



- Vitesse de l'onde progressive du champ tournant
- Champ tournant avec plusieurs paires de pôles
- Inversion du sens de rotation du champ tournant



Madame, monsieur, bonjour. Dans cette leçon, nous allons voir comment calculer la vitesse de l'onde progressive précédemment calculée. Cette onde magnétique, ce champ tournant, à quelle vitesse tourne-t-il dans notre fer ? Puisque comme nous allons le voir plus tard ce champ tournant va générer l'interaction entre stator et rotor et donc la vitesse du champ tournant va fortement influencer la vitesse de la machine du rotor. Nous allons aussi voir de manière plus générale combien de pôles on peut avoir dans une machine ou comment on calcule alors la vitesse du champ tournant lorsqu'on a plusieurs pôles ou plusieurs paires de pôles dans la machine. Et enfin comment changer de sens dans notre machine comment le champ tournant peut partir dans un sens opposé.

Notes

Summary



0m 04s

$$\hat{H} = \frac{3}{2} \hat{H} \cos \left( \frac{\pi y}{\tau_p} - \omega t \right)$$

$y$  : abscisse curviligne

$y_m$  : maximum du champ tournant à suivre

$$\cos \left( \frac{\pi y_m}{\tau_p} - \omega t \right)$$

$$y_m = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi} \cdot t$$

Tout d'abord le calcul de cette vitesse du champ tournant. Je vous rappelle que notre champ magnétique  $H$  du champ tournant est du fondamental. C'était trois demi de la valeur crête du champ magnétique dans l'entrefer fois un cosinus de  $\pi Y$  sur  $\tau_p$  moins  $\Omega t$ . Comme on le voit et c'est ce qui fait que c'est un champ tournant. On a dans l'argument du cosinus à la fois une composante qui dépend de l'espace c'est l'abscisse curviligne et à la fois du temps c'est le  $\Omega t$  ici donc qui dépend du temps. Maintenant pour calculer cette vitesse. Eh bien on va chercher un point particulier donc  $Y$  comme on l'a dit c'est l'abscisse curviligne et notre maximum de notre champ magnétique de cette onde tournante se déplace. Mais la question c'est à quelle vitesse ? Donc on va noter si vous voulez notre nom  $Y_m$ . La position  $y_m$  ce sera le maximum du champ tournant que nous souhaitons suivre. Donc calculer la vitesse alors notre cosinus c'est maintenant  $\pi Y_m$  sur  $\tau_p$  moins  $\Omega t$ . Comment chercher le maximum de ce point. Eh bien on dit Eh bien on sait que le maximum c'est quand on a l'argument ici du cosinus qui est nul et qui va nous déterminer alors le maximum de cette onde et ceci correspondra donc pour  $y_m$  à  $\Omega$  fois  $\tau_p$  sur  $\pi$  fois le temps.

Notes

Summary



0m 54s

# Vitesse du champ tournant : calcul

$$\hat{H} = \frac{3}{2} \hat{H} \cos \left( \frac{\pi y}{\tau_p} - \omega t \right)$$

$y$  : abscisse curviligne

$y_m$  : maximum du champ tournant à suivre

$$\cos \left( \frac{\pi y_m}{\tau_p} - \omega t \right)$$

$$y_m = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi} \cdot t$$

$$V_m = \frac{dy_m}{dt} = \frac{\omega \cdot \tau_p}{\pi} = 2 \cdot f \cdot \tau_p$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$2 \pi R = 2 \tau_p$$

$$\rightarrow \tau_p = \pi R$$

$$R = \frac{\tau_p}{\pi}$$

$R$  : rayon moyen de l'entrefer

Parfait. Maintenant comment on calcule la vitesse. Alors là c'est plus ou moins trivial. La vitesse de mon  $y$  M. Bien je vais l'écrire. C'est la variation de  $y$  M par rapport au temps et ici c'est trivial. Il nous reste oméga fois  $\tau_p$  sur  $\pi$ . Qu'est ce que c'est que Oméga ? Oméga c'est la pulsation d'alimentation de la phase. Il y a un lien bien connu entre la pulsation et la fréquence Oméga c'est  $2 \pi$  fois la fréquence d'alimentation. Si maintenant je remplace mon Oméga par le  $2 \pi F$  ainsi écrit, j'obtiens deux fois la fréquence fois le pas polaire. Ca c'est la vitesse de mon champ magnétique. Qu'est ce que je sais encore ? je sais encore que dans le calcul du champ tournant on a vu la définition du polaire 1 nord ou 1 sud est ce que nous avons vu que dans le bobinage le plus simple avec 6 encoches et 3 phases lorsqu'on parcourt l'entrefer sur 360 degrés on a parcouru deux pôles un Nord et un Sud en somme lorsque on a fait l'entier de l'entrefer donc deux pieds la circonférence du fer au diamètre de l'entrefer deux pierres. On a alors parcouru deux pôles donc deux  $\tau_p$ . Et en somme on a le lien ici géométrique qui nous dit que  $\tau_p$  c'est donc égal à  $\pi$  fois le rayon ou autrement dit le rayon c'est  $\tau_p$  sur  $\pi$  et  $R$  c'est donc le rayon moyen de l'entrefer. Il nous reste maintenant à calculer la vitesse de rotation.

Notes

Summary



2m 55s

$$\Omega = \text{vitesse de rotation} = \frac{V_m}{r}$$

$$\Omega = \frac{2 f \cdot \frac{2\pi}{p}}{2\pi} = 2 \cdot \pi \cdot f = \omega$$

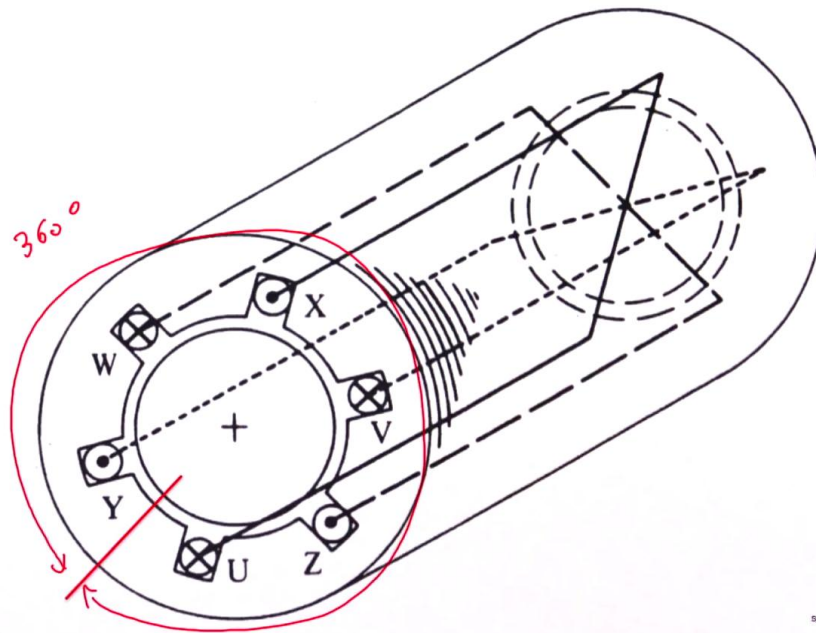
La vitesse de rotation grand Oméga c'est la vitesse que nous avons calculée mais qui est une vitesse tangentielle ou une vitesse curviligne. Donc c'est notre vitesse VM divisée par le rayon. Alors si je remplace maintenant j'obtiens quoi : deux fois la fréquence fois  $2\pi$  fois pi est encore divisée par  $2\pi$  et j'obtiens ainsi, et je vais le mettre en rouge, deux fois la fréquence. Deux fois la fréquence, qu'est ce que c'est ? Nous l'avons calculé précédemment c'est la pulsation. Nous venons donc de découvrir un point fondamental ici de la théorie des machines c'est que le champ tournant à la vitesse du champ tournant Oméga est directement, ici pour une machine avec deux pôles, la pulsation d'alimentation des phases. On a un lien direct entre cette pulsation d'alimentation des phases et la vitesse de rotation du champ tournant. Maintenant cette égalité, comme je l'ai dit avant, est pour deux pôles. on va voir maintenant ce qui se passe lorsqu'on généralise. Une machine peut avoir plus que 6 encoches, peut avoir plus de phases. Nous allons donc voir dans le mode de généraliser ce qui peut arriver.

Notes

Summary



5m 00s



Source : Traité d'électrotechnique Vol IX, Electromécanique, Marcel Jufer, PPUR, 1998

Je reprends pour ce faire le dessin que nous avons précédemment utilisé pour calculer le champ tournant et j'imagine ici et je vous montre lorsqu'on fait un passage dans l'entrefer sur 360 degrés je balaye six encoches et trois phases. C'était ce que nous avons vu dans la théorie. Imaginons maintenant qu'on coupe et puis donc comme dit précédemment on a ici sur tout le tour fait 360 degrés mécaniques. Et pendant tout le tour ici je vois défiler encore une fois mes six encoches alors par exemple U Z V. et je finis par y.

Notes

Summary



6m 32s

U Z V X W Y U Z V X W Y U Z V X W Y

1 période,  $120^\circ$   
1 paire de pôles

1 période,  $120^\circ$   
1 paire de pôles

1 période,  $120^\circ$   
1 paire de pôles

3 paires de pôles

U z v x et je finis par y. Ceci correspond à 360 degrés à tout le tour finalement du stator comme on l'a vu ces 360 degrés. Et comme on l'a vu on balaye une paire de pôles donc un Nord et un Sud. Autrement dit deux pôles un Nord un Sud. Maintenant rien n'empêche d'imaginer que ce stator j'ai beaucoup de place entre U et Z cède la place perdue. Je pourrais serrer ces encoches et en mettre plus. Par exemple je répète la séquence jamais non pas six encoches mais je mets douze encoches et je fabrique une deuxième paire de pôles. Mais bien sûr comme j'ai serré le toutes maintenant ma séquence de y prend 180 degrés. Et mon autre séquence 180 degrés pour fabriquer deux paires de pôles sur 360 degrés. Je pense que vous avez compris maintenant on peut encore serrer un peu plus mettre une troisième séquence à ce moment là j'aurais 120 degrés pour chacune des séquences. Je fabrique trois paires de pôles et je pense que là vous avez compris le principe. On peut donc augmenter ce nombre de séquences autant de fois qu'on le veut ou plutôt autant de fois qu'on le peut. C'est à dire la place qu'on a à disposition pour serrer de plus en plus les encoches.

Notes

Summary



U Z V X W Y

1 période,  $360^\circ$   
1 paire de pôles

$2p = \text{nb de pôles}$

$p = \text{nb de paires de pôles}$

$$\gamma_p = \frac{2\pi n}{2p} = \frac{\pi \cdot n}{p}$$

Vitesse du champ tournant :  $\Omega = \frac{\omega}{p}$

Revenons à juste une chose ici pour définir un élément très important. C'est à dire le nombre de paires de pôles on va définir que deux P c'est le nombre de pôles et P donc est le nombre de paires de pôles. les électriciens à notre tour paient comme étant le nombre de paires de pôles et on précise toujours 2 P pour bien dire Ah attention là je suis en train de parler du nombre de pôles et non plus du nombre de paires de pôles. Donc on doit faire attention et on va toujours utiliser soit P soit 2 P pour être le plus clair possible. Mais maintenant ceci change le calcul géométrique que nous avons fait tout à l'heure au sujet du pas polaire. Le pas polaire Ta p c'est la circonférence le long du stator divisé par, tout à l'heure on voyait un aura un Sud mais maintenant on peut généraliser à dire qu'est ce qu'on voit, on voit le nombre de pôles qu'on a dans la machine en l'occurrence 2 p et donc par définition le montant p change et vaut de manière générale  $\frac{\pi R}{p}$  sur P. Et ceci influe donc sur le calcul qu'on a fait précédemment mais il est maintenant en général donc de manière générale la vitesse du champ tournant donc grand Oméga n'est pas égal à petit Oméga mais un petit Omega égal à pulsation sur P. Et ceci est général donc on voit que plus j'ai de pôles ou de paires de pôles dans la machine et bien plus ma vitesse va diminuer, crée par le champ tournant.

Notes

Summary



8m 50s

# Vitesse du champ tournant : généralisation

$p = 1$	$f = 50 \text{ Hz}$	$\omega = 314$	$\Omega = 3000 \text{ t/min}$
$p = 2$	"	"	1500 t/min
$p = 3$	"	"	1000 t/min
$p = 6$	"	"	500 t/min

Pour ce faire on peut faire un petit exemple pour terminer. Ici on a par exemple pour une paire de pôles qui était le cas particulier qu'on avait calculé et imaginer que en Europe on a donc 50 Hz comme fréquence d'alimentation ce qui donne une pulsation de 314 radians seconde. A ce moment là le calcul de la vitesse du champ tournant est automatique. C'est 3 000 tours par minute. Donc quoi qu'on fasse on voit ici qu'on est lié à la fréquence ce champ tournant est fixe et tourne à une vitesse tout rond de 3000 tours par minute. On voit aussi que aux Etats-Unis et au Canada avec 60 Hz on aura une autre vitesse. Si maintenant j'ai une polarité différente par exemple deux paires de pôles mais je laisse idem ces deux valeurs. J'ai alors ici 1500 tours par minute donc on voit que j'ai la moitié. Si j'ai P égal à 3, on laisse tout ça identique, j'ai 1000 tours par minute et ainsi de suite... On va encore faire par exemple P égal à 6. Et là on a plus que 500 tours par minute. alors on voit bien que on peut diminuer la vitesse. Vous allez me dire mais comment on fait pour l'augmenter on le verra plus tard lorsqu'on étudiera le moteur synchrone ou le moteur asynchrone. Comment faire avec un champ tournant dont la vitesse est finalement réglemantée ou dirigée par la fréquence d'alimentation. Comment peut on faire pour contrôler une vitesse différente du rotor.

Notes

Summary



"normal" :  $\cos \left( \frac{\pi y}{\tau_p} - \omega t \right)$

$$v = \frac{\omega \cdot \tau_p}{1}$$

"permute" :  $\cos \left( \frac{\pi y}{\tau_p} + \omega t \right)$

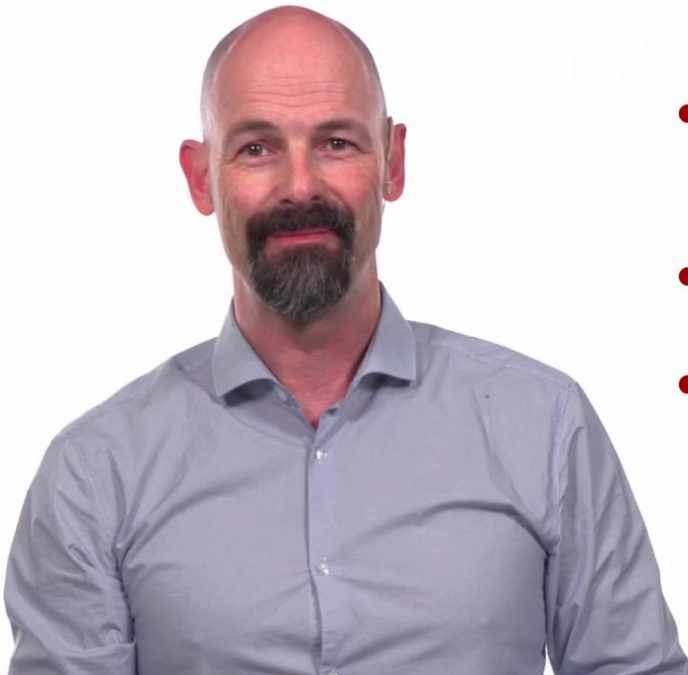
$$v = - \frac{\omega \tau_p}{1}$$

Il nous reste à voir maintenant le sens de rotation. Alors quand on a calculé le champ tournant précédemment que je vais qualifier ici de « Normal », j'avais dans mon cosinus dans mon argument puis y sur ta p moins Omega t ce qui m'avait donné une vitesse de rotation calculée tout à l'heure de Oméga Ta p sur Pi qui était la vitesse curviligne. Maintenant si j'ai un inverse de phase Vous vous souvenez lorsqu'on a fait la somme des trois phases on obtenait 0 pour l'onde rétrograde et le maximum pour l'onde progressive. Et je suis tombé sur Py sur Ta p moins Omega t. Si je permute deux phases, eh bien, dans mon cosinus j'aurais un pi y sur Ta p plus Omega t. Et c'est la seule différence que je vais obtenir mais avec ceci une vitesse moins Oméga Ta p sur y. On voit donc ici que il suffit d'inverser deux des phases sur trois pour que le champ tournant se mette à tourner dans le sens opposé au précédent. Donc on a la possibilité d'inverser simplement le champ tournant et donc plus tard la vitesse du rotor en permutant simplement deux phases.

Notes

Summary





- La vitesse du champ tournant dépend de la fréquence d'alimentation des phases
- Plus la polarité augmente, plus la vitesse du champ tournant diminue
- Pour changer de sens, il suffit de permuter deux phases

Voilà pour conclure, on a vu la vitesse du champ tournant qui dépend de la fréquence d'alimentation elle est liée directement à la fréquence d'alimentation des phases. On avait également que plus la polarité augmente dans un stator avec ses encoches et bien plus la vitesse de rotation du champ tournant va diminuer. Mais ceci nous permet d'utiliser mieux l'espace des encoches que l'on a au stator pour placer plus de cuivre et enfin pour changer de sens, il suffit de permuter deux phases et le champ tournant va dans le sens opposé. Merci.

Notes

Summary



14m 06s