ACTIVITÉ PRATIQUE

Fonctionnement en génératrice d'une machine à courant continu

1 Objectif : Analyser la réversibilité d'une MCC

À partir d'un modèle multiphysique fourni, analyser la réversibilité de la machine à courant continu 220432 dans certaines situations :

- À vide (aucune charge électrique de connectée) - influence de la vitesse d'entraînement.
- En charge (alimentation d'une charge électrique)

Les caractéristiques de la Mcc modélisée 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	g.cm²
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: Caractéristiques Constructeur de la Mcc 22 04 32

Rappel : les Constantes de vitesse et de couple

On rappelle que ces deux constante 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 !

2 Modèle de connaissance fourni et paramétré

Modèle de connaissance enrichi de la Mcc 220432

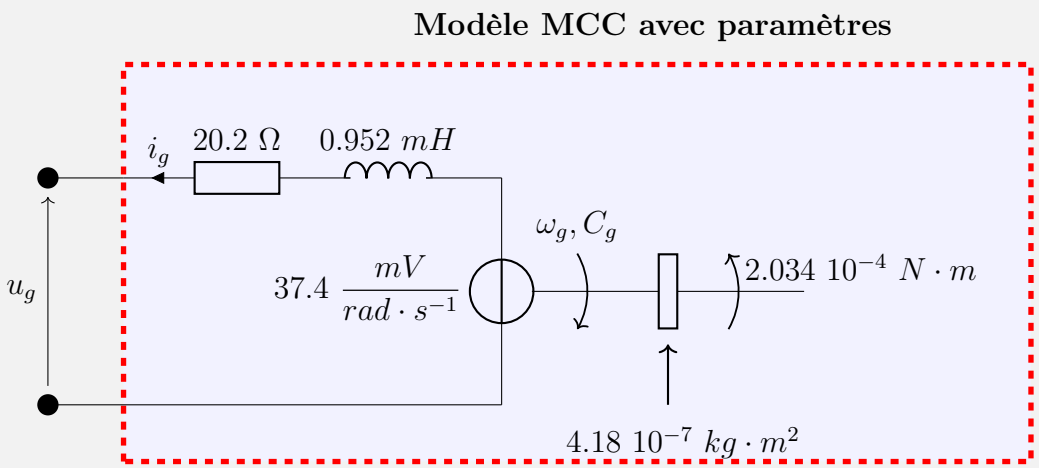


Figure 2: Modèle de connaissance paramétré

3 Présentation du modèle multiphysique

Pour cette activité, nous allons utiliser le logiciel OpenModelica.

Le modèle de simulation est donné ci-dessous :

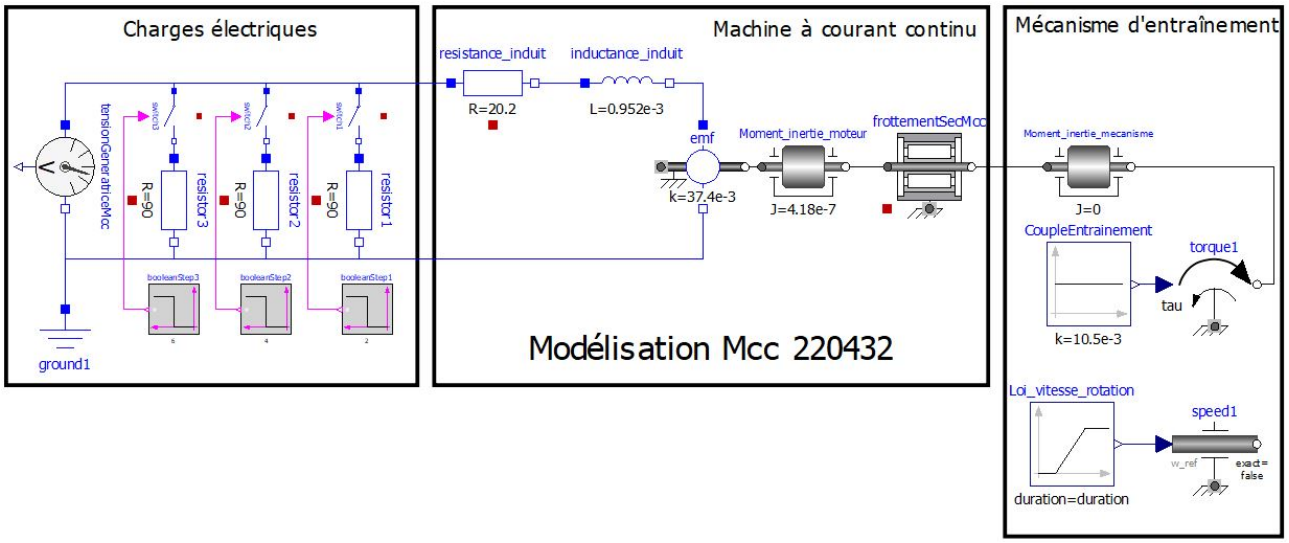


Figure 3: Modèle OpenModelica

3.1 Explication du modèle de simulation

Ce modèle se décompose en trois parties :

- La **machine à courant continu** [1] (au centre)
- Le **mécanisme d'entraînement** [2] (à droite).
  Deux cas de figures :
  - la machine est entraînée à vitesse de rotation imposée [3].
  - la machine est entraînée à couple constant imposé [4].
- Les **charges électriques** dans lesquelles va débiter la MCC. Ces charges sont au nombre de trois (3 résistors de 90 Ω chacun) et se mettront en service [5] les uns après les autres (à 2 s, 4 s et 6 s). Le "sensorVoltage" nommée "tensionGeneratriceMcc" est présent pour vous permettre de mesurer simplement la tension u_g [6]

4 Validation du modèle de simulation

Télécharger le modèle à vitesse imposée

Validation d'un modèle quel qu'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 !

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).

[a] En 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...

[1] Comportement en générateur
[2] C'est le mécanisme qui entraîne en rotation l'arbre de la MCC !
[3] On utilisera dans ce cas, les blocs "Loi vitesse rotation" et "speed1"
[4] On utilisera dans ce cas les blocs "CoupleEntrainement" et "torque1"
[5] Le choix des enclenchements des charges sont définis dans les "booleanStep"
[6] Tension délivrée par la génératrice

Précautions à prendre...

Les seules caractéristiques connues sont celles de la figure 1 qui correspondent à un **fonctionnement en moteur**. Il faudra donc pour valider le modèle procéder de la manière suivante afin de le faire fonctionner en moteur :

- Alimenter la MCC par une source de tension [a]
- Déconnecter la liaison entre "speed1" et "Moment inertie mecanisme" [b]
- Réaliser la simulation sur un temps court (inférieur à 2s) pour éviter la mise en service des charges électriques ! [c]

[a] Modelica/Electrical/Analog/Sources/ConstanteVoltage

[b] On pourrait penser que mettre la "loi de vitesse" à 0 suffirait...et non ! Cela impose une vitesse nulle, pratique pour un essai à rotor bloqué mais pas dans notre cas.

[c] Ou simplement décaler les temps d'enclenchement des charges...

À partir du fichier OpenModelica (figure 3), **renseigner** [7] le modèle de simulation avec les paramètres indiqués figure 2 et **procéder** à la validation du modèle à partir de spécifications constructeur de votre choix :

- Courant à vide et vitesse à vide.
- Courant à charge nominale et vitesse nominale.

5 Comportement en génératrice à courant continu

5.1 Reconfiguration en mode générateur

Précautions à prendre...

Il est nécessaire de reconfigurer le modèle en mode générateur...

- Supprimer la source d'alimentation électrique.
- Reconnecter la liaison entre "speed1" et "Moment inertie mecanisme".

[7] Le couple résistant de la Mcc est déjà renseigné dans le bloc "frottement sec Mcc"

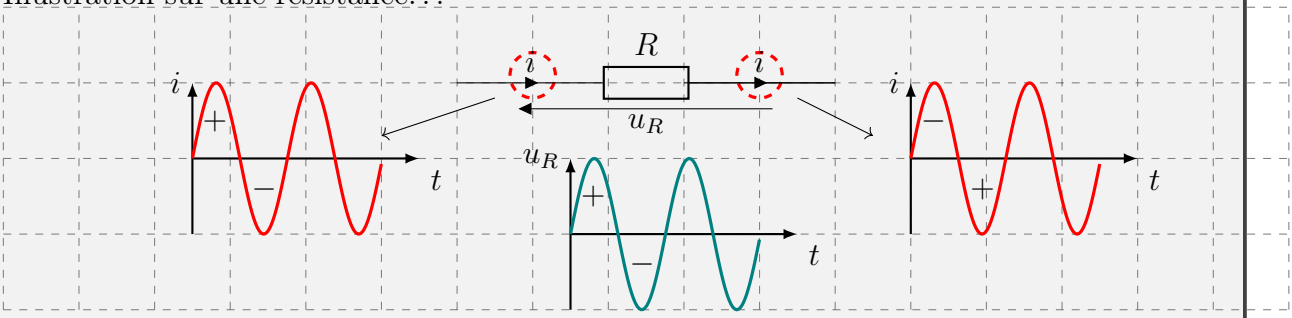
5.2 Conventions électriques OpenModelica

Afin de bien comprendre, à la lecture des oscillogrammes, le comportement réversible de la Mcc, il est nécessaire de saisir les conventions électriques utilisées dans le logiciel OpenModelica en particulier dans le domaine électrique !

Conventions électriques OpenModelica

- Tous les composants sont en convention récepteur (y compris les sources de tension !).
- Un courant entrant dans un composant est positif, sortant... négatif.

Illustration sur une résistance...



5.3 Comportement Mcc - vitesse d'entraînement imposée

Dans cette simulation, la Mcc est entraînée à vitesse constante par le mécanisme d'entraînement.

Procéder à une simulation du modèle sur 10 s.
Relever succinctement[8] ci-dessous l'allure de la vitesse ω_g (vitesse Mcc) [9]

Évolution de la vitesse

Évolution de la tension

[8] Faire un tracé approximatif avec les valeurs remarquables

[9] Ce comportement cinématique est imposé par la loi de vitesse imposée par le mécanisme d'entraînement.

5.3.1 Fonctionnement entre les temps $t = 0\ s$ et $t = 2\ s$

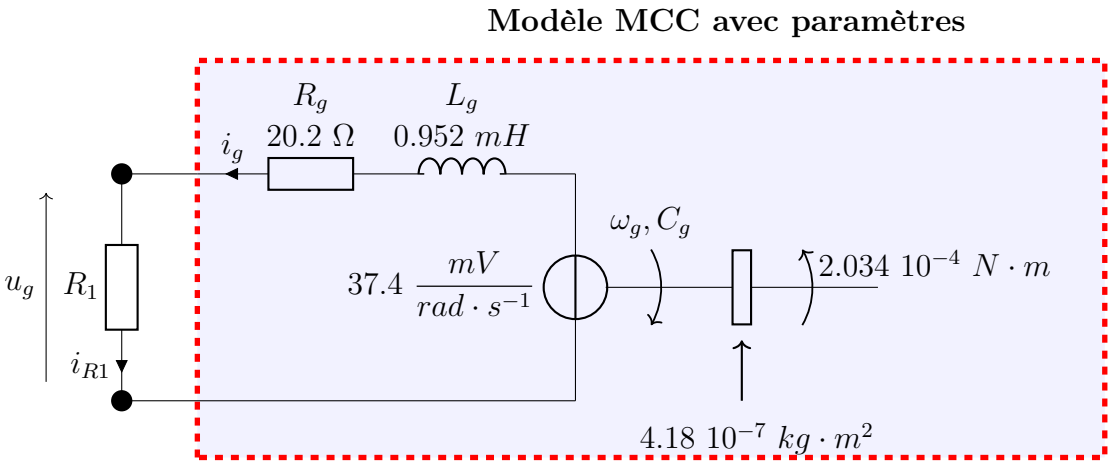
Visualiser la tension fournie et la relever succinctement ci-avant à coté de l'allure de vitesse.
Expliquer pourquoi la tension a cette allure et pourquoi elle dépasse la tension nominale de la Mcc.

Explications...

5.3.2 Fonctionnement entre les temps $t = 2\ s$ et $t = 4\ s$

À l'instant $t = 2\ s$ le premier résistor est mis en service.

Le modèle multiphysique ce résume au schéma suivant :



Relever la tension u_g et le courant débité par la Mcc.
Faire un schéma électrique équivalent du circuit électrique débitant de la Mcc et **retrouver** par le calcul l'intensité du courant i_g débitée.
Aide : La tension d'alimentation du circuit est la force contre électromotrice [10]

[10] On parle de force contre **électromotrice en fonctionnement** moteur mais de force **électromotrice en fonctionnement générateur** de la Mcc

Schéma électrique équivalent...

Schéma équivalent

Détermination de i_g

5.3.3 Fonctionnement au delà du temps $t = 4\ s$

Retrouver par le calcul les intensités du courant i_g débitées.

5.4 Comportement Mcc - Couple d'entraînement imposé

Télécharger le modèle à couple d'entraînement imposé.

Simuler le modèle sur 10 secondes.
Procéder à une simulation du modèle sur 10 s.
Observer l'évolution de la vitesse avant le temps $t = 2\ s$ et **expliquer** [11] pourquoi la vitesse croît de cette manière !

Pour éviter l'emballement en vitesse de la Mcc, **paramétrer** l'enclenchement du premier résistor à $t = 0\ s$

Procéder à une nouvelle simulation du modèle sur 10 s après avoir réglé le problème d'emballement en vitesse (question précédente).
Relever succinctement[12] ci-dessous l'allure de la vitesse ω_g (vitesse Mcc) et l'allure du courant débité par la Mcc.

Évolution de la vitesse

Évolution du courant

[11] Le PFD $\sum C_{ext} = J \cdot \dfrac{d\omega}{dt}$ devrait vous être utile...

[12] Faire un tracé approximatif avec les valeurs remarquables

À partir de la valeur numérique du courant, **calculer** le couple résistant électromagnétique imposé par la Mcc.
Expliquer les pointes d'intensité à chaque enclenchement d'un nouveau résistor.
Expliquer pourquoi le courant revient toujours à la même valeur et justifier les paliers de vitesses.

Zone de détails des questions précédentes...

6 Conclusions

Conclusions...

Sachant que c'est l'intensité qui dégrade voire détruit les appareils électriques [a], **indiquer** si c'est possible avec une Mcc en génératrice et **préciser** le cas écheant dans quel(s) cas. Au vu de ce qui a été abordé dans l'activité, **indiquer** de quelle manière il est possible

de ralentir une éolienne. **Dessiner** un schéma de principe explicatif et **calculer** le couple résistant qu'elle va opposer à la charge.

[a] Les surtensions peuvent également les détruire mais pas le cas dans notre cas...