

LP20 : Conversion de puissance électro-mécanique

Correcteurs : Samuel Boury^{*}, Alain Villaume[†]
leçon présentée par Maxime Martinez

Quelques extraits de rapports de jury

[2011-2012] ‘Dans cette leçon, le plus grand soin dans la définition des orientations et conventions de signe s’impose. Les applications doivent occuper une place significative dans la présentation. Il n’est pas nécessaire de traiter en détail les deux types d’induction.

[2008] Cette leçon nécessite une bonne connaissance des machines présentées et de leurs applications.

[2005] Il ne faut pas confondre force de Lorentz sur un porteur de charge et force de Laplace sur un conducteur. Il ne faut pas limiter les applications au seul haut-parleur.

Commentaires généraux

La leçon est bien présentée et correctement menée, en particulier en ce qui concerne la précision des notations et l’algébrisation, ainsi que les conventions de signes primordiales dans cette leçon. Le plan proposé est cohérent et les notions maîtrisées. Quelques illustrations et ordres de grandeurs auraient pu être ajoutés. Les manip illustratives sont pertinentes, il serait toutefois judicieux d’insister davantage dessus (manip du rail de Laplace : montrer la réversibilité).

Il serait souhaitable de mettre davantage de schéma sur transparents : l’ensemble gagnerait en clarté et dégagera le temps qui a quelque peu manqué ici en fin de leçon pour des discussions plus approfondies sur les machines synchrones et asynchrones.

On peut sans doute aussi gagner du temps en insistant un peu moins sur les sous-parties “bilan de puissance”, qui sont un peu répétitives... On peut ajouter une manip illustrant les champs tournants, mettant en mouvement une petite

aiguille aimantée (partie 2 sur le moteur synchrone). On notera au passage la nécessité de “lancer” l’aiguille au démarrage.

Il est sans doute également souhaitable d’indiquer dès le début pourquoi on réalise des conversions électro-mécaniques (EM) : on récupère un travail venant d’une source d’énergie, on convertit en électricité pour le transport, et on reconvertit à la fin en travail mécanique pour l’utilisateur final.

Les moteurs asynchrones n’ont pas été abordés : ils peuvent l’être bien sûr dans cette leçon.

Enfin, il serait intéressant de mettre en perspective la leçon dès l’introduction en insistant sur la généralité des moteurs (par exemple dire qu’il y a de 10 à 100 moteurs électriques divers et variés dans une voiture), et en donnant davantage d’ordres de grandeur de puissance, rendement, courants limites, etc... qui mettent en avant l’aspect « techno ».

Leçon présentée

I Principe de la conversion EM

1 Mise en évidence expérimentale

La manip classique du rail de Laplace est adéquate. Elle a par-contre été sous exploitée. Il faut ici montrer les deux utilisations possibles : moteur linéaire et générateur, d’autant plus que cela semblait parfaitement visualisable.

Sur le schéma fait au tableau, bien penser à indiquer le vecteur \vec{dl} .

2 Démonstration générale

Sous partie intéressante et fort bien menée, le message essentiel (puissance induite = opposée de la puissance des forces de Laplace) est pertinemment développé.

^{*}samuel.boury@ens-lyon.fr

[†]alain_villaume@yahoo.fr

3 Retour sur l'expérience

Sous partie convaincante. On peut invoquer la loi de Lenz (admise en prérequis dans cette LP) pour justifier le signe du terme qui vient "s'ajouter" dans l'équation mécanique.

Dans cette sous partie sur les rails de Laplace, il est pas utile de refaire quatre fois le bilan de puissance (même s'ils étaient bien faits). Il faut aussi préciser que le bilan "puissance mécanique = puissance induction" constitue le bilan auxiliaire (sans pertes).

II Machine à courant continu (MCC)

Partie globalement réussie. Il manque toutefois une discussion sur le couple et son évolution en fonction de la vitesse angulaire du moteur : ceci est partie intégrante de la leçon, une étude détaillée est à mon avis attendue, soit ici soit sur une autre machine.

De plus, il existe dans la collection une grosse machine à courant continu ouverte qui permet de bien voir le rotor et le stator, ainsi que toutes les subtilités qui y sont liées.

1 Principe de fonctionnement

Comme indiqué en introduction, il aurait été judicieux d'avoir un transparent pour le schéma utilisé : on évite des oublis et on gagne du temps.

Il est en tout cas nécessaire de faire le schéma du circuit électrique et du circuit magnétique qui sont fermés tous les deux, et de préciser les équations de fonctionnement.

Attention par ailleurs à bien définir la ligne neutre, si on en parle, comme l'axe d'antisymétrie du champ magnétique.

Le rôle des balais est bien discuté. Il aurait été judicieux ici de donner quelques ordres de grandeurs typiques (champ magnétique, vitesse de rotation, couples, puissance utile) pour des moteurs courants (essuies glace, mixeur, moteur de machine à laver) : on en trouve - cf biblio - dans le Niard ("machines électriques" ou la Collection Hebert ("machines électriques et électronique de puissance"). Il me semble qu'il y a aussi quelques ordres de grandeurs dans le Delacressonniere de PSI.

2 Bilan de puissance

La notion de flux coupé est bien indiquée, les schémas illustratifs de conservation de la puissance sont clairs, que ce soit en mode récepteur ou en mode générateur. Ici aussi il aurait été intéressant de donner divers ordres de grandeurs (pertes fer/ cuivres etc).

3 Remarques techniques

Il aurait été intéressant de développer un peu plus les points positifs (vitesse facilement contrôlable(et surtout négatifs (entretien difficile) en insistant sur l'usure des balais, communément appelés "charbons"... pourquoi d'ailleurs ne pas en montrer, en disant c'est ce que j'avais dans mon petit train électrique... ?

III Moteur synchrone

Même remarque que sur la partie MCC : une discussion sur le couple moteur en fonction de la vitesse angulaire st souhaitable.

1 Champ tournant

Insister en transition sur le fait qu'utiliser les champs tournants va nous permettre de nous passer des balais, qui ont une durée de vie limitée.

Comme indiqué en intro de ce rapport, il serait judicieux de placer ici une manip illustrative avec une aiguille aimantée qui tourne sous l'action du champ tournant, après impulsion initiale.

2 Principe de fonctionnement

Explications claires, on aurait pu ici s'appuyer sur des transparents pour gagner un peu de temps.

La condition d'isochronisme est bien dégagée : insister sur le fait que comme ans la manip il faut "lancer" le moteur, par exemple avec une MCC annexe, et discuter du phénomène de décrochage.

3 Bilan de puissance

A peine abordée faute de temps.

Questions et compléments divers

Pourquoi utilise-t-on plutôt du triphasé pour les champs tournants ? Historiquement, il était difficile de transporter un fort ampérage sur une seule phase : jusqu'aux années 90, les installations domestiques à fort ampérage, type carrelages chauffants fonctionnaient en triphasé.

Qu'est-ce qu'un moteur asynchrone ? C'est une machine électrique à courant alternatif sans connexion entre le stator et le rotor.

Quels autres exemples de conversion EM connaissez-vous ? Le haut-parleur et les piézo-électriques.

Bibliographie proposée

HP PSI (ancienne version)
Physique PSI Dunod, Sanz
Machines électrique, J. Niard - pour les ODG
Électronique et conversion de puissance : 2e
année PSI Delacressonniere chez Tec et Doc
Machines électrique et électronique de puissance
de la Collection HEBERT