

Sciences physiques

Physique

Commande d'une machine à courant continu et portraits de phase

Une épreuve spécifiquement PSI, longue mais bien maîtrisée par les candidats possédant bien leur programme d'électronique et l'électrotechnique, sachant réaliser de façon soignée et efficace des calculs simples (sans dédaigner les applications numériques) et proposer une interprétation réaliste des résultats.

Deux remarques générales :

1 - Les portraits de phase

Ils font partie du programme dès la première année, mais ils semblent peu familiers. Leur définition est utilement rappelée dans l'énoncé à un aspect près : un portrait de phase est une courbe orientée par le sens de variation du paramètre temps. Cette orientation est très peu souvent présente.

Les tracés demandés sont ceux de courbes planes paramétrées simples (droites, paraboles...). Ils mettent beaucoup de candidats en grande difficulté devant ces considérations géométriques de base.

L'abscisse $x(t)$ est obtenue par intégration de l'ordonnée $v(t)$: la constante d'intégration est généralement oubliée. L'origine du portrait de phase ne préoccupe pas la plupart des candidats.

2 - Les transformées de Laplace

L'utilisation des transformées de Laplace s'avère désastreuse pour certains candidats alors que ceux qui ont utilisé les méthodes classiques du programme de physique arrivent beaucoup plus sûrement au résultat. La conclusion s'impose : les candidats ne doivent utiliser les transformées de Laplace que s'ils maîtrisent bien la méthode.

Commentaires par question :

I - Modélisation

I-A - Machine à courant continu : la convention récepteur est généralement connue.

I-B - Le régime général est parfois (longuement) étudié alors que seul le régime permanent est demandé (et nécessaire).

I-C - La définition du rendement du moteur est très souvent absente.

I-D,E - Les équations mécanique et électrique du moteur sont généralement connues.

II - Commande en boucle ouverte

II-A,B - La détermination de la vitesse limite n'est pas nécessaire pour traiter la question II-A, mais seulement pour la question II-B.

II-C - Pour le portrait de phase de la commande en tension l'asymptote est souvent indiquée mais la tangente à l'origine n'est jamais précisée sauf par un tracé point par point assez rare. Pour le portrait de phase de la commande en courant, la nature parabolique de la courbe n'est généralement pas reconnue. La limite infinie de la vitesse devrait interpeller les candidats : un commentaire sur les limites du modèle s'impose.

II-D - Il ne suffit pas d'affirmer - même s'il se trouve que cela soit vrai — qu'une distance caractéristique du mouvement (le produit de la constante de temps par la vitesse initiale) est égale à la distance d'arrêt. Une démonstration, par ailleurs très simple, est nécessaire.

Il convenait de s'assurer que les valeurs numériques proposées permettaient effectivement de négliger les frottements fluides.

La comparaison de l'efficacité des trois méthodes de ralentissement est simple lorsque les valeurs numériques ont été obtenues. Il convenait surtout de remarquer que la troisième méthode, la plus efficace, nécessite une commande très adaptée sinon le mobile repart dans l'autre sens.

III - Étude en chaîne bouclée

III-A - Peu de candidats indiquent la nécessité d'un capteur de position pour convertir la position en tension.

III-B - L'équation d'une chaîne bouclée est bien maîtrisée mais la mise en œuvre du changement de variable indiqué par l'énoncé est souvent fautive.

L'intérêt de l'utilisation des coordonnées réduites est très médiocrement souligné : les candidats ne retiennent le plus souvent que la simplicité des équations réduites. Rappelons brièvement l'intérêt de cette écriture : les grandeurs et coefficients qui interviennent sont adimensionnés et donc indépendants des unités utilisées. Une même équation permet donc de représenter (et de comparer) des

phénomènes de grandeur et/ou de natures différentes. Intérêt annexe (mais non négligeable) : les représentations graphiques ne posent plus de problème d'échelle ce qui facilite en particulier les traitements numériques sur ordinateur.

III-C - Quelques candidats ont été surpris par la technique graphique utilisée pour tracer les portraits de phase, mais la plupart d'entre eux savent distinguer les différents régimes libres des systèmes du deuxième ordre. Par contre la réponse indicielle (un échelon unitaire) est assez rarement qualifiée.

IV - Commande en courant

IV-A - Le cycle formé de deux demi-cycles paraboliques symétriques est rarement identifié et donc la suite de la question rarement abordée. L'analyse énergétique est donc quasi absente, en particulier le fonctionnement de la machine à courant continu en génératrice assistée n'est pas identifié.

IV-B - Le partage du plan par le signe d'un polynôme du premier degré est généralement obtenu mais bien sûr il fallait avoir compris la question précédente pour traiter complètement celle-ci. La "symétrie" des arcs paraboliques successifs n'est pas évoquée.

IV-C - La recherche de la trajectoire optimale est grandement facilitée par la symétrie évoquée ci-dessus.

IV-D,E - Lorsque les étapes précédentes ont été comprises (ce qui est rare), l'introduction d'un seuil est sans difficultés.

IV-F - Les candidats retrouvent ici une situation électronique qui leur est beaucoup plus familière. Cette question est donc souvent abordée et avec réussite. Quelques conseils cependant :

- un intégrateur est généralement amplificateur car la relation $y = A \int x dt$ fait généralement intervenir un "gain" A dimensionné (sauf si $[y] = [x][t]$).
- L'amplificateur opérationnel A_3 fonctionne bien en régime linéaire tant qu'il n'est pas saturé !
- L'intérêt de la boucle IV-F5 n'apparaît bien sûr que lorsque les équations de bases du problème ont été comprises.

V - Classification des systèmes auto-oscillants

Cette partie, indépendante des autres, utilise encore les portraits de phase.

V-A - Il convenait de souligner le caractère non linéaire du comportement de l'amplificateur opérationnel. La valeur zéro pour $\varepsilon = v_+ - v_-$ nécessaire au raisonnement doit être utilisée par référence au basculement de la sortie de l'amplificateur opérationnel.

Les signaux x, y et le portrait de phase sont assez souvent obtenus, montrant que cette question de cours est plutôt bien connue.

V-B1 - La valeur de la discontinuité de i en $v = \pm S$ est rarement indiquée ($\Delta i = 2S/R_0$). Le tracé de la caractéristique du DNL est un très bon moyen de mettre cette discontinuité en évidence.

Les 4 dipôles étant en parallèle, l'une des intensités étant discontinue, une autre au moins l'est. Mais ce n'est pas ainsi que la plupart des candidats comprennent cette question. Ils cherchent quel dipôle s'oppose à cette discontinuité, évoquant le rôle de la bobine pour "lisser" le courant et donc compenser la discontinuité de courant du DNL. Il fallait au contraire indiquer la nécessaire continuité de i dans la bobine et dans R (car le courant dans R est proportionnel à V qui est aussi la tension aux bornes d'un condensateur, donc continu). Seul le courant dans le condensateur peut-être discontinu ce que chaque candidat a constaté lors de l'étude de la réponse indicielle d'un condensateur.

V-B2 - Un portrait de phase elliptique est souhaité : un régime sinusoïdal est donc souhaité !

Après l'avoir affirmé, les deux méthodes classiques de PSI sont à nouveau en concurrence : fonctions de transferts ou équation différentielle. La suite de cet exercice est alors une question de cours certes classique mais de bonne difficulté.

Physique-chimie

Le sujet

Le sujet de Physique-Chimie PSI 2000 abordait les thèmes suivants :

- l'écoulement d'un fluide visqueux autour d'une sphère. L'étude est autant théorique qu'expérimentale et s'applique à l'expérience historique de la mesure de la charge électrique élémentaire par Millikan.
- Le cuivre et quelques unes de ses formes oxydées, en phase sèche et aqueuse.

L'ensemble des questions survolait une grande partie du programme de PSI et demandait de la part des candidats à la fois des connaissances précises sur le cours et de la réflexion.