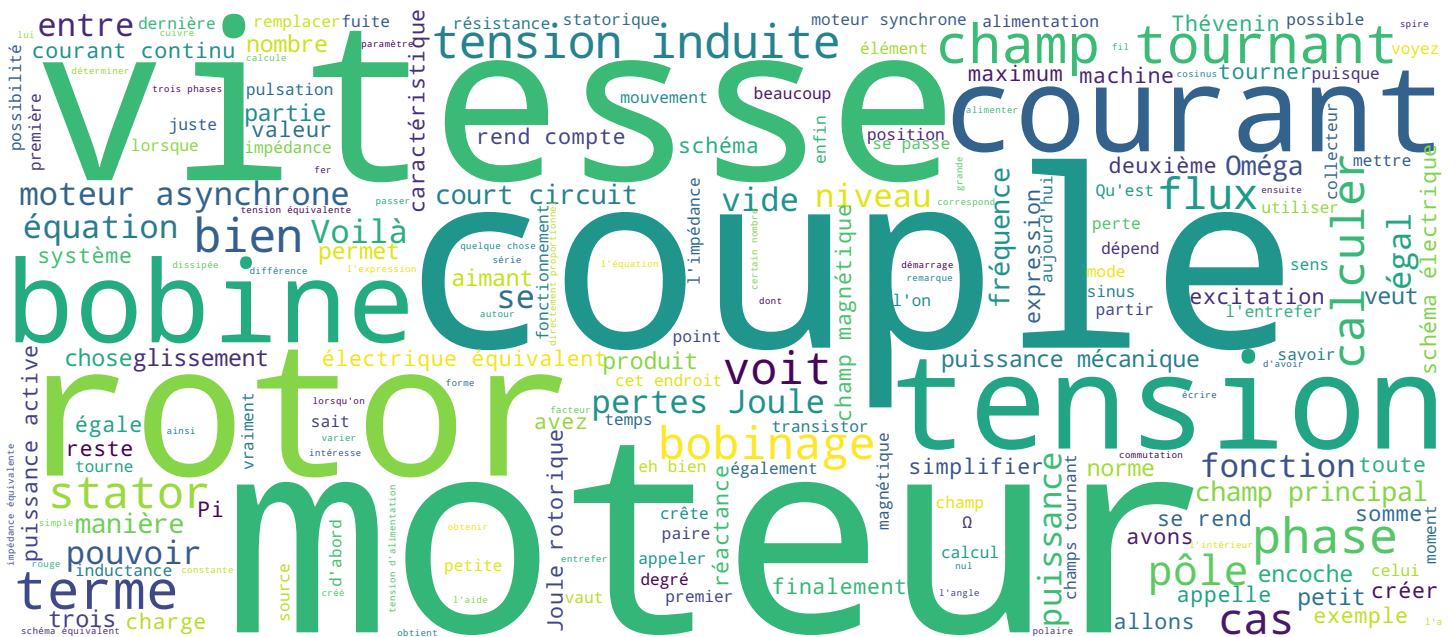
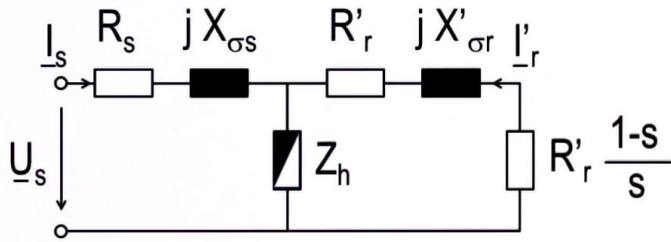


Prof. Perriard & Dr Koechli



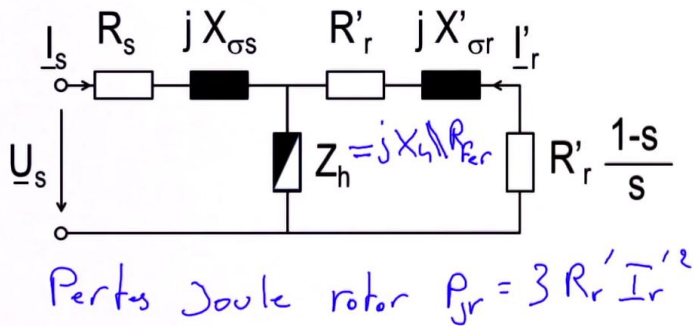


Bonjour. La dernière fois, nous avons établi le schéma électrique équivalent du moteur asynchrone. À l'aide de ce schéma, il est possible de déterminer entièrement le fonctionnement du moteur asynchrone, de calculer les courants mais aussi les pertes, le couple, etc. Bref, tout ce qui nous intéresse dans une machine électrique. Mais avant de faire ça, je tiens à préciser que les composants du schéma électrique équivalent ne peuvent pas être mesurés directement. Vous ne pouvez pas prendre un inductancemètre et mesurer l'inductance de champ principal ou les inductances de fuite. Pour pouvoir les déterminer, on doit faire ce qu'on appelle des essais sur la machine, par exemple en mesurant les pertes et le courant à vide ou à rotor bloqué, etc. Ces essais sont normalisés. Mais pour aujourd'hui, on va supposer qu'on connaît tous ces paramètres pour pouvoir déterminer le couple du moteur asynchrone à l'aide du schéma équivalent. Et puis pour faire cela, on va commencer par faire un petit bilan de puissance. Alors pour pouvoir faire ce petit bilan de puissance, je vous ai redessiné le schéma électrique équivalent de la machine.

Notes

Summary





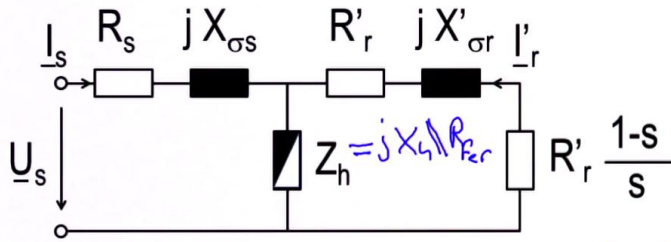
Et on remarque qu'on a la résistance statorique, une inductance ou une réactance de fuite statorique, la même chose au niveau du rotor, et puis ce terme ci qu'on avait isolé pour que le schéma ressemble un peu plus à celui d'un transformateur monophasé, et enfin cette impédance de champ principal. Et l'impédance de champ principal, elle reprend les deux termes qu'on avait vus la dernière fois, à savoir en terme de réactance de champ principal qui est un parallèle avec une résistance qui modélise les pertes faire dans le moteur. On va s'intéresser à la puissance qui est dissipée au niveau du rotor, à la puissance active qui est dissipée au niveau du rotor. On voit que sur notre schéma équivalent, il y a deux termes qui sont dissipateurs de puissance active qui dissipent de la puissance active. C'est les deux termes résistifs ici. On va négliger le fait qu'on a des pertes faire au niveau du rotor pour l'instant. Donc si j'écris ces puissances actives au niveau du rotor, on a d'abord des pertes Joule rotorique. Ces pertes Joule rotorique, elles sont dissipées dans cette résistance R' . Et les pertes Joule rotorique peuvent être calculée à partir de la formule bien connue RI carré avec trois phases.

Notes

Summary



1m 24s



Pertes Joule rotor $P_{jr} = 3 R_r' I_r'^2$

$$P_{mec} = 3 R_r' I_r'^2 \left(\frac{1-s}{s} \right)$$

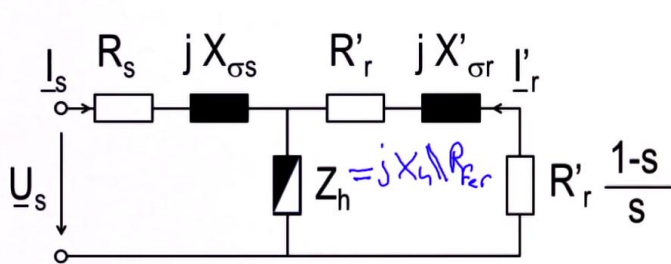
$$M = \frac{P_{mec}}{\Omega} = 3 R_r' I_r'^2 \left(\frac{1-s}{\Omega s} \right)$$

Puisqu'on a qu'une seule phase qui est modélisée ici, on doit les multiplier encore par trois. Jusqu'à présent, pas de nouveauté. Le souci qu'on a, c'est de savoir à quoi correspond ce terme-ci dans notre bilan de puissance. Alors ce terme, si c'est pas des pertes joules, c'est quand même une puissance active, c'est pas des pertes faire. Donc la seule chose qui reste, qui peut être produite comme puissance active au niveau du rotor, c'est une puissance mécanique. Le rotor tourne, et il va produire un certain couple. Ce couple doit apparaître dans ce schéma où la puissance qui est associée à ce couple doit apparaître dans ce schéma. Et en fait, on se rend compte qu'elle apparaît à cet endroit. Donc la puissance mécanique, c'est aussi 3 fois $R_r' \cdot I_r'^2 \cdot \frac{1-s}{s}$. Alors maintenant, comment est-ce qu'on va calculer le couple ? Le couple, on sait qu'on peut le calculer à partir de la puissance mécanique en disant que la puissance mécanique, c'est le produit du couple fois la vitesse. Et donc le couple, c'est la puissance mécanique divisée par la vitesse. Si je remplace... Et maintenant, on va encore exprimer la vitesse en fonction de la vitesse du champ tournant.

Notes

Summary





$$\Gamma = \frac{3 R'_r I_r'^2}{s \Omega_s}$$

$$\Gamma = \frac{P_{jr}}{s \Omega_s}$$

Pertes Joule rotor $P_{jr} = 3 R'_r I_r'^2$

$$P_{mec} = 3 R'_r I_r'^2 \left(\frac{1-s}{s} \right)$$

$$\Gamma = \frac{P_{mec}}{\Omega} = 3 R'_r I_r'^2 \left(\frac{1-s}{s \Omega_s} \right)$$

$$s = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} \Rightarrow s \Omega_s = \Omega_s - \Omega \Rightarrow \Omega = \Omega_s (1-s)$$

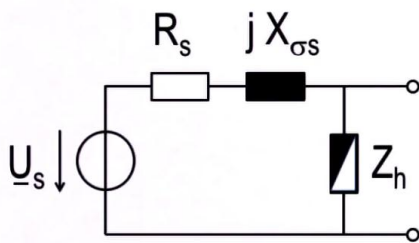
Pour ça, on reprend la définition du glissement et puis on en tire la vitesse. Donc, je fais la multiplication par oméga S et puis j'isole ma vitesse. Et puis je vais remplacer cette expression-ci là-dedans et j'obtiens que mon couple, c'est égal à $3 R'_r I_r'^2$ carré. Je remplace Oméga par oméga S fois 1 moins S et les 1 moins S vont simplifier. Donc il ne reste plus que S Oméga S. Et là, on se rend compte qu'on a un truc bizarre, bizarre, mais juste. C'est-à-dire que notre couple, ici, il va être directement proportionnel à ce terme-ci, et donc le couple, c'est égal aux pertes Joule rotorique divisé par S Oméga S. Ça, c'est pas très cool d'une certaine manière. Parce qu'en fait avec ça, et bien, on va avoir que si on veut augmenter le couple, on doit augmenter les pertes joules. Donc, on doit créer des pertes pour avoir plus de couple. La seule solution pour ce problème, c'est de faire en sorte qu'on travaille à des très petits glissements. Ça veut dire qu'on soit très proche de la vitesse synchrone pour notre point de fonctionnement nominal du moteur. On peut le faire en réalisant le moteur d'une certaine manière, en variant ces paramètres-là.

Notes

Summary

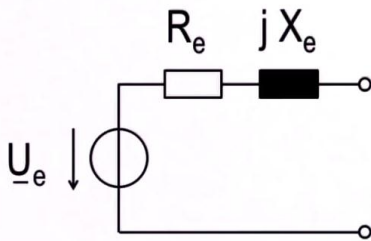


Équivalent de Thévenin



\underline{U}_0 : tension à vide
 \underline{I}_{cc} : courant de court-circuit
 $\underline{Z}_e = \frac{\underline{U}_0}{\underline{I}_{cc}}$

$$\underline{U}_e = \underline{U}_0 = \underline{U}_s \frac{\underline{Z}_h}{R_s + jX_{\sigma s} + \underline{Z}_h}$$



Voilà, on a une expression du couple qui dépend de I_r' carré. Pour pouvoir le calculer, il nous faut simplifier notre schéma. Pour ce faire, on va utiliser ce qu'on appelle un « équivalent de Thévenin ». Cet équivalent de Thévenin, qui consiste à remplacer une source de tension avec un circuit associé qui est compliqué par une source de tension idéale avec une impédance en série. Et cet équivalent de Thévenin, on peut le calculer en calculant plusieurs termes. Le premier, c'est la tension à vide U_0 . Et puis le deuxième, c'est le courant de court-circuit. Et on sait que d'une part, notre tension équivalente va être égale à la tension à vide. Ça, c'est Thévenin qui nous le dit. Et puis l'impédance équivalente va être égale au rapport entre la tension à vide et le courant de court-circuit. Bon, il nous reste plus qu'à calculer la tension à vide. La tension à vide, au fait, on remarque qu'ici, on a un diviseur de tension et donc à vide de Quand on ne met pas de charge à cet endroit, et bien, on va avoir directement la tension mesurée sur l'impédance de champ principal. Donc, on a un diviseur de tension avec l'impédance ici divisée par la somme des deux diviseurs tension.

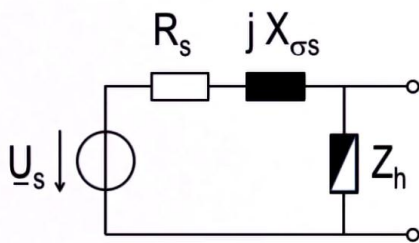
Notes

Summary



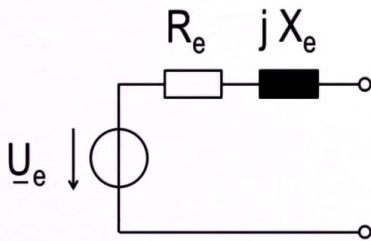
7m 06s

Équivalent de Thévenin



\underline{U}_o : tension à vide
 \underline{I}_{cc} : courant de court-circuit
 $\underline{Z}_e = \frac{\underline{U}_o}{\underline{I}_{cc}}$

$$\underline{U}_e = \underline{U}_o = \underline{U}_s \frac{\underline{Z}_h}{R_s + jX_{\sigma s} + \underline{Z}_h} = \underline{\sigma}_s \underline{U}_s$$



$\underline{I}_{cc} = \frac{\underline{U}_s}{R_s + jX_{\sigma s}}$
 $\underline{Z}_e = \frac{\underline{\sigma}_s \underline{U}_s}{\frac{\underline{U}_s}{R_s + jX_{\sigma s}}} = \underline{\sigma}_s (R_s + jX_{\sigma s})$
 $R_e + jX_e = \underline{\sigma}_s (R_s + jX_{\sigma s})$

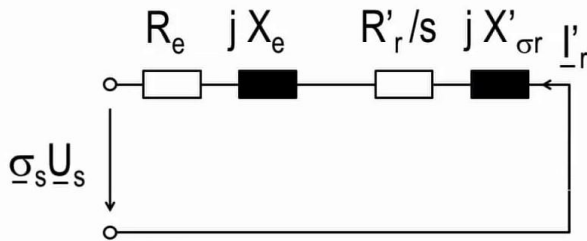
Et puis ceci, on va l'appeler Sigma S. C'est un terme complexe. Pour la tension à vide, on calcule le courant de court-circuit. Si je fais un court-circuit à cet endroit, je court-circuite cette impédance de champ principal. Dans ce cas-là, le courant de court-circuit qui va passer ici et bien est juste limité par mon impédance statorique. Et puis mon impédance équivalente, c'est égal au rapport entre ma tension à vide et mon courant de court-circuit. Voilà, je simplifie les calculs, on se rend compte que le \underline{U}_s va disparaître et on obtient simplement un produit de Sigma S par notre impédance statorique. Plutôt l'impédance des termes uniquement lié au stator puisqu'on a en termes de champ principal dans l'impédance théorique vu de l'extérieur, on a que la fuite et donc ma résistance et mon impédance équivalente peuvent être écrites simplement. Il suffit d'effectuer le produit de ces deux nombres complexes et puis d'isoler les parties réelles et les parties imaginaires. Donc, on a une impédance équivalente, on a une tension équivalente. On va remplacer cette partie du circuit par celle-ci dans notre schéma équivalent.

Notes

Summary



Expression du couple



$$\underline{I}'_r = \frac{|\sigma_s \underline{U}_s|}{|R_e + jX_e + \frac{R'_r}{s} + jX'_{or}|}$$

$$\underline{I}'_r = \frac{\sigma_s U_s}{\sqrt{\left(R_e + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + \underbrace{\left(X_e + X'_{or}\right)^2}_{X_{cc}}}}$$

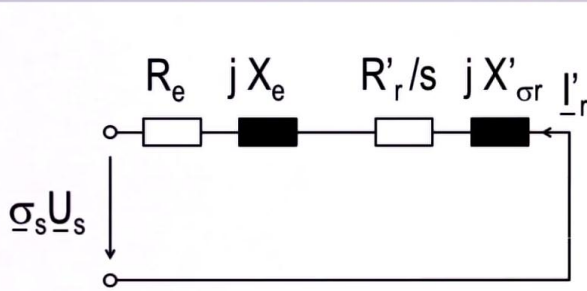
Alors à partir de ce moment-là, c'est relativement simple puisqu'on arrive à calculer la valeur de notre courant I'_r . La seule chose qui nous intéresse, c'est vraiment sa norme. Donc, I'_r sans le souligner, puisque c'est que la norme, c'est égal à la norme de notre produit. $\sigma_s U_s$ qui correspond à notre tension équivalente divisée par la norme de toute cette impédance-ci. Je profite de signaler que j'ai simplifié les termes en R'_r en additionnant le terme lié à la puissance mécanique et le terme des pertes joules pour simplifier le schéma. On calcule cette valeur de I'_r . La norme du produit de deux nombres complexes est égale au produit des normes. Et puis pour calculer la norme de celui du dessous du dénominateur, on applique simplement la formule du calcul d'une norme, d'un nombre complexe, simplement en calculant sa partie réelle, sa partie imaginaire. Et puis la norme, c'est la racine de la somme du carré des deux. Pour simplifier encore l'écriture, on va appeler ce terme de réactance X_{cc} qui serait la réactance de court-circuit de notre circuit ici. X_{cc} , qui est la somme de la réactance de l'équivalent de Thévenin et de la réactance de fuite rotorique. Que vaut le couple ?

Notes

Summary



Expression du couple



$$I'_r = \frac{|\sigma_s U_s|}{|R_e + jX_e + \frac{R'_r}{s} + jX'_{or}|}$$

$$I'_r = \frac{\sigma_s U_s}{\sqrt{\left(R_e + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + \underbrace{(X_e + X'_{or})^2}_{X_{cc}}}}$$

$$M = \frac{3 R'_r I_r'^2}{s \Omega_s} = \frac{3 R'_r \sigma_s^2 U_s^2}{\left[\left(R_e + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + X_{cc}^2\right] s \Omega_s}$$

Le couple, on se rappelle que c'est les pertes Joule rotorique divisé par $S \Omega_s$. Et on va pouvoir remplacer. Et voilà pour l'expression du couple qu'on peut calculer directement lorsqu'on connaît la tension et tous les éléments du circuit électrique équivalent ou du schéma électrique équivalent du moteur asynchrone. En connaissant également le glissement et puis la vitesse du champ tournant, donc la fréquence de l'alimentation.

Notes

Summary





- Bilan de puissance
- Schéma électrique équivalent simplifié
- Expression du couple
- Couple proportionnel aux pertes Joule rotorique

Voilà, aujourd'hui, nous avons vu qu'il était possible de calculer le couple électromagnétique du moteur asynchrone en faisant un bilan de puissance et en simplifiant le schéma électrique équivalent à l'aide d'un équivalent de Thévenin. Le couple obtenu est directement proportionnel aux pertes Joule rotorique et aussi inversement proportionnel au glissement. On a intérêt à avoir un moteur dont le glissement nominal est assez petit. Maintenant, l'étape suivante, c'est de tracer la caractéristique couple en fonction de la vitesse du moteur et ça, c'est le programme de la prochaine leçon.

Notes

Summary



14m 48s