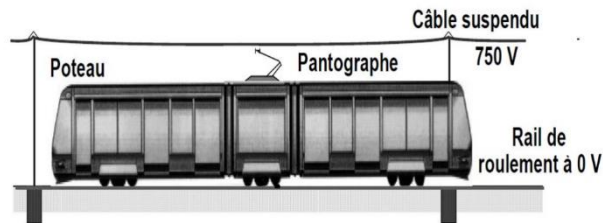


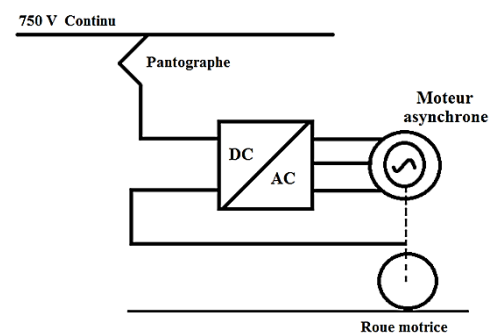
## TD2 : motorisation électrique du Tramway (CNC 2019)

### A. Présentation

Le tramway est un moyen de transport urbain ou interurbain sur rails, alimenté par des moteurs asynchrones via des onduleurs depuis un réseau de 750 V continus. Chaque rame possède douze moteurs répartis sur trois bogies, entraînant douze roues motrices. L'alimentation se fait par un câble suspendu et le retour du courant par les rails.



Le bogie, chariot sous un véhicule ferroviaire, porte les essieux et est mobile par rapport au châssis. Doté de deux essieux, chaque essieu a deux roues. Le bogie moteur intègre deux moteurs asynchrones triphasés pour la traction et le freinage, avec une commande d'onduleurs en modulation de largeur d'impulsion. De nombreux filtres et convertisseurs statiques se situent également dans le tramway, afin d'assurer le fonctionnement des auxiliaires (climatisation, éclairage, ...) ou le freinage rhéostatique.



### B. Étude de la motorisation du tramway

Les moteurs de traction sont de type asynchrone triphasé à rotor à cage dont les enroulements statoriques sont couplés en étoile.

Caractéristiques nominales du moteur :

$U_n$	$f_n$	$I_n$	$\cos(\varphi_n)$	$N_s$	$N_n$
585 V	88 Hz	35,4 A	0,732	2640 tr/min	2610 tr/min

Avec :

- $U_n$  : Tension nominale entre phases
- $f_n$  : Fréquence statorique nominale
- $I_n$  : Intensité nominale du courant statorique
- $\cos(\varphi_n)$  : Facteur de puissance nominal
- $N_s$  : Fréquence nominale de synchronisme
- $N_n$  : Fréquence nominale de rotation du rotor

Hypothèses :

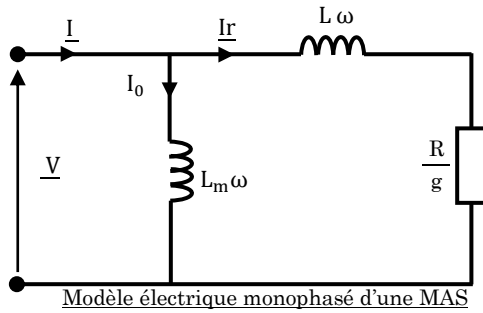
- Les résistances et les inductances de fuites statoriques sont négligées ;
- Les pertes dans le fer sont négligées ;
- Les pertes mécaniques sont négligées.

#### I. Etude du fonctionnement nominal du moteur

1. Exprimer puis calculer le glissement nominal  $g$ .
2. Exprimer puis calculer la puissance absorbée par la machine  $P_a$ . Que vaut alors la valeur de la puissance électromagnétique  $P_{tr}$  (puissance transmise au rotor)
3. Déduire la valeur du couple électromagnétique  $C_{em}$ .
4. Exprimer puis calculer les pertes par effet Joule rotoriques  $P_{jr}$  en fonction de  $P_{tr}$ .
5. Calculer la puissance utile développée par le moteur  $P_u$ .

## II. Expression simplifiée du moment du couple électromagnétique

Pour chaque phase du moteur, on adopte le modèle équivalent monophasé simplifié de la figure suivante :



- $L_m$  : Inductance de magnétisation
- $R$  : Inductance rotorique ramenée au stator
- $L$  : Inductance de fuite rotorique ramenée au stator
- $g$  : Le glissement
- $V$  : La tension simple aux bornes d'une phase statorique

On donne :  $L_m=26.6\text{mH}$ ,  $L=2.38\text{mH}$ ,  $R=0.147\ \Omega$ .

1. Calculer le courant efficace  $I_0$
2. Exprimer la valeur efficace  $I_r$  en fonction de  $V$ ,  $\ell\omega$ ,  $R$  et  $g$ .

Dans la suite du problème, on considère que le moteur travaille à glissement faible

3. Que devient l'expression de la valeur efficace  $I_r$  développée dans la question précédente ?
4. Exprimer la puissance transmise au rotor  $P_{tr}$  en fonction de  $I_r$  et de  $R/g$ .
5. Montrer que le moment du couple électromagnétique peut s'écrire sous la forme :  $C = K.g$ .

En déduire l'expression  $K$  en fonction de la tension efficace  $V$ ,  $R$  et  $\Omega S$ .

Calculer la valeur numérique de  $K$ .

## III. Fonctionnement en traction (en charge)

On envisage le cas où le moteur développe un couple électromagnétique  $C_r = 170\ \text{N.m}$ . On supposera le glissement faible et que

Le courant magnétisant  $I_0 = 23\text{A}$ .

1. En appliquant le principe fondamental de la dynamique en régime permanent. Déduire la valeur de couple moteur  $C_{em}$ .
2. Déterminer la valeur du glissement correspondant au fonctionnement en charge.
3. En déduire la valeur de la fréquence de rotation du rotor  $N$ .
4. Déterminer la valeur de  $I_r$ .
5. On note  $\varphi_r$  le déphasage de  $I_r$  par rapport à la tension simple  $V$  prise comme référence des phases.

Exprimer  $\tan\varphi_r$  en fonction de  $L\omega$  et de  $R/g$ .