

Une automobile électrique est équipée d'un moteur électrique à courant continu parfaitement compensé et dont l'excitation séparée est maintenue constante.

L'induit du moteur est alimenté par des batteries de traction cadmium-nickel.

1. ETUDE DU MOTEUR

Le moteur à courant continu à excitation indépendante, fonctionnant à flux constant, possède les caractéristiques suivantes.

- tension d'alimentation de l'induit : $U_N = 100V$
- intensité dans l'induit : $I_N = 105A$,
- résistance de l'induit : $R = 0,050\Omega$,
- fréquence de rotation : $n_N = 1800tr/min$,
- tension d'alimentation de l'inducteur : $u_{ex} = 108V$,
- intensité d'excitation : $i_{ex} = 1,5A$,
- moment du couple utile nominal : $T_{uN} = 50N.m$.



1.1. Fonctionnement nominal

1.1.1. Calculer pour le fonctionnement nominal, la puissance utile du moteur : P_{uN} .

1.1.2. Calculer pour le fonctionnement nominal, les pertes collectives : P_c .

1.1.3. En déduire le moment du couple associé aux pertes collectives : T_c .

1.1.4. En considérant que P_c est proportionnel à la fréquence de rotation, que peut-on conclure pour T_c .

1.2. Fonctionnement sous tension variable

1.2.1. Montrer que dans les conditions d'utilisation de ce moteur, l'expression de la f.é.m peut se réduire à $E = kn_{(tr/min)}$; calculer la valeur numérique de k et préciser son unité.

1.2.2. Montrer que dans les conditions d'utilisation de ce moteur, l'expression du moment du couple électromagnétique peut se réduire à $T_{em} = KI$; calculer la valeur numérique de K et préciser son unité.

1.2.3. Ce moteur entraîne une charge dont le moment du couple résistant à pour valeur $T_r = 50N.m$; calculer la valeur I de l'intensité dans l'induit.

1.2.4. Exprimer : $n_{(tr/min)} = f[U]$.

1.2.5. Tracer : $n_{(tr/min)} = f[U]$; on précisera la valeur de la tension au démarrage.

2. ETUDE DU MOTEUR SUR L'AUTOMOBILE

L'automobile est équipée d'un groupement de batteries(18) montées en série et présentant une f.é.m globale $E_G = 108V$.

L'inducteur est alimenté directement par le groupement et l'intensité est maintenue constante.



2.1. Alimentation de l'induit par les batteries

Sur le montage représenté ci-après :

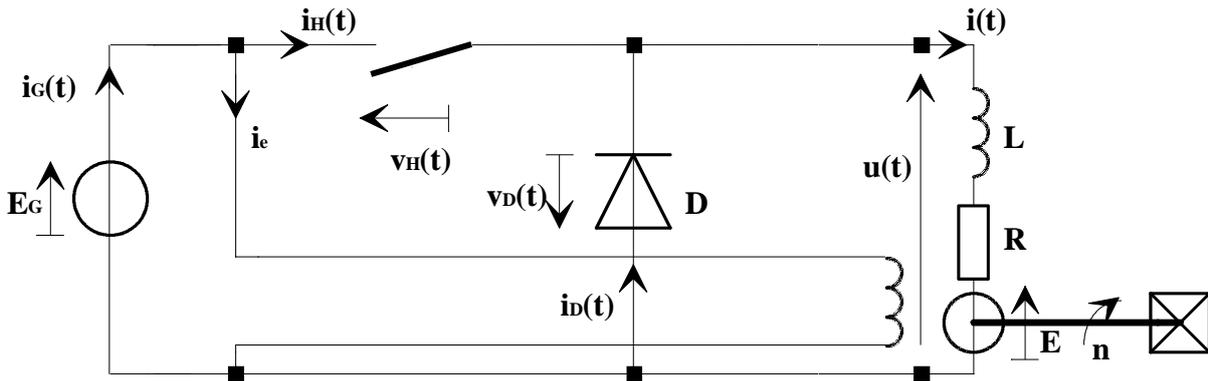
L'interrupteur **H** et la diode de roue libre sont supposés parfaits ; l'inductance de lissage est suffisamment grande pour que l'intensité dans l'induit soit considérée comme parfaitement lissée.

L'interrupteur **H** est alternativement fermé et ouvert à la fréquence **f**.

On suppose que sur la durée d'une période **T** :

- l'interrupteur **H** est fermé sur l'intervalle de temps $[0, \alpha T]$,
- l'interrupteur **H** est ouvert sur l'intervalle de temps $[\alpha T, T]$.

α désigne le rapport cyclique du hacheur $0 \leq \alpha \leq 1$.



On prendra $\alpha = 0,6$ pour les représentations graphiques.

- 2.1.1. Représenter $u(t)$ sur l'intervalle $[0, 2T]$.
- 2.1.2. Représenter $i_H(t)$, $i_D(t)$ et $i(t)$ sur l'intervalle $[0, 2T]$.
- 2.1.3. Donner l'expression des valeurs moyennes de $i_H(t)$, $i_D(t)$ et $i(t)$.
- 2.1.4. Etablir : $\langle u(t) \rangle = f[\alpha, E_G]$.
- 2.1.5. Etablir : $\langle u(t) \rangle = f[I, R, E]$.
- 2.1.6 Etablir : $n_{(tr/min)} = f[\alpha, R, E_G, I, k]$.

2.2. Véhicule à l'arrêt

Le véhicule étant à l'arrêt, le moteur tourne à vide, au ralenti : $n_0 = 400 \text{ tr / min}$.

- 2.2.1. Déterminer la valeur du couple électromagnétique T_{em0} et l'intensité dans l'induit I_0 .
- 2.2.2. Calculer la valeur de α_0 correspondant à ce fonctionnement.

2.3. Démarrage

Durant la phase de démarrage le moment du couple utile est égal à sa valeur nominale et reste constant.

La fréquence de rotation passe de $n_1 = 800 \text{ tr / min}$ à $n_N = 1800 \text{ tr / min}$.

- 2.3.1 Quelle est la valeur de l'intensité durant cette phase ; est-elle constante?
- 2.3.2 Calculer les valeurs extrêmes du rapport cyclique durant cette phase ; on les notera : α_1, α_N .

2.4. Déplacement

Durant la phase de déplacement le moment du couple utile est égal à sa valeur nominale et reste constant.

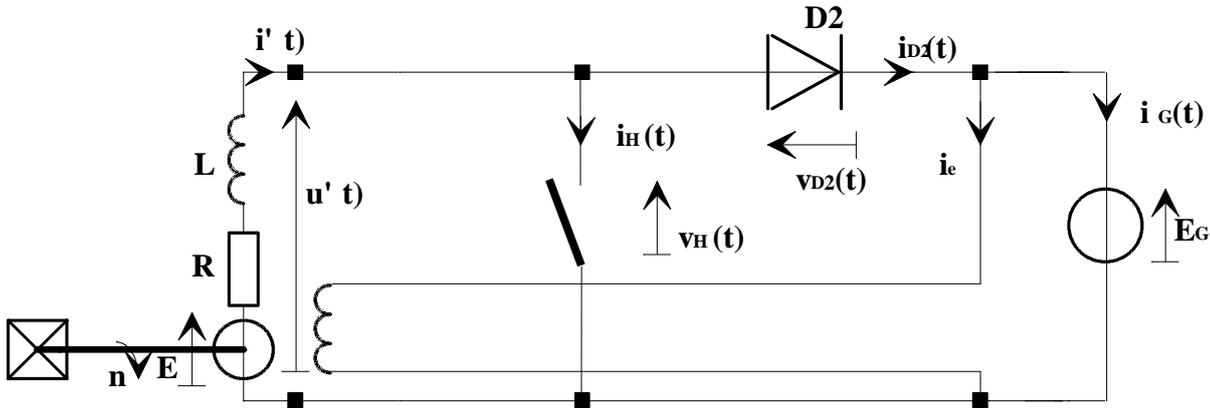
La fréquence de rotation reste constante et égale à sa valeur nominale.

- 2.4.1. Calculer la puissance moyenne reçue par l'induit du moteur : $\langle p_{IM}(t) \rangle$.
- 2.4.2. Représenter $i_G(t)$.
- 2.4.3. Calculer le rendement du montage complet η .

2.5. Freinage par récupération

Pendant un bref ralentissement, l'induit du moteur est entraîné dans sa rotation par le véhicule.

L'induit du moteur est associé au groupement de batteries par l'intermédiaire d'un hacheur parallèle.



L'interrupteur **H2** et la diode **D2** sont supposés parfaits ; l'inductance de lissage est suffisamment grande pour que l'intensité dans l'induit soit considérée comme parfaitement lissée.

L'interrupteur **H2** est alternativement fermé et ouvert à la fréquence **f**.

On suppose que sur la durée d'une période **T** :

l'interrupteur **H2** est fermé sur l'intervalle de temps $[0, \beta T]$;

l'interrupteur **H2** est ouvert sur l'intervalle de temps $[\beta T, T]$;

β désigne le rapport cyclique du hacheur $0 \leq \beta \leq 1$.

On prendra $\beta = 0,6$ pour les représentations graphiques.

2.5.1. Représenter $u'(t)$ sur l'intervalle $[0, 2T]$.

2.5.2. Représenter $i_{H2}(t)$, $i_{D2}(t)$ et $i'(t)$ sur l'intervalle $[0, 2T]$.

2.5.3. Donner l'expression des valeurs moyennes de $i_{H2}(t)$, $i_{D2}(t)$ et $i'(t)$.

2.5.4. Calculer la valeur moyenne de l'intensité reçue par la batterie si le véhicule fournit le couple utile nominal au moteur et si il tourne à la vitesse nominale au début de la phase de freinage.

2.5.5. Calculer la puissance reçue par la batterie : $\langle p'_G(t) \rangle$.

2.5.6. Représenter $i'_G(t)$.

2.5.7. Calculer le rendement du montage complet η' au début de la phase de freinage.