

CONVERSION DE PUISSANCE

Capacités exigibles à rédiger

1. Milieux ferromagnétiques dans l'ARQS magnétique

- (1) Définir le champ d'aimantation d'un milieu magnétique. Associer à une distribution d'aimantation une densité de courants liés équivalente $\vec{j}_{lié} = \overline{\text{rot}}\vec{M}$ (relation admise). Définir l'excitation magnétique \vec{H} et écrire l'équation de Maxwell-Ampère dans un milieu magnétique. En déduire qualitativement que les sources de \vec{H} sont les courants électriques libres, et que les sources de \vec{B} sont les courants électriques libres et l'aimantation.
- (2) Représenter l'allure des cycles d'hystérésis (H, M) et (H, B) d'un milieu ferromagnétique. Distinguer milieu dur et milieu doux, citer des exemples.
- (3) Modéliser un milieu doux par une relation constitutive linéaire. Définir la perméabilité relative et donner un ordre de grandeur.
- (4) Établir l'expression de l'inductance propre de la bobine à noyau, vérifier l'expression de l'énergie magnétique $E_{mag} = \iiint \frac{B^2}{2\mu_0\mu_r} d\tau$.
- (5) Décrire l'allure des lignes de champ dans un circuit magnétique sachant que les lignes de champ sortent orthogonalement à l'interface dans un entrefer. En appliquant le théorème d'Ampère et la conservation du flux magnétique, exprimer le champ magnétique produit dans l'entrefer d'un électroaimant.
- (6) Connaître le montage expérimental permettant de tracer le cycle d'hystérésis d'un noyau ferromagnétique torique.

2. Puissance électrique en régime sinusoïdal

- (7) Définir le facteur de puissance, faire le lien avec la représentation des tensions et des courants sur un diagramme de Fresnel. Citer et exploiter la relation $P = U_{eff} I_{eff} \cos \varphi$. Citer et exploiter les relations $P = \Re(\underline{Z}) I_{eff}^2$ et $P = \Re(\underline{Y}) U_{eff}^2$. Justifier qu'un dipôle purement réactif n'absorbe aucune puissance en moyenne. Expliquer l'avantage d'un facteur de puissance élevé.

3. Le transformateur

- (8) Citer les hypothèses du transformateur idéal. Établir les lois de transformation des tensions et des courants du transformateur idéal, en respectant l'algébrisation associée aux bornes homologues. Relier le transfert instantané et parfait de puissance à une absence de pertes et à un stockage nul de l'énergie électromagnétique.
- (9) Expliquer le rôle du transformateur pour l'isolement. Établir le transfert d'impédance entre le primaire et le secondaire. Expliquer l'intérêt du transport de l'énergie électrique à haute tension afin de réduire les pertes en ligne.
- (10) Citer les pertes cuivre, les pertes fer par courant de Foucault et par hystérésis. Décrire des solutions permettant de réduire ces pertes. Mettre en œuvre un transformateur et étudier son rendement sur charge résistive.

4. Conversion électronique

- (11) Citer des exemples illustrant la nécessité d'une conversion de puissance électrique. Décrire l'architecture générale d'un convertisseur électronique de puissance : générateur, récepteur, processeur de puissance utilisant des interrupteurs électroniques, commande des fonctions de commutation.
- (12) Définir les notions de sources de courant et de tension. Expliquer le rôle des condensateurs et des bobines comme éléments de stockage d'énergie assurant le lissage de la tension ou de l'intensité à haute fréquence.
- (13) Caractériser les sources par leur réversibilité en tension, en intensité, en puissance. Citer des exemples. Citer les règles d'interconnexions entre les sources.
- (14) Expliquer le fonctionnement d'une cellule élémentaire à deux interrupteurs assurant le transfert d'énergie entre une source de courant et une source de tension.
- (15) Décrire la caractéristique idéale courant-tension de la diode. Décrire la caractéristique idéale courant-tension du transistor.
- (16) Capacité commune à tous les convertisseurs électroniques : tracer des chronogrammes, exploiter le fait que la moyenne d'une dérivée est nulle en régime périodique établi, calculer des moyennes de fonctions affines par morceaux, utiliser un bilan de puissance moyenne pour établir des relations entre les tensions et les intensités.
- (17) Hacheur série : justifier le choix des fonctions de commutation assurant l'alimentation d'un moteur à courant continu à partir d'un générateur idéal de tension continue. Exprimer les valeurs moyennes des signaux. Calculer l'ondulation en intensité dans l'approximation d'un hachage haute fréquence réalisant une intensité affine par morceaux.

(18) Onduleur : décrire la structure en pont à quatre interrupteurs et les séquences de commutation permises. Etudier, pour un générateur de tension continue et une charge (r, L) , la réalisation d'une intensité quasi-sinusoidale par modulation de largeur d'impulsion.

5. Conversion électro – magnéto – mécanique

(19) Exprimer l'énergie magnétique d'un enroulement enlaçant un circuit magnétique présentant un entrefer variable. Calculer la force électromagnétique s'exerçant sur une partie mobile en translation en appliquant l'expression fournie $F = + \left(\frac{\partial E}{\partial x} \right)_i$. Sur l'exemple du relais, expliquer le fonctionnement d'un contacteur électromagnétique.

(20) Décrire la structure d'un moteur synchrone diphasé et bipolaire : rotor, stator, induit, inducteur.

(21) Pour une machine de perméabilité infinie à entrefer constant, exprimer le champ magnétique dans l'entrefer généré par une spire passant dans deux encoches opposées. Expliquer qualitativement comment obtenir un champ dont la dépendance angulaire est sinusoidale dans l'entrefer en associant plusieurs spires décalées.

(22) Justifier l'existence d'un champ glissant statorique lorsque les deux phases sont alimentées en quadrature. Justifier l'existence d'un champ glissant rotorique associé à la rotation de l'inducteur.

(23) Exprimer l'énergie magnétique totale stockée dans l'entrefer en fonction de la position angulaire du rotor. Calculer le moment électromagnétique s'exerçant sur le rotor en exploitant l'expression fournie $\Gamma = \frac{\partial E}{\partial \theta}$. Justifier la condition de synchronisme entre le champ statorique et le champ rotorique afin d'obtenir un moment moyen non nul.

(24) Discuter qualitativement la stabilité du système en fonction du déphasage entre les deux champs glissants. Identifier la difficulté du démarrage d'un moteur synchrone, décrire qualitativement le principe de l'autopilotage.

(25) En admettant les expressions des coefficients d'inductance, établir les équations électriques vérifiées par les phases de l'induit et donner les représentations de Fresnel associées. À l'aide d'un bilan énergétique où seules les pertes cuivre sont envisagées, justifier l'égalité entre la puissance électrique absorbée par les fcm et la puissance mécanique fournie.

(26) Décrire les conditions d'utilisation de la machine synchrone en alternateur.

(27) Citer des exemples d'application de la machine synchrone.

(28) Décrire la structure d'un moteur à courant continu bipolaire à excitation séparée : rotor, stator, induit, inducteur. Par analogie avec le moteur synchrone, expliquer que le collecteur établit le synchronisme entre le champ statorique stationnaire et le champ rotorique quelle que soit la position angulaire du rotor.

(29) Citer l'expression du moment du couple $\Gamma = \Phi i$, établir l'expression de la fcm induite $e = \Phi \Omega$ par un argument de conservation énergétique.

- (30) Décrire qualitativement les pertes existant dans une machine réelle : pertes cuivre, pertes fer, pertes mécaniques. Établir les équations électrique et mécanique. Tracer la caractéristique (Ω, Γ) à tension d'induit constante. Analyser le démarrage d'un moteur entraînant une charge mécanique exerçant un moment $-f\Omega$.
- (31) Décrire les conditions d'utilisation de la machine à courant continu en génératrice. Choisir des conventions d'orientation adaptées.
- (32) Citer des exemples d'application de la machine à courant continu.