

RECHERCHE DU MODÈLE ÉQUIVALENT D'UN MAS

Principe de fonctionnement.....	2
Modélisation d'un enroulement.....	3
Description du fonctionnement.....	3
Équations de fonctionnement.....	4
Relations entre les fem :.....	4
Relation entre les courants :.....	4
Modèle équivalent ramené au stator.....	4
Hypothèse de Kapp.....	5
Modèle équivalent d'un enroulement de MAS.....	6



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.

Le stator crée un champ inducteur tournant à la vitesse de synchronisme.

La pulsation des courants stator est $\omega = p \Omega_s$.

Pour que le rotor tourne, il faut qu'il y ait du courant dans le rotor.

Le rotor n'étant pas alimenté, ces courants ne peuvent être qu'induits.

Pour qu'il y ait phénomène d'induction, il faut que le rotor soit traversé par un flux inducteur variable.

Donc le rotor doit tourner à une vitesse différente du synchronisme.

Le rotor est donc traversé par un flux inducteur variable, il apparaît donc une fem induite.

Le rotor étant conducteur, cette fem induite engendre des courants induit à l'intérieur du rotor (courants de Foucault).

Ces courants obéissent à la loi de Lenz, ils vont donc faire tourner le rotor pour essayer de limiter les variations du flux inducteur.

C'est une machine à courant sinusoïdal, donc à champs tournants : pour qu'il y ait un couple électromagnétique, il faut que *les champs stator et rotor tournent à la même vitesse.*

Les champs magnétiques stator et rotor tournent à la vitesse de synchronisme Ω_s .

Le rotor tournant à une vitesse différente, on dit que le rotor « glisse » par rapport au champ tournant.

Le glissement est $g = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s}$ exprimé en %

- En fonctionnement moteur : $n < n_s$
- En fonctionnement génératrice : $n > n_s$

La pulsation des courants rotor est $\omega_R = g \times \omega \Leftrightarrow f_R = g \times f$.

En fonctionnement nominal $g \ll 1 \Rightarrow f_R \ll f$

la fréquence des courants rotor est très faible en fonctionnement nominal

MODÉLISATION D'UN ENROULEMENT.

Le principe de fonctionnement de la MAS ressemble à celui du transformateur : création d'un flux variable au primaire (stator) et phénomène d'induction au secondaire (rotor).

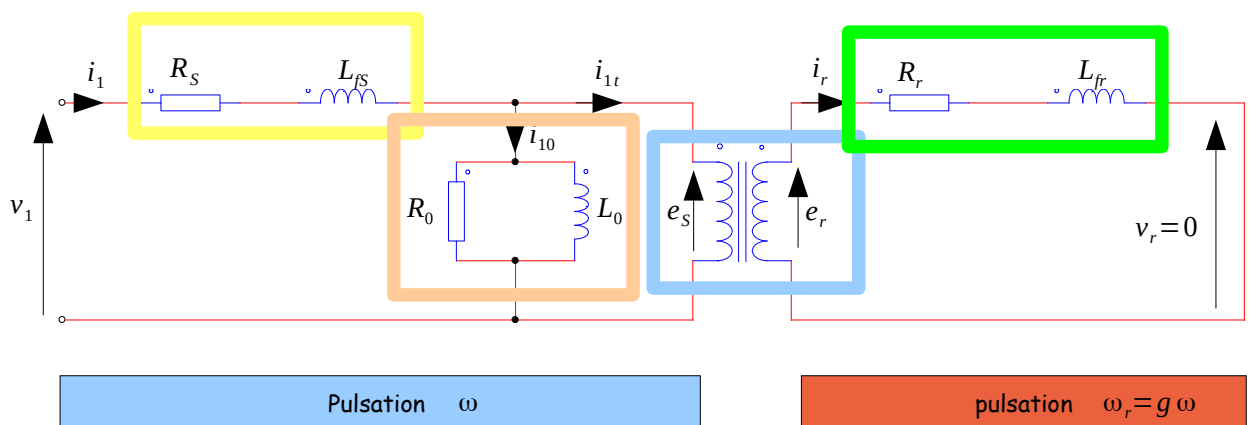
Son modèle équivalent ressemblera donc à celui du transformateur sauf que :

- le secondaire est en court circuit
- les pulsations primaire (ω) et secondaire (ω_R) sont différentes.

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT.

Fonctionnement de la machine	Élément à prendre en compte
On alimente le bobinage statorique par une tension alternative.	Résistance des bobinages R_s
Il y a création d'un flux.	Inductance de fuite L_{fs}
	Magnétisation de la machine L_0
	Pertes fer R_0
Le flux traverse l'entrefer et se retrouve au rotor. Ce flux étant variable, il y a apparition d'une fem induite.	fem au stator e_s
	fem au rotor e_r
Le rotor étant en court circuit, cette fem engendre des courants induits de Foucault.	I_R
Ces courants circulent dans le rotor.	Résistance du rotor R_r
	Inductance de fuite L_{fr}

En appelant V_1 la tension d'enroulement et I_1 le courant traversant cet enroulement, cette description permet de d'obtenir le modèle 1 d'un enroulement de la machine :



modèle 1: obtenu à partir du fonctionnement

ÉQUATIONS DE FONCTIONNEMENT

Le modèle équivalent obtenu en analysant le fonctionnement de la machine ressemble à celui d'un transformateur dont le secondaire est en court circuit.

La différence est que les pulsations au primaire (ω) et au secondaire (ω_R) sont différentes !

RELATIONS ENTRE LES FEM :

Le flux φ est créé au primaire : $e_s(t) = -N_s \frac{d\varphi}{dt}$

La pulsation est $\omega \Rightarrow$ en RSP : $\underline{E}_s = -N_s j \omega \underline{\varphi}$

Ce flux se retrouve au secondaire : $e_R(t) = -N_R \frac{d\varphi}{dt}$

La pulsation est $\omega_R = g \omega \Rightarrow \underline{E}_R = -N_R j \omega_R \underline{\varphi} = -N_R j g \omega \underline{\varphi}$

$$\Rightarrow \underline{E}_R = + g \frac{N_R}{N_s} \underline{E}_s \quad [1]$$

RELATION ENTRE LES COURANTS :

D'après le théorème d'Ampère, on a

$$N_s i_{1t}(t) - N_R i_R(t) = N_s i_{10}(t)$$

En fonctionnement normal, le courant de magnétisation i_{10} peut être négligeable

$$\Rightarrow \underline{I}_{1t} \approx \frac{+ N_R}{N_s} \underline{I}_R \quad [2]$$

MODÈLE ÉQUIVALENT RAMENÉ AU STATOR.

Pour les MAS à cage d'écureuil, seul le stator est accessible. On cherche donc à ramener les éléments du rotor au stator.

D'après la loi des mailles au rotor on a :

$$\underline{E}_R = (R_R + j \omega_R L_{fR}) \times \underline{I}_R \quad [3]$$

On cherche une relation entre E_s et I_{1t} . dans l'équation [3] on remplace E_R grâce à [1] et I_R grâce à [2] :

$$+ g \frac{N_R}{N_s} \underline{E}_s = (R_R + g j \omega L_{fR}) \times \frac{N_s}{N_R} \underline{I}_{1t}$$

et on trouve :

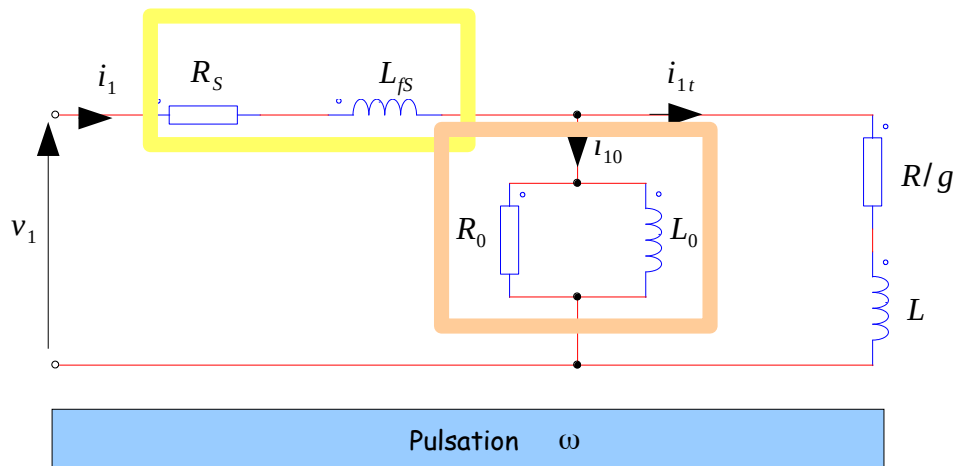
$$\underline{E}_s = \left[\left(\frac{N_s}{N_R} \right)^2 \frac{R_R}{g} + j \omega \left(\frac{N_s}{N_R} \right)^2 L_{fR} \right] \times \underline{I}_{1t} \quad [4]$$

On définit alors la résistance R et l'inductance de fuite L équivalentes du rotor ramenées au stator :

$$R = \left(\frac{N_S}{N_R} \right)^2 R_R \quad \text{et} \quad L = \left(\frac{N_S}{N_R} \right)^2 L_{fR}$$

$$\Rightarrow \underline{E}_S = \left(\frac{R}{g} + j\omega L \right) \times \underline{I}_{1t} \quad [5]$$

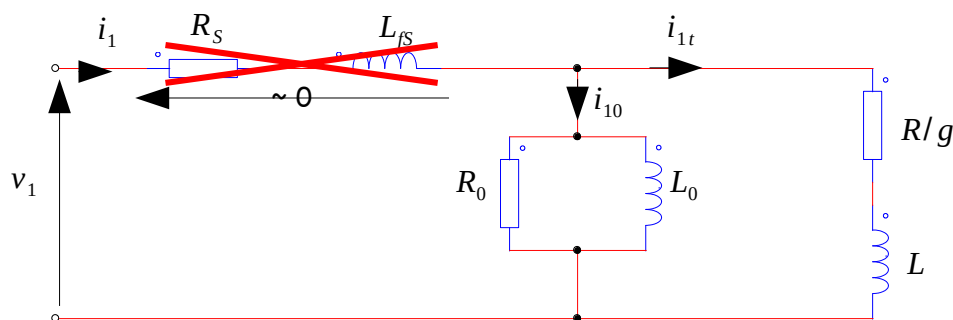
Le modèle équivalent par phase ramené au stator est alors le modèle 2 :



modèle 2: rotor ramené au stator

HYPOTHÈSE DE KAPP.

Comme pour le transformateur, *en fonctionnement nominal* (V1 nominale) on peut négliger la chute de tension due à la résistance R_s et à l'inductance de fuite L_{fs} du stator (voir modèle 3)



modèle 3: hypothèse de Kapp : on néglige la chute de tension stator

On fonctionne alors en « flux forcé ».

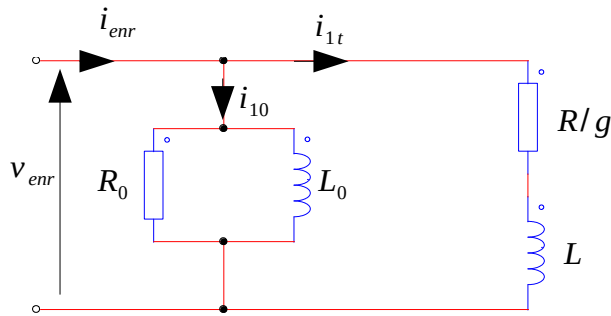
Sur le schéma équivalent, la tension d'alimentation V1 est alors directement aux bornes de l'inductance L_0 , qui symbolise la création de flux. Cela veut dire que c'est V1 qui crée le flux dans la machine.

Expérimentalement on justifie cette hypothèse en constatant que le courant de magnétisation I_{10} , qui est aussi le courant à vide, n'est pas sinusoïdal. En effet à cause de l'hystérésis, si la tension, et

donc le flux sont sinusoïdaux, alors le courant de magnétisation est déformé.

MODÈLE ÉQUIVALENT D'UN ENROULEMENT DE MAS.

Le modèle équivalent *d'un enroulement* de MAS retenu est donc le modèle 4 :



modèle 4: modèle équivalent d'un enroulement de MAS

ce modèle équivalent a été établi avec l'hypothèse de Kapp :

La machine est alimentée sous tension nominale, aussi on peut négliger la chute de tension dû à la résistance et à l'inductance de fuite du stator.

V_{enr} est la tension appliquée à l'enroulement stator. I_{enr} est le courant traversant l'enroulement.

R_0 représente les pertes fer – qui dépendent de la tension.

L_0 est l'inductance magnétisante – qui crée le flux dans la machine – ce flux dépend de la tension

i_{10} est le courant magnétisant

R est la résistance rotor ramenée au stator

L est l'inductance de fuite rotor ramenée au stator

i_{1t} est le courant actif