

Série de TD n°1 (Génératrices à courant continu)

Exercice n°1

L'induit d'une génératrice hexa-polaire a les caractéristiques suivantes :

Nombre de faisceaux égal= 300,

Surface de l'entrefer sous chaque pôle =250cm².

Induction dans l'entrefer à vide= 1T,

Quelle est la Fem à vide lorsque la génératrice tourne à 1200tr/mn.

a- Si l'enroulement est imbriqué.

b- Si l'enroulement est ondulé.

Correction :

La génératrice présente les caractéristiques suivantes : Z=300 ; S=250cm² ; B=1T ; N=1200 tr/min ; 2P=6 $\Rightarrow$ P=3. La fem induite (à vide) est donnée par : $E_v = \frac{P}{a} \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot N$

Avec : $\Phi = B \cdot S = 1 \times 250 \cdot 10^{-4}$ wb est le flux par pôle

a- Si l'enroulement est imbriqué, on aura : a = P = 3.

La fem induite devient : $E_v = \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot N = \frac{300}{60} \times 2.5 \times 10^{-2} \times 1200 \Rightarrow E_{v_{imb}} = 150 \text{ V}$

b- Si l'enroulement est ondulé, on aura : a = 1.

La fem induite devient : $E_v = P \cdot \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot N = 3 \times \frac{300}{60} \times 2.5 \times 10^{-2} \times 1200 \Rightarrow E_{v_{ond}} = P \cdot E_{v_{imb}} = 450 \text{ V}$

Exercice n°2

Une dynamo à 4 pôles comporte 260 faisceaux en fils enroulés imbriqués, lorsque la vitesse d'entraînement est 1800tr/mn, sa tension à vide vaut 120V.

a). Quel est le flux par pôle ?

b). Quel est le couple électromagnétique lorsque l'induit consomme un courant Ia=30 A.

Correction :

La génératrice présente les caractéristiques suivantes :

2P=4 ; Z=260, bobinage imbriqué (a = P = 2) ; N=1800 tr/mn ; Ev = 120 V

a- Le flux par pôle ?

On a : $E_v = \frac{Z}{60} \cdot \phi \cdot N \Rightarrow \phi = \frac{60 \cdot E_v}{Z \cdot N} \Rightarrow \Phi = 1.54 \cdot 10^{-2} \text{ wb}$

b- Le couple électromagnétique ?

On a : $C_e = \frac{P_e}{\Omega} = \frac{E_v \cdot I_a}{\Omega}$ avec : Ia = 30 A et $\Omega = 2\pi N/60 = 188.4 \text{ rd/s} \Rightarrow C_e = 19.1 \text{ N.m}$

Exercice n°3

On a relevé la caractéristique à vide d'une génératrice, de résistance d'induit $R_a=0.5\Omega$ et de résistance d'inducteur $R_{ex}=50\Omega$, en l'entraînant à 1000tr/min « en excitation séparée ».

$i_{ex}(A)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
$E_v(V)$	5	45	85	115	132	144	150	153

On branche maintenant cette génératrice en « shunt ».

- 1) On l'entraîne à 500tr/mn. Pourra-t-on l'amorcer ? Pourquoi ?
- 2) On l'entraîne à 1000tr/mn. Déterminer le point de fonctionnement à vide ?
- 3) La génératrice débite sous une tension $U=125V$, et on néglige la réaction magnétique d'induit (RMI). Quel est le courant I débité ?

Correction :

La génératrice présente les caractéristiques suivantes : $R_a=0.5\Omega$; $R_{ex}=50\Omega$;

1) La caractéristique à vide est donnée pour une vitesse $N_1 = 1000\text{tr/mn}$. Maintenant, si la vitesse devient $N_2 = 500\text{tr/mn}$, on doit d'abords déduire la nouvelle caractéristique à vide pour savoir si la génératrice s'amorce ou non.

Donc, pour une excitation constante, on peut écrire :

$$E_{v1} = K.N_1 \Rightarrow E_{v2}/E_{v1} = N_1/N_2 \Rightarrow E_{v2} = E_{v1}/2$$

$$E_{v2} = K.N_2$$

On obtient:

$i_{ex}(A)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
$E_{v1}(V)$	5	45	85	115	132	144	150	153
$E_{v2}(V)$	2.5	22.5	42.5	57.5	66	72	75	76.5

La génératrice est **montée en excitation shunt**. Donc, selon le tableau et les valeurs obtenues pour 500tr/mn, la résistance critique R_c peut être calculée en utilisant les premières valeurs du tableau c'est-à-dire la zone linéaire :

$$R_c = \Delta E_v / \Delta i_{ex} = (22.5 - 2.5) / (0.5 - 0) = 40 \Omega$$

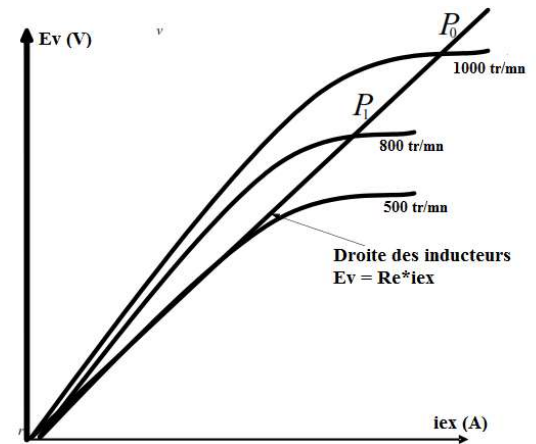
On sait que la condition pour qu'une dynamo shunt s'amorce est : $R_{ex} < R_c$. Comme la résistance de l'inducteur est $R_{ex}=50 \Omega$, **la génératrice ne s'amorce pas**.

2) Si la génératrice est entraînée à 1000 tr/mn, la résistance critique devient : $R_c = 80 \Omega$, la condition ($R_{ex} < R_c$) est satisfaite, donc **la génératrice s'amorce**.

Le point de fonctionnement à vide est déterminé par l'intersection entre la caractéristique $E_v = f(i_{ex})$ et la droite inducteur $E_v = R_{ex}.i_{ex}$. Selon le tableau, on obtient :

$E_v = 150 V$ et $i_{ex} = 3A$ Noter bien que le schéma équivalent montre que $i_{ex} = I_a$.

Remarque : Pour ce fonctionnement à vide, la tension aux bornes U sera légèrement inférieure à E_v , telle que : $U = U_a = E_v - R_a.I_a = 148.5 V$



Maintenant, la génératrice est en charge et il débite sous une tension $U=125V$. Selon le schéma du montage, la tension aux bornes du circuit d'excitation devient : $U_{ex}' = U$, et Donc le courant d'excitation devient :

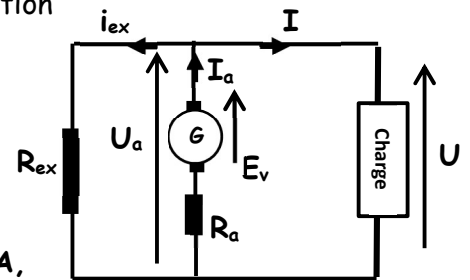
$$i_{ex}' = U_{ex}' / R_{ex} = 2.5 \text{ A.}$$

Par conséquent, la f.e.m. aura une nouvelle valeur (selon le tableau) : **$E_v' = 144 \text{ V}$** . Alors, on peut écrire :

$$U = U_a = E_v' - R_a I_a \Rightarrow I_a = (E_v' - U) / R_a = (144 - 125) / 0.5 = 38 \text{ A,}$$

c'est le courant d'induit.

Pour trouver le courant débité I (courant de charge), on écrit : **$I = I_a - i_{ex}' = 35.5 \text{ A}$**



Exercice n°4

Une dynamo shunt 10Kw, 240v à une résistance d'induit $R_a=0.3\Omega$, et une résistance de champ $R_e=150\Omega$, la RMI est négligeable. Quelle est la Fem de cette dynamo lorsqu'elle débite sa puissance nominale sous sa tension nominale ?

Correction :

Pour trouver la fem (E_v), on doit d'abord dessiner le schéma équivalent d'une dynamo shunt :

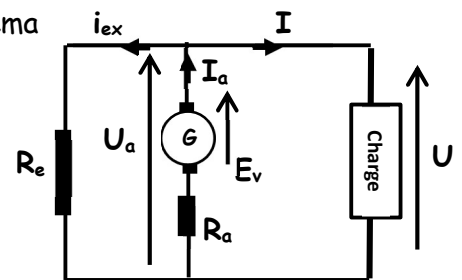
$$\text{On peut écrire : } E_v = U_a + R_a I_a = U + R_a (I + i_{ex})$$

$$\text{Avec : } U_a = U = 240 \text{ V et } R_a = 0.3 \Omega \text{ et } R_e = 150 \Omega$$

$$I = P_u / U = 10000 / 240 = 41.66 \text{ A}$$

$$i_{ex} = U / R_e = 240 / 150 = 1.6 \text{ A}$$

Finalement, on obtient : **$E_v = 253 \text{ V}$**



Exercice n°5

On donne la caractéristique à vide d'un générateur shunt entrainé à 1000tr/mn.

$i_{ex}(A)$	0	0.5	1	1	1.5	2	2.5	3
$E_v(v)$	20	160	210	210	235	250	260	265

Quelle sera la tension à vide à 800tr/mn si la résistance du circuit de champ est ajustée à $R_{ex}=125.33 \Omega$.

Correction :

Pour $N_2 = 800 \text{ tr/mn}$, on a : $E_{v2} = E_{v1} \cdot N_2 / N_1$ On aura le tableau suivant :

$i_{ex}(A)$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
$E_{v1}(v)$	20	160	210	235	250	260	265
$E_{v2}(v)$	16	128	168	188	200	208	212

On doit d'abord vérifier si la génératrice s'amorce ou non ? Pour cela, on calcule la résistance critique : $R_c = \Delta E_{v2} / \Delta i_{ex} = 224 \Omega$ avec $R_{ex} = 125 \Omega \Rightarrow R_{ex} < R_c$; donc, **la génératrice s'amorce**.

Le point de fonctionnement à vide est déterminé par l'intersection entre la caractéristique $E_v = f(i_{ex})$ et la droite inducteur $E_v = R_{ex} \cdot i_{ex}$. Selon le tableau, on obtient la tension à vide (ou la fem à vide) : **$E_v = 188 \text{ V}$ et $i_{ex} = 1.5 \text{ A}$**

$i_{ex}(\text{A})$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3
$E_{v2}(\text{V})$	16	128	168	188	200	208	212
$R_{ex} \cdot i_{ex}$	0	62.66	125	187.99	250.66	313.32	376

Exercice n°6

La caractéristique à vide d'une génératrice excitée en shunt entraînée à 1000tr/min peut être représentée par l'équation : $E_v = \frac{220 \cdot i_{ex}}{3 + i_{ex}}$

La résistance de l'induit vaut $R_a = 0.1 \Omega$, et la résistance du champ vaut $R_e = 15 \Omega$. La réaction magnétique de l'induit est négligeable.

- Au moyen d'un rhéostat en série dans le circuit de champs, on ajuste la tension aux bornes à $U = 145 \text{ V}$ et le courant dans l'induit vaut $I_a = 150 \text{ A}$. Quelle est la résistance du rhéostat ?
- En supposant que les pertes collectives soient de 500 W . Quel est le rendement de la génératrice dans les conditions de (a).
- On déconnecte la charge électrique, on ajuste le rhéostat à 6.9Ω . Que devient la tension aux bornes ?
- Si on garde $r_h = 6.9 \Omega$ et on réduit la vitesse à 800 tr/mn , que devient la tension aux bornes ?

Correction :

On a : $E_v = \frac{220 \cdot i_{ex}}{3 + i_{ex}}$; $R_a = 0.1 \Omega$; $R_e = 15 \Omega$ et $h_m = 0$

a) Au moyen d'un rhéostat en série dans le circuit du champ, on ajuste la tension aux bornes à $U = U_a = 145 \text{ V}$ et le courant dans l'induit vaut $I_a = 150 \text{ A}$. Quelle est la résistance du rhéostat ?

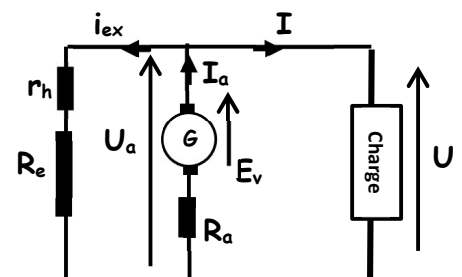
Selon le schéma, on peut écrire :

$$E_v = U_a + R_a \cdot I_a \quad \text{et} \quad U_a = (R_e + r_h) \cdot i_{ex} \quad \text{et} \quad I_a = I + i_{ex}$$

$$\Rightarrow r_h = U_a / i_{ex} - R_e \quad \text{On doit trouver } i_{ex} :$$

$$\text{Puisque : } E_v = \frac{220 \cdot i_{ex}}{3 + i_{ex}} \Rightarrow i_{ex} = \frac{3 \cdot E_v}{220 - E_v}$$

$$\text{Avec : } E_v = U_a + R_a \cdot I_a = 160 \text{ V} \Rightarrow i_{ex} = 8 \text{ A} \Rightarrow \boxed{r_h = 3.12 \Omega}$$



b) En supposant que les pertes collectives soient de 500W. Quel est le rendement de la génératrice dans les conditions de (a).

On a : $p_{coll}=500 \text{ W}$, le rendement est : $\eta = P_u/P_{aT} = P_u/(P_a + P_{ex})$

Avec : $P_{ex} = U_{ex}.i_{ex} \Rightarrow P_{ex} = 1160 \text{ W}$

$P_u = U.I$, dans les conditions de a), $U = 145 \text{ V}$ et $I = (I_a - i_{ex}) = 142 \text{ A} \Rightarrow P_u = 20590 \text{ W}$

$P_a = P_e + p_{coll} = E_v.I_a + p_{coll} \Rightarrow P_a = 24500 \text{ W} \Rightarrow \eta = 84\%$

c) On déconnecte la charge électrique, on ajuste le rhéostat à $r_h' = 6.9\Omega$. Que devient la tension aux bornes (U') ?

Lorsqu'on déconnecte la charge, on aura : $I = 0 \Rightarrow I_a' = i_{ex}'$, on peut écrire les équations suivantes :

$$U' = U_a' = R_{ex}' . i_{ex}' \dots\dots\dots(1) \quad \text{avec : } R_{ex}' = R_e + r_h' = 15 + 6.9 = 21.9 \Omega$$

$$U' = U_a' = E_v - R_a.I_a' = E_v - R_a.i_{ex}' \dots\dots\dots(2)$$

$$E_v = 220 . i_{ex}' / (3 + i_{ex}') \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{De (1) et (2), on obtient : } E_v = (R_{ex}' + R_a) . i_{ex}' \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{De (3) et (4), on obtient : } 220 . i_{ex}' / (3 + i_{ex}') = (R_{ex}' + R_a) . i_{ex}'$$

$$\Rightarrow i_{ex}' = [220 - 3(R_{ex}' + R_a)] / (R_{ex}' + R_a) \Rightarrow i_{ex}' = 7 \text{ A ;}$$

En substituant la valeur de i_{ex}' dans (1) et (3), on obtient :

$$\boxed{U' = 153.3 \text{ V}} \text{ et } \boxed{E_v = 154 \text{ V}}$$

d) Si on garde $r_h=6.9\Omega$ et on réduit la vitesse à 800tr/mn, que devient la tension aux bornes (U'') ?

Maintenant, pour $N_2 = 800 \text{ tr/mn}$ et puisque la résistance du circuit inducteur reste inchangée, on refait la même procédure de la question c) en modifiant seulement l'équation (3) c'est-à-dire, on doit trouver une autre équation $E_v'' = f(i_{ex}'')$ qui représente la caractéristique à vide pour la nouvelle vitesse N_2 , (on utilise : $E_v'' = N_2.E_v'/N_1$).

Donc on peut écrire : $I = 0 \Rightarrow I_a'' = i_{ex}''$, ce qui donne :

$$U'' = U_a'' = R_{ex}'' . i_{ex}'' \dots\dots\dots(5) \quad \text{avec : } R_{ex}'' = R_e + r_h' = 15 + 6.9 = 21.9 \Omega$$

$$U'' = U_a'' = E_v'' - R_a.I_a'' = E_v'' - R_a.i_{ex}'' \dots\dots\dots(6)$$

$$E_v'' = N_2.E_v'/N_1 = N_2.220 . i_{ex}'' / N_1.(3 + i_{ex}'') \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{De (5) et (6), on obtient : } E_v'' = (R_{ex}'' + R_a) . i_{ex}'' \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{De (7) et (8), on obtient : } N_2.220 . i_{ex}'' / N_1.(3 + i_{ex}'') = (R_{ex}'' + R_a) . i_{ex}''$$

$$\Rightarrow i_{ex}'' = [220.N_2/N_1 - 3(R_{ex}'' + R_a)] / (R_{ex}'' + R_a) \Rightarrow i_{ex}'' = 5 \text{ A ;}$$

En substituant la valeur de i_{ex}'' dans (5) et (8), on obtient :

$$\boxed{U'' = 109.5 \text{ V}} \text{ et } \boxed{E_v'' = 110 \text{ V}}$$

e) Si on garde le même courant d'excitation de la question c) et on réduit la vitesse à 800tr/mn, que devient la tension aux bornes (U''') ?

On a : $i_{ex} = 7 \text{ A} = I_a$ et $U''' = U_a''' = E_v''' - R_a.I_a$

Avec : $E_v''' = E_v'.N_2/N_1 = 123.2 \text{ V}$, ce qui donne : $U''' = 122.5 \text{ V}$

Exercice n°7

Une dynamo à excitation composée (courte dérivation) a un induit de résistance $0,05 \Omega$. Elle tourne à une vitesse de 1200 tr/mn et fournit à pleine charge 120 A sous 125 V . Son enroulement shunt a une résistance de 34Ω . La résistance de l'enroulement série est $0,02 \Omega$.

1. Schématiser soigneusement le montage.
2. Calculer la puissance électrique fournie au circuit extérieur.
3. Calculer la tension aux bornes de l'induit.
4. Calculer le courant d'excitation shunt.
5. Calculer le courant d'induit.
6. Déterminer les pertes par effet Joule dans la machine.
7. Déterminer le couple électromagnétique de la machine.

Correction:

On a : $N = 1200 \text{ tr/min}$, $U = 125 \text{ V}$, $I = 120 \text{ A}$, $R_{e,D} = 34 \Omega$, $R_{e,S} = 0,05 \Omega$,

- 1) Le montage correspond à une génératrice à excitation composée à courte dérivation :

- 2) Calculer la puissance électrique fournie au circuit extérieur

$$P = P_u = U \cdot I \Rightarrow \boxed{P = 15500 \text{ W}}$$

- 3) Calculer la tension aux bornes de l'induit.

En analysant le montage, on obtient :

$$U_a = E_v - R_a \cdot I_a = U + R_{e,S} \cdot I = 125 + 0,02 \times 120 \Rightarrow \boxed{U_a = 127,4 \text{ V}}$$

- 4) Calculer le courant d'excitation shunt

$$\text{On a : } i_{ex,D} = U_a / R_{e,D} \Rightarrow \boxed{i_{ex,D} = 3,74 \text{ A}}$$

- 5) Calculer le courant d'induit.

$$\text{Selon le montage, on peut écrire : } I_a = i_{ex,D} + I \Rightarrow \boxed{I_a = 123,74 \text{ A}}$$

- 6) Déterminer les pertes par effet Joule dans la machine

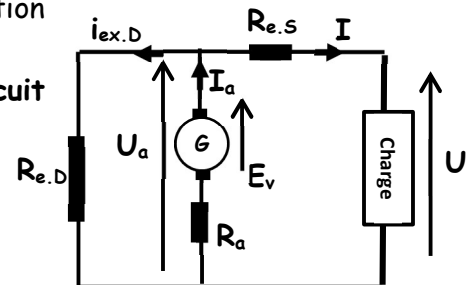
$$\text{Au niveau du circuit induit, on a : } p_{J,Ind} = R_a \cdot I_a^2 + R_{e,S} \cdot I^2 = 765,57 + 288 = 1053,57 \text{ W}$$

$$\text{Au niveau du circuit inducteur, on a : } p_{J,ex} = R_{e,D} \cdot i_{ex,D}^2 = 475,57 \text{ W}$$

$$\text{Donc, les pertes Joule totales sont : } \boxed{p_{J,tot} = 1529,14 \text{ W}}$$

- 7) Déterminer le couple électromagnétique de la machine

$$C_e = P_e / \Omega = E_v \cdot I_a / \Omega = (U_a + R_a \cdot I_a) / \Omega \Rightarrow \boxed{C_e = 127,9 \text{ N.m}}$$



Exercice n°8

Une génératrice à excitation shunt débite un courant de 65A sous une tension de 230 V. Sa puissance utile, les pertes joules inducteur et les pertes joules induit sont respectivement égales à 91%, 5% et 4% de sa puissance électromagnétique. On demande de calculer :

1. la puissance électromagnétique ;
2. les pertes par effet Joule inducteur ;
3. le courant d'excitation sachant que la tension d'excitation est 230V ;
4. la résistance du circuit inducteur ;
5. les pertes par effet Joule dans l'induit ;
6. le courant dans l'induit ;
7. la résistance de l'induit ;
8. La force électromotrice de la génératrice ;

Correction:

C'est une G. à excitation shunt, $U = 230V$, $I = 65A$, ($P_u = 91\%$, $p_{J, Ind} = 4\%$ et $p_{J, ex} = 5\%$) de P_e

1. La puissance électromagnétique

On a $P_u = U.I = 14950 \text{ W}$;

Et d'autre part, on a : $P_u = 91.P_e/100 \Rightarrow P_e = 100.P_u/91 \Rightarrow \boxed{P_e = 16428.57 \text{ W}}$

2. Les pertes par effet Joule inducteur

On a : $p_{J, ex} = 5.P_e/100 \Rightarrow \boxed{p_{J, ex} = 821.42 \text{ W}}$

3. Le courant d'excitation

$i_{ex} = p_{J, ex}/U_{ex}$ avec : $U_{ex} = U = 230 \text{ V} \Rightarrow \boxed{i_{ex} = 3.57 \text{ A}}$

4. La résistance du circuit inducteur

$R_e = p_{J, ex}/i_{ex}^2 \Rightarrow \boxed{R_e = 64.45 \Omega}$

5. Les pertes par effet Joule dans l'induit

On a : $p_{J, Ind} = 4.P_e/100 \Rightarrow \boxed{p_{J, ind} = 657.14 \text{ W}}$

6. Le courant dans l'induit

Puisque l'excitation est shunt $\Rightarrow \boxed{I_a = I + i_{ex} = 68.57 \text{ A}}$

7. La résistance de l'induit

$R_a = p_{J, a}/I_a^2 \Rightarrow \boxed{R_a = 0.14 \Omega}$

8. La force électromotrice de la génératrice

$E_v = P_e/I_a \Rightarrow \boxed{E_v = 239.6 \text{ V}}$