

TD - MACHINES

Exo 1 — Étude d'un moteur synchrone (d'après Mines PSI 2017)

Afin de simplifier l'étude, les pertes mécaniques ainsi que les pertes fer du moteur seront négligées.
Le moteur est une machine synchrone diphasée dont les deux enroulements statoriques sont identiques.

Toutes les valeurs de tension et courant données le sont en valeur efficace.

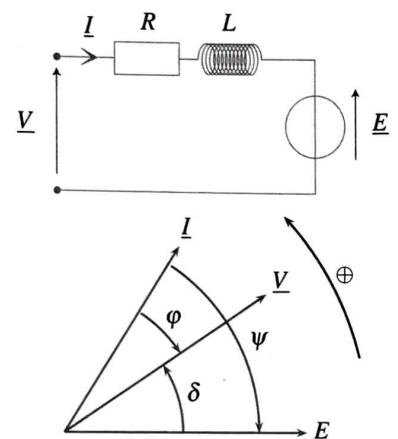
L'inducteur du moteur synchrone est à aimants permanents et possède 8 pôles, soit 4 paires de pôles.

En régime permanent de vitesse, la condition de synchronisme pour un moteur possédant p paires de pôles s'écrit $\omega = p\Omega$ où Ω désigne la vitesse de rotation du rotor.

Chaque bobinage du stator possède une résistance $R = 0,03 \Omega$. L'intensité nominale du courant dans un enroulement du stator est $I_N = 155 \text{ A}$. Pendant une durée limitée, elle peut atteindre la valeur maximale $I_M = 185 \text{ A}$. La machine est étudiée en convention récepteur. Le modèle équivalent à une phase de l'induit est représenté ci-dessus. Les tensions et courants sont sinusoïdaux de pulsation $\omega = 2\pi f$ constante.

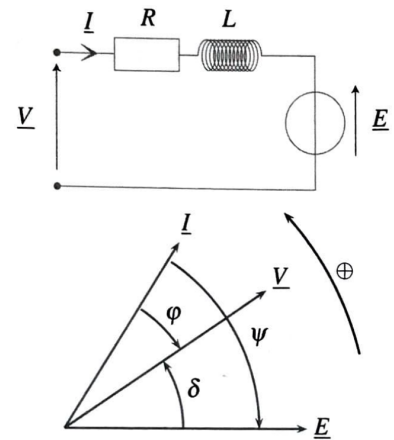
Afin de déterminer les paramètres du modèle, divers essais sont effectués :

- essai n°1 : sur un banc d'essais, on entraîne la machine synchrone à vide par l'intermédiaire d'un moteur auxiliaire à la vitesse $n = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$. Aux bornes d'une phase, on a mesuré une tension de 57 V ;
- essai n°2 : avec une alimentation électrique appropriée, on effectue un essai de la machine en moteur à $1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$, pour lequel $\psi = 0$, $I = I_M = 185 \text{ A}$ et $V = 72 \text{ V}$.



Suite au dos => T.S.V.P

1. Déterminer la fréquence des tensions statoriques quand $n = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
2. Représenter le diagramme vectoriel relatif à l'essai $n^\circ 2$. La résistance R n'étant pas négligée, en déduire la valeur numérique de L .
3. La valeur efficace de la force contre-électromotrice E à pour expression $E = \Phi_0 \omega$.
Quelle est l'unité de la constante Φ_0 dans le système international? Que représente-t-elle?
De quels paramètres de la machine dépend-elle? Montrer que $E = A\Omega$, où A est une constante dont on précisera l'expression et la valeur numérique.
Dans toute la suite on négligera la chute de tension ohmique ainsi que les pertes par effet Joule dans les circuits statoriques.



4. Tracer un diagramme vectoriel représentatif d'un point de fonctionnement quelconque dans le cas où $0 < \psi < \pi/2$. En déduire une relation entre V , E , φ et ψ .
5. Déterminer l'expression de la puissance électrique P_a absorbée par le moteur en fonction de V , I et φ , puis en fonction de E , I et ψ . Quelle relation existe-t-il entre cette puissance électrique P_a et la puissance mécanique électromagnétique P_m reçue par le rotor?
6. Exprimer le couple électromagnétique C développé par le moteur en fonction de A , I et ψ . Pour une intensité efficace I donnée, que doit-on faire pour maximiser le couple développé par la machine? De quelle unique variable le couple dépend-il alors? À quel autre moteur ce fonctionnement fait-il penser?
7. On se place sur un point de fonctionnement à $\psi = 0$, $I = I_N$ et $n = 1500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$. Que vaut le moment du couple C développé par le moteur? Représenter le diagramme vectoriel représentatif du fonctionnement. Placer les vecteurs représentatifs des complexes $\underline{E}$, $\underline{V}$ et $\underline{I}$. En déduire les expressions numériques de V et φ . Calculer leurs valeurs numériques correspondantes.

Exo 2 — Alternateur d'une centrale hydroélectrique

Une machine turbine hydraulique est accouplée à une machine synchrone qui fonctionne en alternateur, le groupe turbine-alternateur fournit de l'énergie au réseau.

Les caractéristiques de la machine synchrone diphasée, sont les suivantes :

- puissance apparente nominale $S_n = 65 \text{ MVA}$ par phase ;
- tension nominale aux bornes d'une phase $V_n = 10 \text{ kV}$;
- fréquence des courants statoriques imposée par le réseau $f = 50 \text{ Hz}$;
- résistance d'une phase statorique $R = 0,01 \Omega$;
- la fem à vide dépend du courant d'excitation selon la relation $E = kI_e$ avec $k = 290 \text{ V} \cdot \text{A}^{-1}$;
- le courant de court-circuit vaut $I_{cc} = 300 I_e$.

1. Quelle condition doit être satisfaite pour que la relation entre E et I_e fournie soit valable?
2. Calculer l'intensité du courant d'induit nominal.
3. Calculer la réactance synchrone $X = L\omega$ de chaque enroulement.
4. Fonctionnement en charge. L'intensité du courant d'excitation vaut $I_e = 44 \text{ A}$ et le facteur de puissance du réseau vaut $\cos(\varphi) = 0,9$ arrière (charge inductive).
 - a. Représenter le schéma électrique d'une phase en négligeant la résistance R .
 - b. En déduire l'intensité efficace du courant dans une phase statorique.
 - c. Calculer la puissance fournie au réseau et le rendement de l'alternateur sachant que l'ensemble des pertes mécaniques, ferromagnétiques et d'excitation valent $P_p = 2,4 \text{ MW}$.

Exo 3 — Moteur à courant continu qui soulève une masse

Une machine à courant continu de constante de couplage Φ_0 , de résistance interne r et d'auto-inductance L , est utilisée pour soulever une masse M . L'axe du rotor de la M.C.C. est relié à la poulie P. Sur la poulie de rayon a est fixé un fil inextensible de masse nulle relié à la masse M .

Un couple de frottement s'exerce que l'axe du rotor $\Gamma_f = -f\Omega$, le moment d'inertie de l'ensemble {rotor & poulie} par rapport à l'axe de rotation est noté J . On néglige les pertes fer.

La masse est soulevée à vitesse v_0 constante. Calculer le courant i délivré par le générateur (E_0, r_0), et la valeur de la force électromotrice du générateur.

Rq : Toutes les expressions sont littérales. Φ_0 est supposée connue.

Exo 4 — Rendement d'un moteur à courant continu

Un moteur à courant continu de constante de couplage $\Phi_0 = 0.12 \text{ W}_b$, de résistance interne $r = 0.45 \Omega$, d'inductance propre $L = 20 \text{ mH}$ et dont les valeurs nominales de tension et courant sont $U_n = 40 \text{ V}$ et $I_n = 6 \text{ A}$, est utilisé pour entraîner une charge mécanique exerçant un couple $\Gamma_c = 0.5 \text{ Nm}$. On néglige les pertes mécaniques.

On alimente l'induit de la machine avec alimentation électrique stabilisée en tension, qui délivre une force électromotrice $E_0 = 40 \text{ V}$. La MCC tourne à la vitesse de rotation $\Omega > 0$.

1. Rappeler la caractéristique, représentant la tension en fonction du courant, d'une alimentation stabilisée, et justifier que la source utilisée puisse être assimilée à une source de tension idéale.
2. Faire un schéma de l'induit de la machine à courant continu, alimenté par la source de tension force électromotrice E_0 .
3. Déterminer la valeur de l'intensité du courant i circulant dans l'induit, de la vitesse de rotation Ω et du rendement de la conversion de puissance effectuée. La machine fonctionne-t-elle dans les conditions nominales ?