

MACHINE À COURANT CONTINU - 2

v3

1 Donnée

Un moteur à courant continu à excitation série est utilisé comme démarreur pour le moteur à combustion interne (ICE = Internal Combustion Engine) d'une voiture.

Ce moteur délivre

- une puissance mécanique de 2 kW
- lorsqu'il est alimenté sous 12 V,
- qu'il tourne à 3300 tr/min
- et que son courant est de 300 A.

Commentaire : Dans le monde réel, un moteur à combustion interne demande souvent une vitesse de rotation entre 250 et 400 tr/min pour démarrer et la réduction habituellement utilisée avec le démarreur est de 10. Les puissances de démarreurs peuvent aller de 500 W à 2.5 kW.

Déterminer :

1. Le courant à l'instant du démarrage.
2. Le couple, lors de l'utilisation sur une batterie de 6 V (à la même vitesse).
3. La tension DC minimale de la batterie pour générer 5 Nm (à la même vitesse).
4. La valeur de la résistance additionnelle à ajouter pour limiter le courant à l'instant du démarrage à 400 A et le couple de démarrage correspondant.
 - 4.1 Le couple électromagnétique (à la même vitesse que les autres cas).

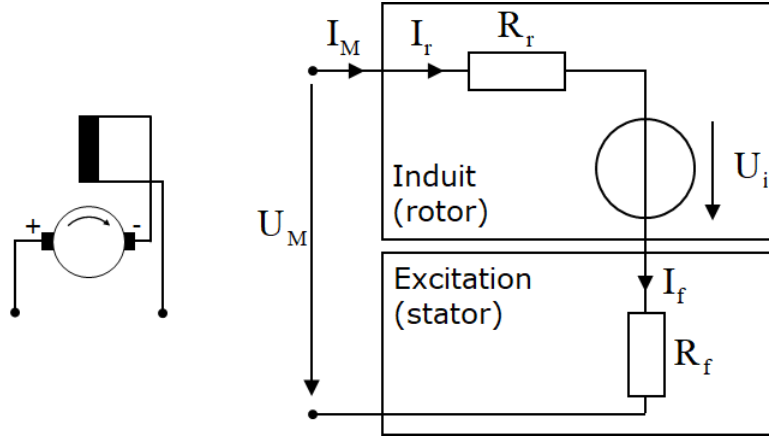
2 Préambule

Comparé à l'exercice MCC-01, la machine étudiée ici est une machine à courant continu à excitation série.

L'un des buts de l'exercice est donc de comprendre comment représenter et utiliser le schéma électrique et les équations faisant intervenir l'excitation et le rotor en même temps. Comprendre également le coefficient k_{if} et devenir plus à l'aise avec la manipulation de l'équation de tension, en comprenant ce que l'instant de démarrage implique. Et finalement, étudier de ajout d'une résistance en série (schéma et équations).

3 Corrigé

On rappelle ci-dessous le schéma d'un moteur à courant continu à excitation série.



Les équations de tension et de couple d'une machine à excitation série sont :

$$U_M = (R_r + R_f) I_M + U_i \quad (1)$$

$$U_i = k_{if} I_M \Omega_m \quad (2)$$

$$T_{em} = k_{if} I_M^2 \quad (3)$$

Détermination de k_{if} , sachant que $N_m = 3300 [tr/min]$ et $P_{mec} = 2 [kW]$:

$$\Omega_m = N_m \frac{2\pi}{60} = 345.575 [rad/s] \quad (4)$$

$$T_{em} = \frac{P_{mec}}{\Omega_m} = 5.7875 [Nm] \quad (5)$$

$$k_{if} = \frac{T_{em}}{I_M^2} = 64.3 \cdot 10^{-6} [Vs/Arad] \quad (6)$$

Si vous êtes en génie mécanique :

Que valent la vitesse et le couple côté moteur thermique (ICE = Internal Combustion Engine) pour le cas donné ? (rapport de réduction = 10)

$$T_{emICE} = 10 T_{em} = 57.875 [Nm] \quad (7)$$

$$N_{mICE} = \frac{N_m}{10} = 330 [tr/min] \quad (8)$$

1. Courant à l'instant du démarrage

A l'aide de (2), (4) et (6), la tension induite de mouvement à la vitesse étudiée (3300 [tr/min]) vaut :

$$U_i = k_{if} I_M \Omega_m = 6.667 [V] \quad (9)$$

La résistance totale est définie par :

$$R_{tot} = R_r + R_f \quad (10)$$

et elle peut être déterminée à l'aide du cas de charge donné dans la donnée et de (1) et (9).

$$R_{tot} = \frac{U_M - U_i}{I_M} = 17.8 [m\Omega] \quad (11)$$

Ensuite, à l'aide de (1) et sachant qu'à l'instant du démarrage la vitesse est nulle, le courant à l'instant du démarrage vaut :

$$I_{Mstart} = \frac{U_M}{R_{tot}} = 675 [A] \quad (12)$$

2. Couple sur une batterie de 6 V (à la même vitesse)

Dans ce cas :

$$U_M = 6 [V] \quad (13)$$

Le courant peut être calculé à l'aide de (1) :

$$I_M = \frac{U_M}{(R_{tot} + k_{if} \Omega_m)} = 150 [A] \quad (14)$$

et de là, selon (3), le couple vaut :

$$T_{em} = k_{if} I_M^2 = 1.449 [Nm] \quad (15)$$

Si vous êtes en section de génie mécanique. Avec le rapport de réduction donné, cela correspond, côté ICE, à un couple et une vitesse de :

$$T_{emICE} = 10 T_{em} = 14.47 [Nm] \quad (16)$$

$$N_{mICE} = \frac{N_m}{10} = 330 [tr/min] \quad (17)$$

3. Tension DC minimale de la batterie pour générer 5 Nm (à la même vitesse)

Dans ce cas :

$$T_{em} = 5 [Nm] \quad (18)$$

Selon (3) le courant vaut dans ce cas :

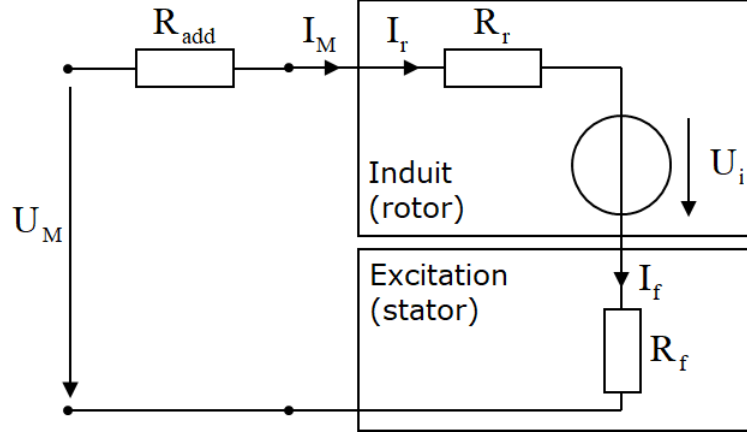
$$I_M = \sqrt{\frac{T_{em}}{k_{if}}} = 279 [A] \quad (19)$$

A l'aide de (1), la tension minimale de la batterie permettant de générer ce couple à cette vitesse, vaut :

$$U_M = R_{tot} I_M + k_{if} I_M \Omega_m = 11.154 [V] \quad (20)$$

4. Résistance additionnelle à ajouter en série pour limiter le courant à 400 A lors du démarrage sous 12 V

Le schéma équivalent correspondant à l'ajout d'une résistance additionnelle en série, est le suivant:



Dans ce cas U_M vaut de nouveau :

$$U_M = 12 \text{ [V]} \quad (21)$$

Le courant à l'instant du démarrage doit être limité à :

$$I_{limStart} = 400 \text{ [A]} \quad (22)$$

Avec une résistance additionnelle en série, et le courant limité selon (22), l'équation (1) devient :

$$U_M = (R_{tot} + R_{add}) I_{limStart} + k_{if} I_{limStart} \Omega_m \quad (23)$$

A partir de là, et en rappelant qu'à l'instant du démarrage la vitesse est nulle, la résistance R_{add} peut être déterminée et vaut :

$$R_{add} = \left(\frac{U_M}{I_{limStart}} \right) - R_{tot} = 12.2 \text{ [m}\Omega\text{]} \quad (24)$$

4.1 Couple électromagnétique (à la même vitesse que les autres cas)

Selon (1), le courant dans ce cas vaut :

$$I_M = \frac{U_M}{((R_{tot} + R_{add}) + k_{if} \Omega_m)} = 229.8 \text{ [A]} \quad (25)$$

et de là, selon (3), le couple électromagnétique vaut :

$$T_{emRadd} = k_{if} I_M^2 = 3.395 \text{ [Nm]} \quad (26)$$