CH.35 : CONVERSION ELECTROMECANIQUE

Plan *(Cliquer sur le titre pour accéder au paragraphe)*

****

CH.35 : CONVERSION ELECTROMECANIQUE 1
I. BILAN DE PUISSANCE DE LA FORCE DE LORENTZ 1
I.1. PUISSANCE MECANIQUE DE LA FORCE DE LAPLACE 1
I.2. PUISSANCE ELECTRIQUE DE LA F.E.M D' INDUCTION 2
I.3. PUISSANCE NULLE DE LA FORCE DE LORENTZ : CONSEQUENCE 2
I.4. CONVERSION ELECTROMECANIQUE ; REVERSIBILITE 2
II. APPLICATION A LA « MACHINE A COURANT CONTINU » 2
II.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT 2
II.2. F.E.M INDUITE ET COUPLE MOTEUR 3
II.3. M.C.C EN FONCTIONNEMENT MOTEUR 4
II.3.1. Mise en équations 4
II.3.2. Régime permanent 4
II.3.3. Régime transitoire 5
III. REALISATION DE CHAMPS MAGNETIQUES TOURNANTS 5
III.1. DISPOSITIF DE PRINCIPE 5
III.2. INTERACTION D'UN MOMENT MAGNETIQUE PERMANENT ET D'UN C.M.T ... 6
III.3. FONCTIONNEMENT EN ALTERNATEUR 7
III.4. FONCTIONNEMENT EN MOTEUR 7
III.4.1. Notion de synchronisme 7
III.4.2. Caractéristiques du moteur synchrone 8
IV. CONCLUSION 9

****

I. BILAN DE PUISSANCE DE LA FORCE DE LORENTZ

I.1. PUISSANCE MECANIQUE DE LA FORCE DE LAPLACE

• On considère un milieu conducteur **neutre** où n est la densité volumique des porteurs **mobiles** de charge q (la densité volumique des charges **fixes** $-q$ est également n).

• Ce conducteur, placé dans un champ magnétique $\vec{B}$, est en mouvement par rapport au référentiel du laboratoire (R) ; nous noterons :

- ♦ $\vec{v}$ = vitesse d'un porteur mobile par rapport à (R)
- ♦ $\vec{v}_1$ = vitesse d'un porteur mobile par rapport à (R_1), lié au conducteur
- ♦ $\vec{v}_e$ = vitesse d'entraînement **locale** de (R_1) par rapport à (R)

• En admettant la loi de composition galiléenne des vitesses, on a :

$\vec{j}_{(R)} = nq(\vec{v}_1 + \vec{v}_e) + n(-q)\vec{v}_e \quad \Rightarrow \quad \boxed{\vec{j}_{(R)} = nq\vec{v}_1 = \vec{j}_{(R_1)} = \vec{j}}$ (indépendant du référentiel)

• La force de Laplace s'exerçant sur le conducteur de volume (V) est : $\vec{F}_{Lap} = \iiint_V (\vec{j} \wedge \vec{B}) d\tau \Rightarrow$

la **puissance mécanique** fournie par la force de Laplace s'exerçant sur le conducteur s'écrit :

$$\boxed{P_m = \iiint_V (\vec{j} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_e d\tau}$$

 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.

I.2. PUISSANCE ELECTRIQUE DE LA F.E.M D' INDUCTION

• Nous savons que le conducteur mobile est le siège d'un champ induit : $\vec{E}_i = \vec{v}_e \wedge \vec{B} \Rightarrow$

sur une portion de conducteur AB, la f.e.m d'induction est de la forme : $\boxed{e = \int_A^B (\vec{v}_e \wedge \vec{B}) \cdot d\vec{l}}$

• Pour un conducteur filiforme, la **puissance électrique** fournie par cette f.e.m s'écrit :

$P_e = e \times i = \int_A^B (\vec{v}_e \wedge \vec{B}) \cdot i d\vec{l}$, avec e et i orientés dans le **même sens**.

La relation précédente se généralise en : $\boxed{P_e = \iiint_V (\vec{v}_e \wedge \vec{B}) \cdot \vec{j} d\tau}$

I.3. PUISSANCE NULLE DE LA FORCE DE LORENTZ : CONSEQUENCE

• Nous savons que la force de Lorentz ne travaille jamais ; dans le référentiel du laboratoire (R), on peut donc écrire : $P_{Lorentz} = 0 = \iiint_V nq[(\vec{v}_1 + \vec{v}_e) \wedge \vec{B}] \cdot (\vec{v}_1 + \vec{v}_e) d\tau$

• En développant la relation précédente, on remarque la nullité des produits mixtes du type $(\vec{v}_1 \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_1$; il vient : $0 = \iiint_V (nq\vec{v}_1 \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_e d\tau + \iiint_V nq(\vec{v}_e \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_1 d\tau \Rightarrow$

$0 = \iiint_V (\vec{j} \wedge \vec{B}) \cdot \vec{v}_e d\tau + \iiint_V (\vec{v}_e \wedge \vec{B}) \cdot \vec{j} d\tau \Rightarrow \boxed{P_m + P_e = 0}$ (puissances **fournies**)

I.4. CONVERSION ELECTROMECANIQUE ; REVERSIBILITE

• La puissance nulle de la force de Lorentz a donc pour conséquence **l'égalité** (en valeur absolue) de la puissance mécanique de la force de Laplace et de la puissance électrique de la f.e.m d'induction : on parle de « **CONVERSION ELECTROMECANIQUE** » parfaite.

• On peut distinguer 2 types de fonctionnement :

♦ **MOTEUR** ($P_m \succ 0$ et $P_e \prec 0$) : une source impose un courant i dans le circuit électrique ; une force de Laplace motrice apparaît : $P_m \succ 0 \Rightarrow P_e = e \times i \prec 0 \Rightarrow e$ et i sont de **signe contraire**, on parle pour e de « force contre-électromotrice ».

♦ **GENERATEUR** ($P_m \prec 0$ et $P_e \succ 0$) : un système mécanique extérieur met en mouvement une partie du circuit électrique (barreaux, rotor…) ; une f.e.m d'induction est générée et, si le circuit électrique est fermé, fait circuler un courant i dans le **même sens** $\Rightarrow$ $P_e = e \times i \succ 0$. L'apparition de i provoque une force de Laplace de puissance $P_m \prec 0$: on parle de « force résistante » ou de « couple résistant ».

• Pour résumer ces 2 possibilités, on dit qu'il y a « **REVERSIBILITE** » de la conversion électromécanique.

II. APPLICATION A LA « MACHINE A COURANT CONTINU »

II.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

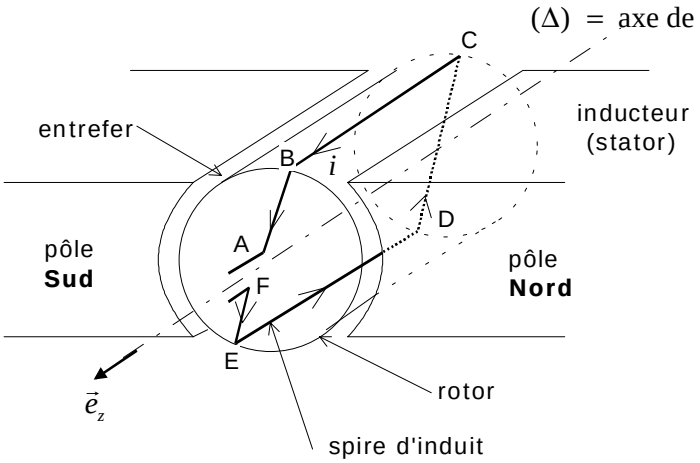
• Un dispositif **INDUCTEUR** (aimants permanents, bobinages…) de forme adéquate permet d'engendrer un champ magnétique $\vec{B}$ **radial** dans l'**entrefer** (= espace entre l'inducteur fixe, ou **STATOR**, et une partie mobile, le **ROTOR**).

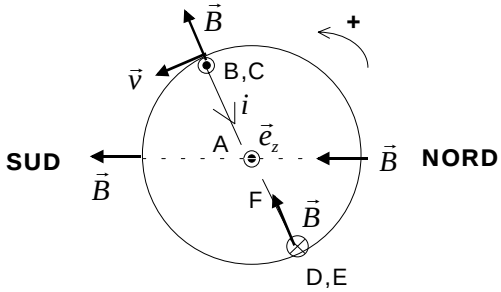
• Dans des « encoches » ménagées à la périphérie du rotor, sont logées des **spires** conductrices raccordées les unes aux autres en série et/ou en parallèle : cet ensemble constitue un **enroulement d'induit**, ou « **INDUIT** » tout court.

© EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.

• Dans un premier temps, nous allons raisonner sur une seule spire, avec les schémas de principe ci-dessous :





Rq : on notera L la longueur $BC = DE$ d'une spire, et $d = BE = CD$ son diamètre ; la vitesse d'un point à la périphérie du rotor sera donc : $\vec{v} = \frac{d}{2}\omega\vec{e}_\theta$, où ω est la vitesse angulaire du rotor.

II.2. F.E.M INDUITE ET COUPLE MOTEUR

• Sur les côtés BE et CD, le champ magnétique est colinéaire au courant ⇒ la force de Laplace y est nulle.

• Sur BC : $\vec{F}_{Lap}(CB) = \int_C^B i\vec{dl} \wedge \vec{B} = iBL\vec{e}_{\theta,B}$

sur ED : $\vec{F}_{Lap}(ED) = \int_E^D i\vec{dl} \wedge \vec{B} = iBL\vec{e}_{\theta,E}$ avec : $\vec{e}_{\theta,E} = -\vec{e}_{\theta,B}$ ⇒ $\boxed{\sum \vec{F}_{Lap} = \vec{0}}$

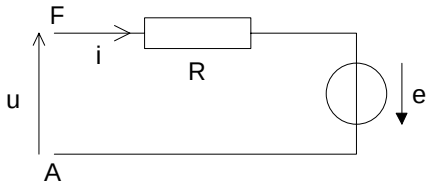
⇒ les actions extérieures agissant sur la spire se résume à un **couple** : $\vec{C} = d\vec{e}_r \wedge iBL\vec{e}_\theta = iBLd\vec{e}_z$

• On remarque que $B \times Ld$ est homogène à un **flux** (en gros, le flux à travers la spire considérée : dans la réalité, c'est un peu plus compliqué car le champ n'est pas partout radial et la spire ne se referme pas par des segments BE et DC parfaitement radiaux) ; on écrira alors :

$\boxed{\vec{C} = \Phi \times i\vec{e}_z \ = \text{"couple moteur"}}$ et : $\boxed{P_m = C \times \omega \ = \text{puissance mécanique fournie}}$

Rq : Φ (en Weber) est la « **constante électromécanique** » de la machine à courant continu.

• Donnons un schéma électrocinétique équivalent de la spire, en négligeant, dans un premier temps, le phénomène d'auto-induction :



Le champ électrique induit $\vec{E}_i$ s'écrit:

$$\vec{E}_i = \vec{v} \wedge \vec{B} = \pm\frac{d}{2}\omega B\vec{e}_z$$

⇒ la circulation de $\vec{E}_i$ sur les côtés BE et DC est nulle ; on a donc :

$e = \int_C^B -\frac{d}{2}\omega B\vec{e}_z \cdot d\vec{l}\vec{e}_z + \int_E^D \frac{d}{2}\omega B\vec{e}_z \cdot (-d\vec{l}\vec{e}_z) = -BLd\omega$ ⇒ $\boxed{e = -\Phi \times \omega}$ (f.e.m induite dans la spire)

et la puissance électrique **fournie** par cette f.e.m : $\boxed{P_e = e \times i = -\Phi \times \omega \times i}$

 © EduKlub S.A.
Tous droits de l'auteur des œuvres réservés. Sauf autorisation, la reproduction ainsi que toute utilisation des œuvres autre que la consultation individuelle et privée sont interdites.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 9 pages.