Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 15

Artikel: Commande de positionnement d'axe à microprocesseur

Autor: Jaquet, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904652

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Commande de positionnement d'axe à microprocesseur

B. Jaquet

Les commandes numériques classiques sont généralement équipées d'une régulation de position rudimentaire, laissant subsister des écarts de poursuite proportionnels à la vitesse de déplacement des axes. L'exposé décrit des solutions originales à ce type de problème. Il est fait appel entre autres à la technique des commandes a priori. Elle permet également la production d'une commande d'axes à microprocesseur utilisable dans un contexte plus général, en particulier sur des chaînes de fabrication.

Klassische numerische Steuerungen benützen üblicherweise eine einfache Stellungsregelung, bei der die Nachlaufverzögerung proportional ist zur Verschiebungsgeschwindigkeit der Achsen. Der Aufsatz beschreibt interessante Lösungen dieses Problems, unter anderem mittels der Technik der Vorsteuerung. Diese erlaubt auch eine Achsensteuerung mit Mikroprozessor, die allgemein verwendbar ist, insbesondere bei Fabrikationsstrassen.

Conférence présentée lors de la journée ASE/ASSPA «Commande numérique des machines», le 19 mars 1985 à Lausanne. Le recueil complet des conférences de cette journée peut être obtenu auprès de l'ASE, Gestion de l'Association, au prix de frs. 40.– (plus port).

Adresse de l'auteur
M. *Bernard Jaquet*, Socapel SA, 1349 Penthaz.

1. Les trois boucles de régulation

La plupart des commandes numériques sur le marché utilisent en matière de positionnement le schéma classique présenté à la figure 1. Il comprend trois boucles de régulation, se rapportant respectivement au courant, à la vitesse et à la position. La boucle de régulation du courant est théoriquement superflue, si l'on se fie aux équations électriques du moteur. Malheureusement, les essais effectués pour la supprimer n'ont apporté que de piètres résultats. Cela est dû aux fortes perturbations difficilement modélisables, telles que

- variations de la tension continue d'alimentation (−30...+20%),
- chutes de tension internes au servo-amplificateur,
- ondulations de la f.e.m. du moteur dues au collecteur,
- variations de flux (aimants permanents: ± 5...10%),
- variations de la résistance des charbons et de l'induit.

Le courant résultant, donné (en régime statique) par

$$I = (U_m - U_i)/R$$

provient de la différence entre deux termes presque égaux. La moindre perturbation a donc une très forte influence sur le courant. En introduisant un régulateur de courant, tous ces effets perturbateurs peuvent être réduits. La sortie du régulateur de vitesse prend ainsi la nature d'une consigne de couple, indépendante de la technologie du moteur.

Si le régulateur de position agissait directement sur la consigne de courant, l'asservissement serait instable par nature: la double intégration (couple = accélération → vitesse → position) provoquant un déphasage de 180°. Une boucle de régulation de vitesse imbriquée permet de garantir la stabilité de l'asservissement, chaque régulateur ne voyant qu'un déphasage de 90°.

2. Emplacement du capteur incrémental

Il faut distinguer deux cas: Le capteur incrémental peut être monté sur la table de la machine-outil ou bien sur l'axe moteur.

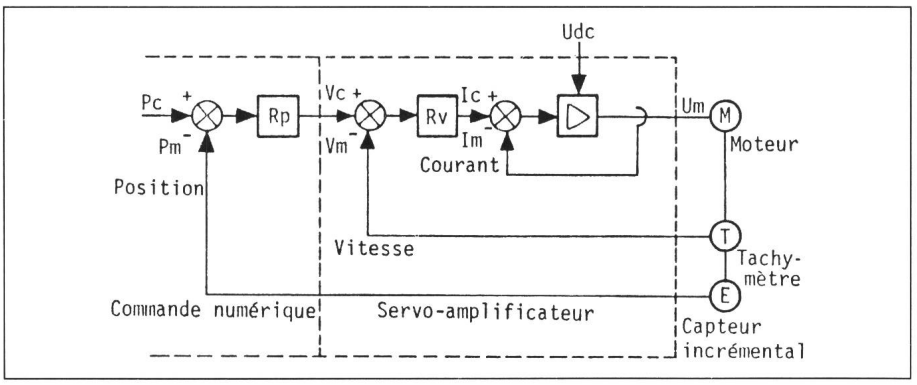

Fig. 1 Schéma classique du positionnement d'une commande numérique

Indice c consigne
m mesure
R_p régulateur de position
R_v régulateur de vitesse

Le cas où le capteur est monté sur la table de la machine-outil, souvent pour des raisons de précision de positionnement, a les particularités suivantes:
- Gain de boucle position faible car l'éloignement du capteur de position de l'axe moteur apporte des élasticités et des jeux difficiles à compenser.
- Par conséquence, le régulateur de vitesse doit être très bien optimalisé. Un bon suivi en vitesse implique un régulateur intégrateur, pour vaincre les frottements et garantir une très bonne précision, ce qui introduit des «overshoots».

Ces commandes de positionnement à faible gain de boucle position ont certains désavantages:
- Le traînage (ou écart de poursuite) est important. La plupart des machines-outils ont un traînage se situant autour de 1 mm pour une avance de 1 m/min.
- Un petit déplacement correspond à un signal de consigne vitesse de faible niveau (1 mV), ce qui donne des systèmes très sensibles aux perturbations électriques. Relevons ici l'aberration, due probablement à des motifs historiques, qui consite à séparer la régulation position-vitesse entre la commande numérique et le servo-amplificateur.

D'autre part, le cas où le capteur incrémental de position est monté sur l'axe moteur présente les particularités suivantes:
- Le capteur étant monté directement sur l'axe moteur, le gain de la boucle position peut être plus élevé.
- L'optimalisation de la boucle vitesse est moins importante. La composante *I* peut souvent être supprimée.
- On obtient ainsi un bon suivi de trajectoire, dans la limite de précision du réducteur et/ou de la vis à billes.
- La mesure de vitesse peut, moyennant certaines précautions, être déduite de la mesure de position. On supprime ainsi le tachymètre.

3. Cas particuliers de positionnement

Il est intéressant de distinguer les types de machines en fonction de leurs particularités de positionnement (tableau I). En effet, dans plusieurs cas, des solutions originales peuvent être trouvées, plus performantes que les asservissements traditionnels, mais sans entrer dans la complexité de régulateurs à variables d'état.

Tableau I

Type	Exigeances	Caractéristiques	Particularités
Fraisage + tournage	- vitesse d'usinage: 1 m/min - précision: 1 µm - suivi de trajectoire	- forts couples perturbateurs - position mesurée sur table	Requiert les techniques d'asservissement les plus sophistiquées
Soudure	- idem fraisage, sauf: - précision: 1/10 mm	- idem fraisage, sauf: - position mesurée sur moteur	- Tachymètre superflu - asservissement traditionnel suffisant
Poinçonnage + pliage	- vitesse max.: 80 m/min - précision: 1/100 mm	- déplacements point-à-point - pas de frottements - position mesurée sur moteur	- Tachymètre superflu - idéal pour asservissement avec commandes à priori
Découpage laser	- vitesse d'usinage: 10 m/min - précision: 1/100 mm - suivi de trajectoire	- idem poinçonnage	- idem poinçonnage
Emballage + chaînes de fabrication	- cadences: 250 dépl./min - précision: 1/10 mm	- idem poinçonnage	- idem poinçonnage

4. Commandes a priori

Une méthode simple d'améliorer les performances d'un asservissement est possible par l'introduction de commandes a priori.

Dans le schéma classique, une consigne de vitesse ne peut être obtenue qu'au prix d'un écart de position. Si la consigne de position est fournie par une commande numérique, il est tentant de profiter de sa puissance de calcul pour obtenir un signal proportionnel à la vitesse désirée. Ce signal peut alors être ajouté à la sortie du régulateur de position. Celui-ci n'aura

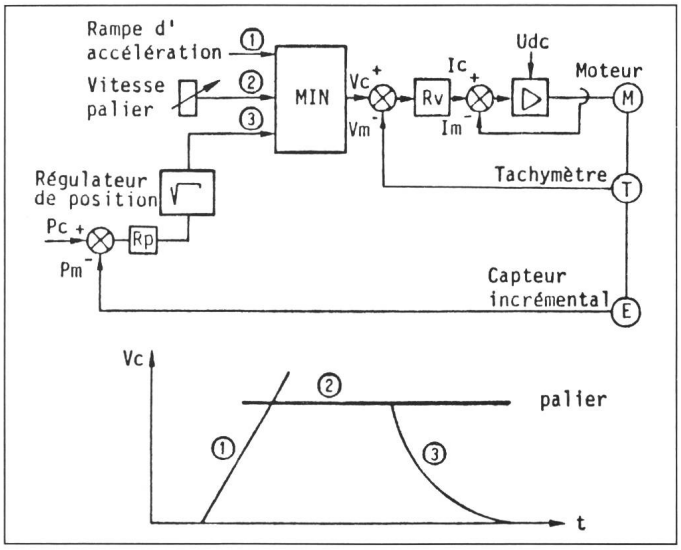

Fig. 2
Schéma de commande d'une poinçonneuse avec commande a priori de vitesse
1 accélération
2 vitesse maximum constante
3 décélération

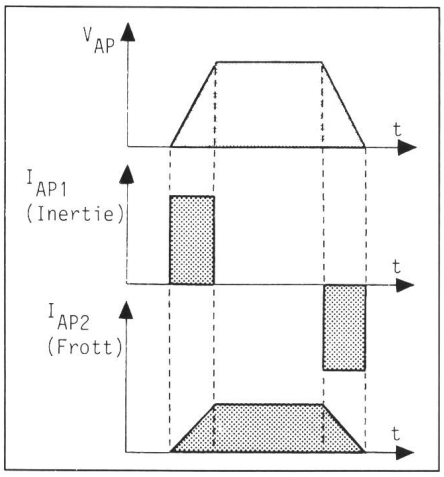

Fig. 3 Vitesse et courant d'une commande a priori de vitesse

plus qu'à compenser l'écart éventuel entre la commande a priori de vitesse et la vitesse mesurée. L'écart entre la consigne et la mesure de position peut être ainsi réduit d'un ordre de grandeur de 10, sans modifier le gain.

L'introduction d'une commande a priori de vitesse est possible pour tous les types d'asservissements. Dans le cas relativement simple de la poinçonneuse, voici à titre d'illustration une réalisation industrielle datant de 12 ans (fig. 2). La consigne de vitesse V_c est générée dans les phases d'accélération [1] par une rampe de vitesse (intégrateur). Dans les phases où la vitesse est constante [2], la consigne est limitée par un potentiomètre qui définit la vitesse palier. Pendant la décélération [3] la consigne vitesse est générée par le régulateur de position, suivi d'un calculateur de racine carrée. Le moteur n'est asservi qu'en vitesse pendant les deux premières phases (accélération et palier), ce qui est suffisant pour l'application, et évite de charger thermiquement le moteur avec des courants de régulation inutiles.

On peut aussi utiliser les commandes a priori au niveau de la consigne de courant. C'est surtout là que le procédé se montre intéressant, pour des applications où le couple résistant est prévisible (inertie et frottements à peu près constants), comme pour des poinçonneuses.

La figure 3 montre l'évolution des commandes a priori de vitesse et de courant lors d'un déplacement. Pendant l'accélération et le freinage, le courant moteur est dû essentiellement à l'inertie de la masse à accélérer ou à freiner. On peut en déduire une commande a priori

I_{AP1} = inertie × accélération.

De même, le courant moteur nécessaire pour vaincre le frottement peut être compensé par

$I_{AP2} = K_{frott} \times$ vitesse.

Le même procédé peut être répété pour un axe vertical où une force de gravitation doit être compensée (fig. 4).

Ce type de régulateur fait ses preuves depuis six ans sur des poinçonneuses et des centres de découplages laser. Il a aussi été introduit voici deux ans dans une commande d'axe à microprocesseur utilisable dans un contexte général, en particulier sur des chaînes de fabrication pilotées par des automates programmables, voire par des ordinateurs. Cette application présente les deux particularités suivantes:

Les différents programmes sont créés dans l'ordinateur qui les envoie aux commandes d'axes et à l'automate programmable via des lignes séries. L'automate programmable est connecté aux commandes d'axes par des lignes parallèles (I/O); il pilote et synchronise les mouvements des différents axes (fig. 5).

Les asservissements des commandes d'axes ont les particularités suivantes:

- des commandes a priori de courant pour compenser les couples dus à l'inertie de la masse à accélérer, à la gravitation et aux frottements.
- une commande a priori de vitesse où l'accélération (A1), la décélération (A2), les vitesses palier et finale (SPEED, FSPEED) ainsi que 4 arrondis (Q1...Q4) sont programmables pour chaque mouvement et peuvent évoluer pendant l'exécution des programmes (fig. 6).

Ces dix dernières années, les commandes numériques de machines-outils ont beaucoup évolué. L'accent a été principalement mis sur le dialogue homme-machine, sur les systèmes multiaxes et sur la programmation client. La qualité du positionnement et du suivi de trajectoire a été bien souvent mal considérée. Preuve en est l'aberration qui consiste à séparer la régulation de position-vitesse entre la commande numérique et le servo-amplificateur. Ces prochaines années verront sans doute apparaître des commandes numériques dont le positionnement sera plus évolué.

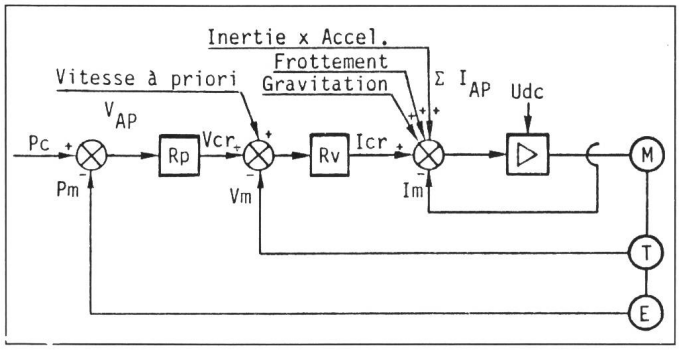

Fig. 4 Schéma de la commande de l'axe vertical

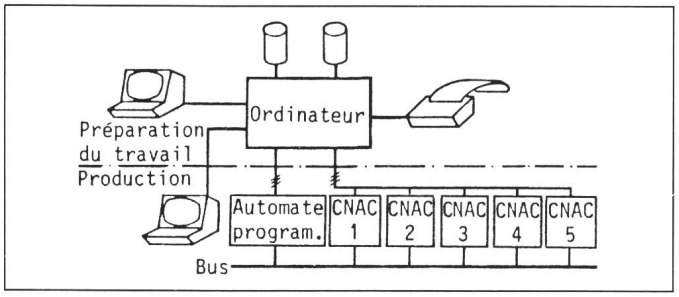

Fig. 5 Commande d'axe à microprocesseur

CNAC Commande numérique et entraînement de puissance

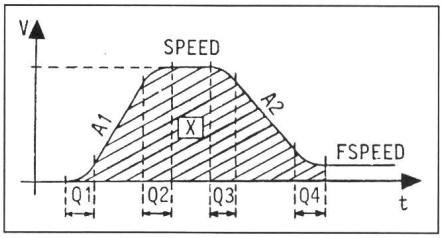

Fig. 6 Schéma de commande d'une commande d'axe à microprocesseurs

Q1...Q4	durée des arrondis
X	distance impartie (cote relative ou absolue)
SPEED	vitesse de palier désirée
FSPEED	vitesse finale désirée en fin d'instruction
A1	valeur de l'accélération maximum désirée
A2	décélération maximum désirée