

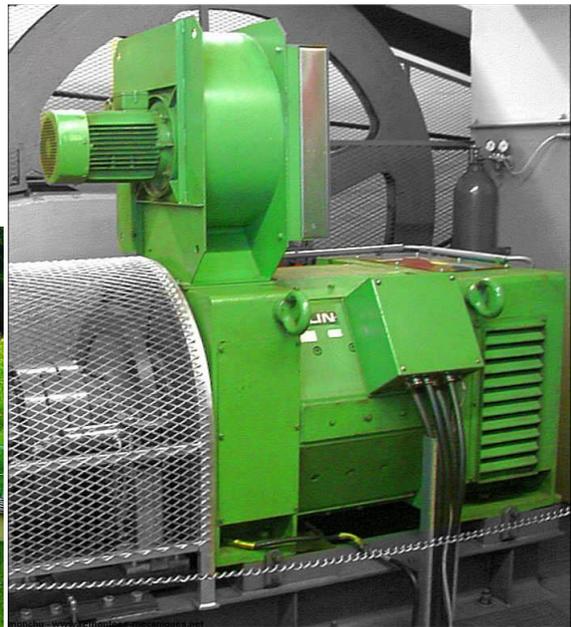
Etude de système/Modélisation BTS 1

SYSTEME: Funiculaire

Durée : 4
Séquences

Détermination du point de rendement
maximum et modélisation de la Mcc

Funiculaire Hartkaiserbahn (Autriche)



Domaine électrotechnique :

- Mise en œuvre d'un moteur à courant continu

Domaine Physique appliquée :

- Relever les caractéristiques électriques du moteur pour plusieurs points de fonctionnement
- Trouver le point de fonctionnement optimum.
- Validation du modèle de la Mcc par la courbe $T_u=f(N)$

Détermination du point de fonctionnement optimum et validation du modèle de la MCC à excitation indépendante.

Obtention des grandeurs $K\Phi$ et R_{induit}

A l'aide du modèle proposé, établir la relation $N=f(T_u)$ et comparer aux mesures

Tracer la courbe et obtention du point à rendement maximum.

Etablissement d'un tableau pour calculer les grandeurs exploitant les mesures

Mesure des caractéristiques en charge

Détermination du montage à réaliser

Montage du bras de levier pour la mesure du couple

Mise en situation :

Le remplacement programmé des Machines à courant continu par des machines asynchrones sont moins évidentes d'un point de vue financier.

En effet les points suivants ont montré que la balance penche plutôt pour les machines à courant continu.

- Les machines asynchrones sont déclassées et donc surdimensionnées par rapport aux machines à courant continu.
- Les variateurs de vitesse sont beaucoup plus chers.
- La maintenance des condensateurs du bus continu est beaucoup plus chère que le remplacement périodique des ballais du collecteur de l'induit.

Pour toutes ces raisons, les solutions continues pour la motorisation ont encore de beaux jours devant elles. (Dans le cadre de puissance élevée)

On se propose dans ce TP de déterminer expérimentalement le point de fonctionnement optimal d'un moteur à courant continu comme celui qui équipe le funiculaire décrit en début de ce sujet.

On va également valider le modèle grâce à l'obtention de la courbe $N=f(T_u)$

1. Etude des performances énergétique.

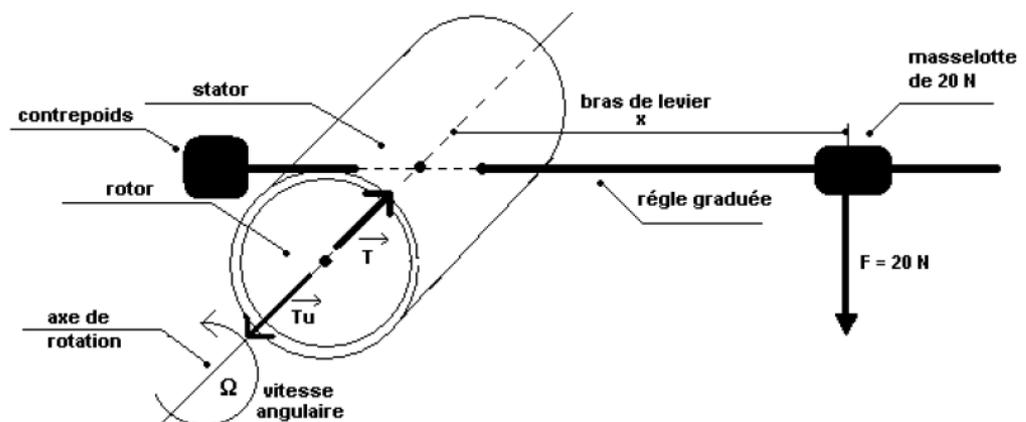
1.1. Montage du bras de levier.

On dispose d'un moteur nommée dynamo balance.

Le stator est monté sur roulement.

A partir du moment où des courants induit circulent dans le rotor, l'interaction des champs magnétiques déséquilibre la balance à cause du couple utile sur l'arbre moteur.

En équilibrant la balance, le couple de la masselotte permet d'obtenir la valeur du couple utile.



Procédé d'étalonnage :

On fera tourner la machine à vide à pleine vitesse et on placera la masselotte sur la position 0cm.

Avec le contre-poids, on équilibrera la balance.

A vide $T_u = 0 \text{ Nm}$.

En charge, il suffira de rééquilibrer la balance avec la masselotte sans toucher au contrepoids et on pourra calculer le couple par :

$$T_u = P_{\text{masselotte}} \cdot d$$

d (en m) étant la distance par rapport au point 0 cm

et $P_{\text{masselotte}} = 20\text{N}$.

Monter le bras de levier sur la dynamo balance et placer la masselotte sur le point 0.

1.2. Etablissement des relations permettant d'obtenir le rendement.

- 1.2.1. Rappeler l'expression du rendement en fonction des puissances utile P_u et absorbée P_{abs} .
- 1.2.2. Rappeler la relation entre la puissance utile P_u , le couple utile T_u et la vitesse angulaire Ω .
- 1.2.3. Rappeler la relation entre la vitesse angulaire Ω et la vitesse de rotation n en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
- 1.2.4. Le moteur à courant continu est constitué d'un induit soumis à U_{induit} et parcourue par I_{induit} et d'un inducteur soumis à $U_{\text{excitation}}$ et parcourue par $I_{\text{excitation}}$.
Exprimer les puissances absorbées par l'induit P_{induit} puis par l'inducteur $P_{\text{inducteur}}$ et enfin exprimer la puissance totale P_{abs} absorbée par le moteur à courant continu.

On dispose d'une alimentation DC variable de 0 à 340V de puissance pour alimenter l'induit ainsi qu'une alimentation DC 230V fixe pour alimenter l'inducteur.

Le moteur est couplé également à un frein à courant de Foucault qui demande à être alimentée par une alimentation DC variable de 0V à 30V 3A.

- 1.2.5. Etablir alors le schéma de montage permettant d'obtenir la mesure de U_{induit} , I_{induit} , $U_{\text{excitation}}$, $I_{\text{excitation}}$, T_u et N en $\text{Tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

1.3. Essai du moteur en charge.

- 1.3.1. Faire tourner la machine à pleine vitesse et équilibrer la balance en plaçant la masselotte sur le point 0 cm et en ajustant la position du contrepoids.
- 1.3.2. Relever les grandeurs $U_{\text{excitation}}$ et $I_{\text{excitation}}$ qui seront constante pour tout l'essai

U_{excitation}		V
I_{excitation}		A

1.3.3. Relever dans un tableau les grandeurs suivantes :

U en Volt	I en A	N en tr/min	d en cm
			0
			10
			20
			30
			40
			50
			60
			68

1.4. Exploitation des mesures.

1.4.1. A l'aide d'une fiche Excel, écrire dans les cellules de la première ligne du tableau, les relations entre les cellules pour les grandeurs suivantes :

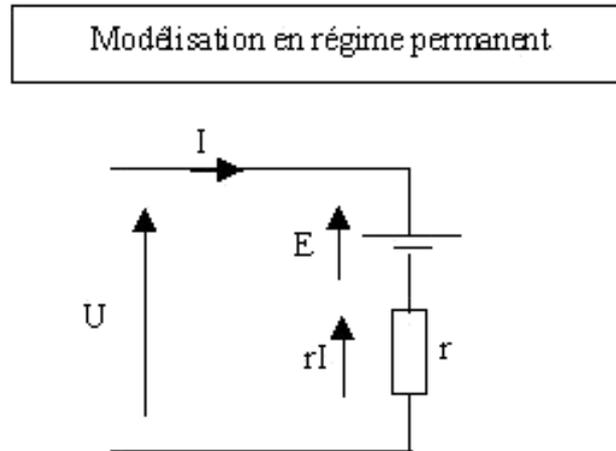
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	U excitation	V				P excitation	W				
3	I excitation	A									
4					Poid P1	N					
5											
6	U en V	I en A	N en tr/min	d en cm		P induit	P totale	Tutile (Nm)	Ω (rad/s)	Pu (W)	η
7				0							
8				10							
9				20							
10				30							
11				40							
12				50							
13				60							
14				68							
15											

Demander au professeur des précisions pour le calcul automatique entre les cellules d'un tableur.

- 1.4.2. Lorsque tout le tableau est rempli, tracer les deux courbes suivantes : $\eta=f(P_{\text{utile}})$ et $N=f(T_{\text{utile}})$
- 1.4.3. Indiquer le point de fonctionnement maximum et le comparer au point de fonctionnement nominal.

1.5. Validation du modèle de la machine à courant continu.

Le modèle de la machine à courant continu de l'induit est le suivant :



- 1.5.1. Ecrire l'équation des mailles, on obtiendra l'équation (1).

On note que la f.e.m E est décrite par la relation :

$$E = K \cdot \Phi \cdot \Omega = K \cdot \Phi \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60} = K \cdot \Phi \cdot \frac{\pi}{30} n \text{ avec } n \text{ en } \text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

et que le couple utile Tu est décrit par la relation :

$$T_u = K \cdot \Phi \cdot I \text{ soit } I = \frac{T_u}{K \cdot \Phi} \text{ avec } \Phi \text{ le flux inducteur dans le stator.}$$

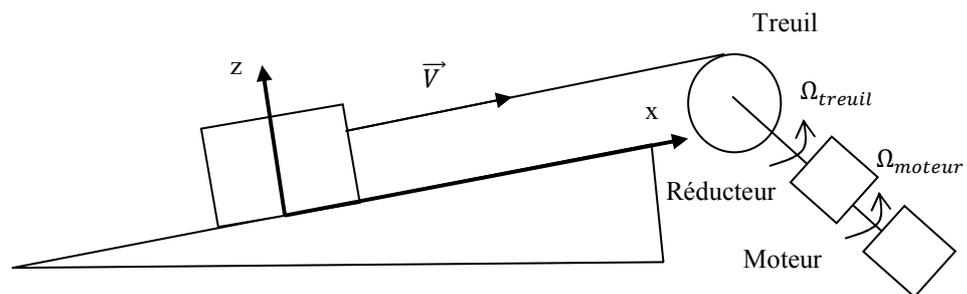
- 1.5.2. Remplacer E et I par leurs expressions et déterminer l'expression de la fonction $n = f(T_u)$.
- 1.5.3. Mettre sous la forme : $n = A \cdot T_u + B$
- 1.5.4. Déterminer les expressions de A et B
- 1.5.5. La courbe $N=f(T_u)$ paraît-elle en accord avec la fonction précédente.
- 1.5.6. A l'aide de la courbe $N=f(T_u)$, trouver les valeurs numériques de A et B pour la machine étudiée.
- 1.5.7. En déduire, alors, la valeur de R et de $K \cdot \Phi$ si on prend $U_{\text{induit}} = C^{\text{ste}} = 340\text{V}$.

1.6. Application sur le funiculaire.

Le funiculaire peut être modélisé par une charge se trouvant sur un plan incliné.

Au bout du plan incliné se trouve un treuil de rayon $r_{\text{treuil}} = 1\text{m}$.

L'enjeu de ce problème est de déterminer la puissance et la vitesse de rotation du moteur entraînant cette charge.



La masse de la charge est notée :

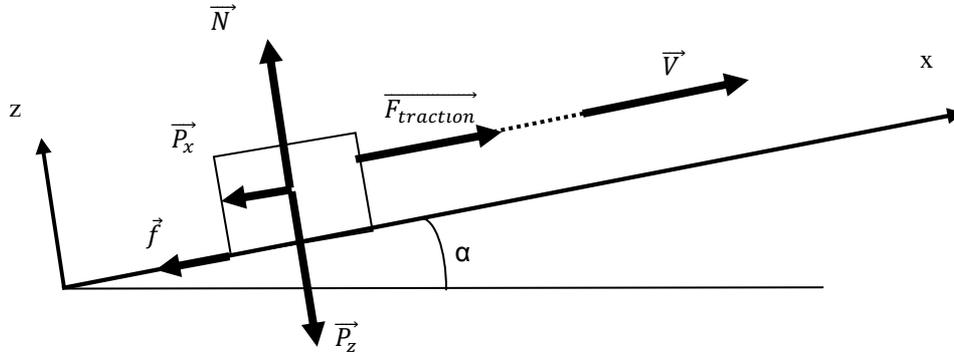
$$m_{\text{charge}} = 2000 \text{ Kg} .$$

La pente du plan est :

$$\text{Pente maxi} = 46\% . \quad (\sin \alpha = 0,46)$$

Le coefficient de frottement est noté $k=0,01$ et permet de calculer la force de frottement par la relation $f=k.N$ ou N est la réaction du plan sur la masse.

On donne l'ensemble des forces qui agissent sur la charge.



Sur z :

$$N = P_z = P \cdot \cos(\alpha)$$

Sur x :

$$F_{traction} = f + P_x = f + P \cdot \sin(\alpha)$$

- Exprimer et calculer la valeur de la force de réaction du plan incliné sur la charge.
- Calculer la valeur du frottement noté f .
- Déterminer la valeur de la force de traction noté $F_{traction}$ lorsque la vitesse est constante.

On indique que la puissance mécanique nécessaire est définie par la relation : $P_u = F_{traction} \cdot V$

- Calculer alors la valeur de P_u si la vitesse d'exploitation moyenne est de $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Si le rendement global des câbles, du treuil et du réducteur est de $0,7$, calculer la valeur de $P_{u \text{ moteur}}$
- A l'aide de la documentation « Leroy Somer », déterminer le moteur qui pourrait convenir, on privilégiera une vitesse de rotation la plus grande possible).
- En déduire alors le rapport de réduction du réducteur qu'il faudra prévoir.

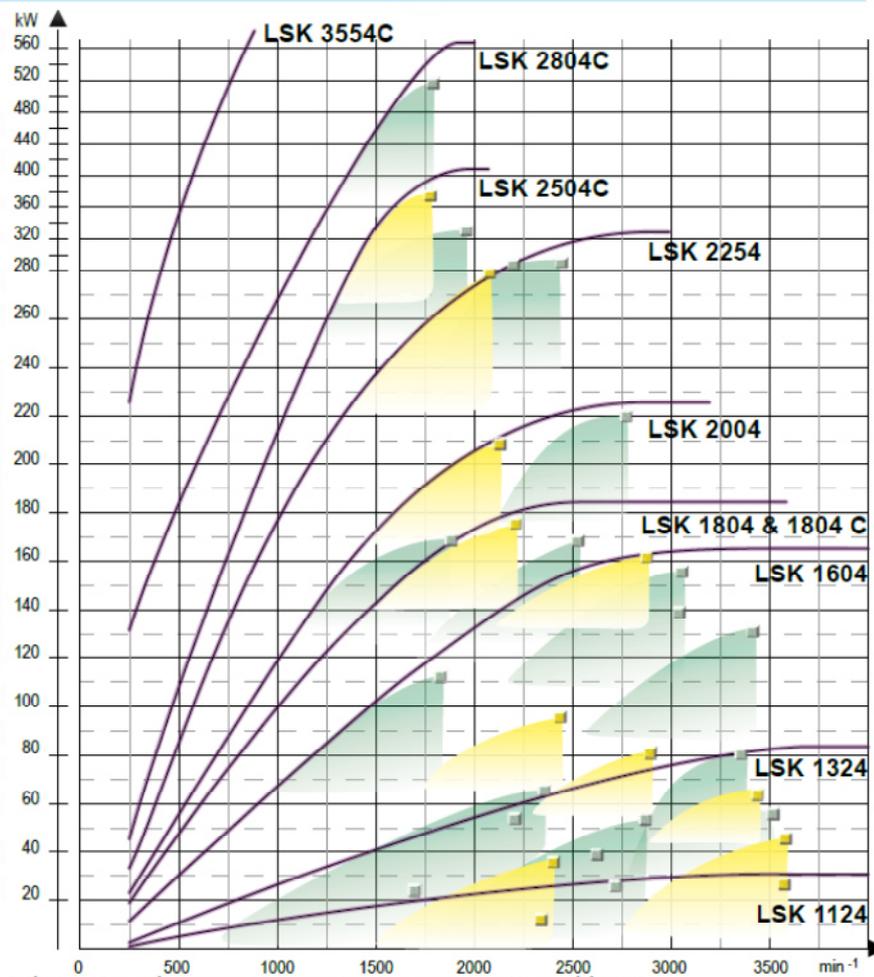
L'offre courant continu ...

... plus de 50 ans d'expérience!

Fort de sa gamme performante et pérenne de moteurs à courant continu LSK de 2 à 750 kW, Leroy-Somer a mis en place une organisation industrielle répondant aux attentes de ses clients en termes de délai et de construction.

Trois niveaux de Service sont proposés :

- Expédition sous 24 h : permet de couvrir la grande majorité des besoins en dépannage grâce à un choix judicieux de 12 références*
- Expédition de produits adaptés sous 10 jours par la mise en place d'un centre de montage rapide à partir de 18 références de base*
- Délai à convenir pour toute fabrication spéciale sur cahier des charges



* Sélection & caractéristiques moteurs : se reporter au catalogue technique référence 3805.