Programme de Colle PSI

Semaine 14 : du 8 au 12 janvier

Tout exercice sur la conversion statique de puissance. Tout exercice de SUP sur la propagation d'onde. A partir de mercredi, on pourra proposer des exercices simples sur la vibration transverse d'une corde (équation de d'Alembert et formes des solutions).

La partie « **Conversion électronique statique** » aborde la conversion électronique statique de puissance principalement sur l'exemple du hacheur série. Il ne s'agit pas de traiter un cours exhaustif sur les convertisseurs en multipliant les exemples de circuits, l'état d'esprit de cet enseignement doit permettre de réinvestir les capacités pour étudier modestement d'autres montages (redresseur, onduleur). On ne décrit pas le circuit de commande d'un transistor.

Notions et contenus	**Capacités exigibles**
5.4. Conversion électronique statique	
Formes continue et alternative de la puissance électrique.	Citer des exemples illustrant la nécessité d'une conversion de puissance électrique.
Structure d'un convertisseur.	Décrire l'architecture générale d'un convertisseur électronique de puissance : générateur, récepteur, processeur de puissance utilisant des interrupteurs électroniques, commande des fonctions de commutation.
Fonction de commutation spontanée.	Décrire la caractéristique idéale courant-tension de la diode.
Fonction de commutation commandée.	Décrire la caractéristique idéale courant-tension du transistor.
Sources.	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.
Réversibilité.	Caractériser les sources par leur réversibilité en tension, en intensité, en puissance et citer des exemples.

Interconnexion.	Citer les règles d'interconnexions entre les sources.
Cellule de commutation élémentaire.	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.
Hacheur.	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. Justifier le choix des fonctions de commutation pour un hacheur série 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.
Onduleur.	Décrire la structure en pont à quatre interrupteurs et les séquences de commutation permises. Étudier, pour un générateur de tension continue et une charge (R,L), la réalisation d'une intensité quasi-sinusoïdale par modulation de largeur d'impulsion.
Convertisseur statique.	**Mettre en œuvre un convertisseur statique.**

Le programme de physique des ondes s'inscrit dans le prolongement de la partie « **Propagation d'un signal** » du thème « **Ondes et signaux** » du programme de PCSI, où des propriétés unificatrices (interférences, battements, ondes stationnaires…) ont été abordées en s'appuyant sur une approche expérimentale et sans référence à une équation d'onde. Il s'agit désormais de mettre en place l'équation d'onde de d'Alembert, à une ou trois dimensions, sur des systèmes mécaniques ou électromagnétiques. On aborde ensuite l'étude de la dispersion et de l'absorption associées à des phénomènes de propagation régis par des équations aux dérivées partielles linéaires à coefficients constants. Enfin, la propagation d'ondes dans des milieux différents conduit naturellement à étudier la réflexion et la transmission d'ondes à une interface.

La partie « **Phénomènes de propagation non dispersifs : équation de d'Alembert** » est consacrée à l'étude de phénomènes ondulatoires non dispersifs. L'équation de d'Alembert unidimensionnelle est d'abord établie en étudiant une partie infinitésimale de corde ou de câble coaxial. On se contente de vérifier que les superpositions de fonctions du type $f(x-ct)$ et $g(x+ct)$ sont solutions de l'équation de d'Alembert à une dimension.
Dans un deuxième temps, on étudie les ondes sonores puis les ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'espace physique de dimension trois.
L'équation de propagation des ondes sonores est établie dans le cadre de l'approximation acoustique avec une approche locale.
Le choix a été fait ici de privilégier les solutions harmoniques dans la résolution de l'équation de d'Alembert, pour leur universalité comme solutions adaptées aux équations d'ondes linéaires.

Notions et contenus	Capacités exigibles
6.1. Phénomènes de propagation non dispersifs : équation de d'Alembert	
6.1.1. Propagation unidimensionnelle	
Ondes transversales sur une corde vibrante.	Établir l'équation d'onde dans le cas d'une corde infiniment souple dans l'approximation des petits mouvements transverses.
Équation de d'Alembert. Onde progressive. Onde stationnaire.	Identifier une équation de d'Alembert. Exprimer la célérité en fonction des paramètres du milieu. Citer des exemples de solutions de l'équation de d'Alembert unidimensionnelle.
Ondes progressives harmoniques.	Établir la relation de dispersion à partir de l'équation de d'Alembert. Utiliser la notation complexe. Définir le vecteur d'onde, la vitesse de phase.
Ondes stationnaires harmoniques.	Décomposer une onde stationnaire en ondes progressives, une onde progressive en ondes stationnaires.
Conditions aux limites.	Justifier et exploiter des conditions aux limites.
Régime libre : modes propres d'une corde vibrante fixée à ses deux extrémités.	Définir et décrire les modes propres. Construire une solution quelconque par superposition de modes propres.
Régime forcé : corde de Melde.	Associer mode propre et résonance en régime forcé.

I Questions de cours à choisir parmi celles-ci

Conversion électronique statique de puissance

1. Qu'appelle-t-on un dipôle type source de tension ? un dipôle type source de courant ? Comment fait-on pour qu'un dipôle quelconque devienne un dipôle type source de tension (respectivement de courant) ?

   Que signifie qu'une source est réversible en tension ? en courant ? en puissance ? Donner dans chaque cas des exemples de sources réversibles et irréversibles en tension/courant/puissance.
2. Montrer qu'il n'est pas possible d'associer deux sources idéales de tension ou deux sources idéales de courant. Conclure.

   Montrer que la cellule de commutation élémentaire est nécessairement constituée de deux interrupteurs au minimum.
3. Introduire la schématisation électrique ainsi que la caractéristique statique courant-tension de la diode idéale et du transistor idéal. Expliquer les raisons qui mènent à utiliser, dans ces convertisseurs des transistors plutôt que des interrupteurs mécaniques comme des relais.
4. Présenter le fonctionnement du hacheur série en supposant des dipôles type sources **idéales** de tension et de courant. On introduira le rapport cyclique et on présentera :

   — l'état des interrupteurs dans chaque phase ;

   — les chronogrammes des tensions et intensités ;

- le choix des interrupteur (diode ou transistor) ;
- les valeurs moyennes de chaque grandeur ;
- un bilan de puissance de la conversion et son rendement.

5. Présenter le fonctionnement du hacheur série en supposant un générateur en dipôle type source de tension idéale et un récepteur constitué d'une MCC en série avec une inductance de lissage. On supposera que l'inertie mécanique est suffisamment élevée pour pouvoir supposer ω constante et que la modulation de courant est suffisamment faible pour pouvoir supposer Γ_{em} constant. On présentera alors :
   - l'état des interrupteurs dans chaque phase ;
   - l'expression du courant i_S à travers la MCC. On introduire I_m et I_M (valeur minimale et maximale de i_s) sans chercher à les calculer dans un premier temps ;
   - les chronogrammes des tensions et intensités ;
   - l'expression de la modulation en courant $\Delta i_s = I_M - I_m$;
   - les valeurs moyennes de chaque grandeur (on exprimera la moyenne de i_s en fonction du couple électromagnétique de la MCC) ;
   - un bilan de puissance de la conversion et son rendement.
6. Principe et intérêt de l'onduleur. Présentation de la structure générale pour une source idéale de tension alimentant une charge (R, L). Expression des courants en admettant, sans démonstration, que le courant varie entre $-I$ et $+I$ (intensité que l'on ne cherchera pas à calculer). Tracer les chronogrammes (en les justifiant) des tensions et intensités aux bornes du générateur et de la charge. Préciser, en le justifiant, la constitution de chaque interrupteur.

   Expliquer brièvement le principe de la modulation de largeur d'impulsion. Vous expliquerez l'importance d'une fréquence de hachage élevée devant les fréquences caractérsitiques du signal à reproduire. Aucun calcul n'est attendu.

Phénomènes de propagation - équation de d'Alembert

1. Montrer que la propagation d'une perturbation transverse le long d'une corde vibrante est régie par une équation de d'Alembert. On introduira c une vitesse que l'on exprimera en fonction des grandeurs pertinentes du problème.
2. Montrer que les ondes progressives $F(x - ct)$ et $G(x + ct)$ sont solutions de l'équation de d'Alembert.
3. Montrer qu'une OPPH est solution de l'équation de d'Alembert à condition que ω et k soient solution d'une équation que l'on déterminera. Nommer cette équation. Définir la vitesse de phase et la calculer dans le cas de l'équation de d'Alembert.
4. Considérons la corde attachée en $x = 0$. En supposant une OPPH provenant de $x = +\infty$ se propageant selon $-\overrightarrow{u_x}$ et en admettant que le point d'attache est à l'origine d'une OPPH réfléchie, donner la forme de l'onde résultante. Comment appelle-t-on cette forme d'onde ?
5. Montrer qu'une OPPH peut s'écrire comme la somme de deux OSH (ondes stationnaires harmoniques). Montrer qu'une OSH peut s'écrire comme la somme de deux OPPH. Déterminer la position des nœuds et des ventres.

   Dans quelle situation est-il préférable de choisir le formalisme OPPH ? Dans quelle situation est-il préférable de choisir le formalisme OSH ?
6. Qu'appelle-t-on cavité résonante ? Dans le cas d'une corde attachée à ses deux extrémités, montrer que seuls certains modes peuvent exister. On déterminera leur fréquence et on tracera, en le justifiant, l'amplitude $A(x)$ des trois premiers modes.

Programme spécifique 5/2

Toute la partie « Ondes » de SUP.

Questions de cours possibles :

1. Application directe du cours TD 10 (nombre de questions au choix du colleur) :
   - Soit $f(t)$ la fonction modélisant le signal en $x = 0$. Donner l'expression du signal en $M(x)$ ($x > 0$) en considérant une onde qui se propage vers les x croissants de O à M à la célérité c.
   - Soit $f(t)$ la fonction modélisant le signal en $x = 0$. Donner l'expression du signal en $M(x)$ ($x < 0$) en considérant une onde qui se propage vers les x décroissants de O à M à la célérité c.
   - Soit $g(x)$ la fonction donnant à la date $t = 0$ la valeur d'une grandeur physique en fonction de l'abscisse x du point d'observation. Donner l'expression de cette grandeur en fonction de x à la date t en considérant une onde se propageant vers les x décroissants à la célérité c.
   - Une onde progressive sinusoïdale d'amplitude A_0 et de longueur d'onde λ se propage dans le sens des x décroissants à la célérité c. La phase à $t = 0$ au point A d'abscisse $x_A = \lambda/4$ est nulle. Donner l'expression de la fonction $s(x, t)$ en fonction de A_0, λ, c, x et t. Quel est le déphasage entre A et l'origine O du repère ?
   - Une onde sinusoïdale se propage dans la direction de l'axe (Ox) dans le sens négatif avec la célérité c. On donne :

     $$s_2(0, t) = A\sin(\omega t)$$

     Déterminer l'expression de $s_2(x, t)$. Représenter graphiquement $s_2(\lambda/4, t)$ et $s_2(\lambda/2, t)$ en fonction de t.
2. Rappeler, dans le cas de deux ondes de même amplitude S_0 la formule de Fresnel. L'écrire en fonction du déphasage $\Delta\Phi(M)$. Exprimer les valeurs de $\Delta\Phi(M)$ correspondant à des interférences constructives/destrcutives.
3. Dans le cas d'interférences à l'infini, montrer que la différence de marche δ peut s'exprimer sous la forme

   $$\delta = \frac{ay}{D}$$

   A quelle condition sur y a-t-on des interférences destructives/constructives.
4. Définir l'interfrange et donner sa valeur dans le cas d'interférences à l'infini sachant que la différence de marche s'écrit

   $$\delta = \frac{ay}{D}$$