Fiche de TD : Cahier des Charges et Organe Entraîné

Auteur : GHLAM Karima
Institution : Université Des sciences et Technologies Mohamed Boudiaf-USTO-Oran
Département : Electrotechnique

2-ETI-CSE-2026–2027

Objectifs pédagogiques

Objectifs pédagogiques :

- Savoir identifier les composants d'un entraînement électrique et leur rôle.
- Savoir définir le régime nominal, la survitesse et le taux d'utilisation.
- Savoir analyser les caractéristiques de réglage, de démarrage et transitoires.
- Savoir identifier les contraintes liées aux éléments périphériques.
- Savoir prendre en compte l'aspect thermique et les contraintes.
- Savoir remplir une liste type de cahier des charges.

Prérequis : Cours sur le cahier des charges et organe entraine.

Partie 1 : Rappels de Cours Essentiels

Formulaire

Concept	**Formule / Définition**
Puissance nominale	$P_N = M_N \cdot \Omega_N$
Survitesse	$\Omega_{max} = 1,2\,\Omega_N$
Taux d'utilisation	$\tau_{ut} = \frac{T_c}{T_p} \times 100$
Résolution angulaire	$\alpha_p = \frac{2\pi}{N_p}$
Précision	$p = \frac{\Delta\alpha_p}{\alpha_p}$
Caractéristique transitoire	Cycle type : $\Omega(t)$, $M_r(t)$, durée T_c, temps morts T_m
Alimentation	Nature de la source, U_N, I_{max}, taux de réjection harmonique, récupération
Transmission	Rapport r, inertie J_r, rendement η_r
Thermique	T_{amb} (défaut 40°C), classe d'isolation (Y, A, E, B, F, H, C), refroidissement
Contraintes	Dimensionnelles, inertie, alimentation, thermique, bruit, CEM, économiques

Classes d'isolation (températures maximales) : Y : 90°C | A : 105°C | E : 120°C | B : 130°C | F : 155°C | H : 180°C | C : 220°C

Partie 2 : Exercices

Exercice 1 : Composants et Régime Nominal

Un moteur de convoyeur à bande doit fournir un couple nominal $M_N = 40\,\text{Nm}$ à une vitesse de rotation $\Omega_N = 1200\,\text{tr/min}$. Le convoyeur fonctionne 8 heures par jour avec un cycle de 10 minutes : 6 minutes de marche et 4 minutes d'arrêt. Le moteur est alimenté par le réseau 400 V triphasé.

1. Calculer la puissance nominale P_N du moteur.
2. Calculer la survitesse maximale Ω_{max} que le moteur doit supporter.
3. Calculer le taux d'utilisation τ_{ut} du convoyeur.
4. Citer les composants principaux d'un entraînement électrique et donner le rôle de la transmission.

Exercice 2 : Caractéristiques de Réglage et de Démarrage

Un robot de soudure doit positionner son bras avec une résolution de $0,1\,\text{mm}$. Le moteur utilisé est un moteur pas à pas de $200\,\text{pas/tour}$, couplé à une vis à billes de pas $p = 5\,\text{mm}$ via un réducteur de rapport $r = 2$. Le robot effectue un cycle de $30\,\text{s}$: $20\,\text{s}$ de soudure (travail) et $10\,\text{s}$ d'attente (temps mort). Le couple résistant pendant la soudure est $M_r = 15\,\text{Nm}$.

1. Calculer la résolution du système côté charge (en pas/tour puis en mm).
2. Calculer le taux d'utilisation τ_{ut} du robot.
3. Si le robot fonctionne 8 heures par jour, calculer le temps effectif de soudure par jour.

4. Le couple de démarrage du moteur est $M_d = 1,5 \times M_N$. Si $M_N = 12\,\text{Nm}$, vérifier que le moteur peut démarrer la charge (le couple résistant au démarrage est $M_{d,r} = 15\,\text{Nm}$).

Exercice 3 : Éléments Périphériques et Aspect Thermique

Un convoyeur à bande est entraîné par un moteur asynchrone via un réducteur à vis sans fin. Le cahier des charges impose les éléments suivants :

— Alimentation : réseau 400 V triphasé, courant limite $I_{max} = 32\,\text{A}$, taux de réjection harmonique max $T_h = 5\%$.

— Transmission : rapport de réduction $r = 50$, inertie rapportée $J_r = 2 \times 10^{-4}\,\text{kg} \cdot \text{m}^2$, rendement $\eta_r = 0,5$.

— Capteur : codeur incrémental de 1024 impulsions/tour monté sur l'arbre moteur.

Le moteur de 4 kW a un rendement de 85%. Sa résistance thermique est $R_{th} = 0,8\,\text{K/W}$. La température ambiante est $T_e = 40°\text{C}$. La classe d'isolation est F (155°C).

1. Le moteur fournit un couple $M_m = 20\,\text{Nm}$. Calculer le couple disponible en sortie du réducteur M_e.
2. La charge a une inertie $J_e = 0,05\,\text{kg} \cdot \text{m}^2$. Calculer l'inertie équivalente vue par le moteur J'_m.
3. Calculer la résolution du codeur côté charge (en impulsions/tour).
4. Calculer les pertes P du moteur en fonctionnement nominal.
5. Calculer la température stabilisée T_s. Le moteur est-il correctement dimensionné ? Justifier.

Exercice 4 : Contraintes et Liste Type

Un client souhaite automatiser une porte de garage industrielle. La porte a une masse $m = 150\,\text{kg}$, une course de $2,5\,\text{m}$, et doit s'ouvrir en $8\,\text{s}$. Le profil de vitesse est trapézoïdal optimal. La force de frottement est $F_r = 200\,\text{N}$. Le moteur est alimenté par le réseau 230 V monophasé. La porte fonctionne 50 fois par jour. La température ambiante est 30°C. Le budget est de 400 € pour le moteur.

1. Calculer la vitesse maximale v_{me} et le temps d'accélération T_a.
2. Calculer la puissance utile P_u nécessaire pour vaincre le poids et les frottements.
3. En déduire la puissance nominale P_N du moteur (avec un rendement de $0,8$).
4. Remplir la liste type du cahier des charges pour cette application.
5. Quel type de moteur choisiriez-vous ? Justifier.

Exercice 5 : Éléments Périphériques et Aspect Thermique

Un convoyeur à bande est entraîné par un moteur asynchrone via un réducteur à vis sans fin. Le cahier des charges impose les éléments suivants :

— Alimentation : réseau 400 V triphasé, courant limite $I_{max} = 32\,\text{A}$, taux de réjection harmonique max $T_h = 5\%$.

— Transmission : rapport de réduction $r = 50$, inertie rapportée $J_r = 2 \times 10^{-4}\,\text{kg} \cdot \text{m}^2$, rendement $\eta_r = 0,5$.

— Capteur : codeur incrémental de 1024 impulsions/tour monté sur l'arbre moteur.

Le moteur de 4 kW a un rendement de 85%. Sa résistance thermique est $R_{th} = 0,8\,\text{K/W}$. La température ambiante est $T_e = 40°\text{C}$. La classe d'isolation est F (155°C).

1. Le moteur fournit un couple $M_m = 20\,\text{Nm}$. Calculer le couple disponible en sortie du réducteur M_e.

2. La charge a une inertie $J_e = 0,05\,\text{kg}\cdot\text{m}^2$. Calculer l'inertie équivalente vue par le moteur J'_m.
3. Calculer la résolution du codeur côté charge (en impulsions/tour).
4. Calculer les pertes P du moteur en fonctionnement nominal.
5. Calculer la température stabilisée T_s. Le moteur est-il correctement dimensionné ? Justifier.

Exercice 6 : Lois de Similitude

On considère deux moteurs synchrones à aimants permanents homothétiques. Le premier a un diamètre d'alésage $d_1 = 50\,\text{mm}$ et fournit un couple $M_1 = 2\,\text{Nm}$. Le second a un diamètre $d_2 = 100\,\text{mm}$. On prendra $k_J = 768$.

1. Calculer le couple M_2 du second moteur.
2. Calculer l'inertie J_1 du premier moteur et l'inertie J_2 du second moteur.
3. Comparer le rapport couple/inertie des deux moteurs. Que peut-on en conclure pour une application dynamique ?

Exercice 7 : Constante de Temps Thermique

Un moteur a une résistance thermique $R_{th} = 1,5\,\text{K/W}$ et une capacité thermique $C_{th} = 600\,\text{J/K}$. Les pertes sont $P = 120\,\text{W}$. La température ambiante est $T_e = 30°\text{C}$.

1. Calculer la température stabilisée T_s.
2. Calculer la constante de temps thermique τ_{th}.
3. Calculer la température après 10 min de fonctionnement.
4. Au bout de combien de temps le moteur atteint-il 95% de sa température stabilisée ?

Exercice 8 : Contraintes et Liste Type

Un client souhaite automatiser une porte de garage industrielle. La porte a une masse $m = 150\,\text{kg}$, une course de $2,5\,\text{m}$, et doit s'ouvrir en 8 s. Le profil de vitesse est trapézoïdal optimal. La force de frottement est $F_r = 200\,\text{N}$. Le moteur est alimenté par le réseau 230 V monophasé. La porte fonctionne 50 fois par jour. La température ambiante est 30°C. Le budget est de 400 € pour le moteur.

1. Calculer la vitesse maximale v_{me} et le temps d'accélération T_a.
2. Calculer la puissance utile P_u nécessaire pour vaincre le poids et les frottements.
3. En déduire la puissance nominale P_N du moteur (avec un rendement de $0,8$).
4. Remplir la liste type du cahier des charges pour cette application.
5. Quel type de moteur choisiriez-vous ? Justifier.

Exercice 9 : Démarrage et Échauffement

Un moteur asynchrone de $5,5\,\text{kW}$ a un courant nominal $I_N = 11\,\text{A}$, un courant de démarrage $I_d = 6 \times I_N$, et une résistance statorique $R = 0,5\,\Omega$. Le moteur démarre 10 fois par heure. Chaque démarrage dure 4 s. Le rendement nominal est de 85%.

1. Calculer les pertes au démarrage P_d.
2. Calculer l'énergie dissipée par démarrage W_d.
3. Calculer la puissance moyenne dissipée due aux démarrages sur une heure.
4. Calculer les pertes nominales P_N.
5. Comparer la puissance moyenne due aux démarrages aux pertes nominales. Conclure.

Exercice 10 : Conception Globale d'un Treuil

Un treuil doit lever une masse $m = 500\,\text{kg}$ à une vitesse $v = 0,2\,\text{m/s}$. Le tambour a un rayon $R = 0,15\,\text{m}$. Le moteur tourne à $1500\,\text{tr/min}$ et fournit un couple $M_m = 30\,\text{Nm}$. Le rendement du réducteur est $\eta_r = 0,9$. Le rendement du tambour est $\eta_t = 0,95$.

1. Calculer la vitesse angulaire du tambour Ω_e.
2. Calculer le rapport de transmission r nécessaire.
3. Calculer le couple disponible au tambour M_e (en tenant compte des rendements).
4. Calculer la force de traction disponible F_e au tambour.
5. Calculer le poids de la masse $P = m \cdot g$ (avec $g = 9,81\,\text{m/s}^2$).
6. Le moteur peut-il lever la charge ? Justifier.
7. En mode freinage (descente de la charge), calculer le couple moteur nécessaire pour retenir la charge.