Cours3: Composants d'un systeme Électrique

L'Organe Entraîné

Auteur : [GHLAM Karima]
Institution : [Université Des sciences et Technologies Mohamed Boudiaf-USTO-Oran]

M2-ETI-CSE–2026–2027

1 Introduction

1.1 Définition

Un entraînement électrique est un système assurant une conversion électromécanique par le biais d'un moteur ou d'un transducteur et comprenant l'ensemble des périphériques nécessaires à la transmission, à l'alimentation et au contrôle.

Le concept de **système**, par opposition au moteur seul, est caractéristique de l'entraînement électrique. La qualité de ce système vaut principalement par la valeur du composant le plus faible.

L'entraînement électrique doit être adapté à l'application considérée par le biais de certains de ses composants. L'organe entraîné (pompe, machine-outil, traceur, périphérique d'ordinateur, robot, etc.), s'il ne fait pas partie intégrante de l'entraînement, détermine ses caractéristiques par le biais du cahier des charges qui en découle.

Point clé à retenir

L'entraînement électrique n'est pas seulement un moteur. C'est un **système complet** qui inclut la transmission, l'alimentation, la commande et les capteurs. La performance globale est limitée par le composant le plus faible.

Exemple concret

Un robot industriel utilise un moteur performant, mais si le réducteur a un rendement de seulement 50%, la performance globale du système sera médiocre. Inversement, un moteur de qualité moyenne avec une transmission bien adaptée peut donner d'excellents résultats.

1.2 Composants d'un entraînement électrique

Les composants d'un entraînement électrique sont principalement les suivants (cf. 1re partie, chapitre 2) :

- **La transmission**, qui permet d'adapter le mouvement (conversion tournante-linéaire, par exemple), la vitesse, la résolution ou la dynamique du système.
- **Le moteur**, défini par ses caractéristiques externes et de réglage.
- **L'alimentation**, qui permet d'adapter la source électrique primaire au moteur.
- **La commande et le réglage** qui assurent le contrôle du comportement dynamique du système (positionnement, vitesse, courant, couple, etc.).
- **Le ou les capteurs** qui fournissent les informations nécessaires au contrôle.
- **Les éléments de sécurité et de protection** tels que protection thermique, protections de survitesse, de surintensité, etc.

De façon traditionnelle, chacun de ces éléments est développé pour lui-même, de façon à en permettre l'utilisation la plus large possible. La tendance actuelle va vers l'intégration des composants dans le moteur lui-même (transmission, alimentation, capteur), tout en accroissant la souplesse d'utilisation par le biais d'une commande à microprocesseur programmable.

La démarche d'analyse d'un système d'entraînement électrique implique tout d'abord l'étude des composants :

— L'organe entraîné qui doit permettre de définir le cahier des charges et les contraintes imposées à l'entraînement électrique.

— La transmission qui permet l'adaptation de l'entraînement électrique à la charge.

— Le moteur, son alimentation, sa commande et ses périphériques qui sont étroitement liés et conditionnés par la fonction à réaliser.

La synthèse en vue du choix implique deux démarches :

— **La pondération des divers critères de choix.** Certains facteurs sont prioritaires de façon évidente, alors que d'autres sont plus difficilement maîtrisables. En particulier, les aspects économiques sont fortement liés à des conditions spécifiques telles que quantités, conditions de fabrication, etc., donc plus difficilement connus a priori.

— **Le processus d'itération** permettant une comparaison de plusieurs variantes, de façon à effectuer un choix relativisé.

Exemple concret

Pour le choix d'un moteur de convoyeur, les critères peuvent être : le coût (prioritaire), la disponibilité (délai), le rendement (important mais secondaire), la maintenance (faible). Chaque critère est pondéré, puis les variantes sont comparées itérativement.

Point clé à retenir

Tableau récapitulatif des composants :

Composant	**Rôle**
Transmission	Adapter le mouvement, la vitesse, la résolution, la dynamique
Moteur	Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique
Alimentation	Adapter la source électrique primaire au moteur
Commande et réglage	Contrôler le comportement dynamique (position, vitesse, courant, couple)
Capteurs	Fournir les informations nécessaires au contrôle
Sécurité et protection	Protéger le moteur et le système (thermique, survitesse, surintensité)

2 L'organe entraîné

2.1 Fonction de l'organe entraîné

Tout organe entraîné est caractérisé par une fonction : pompage, transfert de position, arrachement de matière, mouvement vibratoire, contrôle de vitesse, etc. Le cahier des charges a pour objectif de traduire cette fonction en termes d'entraînement électrique. De plus, un certain nombre de contraintes, liées à l'environnement associé à l'organe entraîné, peuvent intervenir : source électrique primaire, atmosphère et température ambiante, contraintes dimensionnelles (diamètre, longueur, masse).

Exemple concret

Une pompe centrifuge a pour fonction de déplacer un fluide à un débit donné et une pression donnée. Le cahier des charges traduira cela en couple et vitesse pour le moteur. Si la pompe est dans une ambiance humide, il faudra choisir un moteur avec un indice de protection IP adapté (IP55 ou IP65).

Exemple concret

Un robot de soudure a pour fonction de positionner précisément une torche de soudure. Le cahier des charges traduira cela en exigences de résolution, de précision et de dynamique (temps de transfert).

2.2 Régime nominal ou de référence

De nombreux entraînements électriques peuvent être caractérisés par le régime nominal ou de référence de l'organe entraîné. Il correspond au couple que peut fournir le système en permanence, sans suréchauffement d'aucun des composants. Il est associé à une vitesse nominale Ω_N. Cette dernière n'est pas la vitesse maximale possible. Dans la règle et sans précisions particulières, tout moteur doit supporter une survitesse de 20 %.

Formule

$$\Omega_{max} = 1,2\,\Omega_N$$
$$P_N = M_N \cdot \Omega_N$$

De façon usuelle, les moteurs sont caractérisés par leur couple nominal et leur vitesse pour les petites puissances, mais par leur puissance nominale et leur vitesse pour les puissances plus élevées (1 kW environ).

Pour beaucoup d'organes entraînés, la puissance (ou le couple) et la vitesse nominales sont des grandeurs clairement définies : une pompe est généralement appelée à fonctionner à puissance et vitesse constantes ou faiblement variables. En revanche, pour d'autres organes entraînés, ce concept n'a pas de sens a priori ; seul le comportement transitoire est caractérisé et les concepts de puissance et de vitesse nominale ne sont définis que de façon équivalente, a posteriori.

Exemple concret

Un moteur de pompe a $M_N = 30\,\text{Nm}$ et $\Omega_N = 1500\,\text{tr/min}$.

$$P_N = 30 \times \left(1500 \times \frac{2\pi}{60}\right) = 30 \times 157,1 = 4713\,\text{W} \approx 4,7\,\text{kW}$$

La vitesse maximale admissible est $1,2 \times 1500 = 1800\,\text{tr/min}$.

Exemple concret

Un robot de soudure a un cycle de 30 s avec 20 s de soudure et 10 s d'attente. Le régime nominal n'est pas constant : le couple varie pendant la soudure. On définira un couple nominal équivalent qui conduit aux mêmes pertes moyennes sur le cycle.

2.3 Comportement transitoire

Un comportement transitoire sera défini par une évolution d'un ou plusieurs paramètres en une durée inférieure ou comparable à la plus grande constante de temps du système. Très fréquemment,

cette dernière correspond à la constante de temps thermique du moteur. Deux types de comportement transitoire sont à considérer :

— **Un régime exceptionnel**, intervenant à une périodicité nettement supérieure à la constante de temps thermique. De façon typique, le démarrage, le freinage avec récupération ou une surcharge de courte durée sont des cas de régime transitoire exceptionnel. En général, il n'influence pas le dimensionnement du moteur, mais celui de certains périphériques – alimentation, commande spécifique –.

— **Un comportement de référence** consistant en une succession de régimes transitoires tels qu'accélération, transfert à vitesse constante, décélération, temps mort. Dans une configuration donnée – transmission, alimentation, commande définies – des grandeurs nominales équivalentes peuvent être déduites. La vitesse nominale correspond à la vitesse maximale. Le couple nominal sera défini comme celui qui conduit aux mêmes pertes, en régime permanent, que les pertes moyennes en régime transitoire.

Une grandeur caractérise une utilisation discontinue d'un entraînement électrique : c'est le **taux d'utilisation**, qui établit le rapport entre le temps d'enclenchement et une durée de référence, dans la règle 300 s.

Formule

$$\tau_{ut} = \frac{T_e}{T_p} \quad \text{généralement exprimé en \%}$$

Ce concept est fréquemment utilisé pour des transducteurs tels que relais ou des pousseurs, moins fréquemment pour des moteurs. En effet, dans ce dernier cas, les conditions et la durée relative de démarrage ou de freinage jouent un rôle important, non défini par le seul taux d'utilisation.

Exemple concret

Régime exceptionnel : Un ascenseur qui effectue un démarrage toutes les 5 minutes. La constante de temps thermique du moteur est de 20 minutes. Le démarrage est un régime exceptionnel car il est très court par rapport à la constante de temps thermique. Le moteur n'est pas dimensionné pour ce démarrage, mais l'alimentation doit pouvoir fournir le courant de démarrage.

Exemple concret

Comportement de référence : Un robot de soudure fait un cycle de 30 s : 20 s de soudure (travail) et 10 s d'attente. Le taux d'utilisation est :

$$\tau_{ut} = \frac{20}{30} \times 100 = 67\%$$

Le couple nominal équivalent est calculé pour que les pertes moyennes sur le cycle soient égales aux pertes en régime permanent.

Point clé à retenir

Tableau récapitulatif :

Concept	**Définition**	**Formule**
Régime nominal	Couple et vitesse en fonctionnement continu sans surchauffe	$P_N = M_N \cdot \Omega_N$
Survitesse	Marge de sécurité de 20 %	$\Omega_{max} = 1,2\,\Omega_N$
Taux d'utilisation	Rapport temps de travail / durée de référence	$\tau_{ut} = \frac{T_e}{T_p} \times 100\%$
Régime exceptionnel	Démarrage, surcharge, freinage rare	N'influence pas le dimensionnement du moteur
Comportement de référence	Cycle répétitif (accélération, vitesse constante, décélération)	Définit le couple nominal équivalent