

MP21 : Production et conversion d'énergie électrique

Armel JOUAN, Géraud DUPUY

June 6, 2021

Introduction

Dans ce montage on s'intéressera à la production d'énergie électrique à partir d'une source d'énergie mécanique, et à la conversion d'énergie électrique électrique pour la distribution chez l'utilisateur. On s'appuiera sur le système Alternateur Synchrone - Transformateur qui est celui qui est aujourd'hui utilisé dans l'industrie.

1 Transformateur [1] p.8, [2] p.50

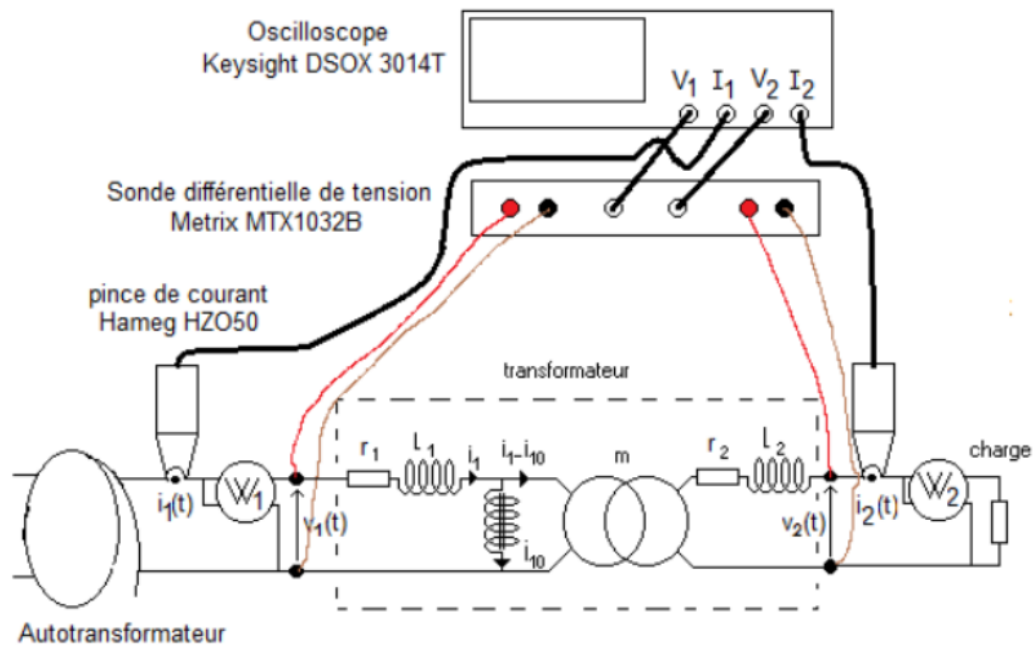
1.1 Mesure du rendement brut

Matériel

- Autotransfo
- Transformateur PhE8.S.Transfo3
- 2 wattmètre
- 1 alimentation stabilisée
- 1 rhéostat pouvant aller jusqu'à 3.15 A

Mise en place

- Mettre en entrée du transformateur l'autotransfo, et en sortie le rhéostat
- Mettre sur chaque chemin les wattmètres
- Pour différentes valeurs de charge (en vérifiant bien toujours qu'on ne dépasse pas les valeur nominales), mesurer courant et tension dans chaque voie
- Bien prendre les incertitudes associées, en changeant les calibres (et en les notant) pour être le plus précis (bien aller checker dans la notice les pourcentages de calibre)



Exploitation

- Déduire des valeurs de tension et intensité la puissance absorbée dans le primaire P_p et celle restituée dans le secondaire P_s
- tirer une courbe du rendement $\eta(P_p) = \frac{P_s}{P_p}(P_p)$
- En déduire que si on veut limiter les pertes, il faut travailler à haute puissance
- Remarquer qu'on sature autour de 80-85%, ce qui est satisfaisant pour une machine de faible puissance comme celle ci, mais pas vraiment pour une machine d'industrie

1.2 Mesure des pertes Joule

Matériel

- Le même que précédemment

Mise en place

- Enlever la charge, on va travailler à vide
- Mettre une alim stabilisée en entrée, on lui fait débiter jusqu'au courant nominal (3.15 A pour le secondaire, 200 mA pour le primaire)

- On prend les valeurs de tensions et intensité
- Une fois fini pour le primaire, faire idem pour le secondaire

Exploitation

- Tracer des lois d'Ohm, bien faire les incertitudes
- En déduire les résistances des circuits d'entrée et sortie (de l'ordre de 38Ω au primaire, 0.7Ω au secondaire)

1.3 Mesure des pertes fer

Matériel

- Le même que précédemment

Mise en place

- Retirer l'alim stabilisée
- Mettre l'autotransfo en entrée
- Rester à vide en sortie
- Mesurer la puissance dissipée ainsi que le courant

Exploitation

- Les pertes fer sont dues au non-confinementt parfait des lignes de champ
- Elles peuvent s'écrire: $P_{fer} = K_{foucault}f^2B^2 + K_{Hysteresis}fB^2 \propto B^2$
- Or la loi de Faraday nous donne $U_p = \frac{d\phi(B)}{dt} \propto B$
- Donc $P_{fer} \propto U_p^2$
- Vu que la tension d'entrée est fixée à 230V dans toute l'expérience, les pertes fer sont constantes sur toute l'expérience
- Mesurer $P_{fer} = P_{dissipée} - P_{Joule} = P_{dissipée} - r_p I^2$
- En profiter pour sommer toutes les pertes sur les données de la première manip $P_{Tot} = P_{fer} + r_p I_p^2 + r_s I_s^2$ et la représenter en fonction de P_p . Tracer également $P_p - P_s$. Normalement les deux courbes se rejoignent, avec d'assez fortes incertitudes pour la seconde

1.4 Courant magnétisant et cycle d'hystérésis

Matériel

- Pince de courant en plus

Mise en place

- Travailler toujours avec le secondaire à vide
- On met une pince de courant au niveau du primaire
- Observer la sinusoïde déformée à l'oscillo

Exploitation

- On sait que le transfo vérifie $n_p I_p = n_s I_s$
- On a donc à vide $n_p I_p = n_p (I_{consigne} + I_{réponse}) = 0$
- De fait on montre la réponse d'une sinusoïde d'entrée par un système non linéaire qui répond par un hystérésis.

2 Alternateur synchrone [1] p.36, [2] p.60

Matériel

- Banc de l'alternateur synchrone
- Alimentation stabilisée 30V/10A
- Autotransformateur
- Oscilloscope
- 3 Wattmètres
- 1 multimètre classique
- 1 rhéostat (DEREIX 1,3 V/640 ohms)

2.1 Etude hors charge : caractérisation de la GS

Mise en place

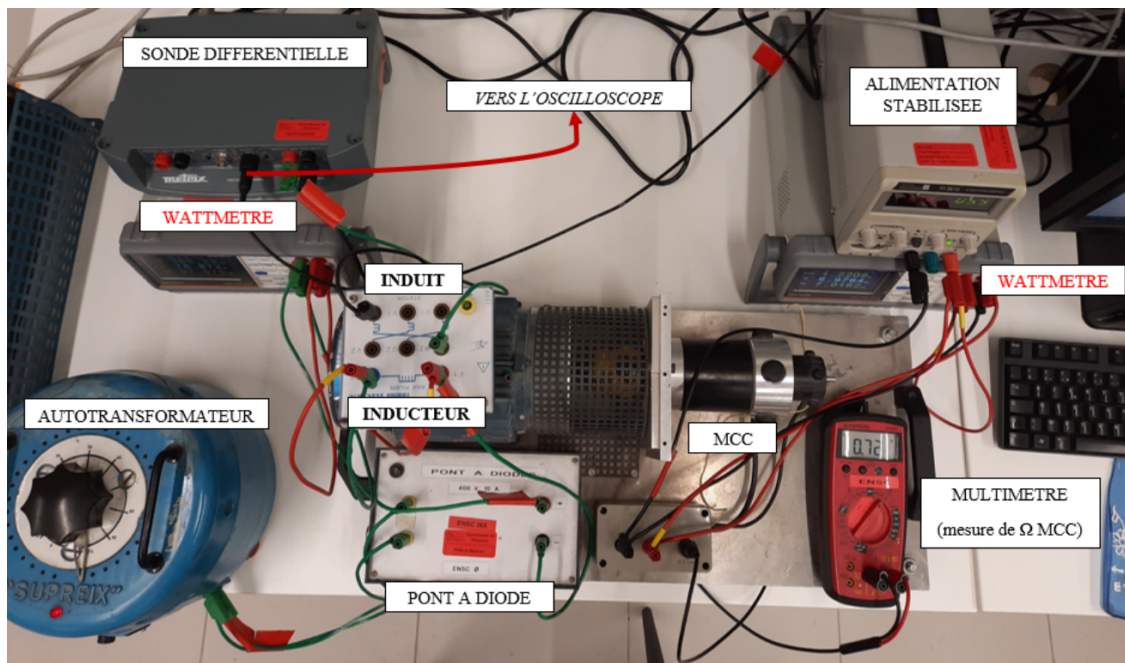
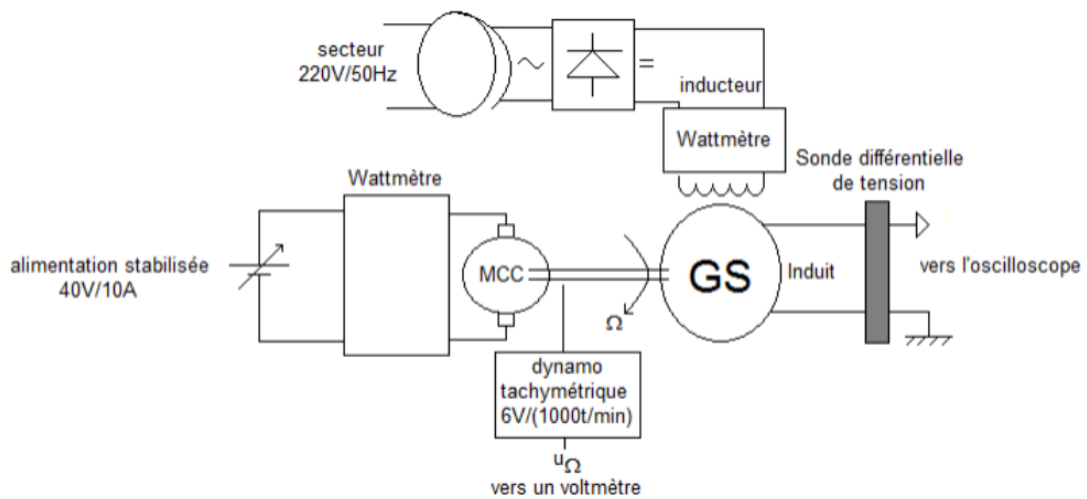
- Ne pas dépasser les courants nominaux suivants :
 - 0,4 A pour l'inducteur
 - 1,4 A pour l'induit
 - 8 A/1500 tours (ne pas dépasser 9V au multimètre) pour le MCC
- Réaliser les branchements conformément au schéma et à la photo ci-dessous.
- Principe : La MCC joue le rôle de source d'énergie mécanique (éolienne, turbine), et entraîne le rotor (circuit inducteur, électroaimant alimenté par une tension continue) de la GS à une vitesse Ω , créant ainsi un champ $\vec{B}$ tournant à une fréquence ω ; par induction, une fem apparaît dans l'induit, de fréquence d'oscillation ω .
- Rôle des différents composants :
 - Autotransformateur + pont à diode : réalisation d'une alimentation continue du rotor (inducteur) de la GS
 - Sonde différentielle : sert à atténuer les niveaux de tensions envoyés vers l'oscilloscope (tensions dans l'induit de l'ordre de la centaine de Volts)
 - Wattmètre : étude des pertes/rendements
 - Multimètre + dynamo tachymétrique : vitesse de rotation de la MCC

2.1.1 Loi de Faraday

- Tracer la tension efficace de l'induit V_{RMS} (lecture à l'oscillo) pour différentes valeurs de la vitesse de rotation (pilotée par l'alimentation stabilisée) de l'alternateur Ω (lecture au multimètre relié à la dynamo tachymétrique)
- Vérifier la loi de Lenz $V_{RMS} \propto \Omega$

2.1.2 Nombre de pôles de la GS

- Tracer la fréquence f d'oscillation de la tension de l'induit pour différentes valeurs de la vitesse de rotation (pilotée par l'autotransformateur) de l'alternateur Ω (lecture au multimètre relié à la dynamo tachymétrique)
- Le coefficient directeur de la régression linéaire donne le nombre de pôles de la GS.



2.2 Etude en charge : rendement (à une valeur de Ω fixée)

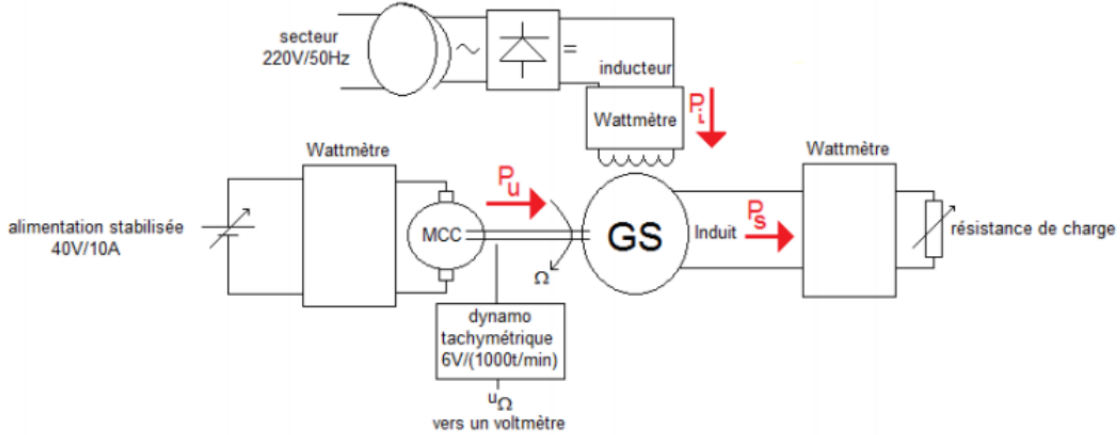
Les pertes dépendent de Ω .

Mise en place

- Le setup est le même que précédemment, on place juste une résistance de charge en sortie de l'induit.

- Notations du schéma électrique :

- P_i : puissance fournie à l'inducteur via le secteur
- P_u : puissance utile fournie par le bras de la MCC à la GS. On a $P_u = P_{abs} - P_{pertes}^{MCC}$; la lecture de P_{abs} se fait au wattmètre.
- P_s : puissance récupérée en sortie.



2.2.1 Rendement

- On suppose connues les pertes dans la MCC : $P_{pertes}^{MCC} = (0,089 \pm 0,001)\Omega + (7,4 \cdot 10^{-5} \pm 0,5 \cdot 10^{-5})\Omega^2 + 0,98 I_{abs}^2$ (cf TP de JBD)
- Tracer le rendement $\eta = \frac{P_s}{P_i + P_u}$ en fonction de P_s (faire varier la résistance de charge, et bien penser à ajuster la vitesse de rotation à la même valeur avec l'alim)

2.2.2 Pertes

- **Pertes mécaniques dans l'AS** : en alimentant uniquement la MCC et pas l'inducteur, à **vide**, la puissance P_{abs}^1 envoyée par l'alimentation stabilisée se décompose en les pertes du MCC (connues) et les pertes mécaniques de l'AS P_{abs}^1 . A Ω fixée, on a donc :

$$P_u = P_{méca} = P_{abs}^1 - P_{pertes}^{MCC}$$

On mesure ici P_{abs}^1 et on en déduit $P_{méca}$

- **Pertes fer dans l'induit** : à présent on alimente l'inducteur : on rajoute les pertes fer. La mesure de P_{abs}^2 permet de remonter aux pertes fer :

$$P_{fer} = P_{abs}^2 - P_{abs}^1$$

- **Pertes Joule dans l'inducteur :** Si hors charge et sans faire tourner le MCC on alimente l'inducteur à la valeur nominale alors P_i contient uniquement les pertes joules dans l'inducteur.
- **Pertes Joule dans l'induit :** cf cours de JBD d'électrotechnique p.58-59

Biblio

- 1 Cours d'électrotechnique de JBD
- 2 Compilation de TP d'électricité de JBD
- 3 CR MP21 Dihya