moment du couple moteur.

6° Les pertes par effet Joule dans les inducteurs et dans l'induit.

7° Si on admet au démarrage  $I_d = 60 \text{ A}$ , calculer la résistance  $R_h$  du rhéostat à utiliser.

4.05 — Un moteur-dérivation, fonctionnant sous tension constante de 230 V, absorbe en marche normale un courant total d'intensité 52 A, à la fréquence de rotation de 600 tr/min.

Les résistances sont : pour l'induit  $0,3 \Omega$ ; pour les inducteurs  $115 \Omega$ .

1° Quel est le moment du couple électromagnétique en charge normale?

2° La charge ayant augmenté, le moteur absorbe 62 A au total. Quel est le nouveau couple?

3° Quelle est la fréquence de rotation correspondant à cette nouvelle charge?

4.06 — Un moteur série fonctionne sous 230 V. Les résistances sont : induit  $R' = 0,4 \Omega$ , inducteur  $R'' = 0,2 \Omega$ . Il consomme  $I = 50 \text{ A}$  à 800 tr/min. Calculer, en supposant  $\Phi$  et  $I$  proportionnels, et pour les intensités suivantes du courant 50; 40; 30; 20 et 10 A :

1° La fréquence de rotation.

2° La puissance absorbée, la puissance utile et le rendement, sachant que les pertes collectives sont  $P_c = 500 \text{ W}$ .

3° Le moment du couple utile.

Mettre les résultats sous forme de tableau.

N.B. — On posera  $\Phi = kI$  et on calculera  $Nk$  avec les données.



4.07 — Un moteur série dont la tension est 460 V absorbe un courant d'intensité 100 A quand il tourne à 600 tr/min. La résistance  $R_i$  (induit + inducteurs) est de 0,2  $\Omega$ . les pertes collectives sont négligées. Calculer :

1° Le moment du couple moteur.

2° Tracer les caractéristiques électromécaniques et mécanique du moteur après avoir calculé  $T$  et  $n$  pour les courants suivants : 40; 55; 70; 85 A.

On donne quelques points de la courbe  $\Phi = f(I)$  que l'on tracera :

$I(A)$	40	55	70	85	100
$\Phi(mWb)$	32,5	40	45	48	50

4.08 — Un moteur bipolaire à excitation indépendante constante fonctionne à courant constant  $I = 200$  A et tension variable. On donne :

• résistance de l'induit  $R = 0,075 \Omega$ ,

• pertes par effet Joule dans l'inducteur :  $ui = 700$  W.

Les pertes collectives  $p_c$  sont proportionnelles à la fréquence de rotation.

Un essai à  $U = 240$  V a donné :  $n = 1500$  tr/min;  $p_c = 2100$  W.

Pour chacune des tensions suivantes :

240; 180; 120; 60 V, calculer :

1° La force électromotrice.

2° La fréquence de rotation.

3° Le moment du couple moteur.

4° Les pertes collectives.

5° Le rendement.

4.09 — Une locomotive comporte deux moteurs série à courant continu dont les caractéristiques identiques sont les suivantes en service nominal :

tension d'alimentation :  $U_N = 1500$  V  
courant absorbé :  $I_N = 1030$  A  
résistance d'induit :  $R = 0,025 \Omega$   
résistance d'inducteur :  $r = 0,017 \Omega$   
fréquence de rotation :  $n_N = 770$  tr/min.

On négligera, sur ces moteurs, la réaction magnétique d'induit et les pertes énergétiques autres que par effet Joule. De plus, on considérera que la saturation magnétique ne se manifeste pas dans les conditions de fonctionnement envisagées ici.

La locomotive est portée par deux boggies comptant le même nombre de roues motrices, et mus chacun par l'un des moteurs. La transmission de l'arbre d'un moteur aux roues de son boggie est assurée par un train d'engrenage de rapport constant (pas de boîte de vitesse); lorsque les moteurs tournent à 770 tr/min, la locomotive roule à 120 km/h.

La tension de 1500 V est délivrée entre fil aérien (caténaire) et rails.

1° Calculer la force électromotrice et le moment du couple d'un moteur en régime nominal.

2° Au démarrage, les moteurs sont couplés en série entre caténaire et rails. Calculer la résistance  $R_a$  du rhéostat de démarrage qui limitera l'intensité du courant appelé à 1300 A. Quel est alors le moment du couple d'un moteur?

3° Calculer l'intensité du courant appelé et le moment du couple d'un moteur, lorsque la vitesse atteint 40 km/h, les moteurs étant toujours en série, et le rhéostat de démarrage dans un réglage pour lequel sa résistance vaut 0,125  $\Omega$ .

4° Reprendre le 3° en précisant le couple de chaque moteur dans l'éventualité, limitée à ce paragraphe, où les roues d'un boggie patinent et tournent quatre fois plus vite que celles de l'autre qui ont conservé l'adhérence.

(d'après Bac. F3)

4.10 — Un moteur série est alimenté sous la tension  $U = 500$  V, et entraîne une machine. Les caractéristiques du moteur sous 500 V sont :

TABEAU 1

$I(A)$	27	42	53	72	81
$T_m(Nm)$	118	245	343	520	600
$n(tr/min)$	700	560	500	460	445

Résistance de l'induit  $R = 0,168 \Omega$ .

Résistance de l'inducteur  $R' = 0,132 \Omega$ .

La caractéristique mécanique de la machine entraînée (charge) est la suivante :

TABEAU 2

$T_c(Nm)$	130	250	375	500	600
$n(tr/min)$	230	335	400	440	465

$T_c$  est le moment du couple résistant.

1° Tracer la caractéristique  $n = f(I)$  pour  $U = 500$  V.

2° Le courant  $I$  est constant et égal à 42 A, quelle est la fréquence de rotation du moteur si la tension  $U$  diminue de 15 %? Soit  $U'$  cette nouvelle tension.

3° Tracer la caractéristique  $n = f(I)$ , pour la tension  $U'$ , sur le même graphique que celui de la question 1°;  $n$  sera calculée pour les intensités données dans le tableau 1.

4° Tracer la caractéristique  $T_m = f(I)$  pour  $U = 500$  V sur le même graphique. Montrer que cette caractéristique ne dépend pas de la tension et qu'ainsi elle sera identique pour la tension  $U'$ .

5° Sur un graphique différent du précédent, tracer les caractéristiques mécaniques du moteur  $n = g(T_m)$  pour les tensions  $U$  et  $U'$  et la caractéristique mécanique de la machine (tableau 2)  $n = f(T_c)$ .

6° Quels sont les points de fonctionnement pour les deux tensions  $U$  et  $U'$ ? Quelles sont les variations relatives de vitesse et de couple?

(d'après Bac. F3)

## EXERCICES

Rappel : toutes les génératrices sont parfaitement compensées donc  $E_g = E_v = C\omega$ .

5.01 — Tracer pour un courant d'excitation constant  $i = 0,8$  A, la caractéristique  $E_v(n)$  de la machine étudiée dans le chapitre.

5.02 — Tracer pour une fréquence de rotation constante  $n = 1800$  tr/min la caractéristique interne  $E_v(i)$  de la machine étudiée dans le chapitre.

5.03 — A 1500 tr/min, la caractéristique à vide d'une génératrice peut être assimilée à une droite entre les deux

points : A(0,4 A; 120 V) et B(1,2 A; 150 V).

1° Tracer cette droite et déterminer son équation.

2° Calculer :

a)  $E_v$  pour  $i = 0,9$  A;

b)  $i$  pour  $E_v = 144$  V.

5.04 — Une caractéristique à vide  $C_v$ , à fréquence de rotation constante  $n = 1500$  tr/min, est assimilée à une droite d'équation :  $E_v = 130 + 25i$  pour toute valeur de  $i$  (ampères) comprises entre 2 et 6. Quelle est l'équation de la caractéristique  $C'_v$  pour une fréquence de rotation  $n' = 1800$  tr/min?

## PROBLÈMES

### I. AVEC SOLUTION.

5.05 — Pour un courant d'excitation de 4 A, la force électromotrice constante, d'une génératrice à excitation indépendante, est  $E_g = 240$  V.

Les résistances des enroulements sont :

induit :  $R = 0,08 \Omega$  inducteur :  $r = 30 \Omega$ .

Les pertes collectives sont  $p_c = 450$  W. Pour un débit  $I = 80$  A, calculer :

1° La tension  $U$ .

2° Les puissances suivantes :

a) puissance utile,

b) pertes par effet Joule dans l'induit,

c) pertes par effet Joule dans l'inducteur,

d) puissance absorbée.

3° Le rendement.

#### Solution abrégée

1° Tension :  $U = E_g - RI = 240 - 0,08 \times 80 = 233,6$  V.

2° Puissances :

$$\begin{aligned} P_u &= UI = 233,6 \times 80 = 18\,688 \text{ W} \\ RI^2 &= 0,08 \times 80 \times 80 = 512 \text{ W} \\ rI^2 &= 30 \times 4 \times 4 = 480 \text{ W} \\ p_c &= 450 \text{ W} \\ P_a &= 20\,130 \text{ W} \end{aligned}$$

3° Rendement :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{18\,688}{20\,130} = 0,928 \text{ soit } 92,8 \%$$

Exercice conseillé : effectuer les calculs demandés pour les intensités suivantes : 20; 40; 60. Disposer les résultats en tableau.

5.06 — Freinage. — Le moteur, à excitation indépendante constante d'une grue, tourne à la fréquence de rotation  $n_1 = 1500$  tr/min lorsqu'il soulève une charge  $G = 3 \times 10^4$  N à la vitesse (linéaire)  $v_1 = 15$  m/min; la résistance de l'induit est  $R = 0,4 \Omega$ .

Ce moteur est associé à un réducteur de vitesse dont les pertes, ajoutées aux pertes mécaniques et magnétiques du moteur (pertes collectives, dites constantes), font que la puissance utile de l'ensemble est égale à 83 % de la puissance électromagnétique transformée dans la machine. Le moment  $T$  du couple électromagnétique du moteur est proportionnel à l'intensité  $I$  du courant qui traverse l'induit :  $T = 1,35I$ .

1° Calculer la puissance utile, la vitesse angulaire du rotor et le moment du couple électromagnétique.

2° Calculer l'intensité du courant, la force électromotrice et la tension  $U$ , appliquée à l'induit.

3° Sachant que les pertes dues à l'excitation sont  $p_e = 230$  W, calculer la puissance absorbée et le rendement du système.

4° En descente, la charge, inchangée, entraîne le rotor et le moteur fonctionne alors en génératrice. L'excitation, le rapport du réducteur de vitesse et le rendement mécanique (moteur + réducteur) sont inchangés.

On veut limiter la vitesse de descente de la charge à  $v_2 = 12$  m/min; calculer :

a) la fréquence de rotation du rotor et sa vitesse angulaire;

b) la puissance électromagnétique fournie à la génératrice;

c) le moment du couple résistant de cette génératrice et l'intensité du courant débité dans un résistor;

d) la résistance  $X$  que doit avoir ce résistor.



### Solution abrégée

1° Puissance utile :  $P_u = Gv_1$ .

La vitesse  $v_1$  doit être exprimée en mètres par seconde :

$$v_1 = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$P_u = 3 \times 10^4 \times 0,25 = 7500 \text{ W}$$

Puissance électromagnétique :

$$P_{em} = \frac{7500}{0,83} = 9036 \text{ W}$$

vitesse angulaire :

$$\Omega_1 = \frac{1500 \times 2\pi}{60} = 157 \text{ rad/s}$$

Moment du couple électromagnétique :

$$T_1 = \frac{9036}{157} = 57,6 \text{ Nm}$$

$$2^\circ I_1 = \frac{T_1}{1,35} = 42,7 \text{ A}$$

$$E_1 = \frac{P_{em}}{I_1} = 211,6 \text{ V} \quad (\text{ou } E_1 = 1,35\Omega_1)$$

$$U_1 = E_1 + RI_1 = 211,6 + 0,4 \times 42,7 = 228,7 \text{ V}$$

$$3^\circ P_s = P_{em} + RI_1^2 + p_s = 9036 + 729 + 235 = 10000 \text{ W} = 10 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_s} = 0,75 \rightarrow 75 \%$$

$$4^\circ a) n_2 = \frac{1500 \times 12}{15} = 1200 \text{ tr/min soit } 20 \text{ tr/s}$$

$$\Omega_2 = 2\pi \times 20 = 125,7 \text{ rad/s}$$

b) La charge développe :  $P = Gv_2 = 3 \times 10^4 \times 0,2 = 6000 \text{ W}$ .  
La puissance mécanique utile est :

$$P' = 6000 \times 0,83 = 4980 \text{ W}$$

c) Cette puissance est la puissance électromagnétique :

$$4980 = E_2 I_2 = T_2 \Omega_2$$

$$T_2 = \frac{4980}{125,7} = 39,6 \text{ Nm} \quad I_2 = \frac{39,6}{1,35} = 29,3 \text{ A}$$

$$d) E_2 = \frac{P'}{I_2} = \frac{4980}{29,3} = 170 \text{ V} \quad (\text{ou } E_2 = 1,35\Omega_2)$$

$$U_2 = E_2 - RI_2 = XI_2 \quad X = \frac{E_2}{I_2} - R = 5,8 - 0,4 = 5,4 \Omega$$

### II. AVEC RÉPONSES.

5.07 — La caractéristique externe principale de la génératrice étudiée dans le chapitre est appelée :

$I(A)$	0	5	10	15	20	25	30
$U(V)$	137	134,5	132	129	125	120	115

Entre les bornes de l'induit on branche successivement :

- un résistor de résistance  $R_s = 5,5 \Omega$ ;
- une batterie d'accumulateur, dont le pôle positif est relié au pôle positif de la génératrice et dont on connaît la force électromotrice  $E' = 115 \text{ V}$  et la résistance interne  $R' = 0,5 \Omega$ .

Déterminer dans chaque cas la tension entre les bornes de l'induit et le courant débité.

Conseils : tracer dans chaque cas la courbe  $U(I)$  de la génératrice et la courbe  $U(I)$  du récepteur.

Réponses :

a) 123 V et 22,4 A;

b) 125 V et 20 A.

### III. A RÉSOUDRE.

5.08 — Une génératrice bipolaire à excitation indépendante a une force électromotrice de 300 V à la fréquence de rotation  $n = 1500 \text{ tr/min}$ . L'induit porte 600 conducteurs dont la section est  $10 \text{ mm}^2$  et la longueur moyenne 0,75 m. Calculer :

1° Le flux sous un pôle.

2° La résistance de l'induit ( $\rho = 2 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$ ). 0,225

3° La densité de courant dans les conducteurs de l'induit quand  $I = 40 \text{ A}$ .

4° La puissance utile de la machine pour ce même courant.

5.09 — On donne quelques points de la caractéristique interne à 1200 tr/min d'une génératrice à excitation indépendante :

$I(A)$	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$E_1(V)$	60	120	180	219	243	261	273	282	291

Les résistances sont :

pour l'induit  $R = 1,2 \Omega$ ;

pour l'inducteur  $r = 120 \Omega$ .

L'inducteur est alimenté par une batterie donnant une tension constante  $u = 210 \text{ V}$ .

La réaction d'induit est compensée.

1° Tracer la caractéristique interne (rémanent négligé).

2° Quel est le courant d'excitation qui donne  $E_1 = 250 \text{ V}$ ? Calculer la résistance correspondante du rhéostat d'excitation.

3° En conservant le courant d'excitation du 2°, tracer la caractéristique externe pour un courant  $I$  variant de 0 à 30 A.

4° On veut avoir une tension  $U = 250 \text{ V}$ , constante, quel que soit le débit. Quelles valeurs faut-il donner au courant d'excitation pour avoir les débits suivants 10; 20; 30 A? Calculer les résistances correspondantes du rhéostat d'excitation. Quel est le débit maximal possible?

5.10 — Résoudre le problème 5.06 (Freinage) avec les nouvelles données :

$$n_1 = 1000 \text{ tr/min} \quad G = 40000 \text{ N} \quad v_1 = 18 \text{ m/min}$$

$$R = 0,7 \Omega \quad T = 4 \text{ J}$$

$$\eta = 80 \% \quad v_2 = 13,5 \text{ m/min}$$

5.11 — 1° Après avoir soigneusement analysé la solution du problème 5.06, montrer que, pour l'un et l'autre mode de fonctionnement, le couple électromagnétique  $T$  de la machine ne dépend que du poids  $G$ , du rapport de réduction de vitesse  $\alpha = \frac{v}{\Omega}$  et du rendement mécanique  $\eta$ .

2° Avec les données numériques qui suivent, calculer numériquement le moment du couple en fonctionnement moteur, puis en fonctionnement génératrice :

$$G = 5 \times 10^4 \text{ N}, \quad \eta = 80 \%, \quad v \text{ (m/s)} = \frac{n \text{ (tr/s)}}{100}$$

3° Sachant que  $T = 2I$ , calculer les intensités des courants correspondant à ces deux couples.

4° Dans le cas de la descente (fonctionnement en génératrice), montrer que la vitesse peut être réglée par action sur la résistance  $X$  du résistor de freinage. Exprimer  $v_2$  en fonction de  $X$  et tracer la courbe  $v_2(X)$  pour une résistance d'induit  $R = 0,6 \Omega$ .

### 5.12 — VÉHICULE ÉLECTRIQUE.

Dans ce problème, les orientations choisies sont celles de la convention récepteur; quand la machine fonctionne en générateur,  $I$  est donc négative.

La fréquence de rotation est notée  $n$  (tr/s).

La vitesse de déplacement est notée  $v$  (m/s).

La formule de mécanique  $P = Fv$  est rappelée (puissance égale au produit de la force par la vitesse).

Un véhicule électrique (non polluant!) est équipé d'une batterie d'accumulateurs  $E' = 36 \text{ V}$  et  $R' = 0,01 \Omega$  et d'une machine à courant continu MG excitée par un courant  $i_N = C''$ . La résistance de l'induit est  $R = 0,05 \Omega$  et la force électromotrice est  $E = 6n$  pour l'excitation  $i_N$ .

La fréquence de rotation de MG et la vitesse de déplacement du véhicule sont liées par la relation  $v = 2n$ .

Toutes les pertes mécaniques intérieures au véhicule sont négligées ainsi que les pertes dues à l'excitation, finalement, seules les différentes pertes par effet Joule et la résistance à l'avancement sont prises en considération.

A la vitesse  $v$ , cette résistance à l'avancement du véhicule a pour module :

$$F = 100 + 20v$$

La figure 5.13 donne le montage électrique. Les orientations de  $U$  et de  $I$  sont imposées. le réglage de vitesse s'obtient par action sur  $R_h$  mais ce réglage n'est pas envisagé ici, on aura donc toujours  $R_h = 0$ .

### A. Relations de fonctionnement.

1° Établir la relation  $E(I)$ .

2° Calculer la puissance utile maximale du système.

3° Calculer le moment du couple de démarrage direct.

B. Fonctionnement de MG en moteur. — Le véhicule roule sur un sol horizontal :

4° Calculer la vitesse atteinte par le véhicule et l'intensité  $I$  du courant.

C. Limitation de vitesse en descente. — Le véhicule descend une côte de pente constante  $p$  :

$$p = \tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha \text{ (rad)}.$$

Soit  $H$  le module de la force motrice développée par la composante tangentielle de la pesanteur ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) :

$$H = mg \sin \alpha \approx mg \alpha.$$

5° Exprimer  $n$ ,  $v$  et  $I$  en fonction de  $H$ .

6° Étudier la fonction  $I(H)$  en précisant quelques points remarquables du fonctionnement (pour  $\alpha$  positif et pour  $\alpha$  négatif).

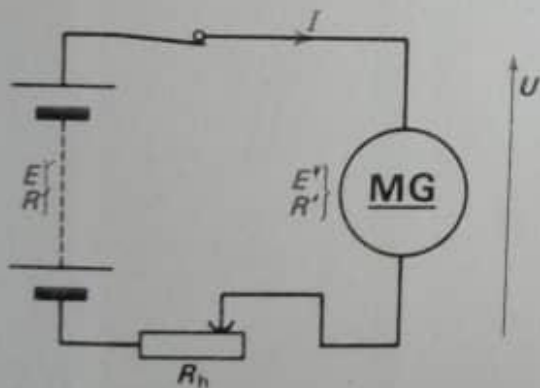


FIG. 5.20. — Problème 5.13, montage.

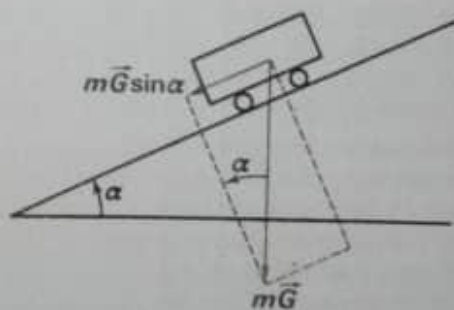


FIG. 5.21. — Problème 5.13.

## PROBLÈMES

## I. AVEC SOLUTION.

6.01 — Un moteur-dérivation fonctionne sous une tension de 230 V. Sa fréquence de rotation nominale est 2 100 tr/min. Les résistances sont : induit  $R = 0,24 \Omega$ , inducteur  $r = 184 \Omega$ . Un essai à vide, en excitation indépendante et à la fréquence nominale, a donné :

$$U_v = 225 \text{ V}; \quad I_v = 1,8 \text{ A}$$

Calculer les rendements pour chacune des intensités suivantes du courant total absorbé : 10; 20; 30; 40 A. La fréquence de rotation et la force électromotrice variant peu, on admettra que l'essai est valable pour toutes les charges.

## Solution

Calculs pour 40 A :  $P_a = UI' = 230 \times 40 = 9\,200 \text{ W}$

Courant dans l'inducteur :  $i = \frac{230}{184} = 1,25 \text{ A}$  (invariable).

Courant dans l'induit :  $I = I' - i = 40 - 1,25 = 38,75 \text{ A}$ .

Pertes par effet Joule :

$$RI^2 = 0,24 \times 38,75 \times 38,75 = 360 \text{ W}.$$

$$Ui = 230 \times 1,25 = 287,5 \text{ W}$$

Pertes collectives :  $p_c = U_v I_v = 225 \times 1,8 = 405 \text{ W}$ .

Puissance utile :

$$P_u = 9\,200 - (360 + 287,5 + 405) = 8\,150 \text{ W}$$

$$\text{Rendement : } \eta = \frac{8\,150}{9\,200} = 0,885.$$

TABLEAU DES RÉSULTATS  
( $p_t$  = pertes totales)

$I'$	$I$	$RI^2$	$Ui + p_c$	$p_t$	$UI'$	$P_u$
40	38,75	360	692	1052	9200	8148
30	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
10	8,75	19	692	711	2300	1589

Exercice : vérifier les calculs de la dernière ligne du tableau ci-dessus et calculer les autres résultats, y compris  $\eta$ .

6.02 — Pour déterminer le rendement d'une génératrice à excitation indépendante on a utilisé une dynamo-frein en moteur. Les relevés sont les suivants : fréquence de rotation 1500 tr/min, contrepoids :  $G = 25 \text{ N}$ , longueur du bras de levier  $\ell = 0,85 \text{ m}$ . La génératrice fournissait un courant de 22 A sous 125 V, et les pertes dues à l'excitation étaient  $p_e = 80 \text{ W}$ . Calculer le rendement.

## Solution

Puissance utile :  $P_u = UI = 125 \times 22 = 2\,750 \text{ W}$

Puissance absorbée par le rotor :

$$\Omega = \frac{1500 \times 2\pi}{60} = 50\pi = 157 \text{ rad/s}$$

$$P_{ar} = G\ell\Omega = 25 \times 0,85 \times 157 = 3\,340 \text{ W}$$

Puissance totale absorbée :

$$P_a = P_{ar} + p_e = 3\,420 \text{ W}$$

Rendement :

$$\eta = \frac{2\,750}{3\,420} = 0,805$$

## II. A RÉSOUDRE.

6.03 — Les pertes collectives d'une génératrice à excitation indépendante ont été mesurées dans un essai à vide pour plusieurs valeurs de  $U_v$  et à la fréquence de rotation nominale  $n_N = 2\,100 \text{ tr/min}$ .

$U_v(\text{V})$	280	270	260	250
$I_v(\text{A})$	1,1	1,05	1	0,95

1\* Tracer la courbe  $p_v = f(U_v)$ .

2\* La machine débite sous une tension constante  $U = 250 \text{ V}$ , la résistance de l'induit est  $R = 1,5 \Omega$ . Les pertes par effet Joule dans les inducteurs 180 W, seront supposées invariables. Calculer, pour chacun des courants de charge suivants : 4; 8; 12; 16; 20 A.

a) La force électromotrice.



b) Les pertes collectives (détermination graphique à l'aide de  $U_v = E_g$ ).

c) Les pertes par effet Joule dans l'induit.

d) La puissance utile, la puissance absorbée et le rendement.

Disposer les résultats en tableau.

6.04 — Le rendement d'un moteur-dérivation a été déterminé à la dynamo-frein. On a relevé ( $I'$  courant total) :

$$U = 230 \text{ V}; \quad I' = 19 \text{ A}; \quad G = 50 \text{ N}; \quad \ell = 0,72 \text{ m}$$

$$n = 1000 \text{ tr/min}$$

Quels sont :

1° Le couple utile du moteur?

2° Le rendement?

6.05 — Un moteur à excitation indépendante fonctionne avec un courant d'intensité constante  $I_N = 200 \text{ A}$ . La tension nominale du moteur est  $U_N = 240 \text{ V}$  et sa fréquence de rotation nominale à pleine charge est  $n_N = 1500 \text{ tr/min}$ . La résistance du rotor est  $R = 0,075 \Omega$  et le circuit inducteur

est alimenté sous tension constante  $u = 120 \text{ V}$  avec un courant d'intensité  $i = 5 \text{ A}$ .

Les pertes collectives varient évidemment avec la fréquence de rotation. Deux mesures ont été relevées :

• à  $n_1^* = 600 \text{ tr/min}$ ,  $p_{c1} = 760 \text{ W}$ ;

• à  $n_2^* = 1200 \text{ tr/min}$ ,  $p_{c2} = 1760 \text{ W}$ .

On admet que ces pertes varient (avec la fréquence de rotation) selon la relation :

$$p_c = an + bn^2$$

où  $n$  est exprimée en tours par seconde.

1° Calculer  $a$  et  $b$ .

2° Quelle est la valeur théorique de tension qui produit le démarrage?

3° Démontrer que le moteur fonctionne à couple constant.

4° Calculer la fréquence de rotation, le moment du couple utile et le rendement pour les valeurs suivantes de la tension (volts) :

$$50 + 100 + 150 + 200 + 240$$

5° Tracer les courbes  $n(U)$  et  $\eta(U)$ .

# PROBLÈMES DONNÉS AU BACCALAURÉAT

## Machines à courant continu

### 1

Les mesures pour le relevé de la caractéristique interne d'une machine à courant continu ont donné les résultats suivants à 1500 tr/min :

$i$ (A)	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7
$E$ (V)	160	210	230	244	250	256	264

La résistance de l'inducteur  $r = 250 \, \Omega$  et celle de l'induit  $R = 1,5 \, \Omega$ . Dans tout le problème, cette machine est utilisée en moteur travaillant à couple constant, quelle que soit sa vitesse.

La réaction d'induit est compensée et on ne tiendra pas compte des pertes collectives. On utilise un rhéostat d'excitation dont la résistance  $R_h$  peut varier de 0 à 500  $\Omega$ .

I. Le moteur est à excitation dérivée et alimenté sous une tension constante  $U = 220$  V.

1° Le courant dans l'induit est  $I = 16$  A et dans l'inducteur  $i = 0,4$  A. Calculer  $R_h$ , la force électromotrice  $E$ , la fréquence de rotation  $n$  et le moment  $T$  du couple moteur.

2° Quelles seraient les valeurs de  $i$ ,  $I$ ,  $E$  et  $n$  pour  $R_h = 150 \, \Omega$ ?

II. Le moteur est à excitation séparée. Le courant inducteur a pour intensité  $i = 0,4$  A. L'induit est alimenté sous une tension variable  $U$ .

1° La fréquence de rotation est  $n = 1000$  tr/min. Calculer  $E$ . Montrer que la valeur de  $I$  est la même qu'à la question I. 1°.

2° Donner l'expression de  $n$  (en tr/min) en fonction de  $U$ . Tracer la courbe représentant les variations de  $n$  en fonction de  $U$  pour  $50 \, \text{V} \leq U \leq 250 \, \text{V}$ .

(D'après Bac F3 1980, 7/20.)<sup>(1)</sup>

(1) La « note » sur 20 évalue la part du problème dans l'ensemble du sujet.

### 2

Une machine à courant continu, du type série, bien compensée, a pour caractéristiques :

- résistance de l'induit :  $R' = 0,9 \, \Omega$ ,
- résistance de l'inducteur :  $R'' = 0,9 \, \Omega$ .

En faisant fonctionner cette machine en génératrice à excitation indépendante, à vide, on a mesuré sa force électromotrice  $E$  et l'intensité du courant d'excitation  $I$  à la fréquence de rotation de 1500 tr/min :

$I$ (A)	10	12,5	15	17,5	20
$E$ (V)	177	187	195	201	205

I. La machine fonctionne en moteur à excitation série. La tension d'alimentation  $U$  est variable mais le moment  $T$ , du couple électromagnétique, reste constant.

1° Calculer la force électromotrice, la puissance électromagnétique, le moment du couple électromagnétique, la tension d'alimentation, sachant que le moteur absorbe 15 A lorsqu'il tourne à 1500 tr/min.

2° Calculer la nouvelle fréquence de rotation du moteur lorsque la tension d'alimentation est réglée à 150 V.

3° Pour quelle tension  $U$  la fréquence de rotation  $n$  du moteur s'annule-t-elle? Tracer la courbe  $n = f(U)$ .

II. Le moteur, alimenté sous  $U = 200$  V entraîne maintenant une machine qui oppose à sa rotation un couple résistant  $T_r$  proportionnel au carré de la fréquence de rotation. Lorsque  $n = 1500$  tr/min,  $T_r = 15$  Nm.

On donne la caractéristique  $T = f(n)$  du moteur lorsque  $U = 200$  V.

$n$ (tr/min)	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
$T$ (Nm)	26	22,8	20	17,8	16	14,2	12,5

On admet que le couple utile du moteur est égal au couple électromagnétique.

1° Quelle est la fréquence de rotation du moteur en régime établi?

2° Calculer alors la puissance électromagnétique et le courant absorbé par l'induit.

A titre indicatif, on donne l'intensité nominale du courant du moteur  $I_n = 17$  A.

(D'après Bac F3 1981, 8/20.)

### 3

On se propose d'étudier un moteur à courant continu, bipolaire, de type série, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- résistance de l'induit :  $R' = 0,015 \Omega$ ,
- résistance de l'inducteur :  $R'' = 0,010 \Omega$ ,
- nombre de conducteurs actifs de l'induit :  $N = 620$ .

On suppose que :

- le flux sous un pôle est proportionnel au courant  $I$  :  
 $\Phi = aI$  avec  $a = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb/A}$
- le moment du couple de pertes collectives (pertes fer plus pertes mécaniques) est constant :

$$T_p = 7 \text{ Nm}$$

I. Dans cette partie, la tension d'alimentation est constante :

$$U = 48 \text{ V}$$

1° Calculer la résistance du rhéostat de démarrage qui limite le courant de démarrage à 350 A.

2° On considère un point de fonctionnement pour lequel le courant absorbé est  $I = 200$  A.

Calculer :

- a) la force électromotrice du moteur,
- b) la fréquence de rotation (en tours par seconde),
- c) le moment du couple électromagnétique :  $T_e$ .



d) le moment du couple utile  $T_u$ .

e) le rendement  $\eta$ .

3° En cas de rupture d'accouplement entre le moteur et sa charge, déterminer la fréquence de rotation (en tours par seconde) qu'atteindrait le moteur.

Le constructeur fixant la fréquence de rotation maximale à 40 tr/s, y a-t-il lieu de prévoir une sécurité?

II. Dans cette partie, on étudie le moteur à charge constante et sous tension variable. La charge oppose un couple résistant constant de moment  $T_r = 90 \text{ Nm}$ .

1° a) Montrer que le couple électromagnétique et le courant sont constants.

b) Déterminer leurs valeurs respectives.

2° Donner l'expression de la fréquence de rotation  $n$  (tr/s) en fonction de la tension  $U$  (les autres grandeurs étant remplacées par leurs valeurs numériques).

3° On désire faire varier  $n$  de 0 à 20 tr/s :

a) Tracer dans ces conditions la courbe représentative de la fonction  $n = f(U)$ .

b) Préciser les valeurs limites de la tension  $U$ .

(D'après Bac F3 1982, 7/20.)

## 4

Une machine à courant continu de type série est parfaitement compensée; la réaction d'induit y est donc négligeable.

On a relevé, à la fréquence de rotation de 1500 tr/min, la caractéristique à vide en génératrice à excitation séparée  $E_v = f(I)$  où  $E_v$  est la force électromotrice et  $I$  le courant d'excitation.

$I$ (A)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$E_v$ (V)	60	81	99	111	120	128	133	137	141	145	148

Les résistances mesurées à chaud sont :

- pour l'induit :  $R' = 0,62 \text{ ohm}$ ;
- pour l'inducteur :  $R'' = 0,38 \text{ ohm}$ .

1° La machine fonctionne en moteur série alimenté sous tension constante  $U = 110 \text{ V}$ . Pour un courant absorbé d'intensité  $I = 20 \text{ A}$ , calculer :

a) la force électromotrice,

b) la fréquence de rotation,

c) le moment du couple électromagnétique du moteur,

d) le rendement du moteur, sachant que l'ensemble des pertes dans le fer et des pertes mécaniques dans ces conditions de fonctionnement est de 120 W.

2° La machine fonctionne maintenant en moteur à excitation séparée à vitesse variable et à courant d'induit constant  $I = 10 \text{ A}$ . Jusqu'à la fréquence de rotation de 1500 tr/min l'induit est alimenté sous tension variable et au-delà, l'augmentation de fréquence de rotation est obtenue par action sur le courant d'excitation.

a) Le courant d'excitation constant étant fixé à  $i = 12 \text{ A}$ , calculer la fréquence de rotation du moteur pour la tension d'alimentation  $U = 70 \text{ V}$ .

b) Pour la même excitation, calculer la tension  $U_0$  qui donnera la fréquence de rotation de 1500 tr/min.

c) La tension précédente  $U_0$  étant maintenue constante, quelle intensité faut-il donner au courant d'excitation pour avoir une fréquence de rotation de 1800 tr/min?

(D'après Bac F3 1982, 7/20.)

Machine à courant continu fonctionnant en moteur série (partie I) et en génératrice (partie II).

Les parties I et II sont indépendantes.

Étude d'un moteur à courant continu, excitation série, d'une locomotive.

Les caractéristiques du moteur sont les suivantes :

- résistance de l'enroulement inducteur :  $R'' = 7,5 \text{ m}\Omega$ ,
- résistance de l'induit :  $R' = 19 \text{ m}\Omega$ ,
- caractéristique à vide relevée à 800 tr/min.

$I \text{ (A)}$	325	420	600	865	1000	1300	1750	1900	2160	2500
$E \text{ (V)}$	600	765	1030	1270	1350	1470	1640	1700	1800	1900

La vitesse de la locomotive est de 160 km/h lorsque la fréquence de rotation du moteur est de 1160 tr/min.

I. Fonctionnement en traction du moteur série.

La tension d'alimentation du moteur est de 1500 V.

1<sup>o</sup> Lorsque le courant dans l'induit,  $I$  est de 1000 A, calculer la f.é.m., la fréquence de rotation, le moment du couple électromagnétique du moteur; calculer la vitesse de la locomotive.

2<sup>o</sup> Sachant que le rendement du moteur est de 0,954, calculer le moment du couple utile du moteur.

3<sup>o</sup> Le courant de démarrage est limité à 2500 A, calculer le moment du couple moteur au démarrage.

4<sup>o</sup> Le moteur étant toujours alimenté sous 1500 V, on branche en parallèle avec l'enroulement d'excitation, un résistor de résistance  $R = 48 \text{ m}\Omega$ .

Lorsque le courant dans l'induit est de 2200 A, calculer le courant  $I_e$  dans l'inducteur, la f.é.m., la fréquence de rotation du moteur, le moment du couple électromagnétique.

II. Fonctionnement en génératrice du moteur série.

Pour freiner la locomotive, on fait fonctionner la machine en génératrice à excitation indépendante.

A l'aide d'une batterie de secours, on fait passer dans l'inducteur de la machine un courant  $I_e = 420 \text{ A}$ ; on branche aux bornes de l'induit de la machine un résistor de résistance  $R = 0,4 \Omega$ .

Lorsque la locomotive roule à 100 km/h, calculer pour la machine :

- la fréquence de rotation de l'induit,
- la f.é.m.,
- le courant dans l'induit,
- le moment du couple électromagnétique de freinage.

(D'après Bac F3 1983, 10/20.)

Les grandeurs nominales d'un moteur à courant continu à excitation indépendante sont les suivantes :

- tension d'alimentation de l'induit  $U = 250 \text{ V}$ ;
- intensité traversant l'induit  $I = 50 \text{ A}$ .

- intensité d'excitation  $i = 1,5 \text{ A}$ ;
- résistance de l'induit (mesurée à chaud)  $R = 0,3 \Omega$ .

La réaction magnétique d'induit est considérée comme négligeable.

On a relevé en essai à vide en génératrice :

$$U_0 = 308 \text{ V} \quad \text{pour} \quad i = 1,5 \text{ A} \quad \text{et} \quad n = 1200 \text{ tr/min}$$

Un essai en moteur à vide a donné la puissance  $P_0$  absorbée par l'induit :

$$P_0 = 1020 \text{ W} \quad \text{pour} \quad U = 250 \text{ V}$$

Dans tout le problème, on maintient :  $U = 250 \text{ V}$  et  $i = 1,5 \text{ A}$ .

1° Calculer  $I_0$ . Déterminer la fréquence de rotation à vide. Vérifier qu'à vide, les pertes par effet Joule peuvent être négligées devant les autres pertes. En déduire le moment  $T_0$  du couple correspondant à ces autres pertes (par la suite, on supposera  $T_0$  indépendant de la vitesse).

2° Dans les conditions nominales de fonctionnement, que valent : la force électromotrice, la fréquence de rotation, les moments des couples électromagnétique et utile ?

3° Montrer que le moment du couple électromagnétique est proportionnel à l'intensité  $I$ .

4° Calculer la force électromotrice, la fréquence de rotation, les moments des couples électromagnétique et utile pour les valeurs suivantes de  $I$  (ampères) :

$$10 \quad * \quad 20 \quad * \quad 30 \quad * \quad 40$$

5° On utilise ce moteur pour entraîner une pompe développant un couple résistant dont le moment (Nm) est exprimé en fonction de la fréquence de rotation (tr/min) par la formule :

$$T_r = 60 + \frac{5}{12} n$$

Calculer la fréquence de rotation et le moment du couple utile au point de fonctionnement de l'ensemble moteur-pompe. Calculer l'intensité du courant absorbé par l'induit et le rendement de celui-ci.

(D'après Bac F3 1983, 8/20.)

## Transformateurs

### 7

Un transformateur monophasé 110/220 V-50 Hz a donné aux essais :

- à vide :  $U_1 = 110 \text{ V}$ ;  $I_{1v} = 3 \text{ A}$ ;  $U_{2v} = 220 \text{ V}$ ;  $P_v = 67 \text{ W}$ .
- en court-circuit :  $U_{1cc} = 7 \text{ V}$ ;  $I_{1cc} = 20 \text{ A}$ ;  $P_{1cc} = 105 \text{ W}$ .

1° Déterminer :

- le rapport de transformation,
- le facteur de puissance à vide.

2° Dans l'hypothèse où l'on néglige le courant à vide du transformateur devant le courant primaire total (hypothèse de Kapp),

a) donner le modèle équivalent du transformateur vu des bornes du secondaire, en précisant les valeurs des paramètres  $R_s$  et  $X_s$  qu'on sera amené à y faire figurer,

b) illustrer le schéma équivalent précédent par un diagramme de Fresnel faisant apparaître l'ensemble des grandeurs qui figurent sur ce schéma.



## EXERCICES

3.01 — On double l'intensité du courant d'excitation d'un moteur, le couple double-t-il? La fréquence de rotation est-elle divisée par deux?

3.02 — On dispose d'une source à tension variable (depuis zéro volt). Le rhéostat de démarrage est-il encore nécessaire?

3.03 — Au démarrage le couple doit être le plus grand possible. Faut-il mettre le rhéostat d'excitation au minimum ou au maximum de résistance?

3.04 — On donne  $U = 460$  V;  $R = 0,1$   $\Omega$ . Calculer  $I_{de}$  puis  $R_b$  pour limiter le courant de démarrage à 200 A.

## PROBLÈMES

**Avvertissements :**

1° La réaction d'induit, toujours compensée, n'intervient pas.

2° Sauf précision contraire le couple demandé est toujours le couple électromagnétique  $T = \frac{N}{2\pi} I\Phi$ .

3° Le moteur est toujours bipolaire.

### I. AVEC SOLUTION.

3.05 — Un moteur à excitation indépendante fonctionne sous 115 V, il absorbe 25 A quand il tourne à 750 tr/min. Sa résistance d'induit est 0,6  $\Omega$ . les pertes par effet Joule dans l'inducteur sont de 125 W. Les pertes collectives sont  $p_c = 240$  W. Calculer :

1° La force électromotrice.

2° La puissance absorbée, la puissance électrique utile, la puissance utile et le rendement.

3° Le moment du couple moteur.

#### Solution abrégée

1°  $E' = U - RI = 115 - 0,6 \times 25 = 100$  V.

2°  $UI = 115 \times 25 = 2875$  W  
 $P_a = UI + ui = 2875 + 125 = 3000$  W  
 $P_{em} = E'I = 100 \times 25 = 2500$  W  
 $P_a = 2500 - 240 = 2260$  W  
 $\eta = \frac{P_a}{P_a} = \frac{2260}{3000} \approx 0,753$ .

3°  $750$  tr/min  $= 12,5$  tr/s

$$T = \frac{P_{em}}{\Omega} = \frac{2500}{2\pi \times 12,5} = 31,8 \text{ Nm.}$$

N.B. — On peut calculer :

$$N\Phi = \frac{E'}{n} = \frac{100}{12,5} = 8$$

$$T = \frac{NI\Phi}{2\pi} = \frac{8 \times 25}{2\pi} = 31,8.$$

3.06 — Un moteur à excitation indépendante fonctionne sous 230 V. On donne  $R = 0,4$   $\Omega$ , pertes dans les inducteurs 220 W, pertes collectives 600 W.

1° A pleine charge  $I = 40$  A et  $n = 1000$  tr/min, calculer la f.é.m. et la puissance absorbée.

2° Calculer la fréquence de rotation quand il ne consomme plus que 25 A.

3° Quelle est l'intensité du courant consommé à vide et quelle est la fréquence de rotation?

N.B. — Le courant d'excitation est invariable.

#### Solution abrégée

1°  $E' = U - RI = 230 - 0,4 \times 40 = 214$  V  
 $UI = 230 \times 40 = 9200$  W  
 $P_a = UI + ui = 9420$  W.

2° Nouvelle f.é.m. :  $E'_1 = 230 - 0,4 \times 25 = 220$  V, les fréquences de rotation sont proportionnelles aux f.é.m. :

$$\frac{n_1}{n} = \frac{E'_1}{E'} = \frac{220}{214} \quad n_1 = n \times \frac{220}{214}$$

$$n_1 = 1000 \times \frac{220}{214} = 1028 \text{ tr/min.}$$

On peut aussi calculer  $N\Phi$  avec les premières valeurs :

$$N\Phi = \frac{E'}{n} = \frac{214}{\frac{1000}{60}} = 12,84$$

et  $n_1 = \frac{E'_1}{N\Phi} = \frac{220}{12,84} \times 60 = 1028$ .

3° A vide, le moteur absorbe une puissance égale à la somme de ses pertes collectives et par effet Joule dans l'induit :

$$P_a = 600 + RI_a^2 = 600 + RI_a^2$$

ce dernier terme est inconnu, négligeons-le d'abord :

$$I_a = \frac{P_a}{U} = \frac{600}{230} = 2,6 \text{ A}$$

le terme négligé est  $RI_a^2 = 0,4 \times 2,6^2 = 2,7$  W, il ne modifie guère  $P_a$  ni  $I_a$ , conservons  $I_a = 2,6$  A.









