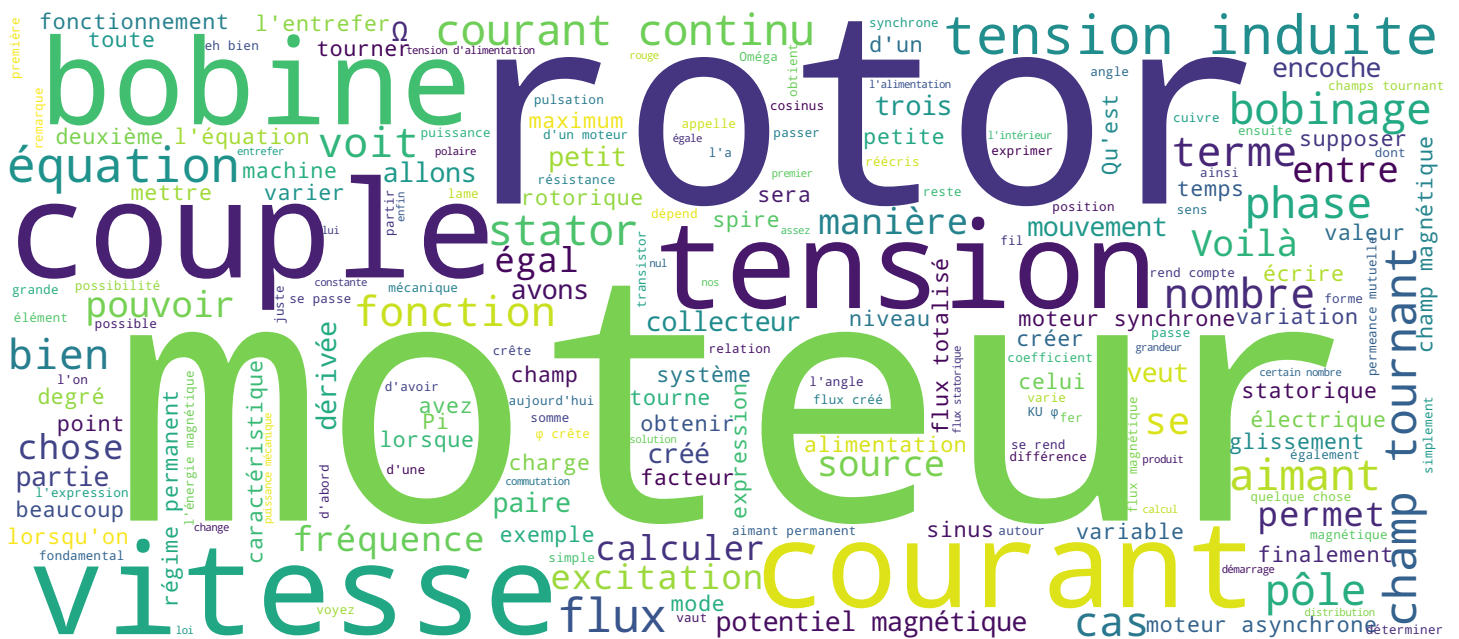


Moteur CC: équations caractéristiques

Conversion électromécanique

Prof. Perriard & Dr Koechli



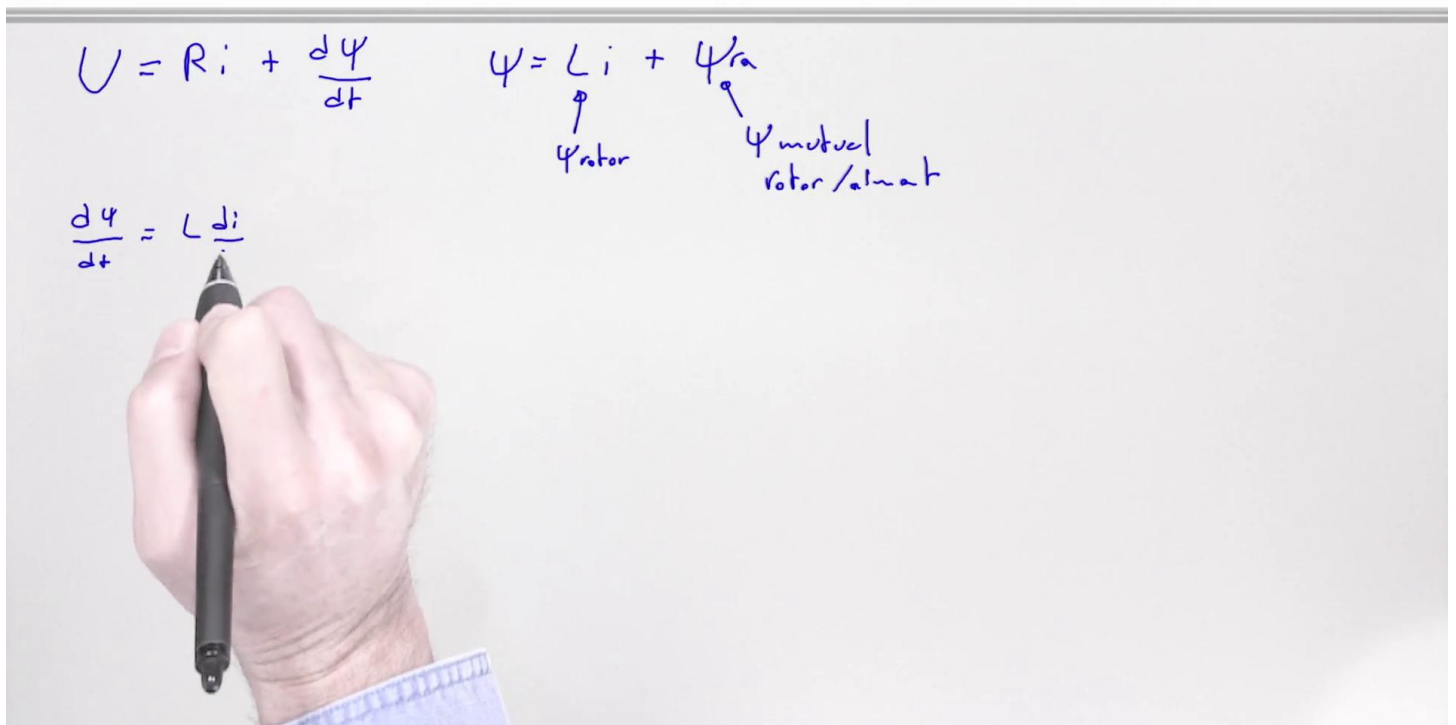
Search MOOC



Video



Equation de tension



Bonjour, Le but de cette leçon est de mettre en équations les phénomènes que nous avons abordé intuitivement lors des cours précédents. Pour pouvoir caractériser le fonctionnement d'un moteur en régime permanent, nous avons d'une équation de tension et d'une équation de couple. Nous allons voir aujourd'hui qu'il est facile de les obtenir en appliquant les principes de base de l'électromécanique sur notre moteur à courant continu. Dans un premier temps, nous allons considérer que le flux statorique du moteur ou flux d'excitation est créé par un aimant permanent et nous allons commencer par écrire l'équation de tension. Cette équation, vous la connaissez bien. C'est la loi de la tension induite ou la loi d'ohm généralisée que nous avons déjà appliqué plusieurs fois. À partir de cette équation, on peut déterminer la tension sur le moteur. Pour pouvoir la connaître, il faut exprimer le flux totalisé ψ . Alors ce flux totalisé ψ , il a une composante propre, dans notre cas c'est celle du flux créé par le rotor, ψ_{rotor} , il a aussi une composante mutuelle qui est créé par l'interaction entre le rotor et l'aimant. Voilà, bon, ensuite il nous reste plus qu'à dériver cette équation en fonction du temps.

Notes

Summary



0m 04s

Equation de tension

$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt}$$

$$\psi = \underbrace{Li}_{\psi_{\text{rotor}}} + \underbrace{\psi_{ra}}_{\psi_{\text{mutuel rotor/aimant}}}$$

$$\frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt} + \frac{d\psi_{ra}}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \quad R$$

$$\psi_{ra} = N K_w \phi_{ra} \quad \phi_{ra} = -\hat{\phi}_{ra} \cos(p\alpha)$$

On va supposer que l'inductance ne varie pas, qu'on n'a pas de saturation et puis on va obtenir par changement de variable notre variation du flux. Comme on l'a vu, on a fait un changement de variable pour pouvoir avoir la variation du flux en fonction de la position d'un l'entrefer du moteur et on voit apparaître un terme $d\alpha/dt$ qui est en fait la vitesse angulaire de notre moteur. Ok, maintenant pour continuer on va exprimer le ψ_{ra} , le flux mutuel entre le rotor et le stator. Donc, ce ψ_{ra} , il est créé par un aimant et puis c'est un flux qui passe depuis le stator où est l'aimant vers le rotor. Donc, dans le rotor il y a n spires, on a aussi un facteur de bobinage qui tient compte de la distribution et du raccourcissement du bobinage et puis le flux magnétique entre l'aimant et le rotor. Ce flux magnétique, on va supposer qu'il est sinusoïdal. Bien, on va considérer que le fondamental pour plus de simplicité. Je l'exprime comme un cosinus puisqu'on va le dériver et puis de telle manière à avoir une expression sinusoïdale avec un sinus pur. On voit que le flux est proportionnel au nombre de paires de pôle P dans un moteur à courant continu. Ce nombre de paires de pôle P pour les petits moteurs est souvent de 1.

Notes

Summary



1m 41s

Equation de tension

$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt} \quad \psi = L i + \psi_{ra}$$

ψ_{rotor} $\psi_{\text{mutuel rotor/aimant}}$

$$\frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt} + \frac{d\psi_{ra}}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \quad \Omega$$

$$\psi_{ra} = N k_w \phi_{ra} \quad \phi_{ra} = -\hat{\phi}_{ra} \cos(p\alpha)$$

$$U = Ri + L \frac{di}{dt} + \underbrace{N k_w \hat{\phi}_{ra} p \sin(p\alpha) \Omega}_{\text{tension induite de mouvement}}$$

$$U_i = K_u \hat{\phi}_{ra} \Omega \sin p\alpha$$

Et puis pour simplifier l'écriture, je vais dire que ça c'est le flux de l'aimant. Bon, je réécris mon équation générale en remplacement toutes ces expressions. On a donc que $U=Ri + L di/dt$, le terme inductif et puis un terme de tension induite de mouvement Nkw , le flux d'aimant traité, le nombre de pôles et puis sinus de $p\alpha$. Puisqu'on a fait la dérivée et puis il me manque plus que la vitesse angulaire et ça, c'est ma tension induite de mouvement. Cette tension induite de mouvement, on remarque qu'elle est proportionnelle aux nombres de spires au facteur de bobinage et puis au nombre de paires de pôles. Tout ça, c'est des éléments de construction du moteur à courant continu qui vont pas varier. Ça je vais les regrouper dans un facteur que je vais appeler k_u . Donc je réécris la tension induite de mouvement. Alors on peut aussi dire que lorsqu'on a une excitation aimant permanent, le flux créé par l'aimant va pas varier non plus mais on va le laisser là parce que ce sera plus pratique après de l'avoir à cet endroit. Ça c'est avant le collecteur. Une fois qu'on a passé le collecteur, on a une tension induite qui est redressée.

Notes

Summary



Equation de tension

$$U = Ri + \frac{d\psi}{dt} \quad \psi = \underbrace{Li}_{\psi_{\text{rotor}}} + \underbrace{\psi_{ra}}_{\psi_{\text{mutuel rotor/aliment}}}$$

$$\frac{d\psi}{dt} = L \frac{di}{dt} + \frac{d\psi_{ra}}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt} \quad \Omega$$

$$\psi_{ra} = N K_w \phi_{ra} \quad \phi_{ra} = -\hat{\phi}_{ra} \cos(p\alpha)$$

$$U = Ri + L \frac{di}{dt} + \underbrace{N K_w \hat{\phi}_{ra} p \sin(p\alpha) \Omega}_{\text{tension induite de un vent}}$$

$$U_i = K_v \hat{\phi}_{ra} \Omega \sin p\alpha$$

$$U_i = K_v \hat{\phi}_{ra} \Omega$$

$$U = Ri + L \frac{di}{dt} + K_v \hat{\phi}_{ra} \Omega$$

$$\text{En régime permanent} \quad U = RI + K_v \hat{\phi}_{ra} \Omega \quad I = \frac{U - K_v \hat{\phi}_{ra} \Omega}{R} \quad \Omega = \frac{U - RI}{K_v \hat{\phi}_{ra}}$$

Sa valeur, on va supposer qu'on a beaucoup de lames de collecteurs, sa valeur, elle va être très proche de $k_u \phi_{\text{crête}} A \times \omega$. Maintenant, si je réécris mon équation de tension en remplaçant ma tension induite par sa nouvelle valeur simplifiée, on a que $U = Ri + L \frac{di}{dt}$, jusqu'ici pas de surprises, + le terme de tension induite $k_u \phi_{\text{crête}} A \times \Omega$. Et puis en régime permanent, on va avoir toutes ces grandeurs qui deviennent continues et c'est l'équation de tension d'un moteur à courant continu lorsqu'il est vraiment alimentée par un courant continu et quand on est en régime permanent. On peut aussi exprimer le courant à partir de cette équation ou encore la vitesse, ce qui nous permet de traiter les divers problèmes qu'on a dans un moteur à courant continu.

Notes

Summary



5m 51s

$$\Gamma = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K \sum_{p=1}^K \frac{d\lambda_{jp}}{d\alpha} \theta_j \theta_p$$

$$\Gamma = d\lambda_r$$



Voilà pour l'équation de tension, maintenant on va passer à l'expression du couple. Le couple dans le cas général dans un moteur électrique ou dans tout système électro mécanique, il est possible de le calculer avec la dérivée et de l'énergie magnétique. La formule générale pour cette dérivée et de l'énergie magnétique, c'est une double somme avec une perméance mutuelle et puis des potentiels magnétiques. Que représente cette formule ? C'est simplement la dérivée de l'énergie magnétique de K, source de potentiel magnétique ou créé par k, source de potentiel magnétique et puis on l'obtient de la dérivée de la perméance mutuelle en fonction des paramètres variable c'est-à-dire l'angle du moteur et puis du potentiel magnétique créé par ces sources de potentiel magnétique. Ça, c'est la formule générale, dans notre cas, on a deux sources de potentiel magnétique : c'est l'aimant qui est au stator et puis c'est les bobines qui sont au rotor. Donc, on n'a qu'un terme mutuel, le facteur $\frac{1}{2}$ va disparaître puisque tantôt ça sera j qui va valoir l'aimant puis tantôt «ça sera P qui va valoir l'aimant et puis l'autre est en le rotor.

Notes

Summary



7m 26s

Equation de couple

$$\Gamma = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^K \sum_{p=1}^K \frac{d\lambda_{jp}}{d\alpha} \theta_j \theta_p$$

$$\Gamma = \frac{d\lambda_{ra}}{d\alpha} \theta_a \theta_r = \frac{d\psi_{ra}}{d\alpha} \cdot i = K_u \hat{\phi}_a i$$

\uparrow
Ni

$$\Gamma = K_u \hat{\phi}_a I$$

$$U = RI + K_u \hat{\phi}_a \Omega$$

Donc, c'est la permeance mutuelle entre le rotor et l'aimant avec une source de potentiel magnétique qui est celle de l'aimant, une source de potentiel magnétique qui est celle du rotor qui est, en fait Ni et puis qu'on peut également exprimer en disant qu'avec n λ R puis θ A, on a en fait la dérivée du flux totalisé mutuel entre l'aimant et le rotor × le courant I. Et ce terme-là, on l'a calculé juste avant, en fait c'est KU φ crête A × le courant. Je vais réécrire mon équation de couple, ce coup-là, en régime permanent. La seule chose qui change, c'est le fait qu'on a un courant continu donc je vais écrire avec une majuscule et puis j'écris mon équation de tension au-dessous. Il y a une chose qui est vraiment caractéristique de moteur courant continu, en fait, c'est que le coefficient de proportionnalité entre le couple et le courant elle-même que celui de la proportionnalité entre la tension induite et puis la vitesse. Le KU φ crête se retrouve dans les deux équations et ça c'est typique du moteur à courant continu.

Notes

Summary





- Tension

$$U = RI + k_u \hat{\phi}_a \Omega$$

- Couple

$$M = k_u \hat{\phi}_a I$$

Les équations caractéristiques du moteur à courant continu à excitation à aimant sont relativement simples. Les principales constatations qu'on peut faire, c'est que la tension induite de mouvement est directement proportionnelle à la tension et le couple directement proportionnel au courant. On trouve des relations qui sont similaires pour le moteur synchrone mais la particularité du moteur à courant continu, c'est que le coefficient de proportionnalité est le même pour la tension induite en fonction de la vitesse que pour le couple en fonction du courant. Maintenant qu'on a les outils nécessaires, on va pouvoir étudier le comportement du moteur dans ses divers modes de fonctionnement lors des prochaines leçons.

Notes

Summary



11m 06s