

ACTIVITÉ PRATIQUE

Analyser et modéliser une machine à courant continu

1 Objectif : modéliser la machine à courant continu 220432

L'objet de l'activité pratique est de modéliser la Mcc 22 04 32 et de vérifier ses performances à :

- Rotor bloqué
- À vide
- À son rendement maximum.

Une fois ceci fait, il **serait**¹ possible d'investiguer sur le modèle pour connaître le comportement de la Mcc dans différents contextes :

- À charge mécanique différente (moteur sous charge)
- En mode génératrice débitant sur une charge électrique
- etc.

Les caractéristiques de la Mcc à modéliser sont données dans le tableau suivant :

Caractéristiques constructeur

Value at nominal voltage								Max Efficiency	Characteristics					
Voltage	No Load		At maximum efficiency			Stall			Terminal Resistance	Terminal Inductance	Contante Torque	Constante Speed	Mechanical time constante	Rotor Inertia
	Speed	current	Speed	Torque	Current	Torque	Current							
	Rpm	mA	rpm	mN.m	A	mN.m	A		%	Ω	mH	mN.m/A	rpm/V	ms
Moteur 220425														
6,0	5480	18,7	4240	8,560	0,840	37,9	3,65	86	1,64	0,0735	10,4	919	6,16	4,05
Moteur 220432														
24,0	6100	5,44	4660	10,500	0,284	44,4	1,19	87	20,2	0,952	37,4	255	6,04	4,18

Figure 1: Caracteristiques Constructeur de la Mcc 22 04 32

¹Cela fera l'objet d'une prochaine activité

2 Modèle de connaissance de la machine à courant continu

Modèle de connaissance de la machine à courant continu

Rappeler ici le modèle de connaissance de la machine à courant continu avec les divers paramètres qui la caractérisent (R_m , L_m , etc) ainsi que les différentes unités (à côté des paramètres)

Equations **instantanées** électro-mécaniques du modèle d'une MCC

Rappeler ici les 4 équations instantanées qui régissent la MCC :

Rappel : les Constantes de vitesse et de couple

On rappelle que ces deux constantes k_e et k_i sont identiques $k_e = k_i = k$ pour les MCC à aimants permanents

ATTENTION : Les documentations constructeurs ne donnent pas toujours ces constantes dans la bonne unité !

3 Présentation du modèle multiphysique

Pour cette activité, nous allons utiliser le logiciel OpenModelica.

Le modèle vierge de tout paramètre est donné ci-dessous :

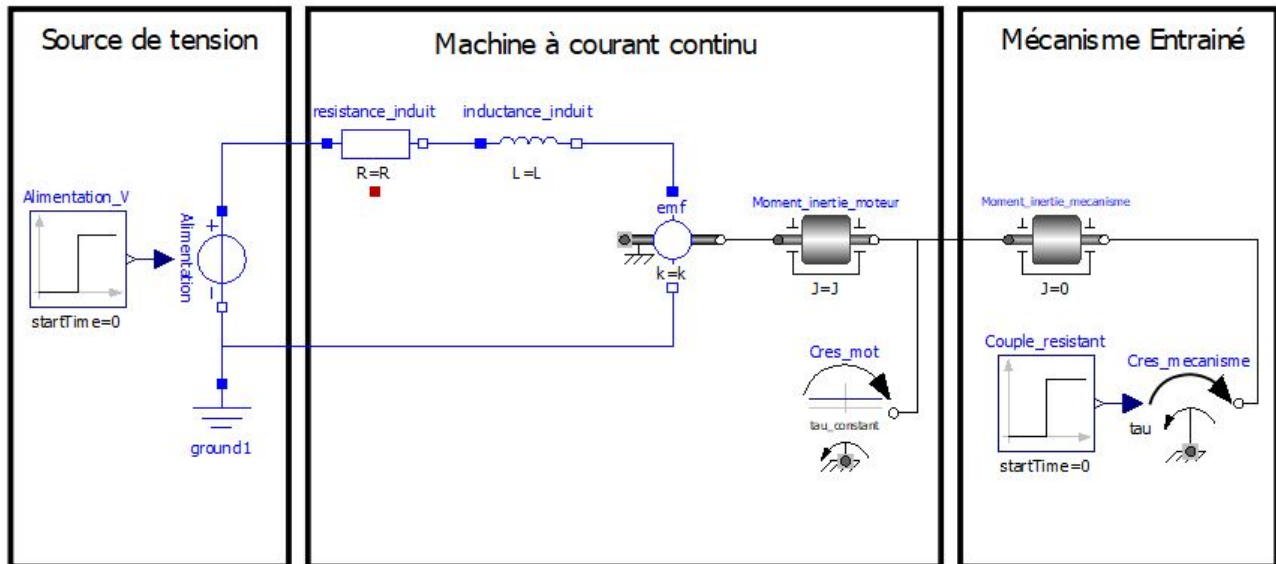


Figure 2: Modèle OpenModelica à enrichir

Télécharger le modèle

4 Identification des paramètres

Identification des paramètres de la MCC 22 04 32

Déterminer, à l'aide du tableau figure 1, les différents paramètres de la MCC 22 04 32 (Indiquer les unités constructeur et les unités S.I)

R_m :

k :

C_{res} :

L_m :

J_m :

Renseignements du modèle de connaissance avec les paramètres...

Enrichissez le modèle de connaissance avec les paramètres déterminés précédemment.

Modèle MCC avec paramètres

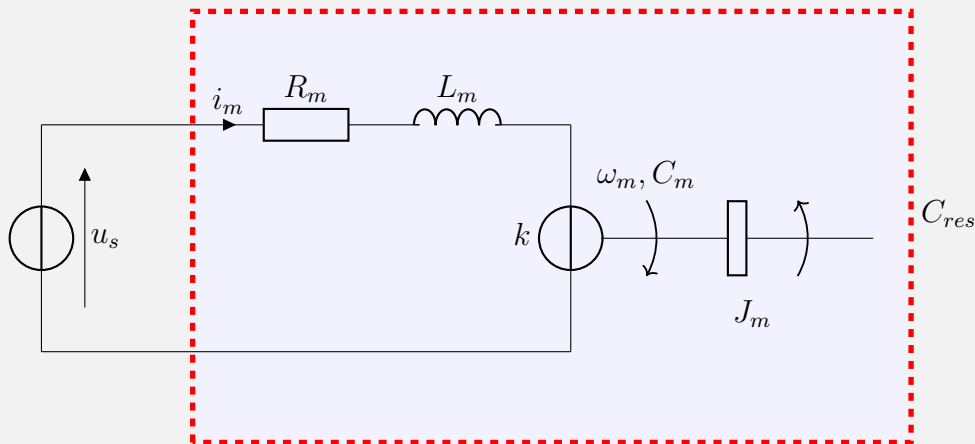


Figure 3: Modèle de connaissance enrichi des paramètres

5 Validation et simulation du modèle de connaissance

Tout est enfin réuni pour réaliser la simulation...

Validation d'un modèle quelqu'il soit ...

IMPORTANT : Avant même d'investiguer sur un modèle quel qu'il soit, il faut s'assurer de son domaine de validité avant de tirer hâtivement des conclusions qui seraient fausses !

À partir du fichier OpenModelica™(figure 2), **renseigner** le modèle de simulation avec les paramètres déterminés précédemment.

On vous rappelle l'objectif : "Obtenir des performances identiques de la Mcc (rotor bloqué, à vide et à rendement maximum) en vue d'investigations futures (non traitées dans cette activité)

5.1 Validation du modèle à vide

Procéder aux premiers essais de simulation.

Paramètres de simulation

Afin d'obtenir des résultats probants **en particulier dans le régime transitoire**, il faut que la simulation calcule sur des pas courts^a (exemple fonctionnel : un intervalle de 0.002 s équivalent à une simulation sur 0.2 s avec 1000 pts).

^aEn d'autres termes, il faut suffisamment de points de calcul pour tracer la courbe correctement ! Évidemment cela a un impact sur le temps de calcul. . .

Vérifier les performances du modèle en regard des spécifications constructeur figure 1 **en précisant** les valeurs constructeur et celles obtenues par simulation.

- Vitesse maximale atteinte à vide N_{NoLoad}

- Intensité en régime établi à vide. I_{NoLoad}

- Pointe d'intensité rotor bloqué. I_{STALL}

- Le couple rotor bloqué. C_{STALL}^2

²Sur le modèle multiphysique, vous pourrez mesurer le couple C_m sur le "flange a" du moment d'inertie moteur.

Vérification de la constante de temps τ :

Pour déterminer la constante de temps τ , il faut dans un premier temps identifier le type de réponse (1^{er} ou 2^{me} ordre)³.

- **Caractériser** la réponse en vitesse de la Mcc (1^{er} ou 2^{me} ordre) en justifiant votre réponse.

- **Déterminer** la constante de temps en vitesse du moteur à partir de votre simulation.

détails de la méthode de détermination de τ

Indiquer dans ce cadre la méthode de détermination de la constante de temps τ

5.2 Validation du modèle à charge nominale

À ce stade de la simulation, sauf erreur de votre part, le modèle doit se comporter conformément aux spécifications à vide de la Mcc.

Il s'agit à présent de valider son fonctionnement à charge nominale (à son maximum d'efficacité).

Ce qu'il faut faire à cette étape, c'est paramétrer le couple résistant du mécanisme entraîné $C_{res\ mécanique}$ jusque présent réglé à $0\text{ N} \cdot \text{m}$ dans le modèle OpenModelica.

Il va falloir à présent le paramétrer !!

5.2.1 Paramétrage du modèle à charge nominale

À partir des spécification constructeur figure 1, **indiquer** le couple nominal de la Mcc.

³Cf. Glossaire sur le site Insyte.website/WordPress pour plus d'informations

En vertu de PFD⁴, figure 4 :

Principe Fondamental de la Dynamique

$$\sum C_{ext} = J \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

Figure 4: Principe Fondamental de la Dynamique

Déterminer la valeur à laquelle vous devrez régler le couple résistant du mécanisme $C_{res\ mécanique}$ dans le modèle de simulation sachant que le couple nominal est donné pour le **régime établi**.

Nota sur le couple renseigné par le constructeur

Le couple noté C_m dans les équations de la Mcc est le couple électromagnétique (interaction entre stator et rotor). Cependant, le couple donné par le constructeur est le couple mécanique disponible sur l'arbre du moteur (ce qui est logique !).

Ainsi le couple constructeur correspond au couple électromagnétique C_m diminué du couple de frottement sec du moteur C_{res} .

Soit en toute logique $C_m\ constructeur = C_m - C_{res}$.

Démonstration ...

Renseigner le modèle en ajoutant le "couple résistant mécanisme" calculé précédemment.

5.2.2 Validation des performances en charge

Procéder aux essais et **vérifier** les performances du modèle en regard des spécifications constructeur figure 1 **en précisant** les valeurs constructeur et celles obtenues par simulation.

- Vitesse maximale atteinte en charge ("At maximum efficiency") N_{Load}

⁴Principe Fondamental de la Dynamique

- Intensité en régime établi en charge. I_{Load}

- Le couple en charge. C_{Load} ⁵

5.3 Investigation avec une inertie sur le mécanisme entraîné

À ce stade, sauf erreur de votre part, le modèle se comporte en tout point conformément aux spécification constructeur.

Par ailleurs, vous l'aurez peut-être remarqué, l'inertie du mécanisme entraîné est restée réglée à $J_{mecanisme} = 0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ pour la validation du modèle à charge nominale...ce qui est normal !

Conclusion et investigations éventuelles...

Le modèle de la Mcc est à présent opérationnel et exploitable pour de futures investigations ! L'activité se termine ici mais libre à vous d'utiliser le modèle pour d'éventuelle investigations...

Par exemple :

- Comportement en vitesse pour une "inertie mécanisme" non nulle (exemple : $J_{mecanisme} = 10 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$)
- Influence du moment d'inertie sur :
 - l'accélération
 - l'intensité moteur
- réversibilité de la Mcc
- etc.

⁵Sur le modèle multiphysique, vous pourrez mesurer le couple C_m sur le "flange a" du moment d'inertie moteur.