





Champ tournant **statorique**  $B_s p_s \Omega_s \omega_s$

Champ tournant **rotorique**  $B_r p_r \Omega_r \omega_r$

$$p_r = p_s = p$$

$$\Omega_r = \Omega_s$$

Le couple est proportionnel à  $\sin(p \gamma)$

Bonjour. La dernière fois, nous avons calculé le couple électromagnétique et établi des conditions générales sur les champs tournants pour obtenir un couple mutuel moyen non nul. Aujourd'hui, nous allons voir ce que ça implique sur l'alimentation du stator et du rotor. Ces considérations vont nous permettre d'établir une classification générale des machines électriques. La dernière fois, nous avons vu que pour qu'il y ait un couple, il nous fallait un champ tournant statorique, un champ tournant rotorique et que ces champs tournants aient des propriétés bien particulières, à savoir que leur nombre de paires pôles soit égal et que leur vitesse soit égale. Et on a vu que le couple était proportionnel à une fonction sinus du déphasage électrique de ces deux champs tournants.

Notes

Summary



0m 04s

Vitesse champ tournant

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

Référentiel rotor

$$\Omega'_s = \Omega_s - \Omega$$

Maintenant, ce qui nous intéresse, c'est de savoir quelle est l'influence des fréquences d'alimentation sur les conditions d'obtention du couple. On va regarder quelle est la vitesse du champ tournant, ça, on l'a déjà vu au début du cours, pour le stator, mais c'est aussi valable pour le rotor. La vitesse, c'est proportionnelle à la pulsation de l'alimentation divisée par le nombre de paires de pôles. Si c'est le stator, on doit mettre S ici. Maintenant, on va regarder ce qui se passe au niveau du rotor. Quelles sont les vitesses du champ tournant vu du rotor. Il faut imaginer qu'on va sauter sur le rotor et on regarde ce qui se passe quand on est dans le référentiel rotorique. Dans le référentiel du rotor, notre vitesse du champ tournant statorique, ça va être la vitesse du champ tournant statorique originel à laquelle on va soustraire la vitesse du rotor. Je prends un exemple. Si votre champ tournant tourne à 200 radians par seconde et que votre vitesse du rotor, vitesse du moteur, c'est 150 radians par seconde, au moment où vous êtes assis sur le rotor, vous allez voir un champ tournant statorique dans le référentiel rotorique de 200 radians par seconde moins 150 radians par seconde, c'est égal à 50 radians par seconde.

Notes

Summary



1m 12s

Vitesse champ tournant

$$\Omega_s = \frac{\omega_s}{p}$$

Référentiel rotor

$$\Omega'_s = \Omega_s - \Omega$$

$$\Omega'_r = \Omega'_s = \Omega_s - \Omega$$

$$\omega_r = \Omega'_r p = (\Omega_s - \Omega) p = \left( \frac{\omega_s}{p} - \Omega \right) p$$

$$\omega_r = \omega_s - \Omega p$$

Et on peut faire la même chose pour le champ tournant ou la vitesse du champ tournant rotorique dans le référentiel rotorique. Comme  $\Omega_s$  et  $\Omega_r$  sont les mêmes dans le référentiel statorique et que la vitesse du rotor, c'est la même, on a que la vitesse du champ tournant rotorique dans le référentiel rotorique est égal à la vitesse du champ tournant statorique dans le référentiel statorique. Qu'est-ce que ça a comme influence sur la pulsation ? On reprend notre petite formule ici, sauf que ce coup-là, on va exprimer la pulsation rotorique. C'est égal à la vitesse du champ tournant rotorique, mais dans le référentiel rotorique, parce que notre alimentation rotorique, elle est vraiment dans le référentiel du rotor. Donc il faut bien mettre le prime ici qu'on doit multiplier par le nombre de paires de pôles rotoriques qui est égal au nombre de paires de pôles statoriques. Sinon, on n'a pas de couple. Maintenant, on va remplacer notre  $\Omega_s$  par sa formule en fonction de la pulsation et on obtient la condition sur les pulsations, à savoir que la pulsation du rotor, c'est égal à la pulsation de l'alimentation du stator moins la vitesse angulaire du moteur fois le nombre de paires de pôles.

Notes

Summary



- Champ constant au rotor:  $\omega_r = 0$   
moteur *synchrone*
- Champ constant au stator:  $\omega_s = 0$   
moteur à *courant continu*
- Alimentation alternative au stator et  
au rotor :  $\omega_s \neq 0$   $\omega_r \neq 0$   
moteur *asynchrone*

Maintenant, on a un certain nombre de cas possibles. Le premier cas, c'est qu'on ait un champ constant au niveau du rotor, donc  $\omega_r$  est égal à zéro. Puis dans ce cas-là, on va voir qu'on a un moteur qu'on va appeler synchrone. Les propriétés de notre moteur sont celles d'un moteur dit synchrone. Deuxième cas, on pose que  $\omega_s$  est égal à zéro, donc on va avoir un champ continu constant au niveau du stator et on verra que ça, ça nous donne un moteur à courant continu. Et le dernier cas,  $\omega_s$  est différent de zéro et  $\omega_r$  est différent de zéro également. Ou qu'un champ constant, toutes les alimentations sont à tension alternative et donc on a un moteur asynchrone.

Notes

Summary



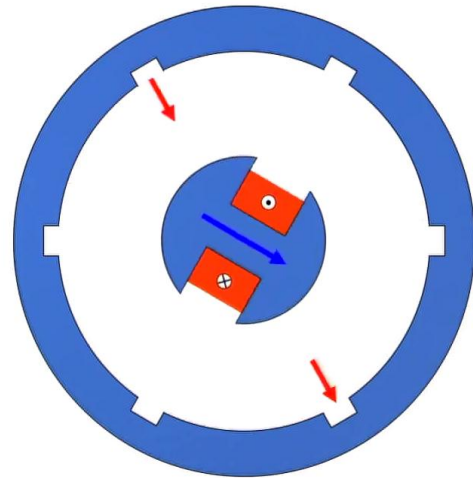
5m 23s

## Moteur synchrone

$$\omega_r = 0$$

$$\Omega_r = \Omega$$

$$\Omega_s = \omega_s / p$$



On va passer ces cas en revue. Le premier cas, c'est le cas où la pulsation rotorique est nulle et on a un moteur synchrone. Qu'est-ce que ça veut dire pulsation rotorique nulle ? Ça veut dire que notre rotor que j'ai dessiné ici de manière extrêmement simplifiée, et avec une seule bobine, est alimenté avec un courant continu. Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que le champ tournant du rotor, il va tourner à la vitesse du rotor lui-même. La vitesse du champ tournant rotorique est égal à la vitesse du rotor. C'est la conséquence. Donc la vitesse du champ tournant statorique va être aussi égale à la vitesse du rotor, puisqu'elle doit être égale à la vitesse du champ tournant rotorique. C'est pour cette raison qu'on appelle ce moteur un moteur synchrone, puisque la vitesse du rotor ou la vitesse du moteur est égale à la vitesse du champ tournant.

Notes

Summary



6m 28s

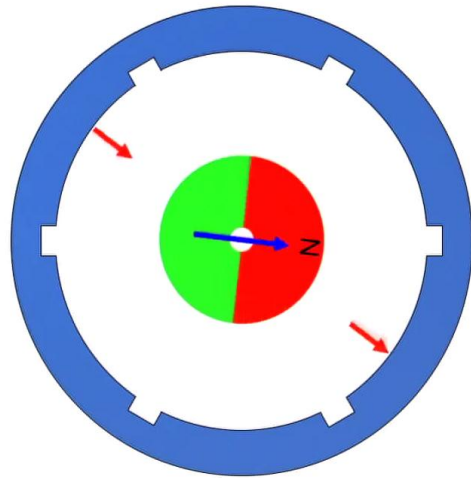
## Moteur synchrone

$$\omega_r = 0$$

$$\Omega_r = \Omega$$

$$\Omega_s = \omega_s / p$$

$$\Omega_s = \Omega$$



Deuxième cas, toujours moteur synchrone. Si on peut créer le champ magnétique rotorique avec une bobine, on peut également le créer avec un aimant, pour autant que le courant qui circule dans la bobine soit continu, ce qui est le cas. Courant continu dans la bobine, on la remplace avantageusement par un aimant. Là également on a un moteur synchrone, donc le rotor va tourner à la vitesse du champ tournant. Voilà pour ce qui est des moteurs synchrones.

Notes

Summary



7m 50s

## Moteur à courant continu

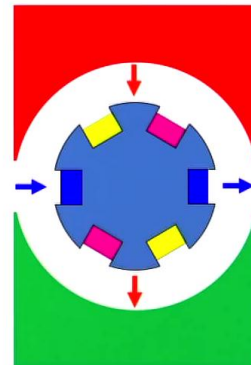
$$\omega_s = 0$$

$$\Omega_s = 0$$

$$\Omega_r = 0$$

$$\omega_r = \omega_s - \Omega p$$

$$\omega_r = -\Omega p$$



Deuxième cas, on a une pulsation statorique nulle. Ça veut dire que notre flux statorique va être constant. Il ne va pas pouvoir bouger puisqu'on a une pulsation statorique nulle. Le champ statorique, il n'est pas tournant, il est fixe. Et je l'ai représenté directement par un aimant, mais on pourrait très bien le faire avec une bobine. Notre vitesse du champ tournant statorique, elle va être nulle. Notre vitesse du champ tournant rotorique, elle va être nulle. Mais on a vu qu'il faudrait peut-être que le champ tournant statorique et le champ tournant rotorique soient déphasés de 90 degrés électriques. Là, on a dans cet exemple deux pôles, donc l'angle électrique ou l'angle mécanique sont les mêmes. Si c'est le cas, si on arrive à maintenir un champ tournant rotorique qui soit à 90 degrés du champ tournant statorique, même si le rotor tourne, on arrive à avoir un moteur qui va tourner. C'est le moteur à courant continu. Quelle est la condition pour que ce champ rotorique ne tourne pas, reste constant malgré le fait que le rotor tourne, on se rappelle de la relation qu'on vient de décrire pour la pulsation rotorique et si on introduit dans cette relation un  $\omega_s=0$ , on se rend compte que notre pulsation rotorique va être calculée de manière à créer un champ tournant rotorique qui va tourner à la vitesse opposée à celle du rotor.

Notes

Summary



8m 32s

## Moteur à courant continu

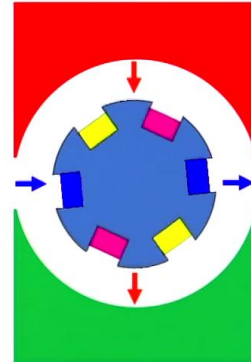
$$\omega_s = 0$$

$$\Omega_s = 0$$

$$\Omega_r = 0$$

$$\omega_r = \omega_s - \Omega p$$

$$\omega_r = -\Omega p$$



✎ ✎ ✎ ✎

Si on regarde ce qui se passe au niveau du rotor, donc je saute sur le rotor et maintenant, je suis assis sur le rotor, donc c'est le reste qui tourne autour de moi. Je suis dans le référentiel rotorique et on se rend compte que si je suis assis sur le rotor, je vois à la fois le champ tournant statorique et le champ tournant rotorique que je crée qui tourne autour de moi de manière synchrone. Le fonctionnement du moteur à courant continu, vu du référentiel rotorique, c'est très apparenté au fonctionnement du moteur synchrone. Bon, je reviens dans le référentiel statorique. On revient dans le référentiel statorique. On a bien notre rotor qui tourne et nos deux champs tournants qui eux ne bougent pas.

Notes

Summary

10m 44s



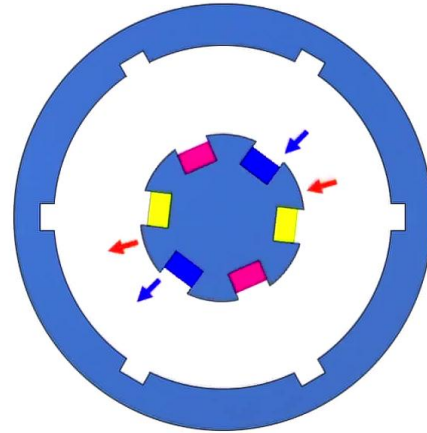
## Moteur asynchrone

$$\omega_s \neq 0$$

$$\omega_r \neq 0$$

$$\Omega \neq \Omega_s$$

$$\omega_r = \omega_s - \Omega p$$



Dernier cas, c'est lorsqu'on a une alimentation alternative à la fois au stator et au rotor. Dans ce cas-là, on doit avoir un système qui est un petit peu plus compliqué. C'est-à-dire que dans ce cas-là, ce n'est pas possible d'avoir une vitesse du rotor qui soit égale à celle du champ tournant. Et on n'a pas non plus une vitesse des champs tournants qui est nulle. On a le cas le plus compliqué où seule notre condition générale s'applique. Du fait que la vitesse du rotor n'est pas celle du champ tournant, on appelle ça un moteur asynchrone.

Notes

Summary



11m 53s



- Couple électromagnétique moyen non-nul si  $\omega_r = \omega_s - \Omega p$
- Source continue au rotor: moteur *synchrone*
- Source continue au stator: moteur à *courant continu*
- Source alternative au stator et au rotor: moteur *asynchrone*

Voilà, on a fait le tour des trois familles de moteurs ou de machines électriques puisqu'il y a aussi des générateurs. Nous sommes dans la dernière vidéo du chapitre consacré aux champs tournants et nous avons traduit la condition d'égalité entre les vitesses des champs tournants statorique et rotorique en une condition sur leur fréquence d'alimentation. Nous avons aussi vu qu'il était possible de classer les machines électriques en fonction de la manière de les alimenter. Si on a un courant continu ou un aimant rotor, c'est un moteur synchrone. Parce que dans ce cas, le rotor tourne à la même vitesse que le champ tournant. Si on a une alimentation continue au stator ou un aimant, c'est un moteur à courant continu dont on verra qu'il peut être alimenté uniquement en courant continu. Et enfin, si on a une alimentation alternative au stator et au rotor, c'est un moteur asynchrone, qui porte ce nom parce que son rotor ne tourne pas à la vitesse du champ tournant. Cette classification conclut la série consacrée aux champs tournants et aux bobinages. La suite, ce sera de rentrer dans les détails de chacune de ces familles de moteurs et c'est ce qui va nous occuper tout au long de ces prochaines semaines.

Notes

Summary



12m 45s