

Etude de système/Modélisation BTS 2

SOUS SYSTEME: Machine synchrone

Durée : 4
Séquences

Etude de l'alternateur connecté au
réseau



Domaine électrotechnique :

- Réversibilité des convertisseurs électromécaniques.
- Mise en œuvre de « l'accrochage au réseau »

Domaine Physique appliquée :

- Etablir le modèle de Behn Eschenburg de la machine synchrone.
- Diagramme de Fresnel du fonctionnement en moteur et en générateur.

Structure du TP

Elaboration du modèle de l'alternateur et vérification de la réversibilité de la machine

Etablissement des diagrammes de Fresnel pour valider le modèle

Mesure des points de fonctionnement en générateur et moteur

Réalisation du montage permettant la mise en connexion de l'alternateur au réseau

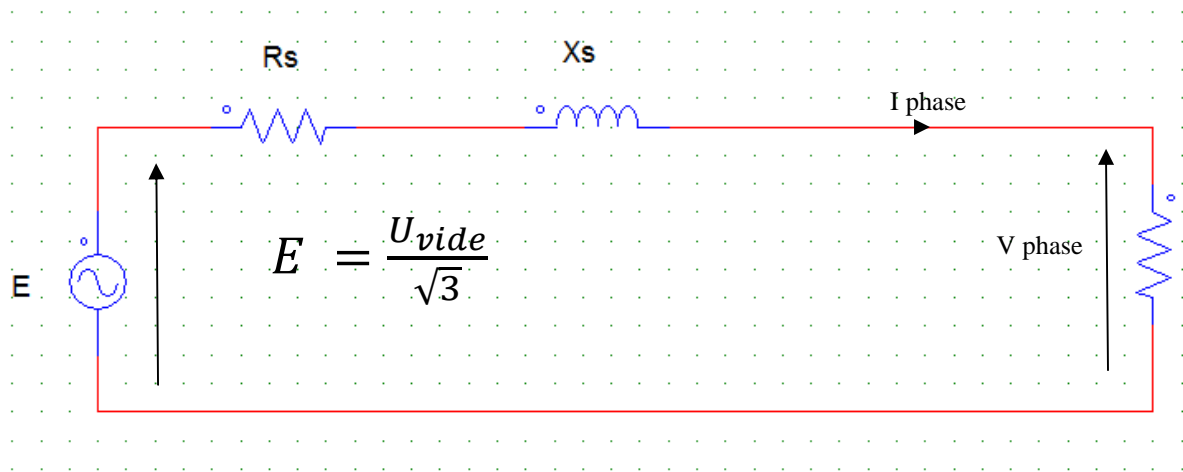
Détermination des éléments du modèle équivalent

Mise en situation :

Pour toutes les centrales électriques, on utilise la force motrice de l'eau ou d'une turbine à vapeur pour entraîner un alternateur que l'on va connecter au réseau pour produire de l'électricité.



1. Détermination des éléments du modèle équivalent par phase de l'alternateur triphasé :



La tension à vide E dépend de la vitesse n , du flux fixe délivré par la roue polaire Φ (donc du courant d'excitation i_{exct}).

$$E = K \cdot \Phi \cdot N \cdot f = K \cdot \Phi_{(i_{exct})} \cdot N \cdot p \cdot n$$

Avec :

- K : coefficient de Kapp : 2.22
- Φ : Flux sous un pôle.
- N : nombre de conducteur actif.
- f : fréquence de rotation du rotor.

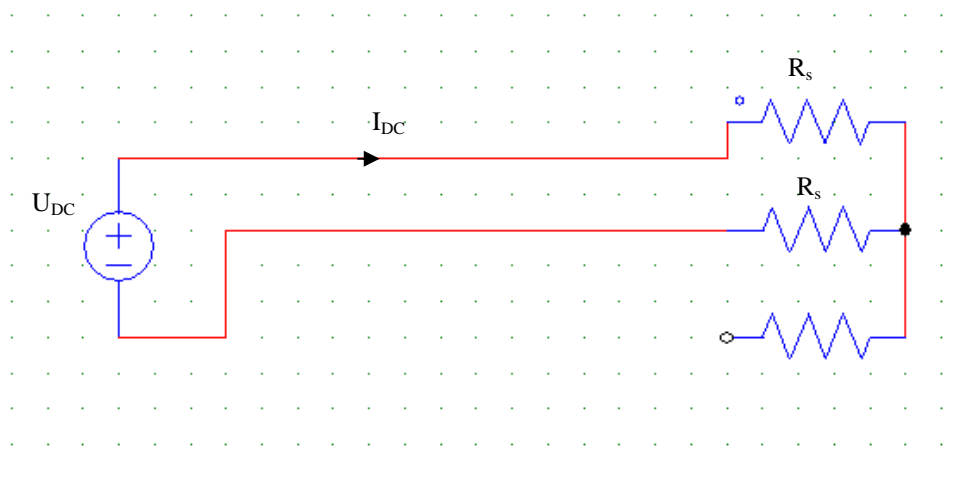
- p nombre de paire de pôles.
- n : vitesse de rotation en tr.s^{-1} .

On peut dire que la fem E dépend des grandeurs suivantes :

- La valeur de i_{exct}
- La vitesse d'entraînement de la machine.

1.1. Sachant que $n = \frac{f}{p}$ (n : vitesse en tr/s , p : nombre de paires de pôles et f la fréquence délivrée au stator sur les enroulements), Déterminer alors la vitesse de rotation de la machine pour obtenir 50Hz avec cette machine à quatre pôles)

On a couplé les enroulements en étoile et on réalise l'essai sous tension continue. Le schéma est le suivant :



On relève $U_{DC} = 18.9 \text{ V}$ et $I_{DC} = 2 \text{ A}$

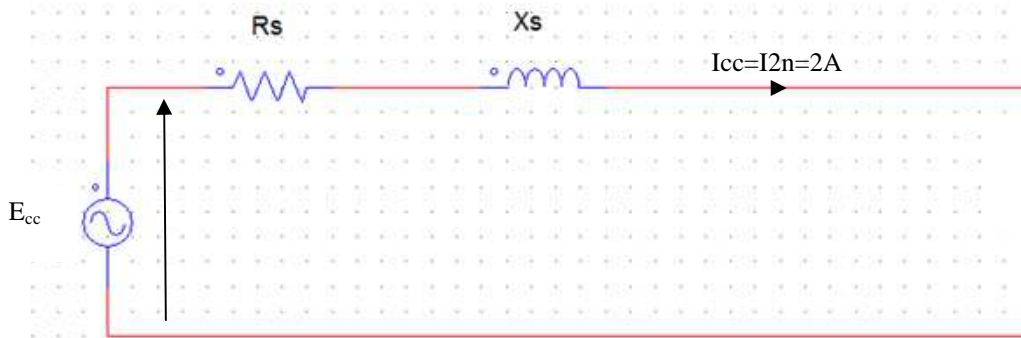
1.2. Déterminer alors la valeur de R_s ?

On entraîne maintenant l'alternateur grâce à une machine à courant continu.

La vitesse d'entraînement est de 1500 tr.min^{-1} , et on court-circuite le stator puis on augmente le courant i_{exct} de manière à faire circuler $I_{ph} = 2 \text{ A}$.

Puis on ouvre en sécurité le court circuit de manière à mesurer la fem E de cet essai. On relève $E_{cc} = 31.1 \text{ V}$.

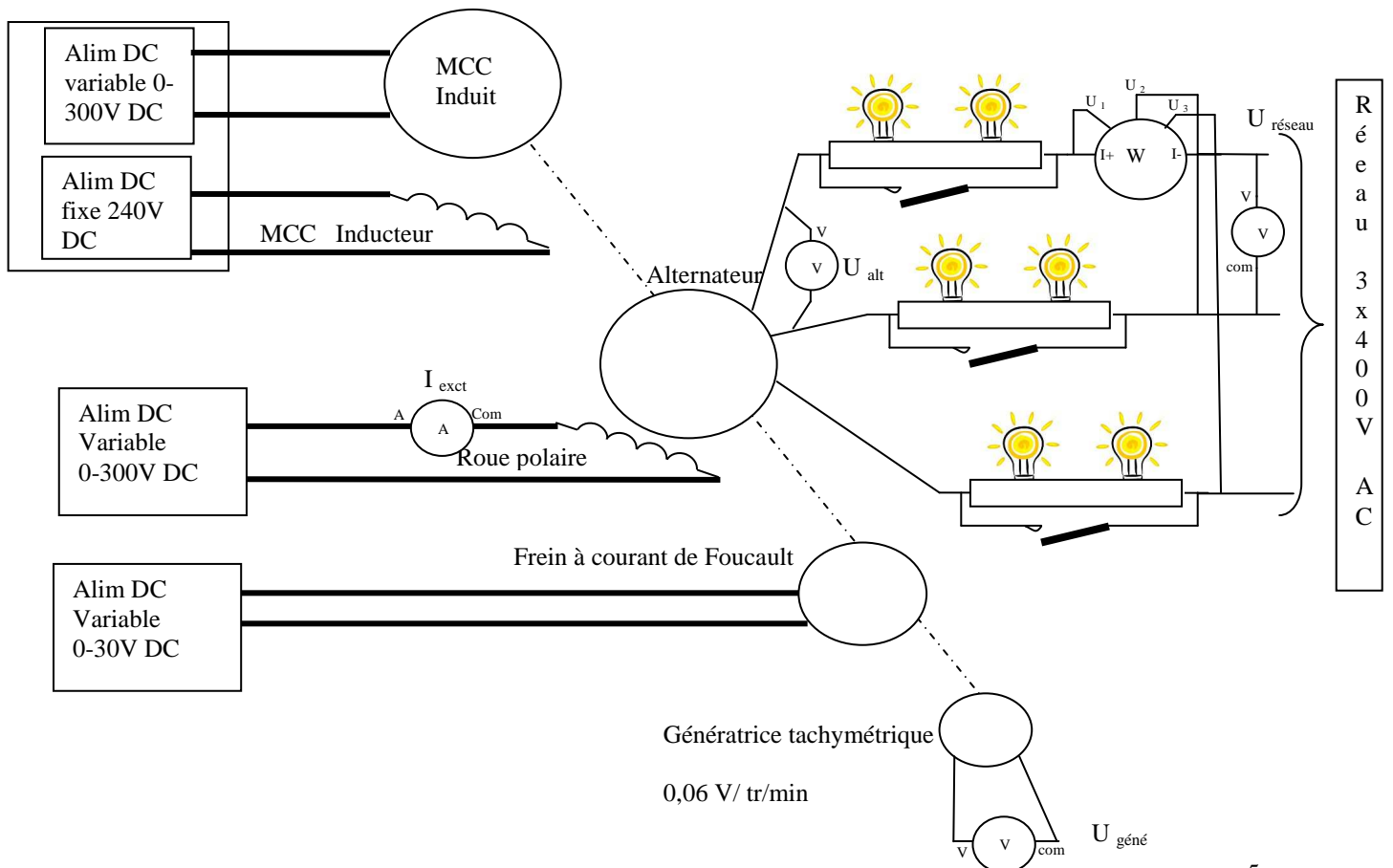
Le schéma équivalent de cet essai est le suivant :



1.3. Déterminer Z_s puis X_s en prenant la valeur de R_s de l'essai sous tension continue.

2. Essai en charge en « accrochant » l'alternateur au réseau.

On utilisera le schéma de montage suivant afin de réaliser les trois conditions nécessaire de mise en connexion de deux sources triphasées de tension.



- 2.1. Mettre en œuvre le schéma de montage.

Réalisation de la première condition de couplage entre deux sources triphasées

Pour obtenir la même fréquence, il faut que l'alternateur tourne à 1500tr/min

- 2.2. Mettre sous tension la machine à courant continu et amener le groupe à une vitesse de 1500 tr.min^{-1} .

Réalisation de la deuxième condition de couplage entre deux sources triphasées.

Pour obtenir la même tension, il faut que l'alternateur fournisse 410V environ entre phase.

- 2.3. Augmenter le courant I_{exct} dans la roue polaire, de manière à obtenir $U_{\text{alt}} = 403\text{V}$.

Réalisation de la troisième condition de couplage entre deux sources triphasées.

Pour connecter les deux sources triphasées, il faut que les deux systèmes triphasé soient en phase.

- 2.4. Mettre sous tension le réseau $3 \times 400\text{V} + \text{N}$.
- 2.5. Si les lampes s'allument tour à tour décrivant un sens horaire ou anti horaire, cela signifie que les deux systèmes triphasés ne sont pas dans le même ordre. Par conséquent, on intervertira deux phases coté réseau par exemple.
- 2.6. Les lampes seront alors faiblement ou fortement allumée ensemble, on agira alors sur la vitesse du groupe de manière à synchroniser les deux réseaux, les lampes doivent progressivement s'éteindre.
- 2.7. Corriger U_{alt} à l'aide de I_{exct} pour égaliser $U_{\text{alt}} = U_{\text{réseau}}$.
- 2.8. Dans ces conditions, lorsque les lampes sont parfaitement éteintes ou presque, alors on actionnera le contacteur de manière à shunter les lampes et à « accrocher » l'alternateur au réseau.

Mise en charge de la machine

Fonctionnement en alternateur :

La fréquence est maintenant imposée par le réseau (et par conséquent la vitesse de 1500 tr.min^{-1}).

En agissant sur la tension de l'induit de la MCC, on agira alors directement sur le couple utile de l'arbre.

- 2.9. Augmenter la tension d'induit de la MCC de manière à afficher un courant de 1.5A en sortie d'alternateur.
- 2.10. Augmenter I_{exct} de manière à ce que la puissance réactive soit annulée (On désire travailler à $\cos \varphi = 1$).
- 2.11. On notera la valeur de P , $I_{\text{réseau}}$, I_{exct} et $U_{\text{réseau}}$.

Fonctionnement en moteur :

Freiner la machine à l'aide du frein à courant de Foucault, va demander à la machine synchrone de consommer de l'énergie au réseau de manière à entrainer et maintenir la vitesse égale à 1500 tr.min^{-1} .

- 2.12. Diminuer I_{exct} à une valeur proche de 1.2A.
- 2.13. Diminuer la tension d'induit de la MCC. Puis éteindre la source d'alimentation.
- 2.14. Mettre sous tension l'alimentation de la source de tension continue du frein à courant de Foucault.
- 2.15. Augmenter progressivement la tension U_{DC} du frein de manière à obtenir 1,5 A en sortie d'alternateur.
- 2.16. Diminuer I_{exct} de manière à ce que la puissance réactive soit annulée. (On désire travailler à $\cos \varphi = 1$).
- 2.17. On notera la valeur de P , $I_{\text{réseau}}$, I_{exct} et $U_{\text{réseau}}$.

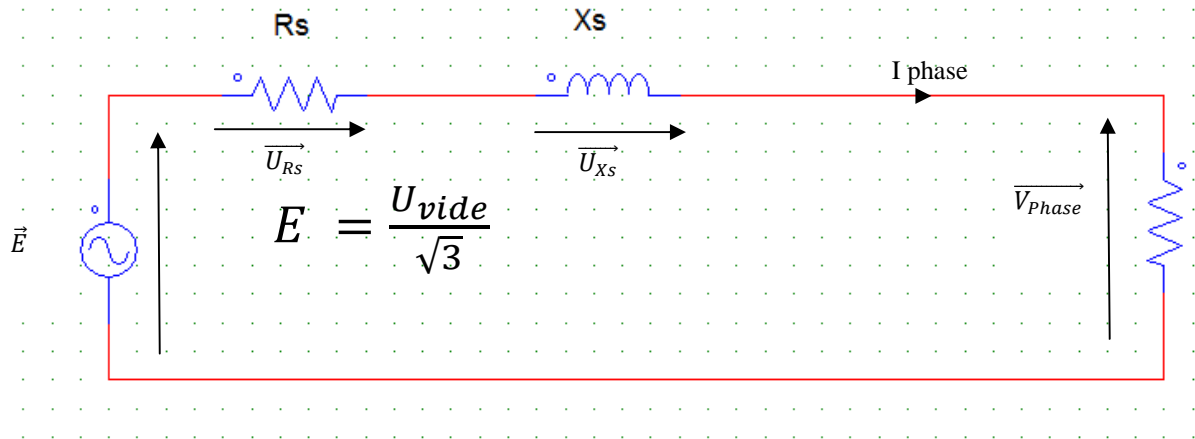
Synthèse des résultats :

- 2.18. Rassembler les résultats dans le tableau suivant :

	Vitesse		1500 tr/min		
	$U_{\text{réseau}}$ (V)	$I_{\text{réseau}}$ (A)	P (W)	Q (VAR)	I_{exct} (A)
Fonctionnement Alternateur			0		
Fonctionnement Moteur			0		

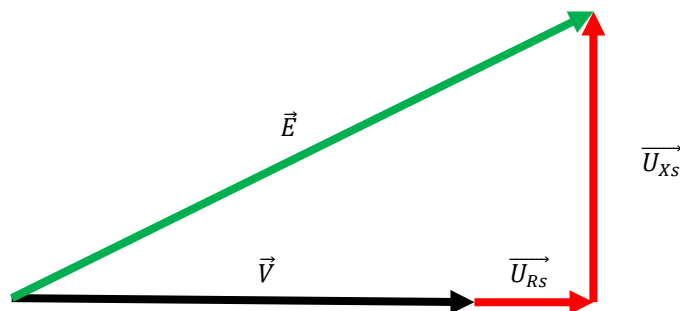
3. Validation du modèle pour les deux points de fonctionnement mesurés.

3.1. Ecrire l'équation de maille de l'alternateur sur le modèle ci-dessous :



3.2. Calculer les tensions V_{phase} , U_{R_s} et U_{X_s} pour le point mesuré en fonctionnement « alternateur ».

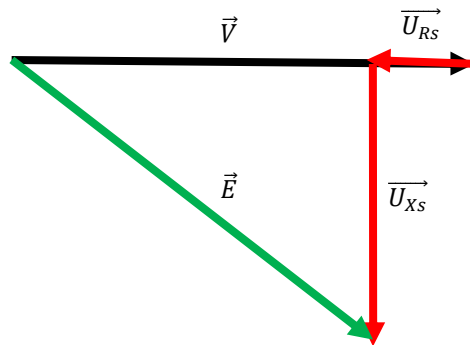
La loi des mailles donne le diagramme de Fresnel de ce point de fonctionnement à $\cos \varphi = 1$:



- 3.3. Calculer la valeur de E grâce à Pythagore dans le triangle rectangle défini par le diagramme de Fresnel.
- 3.4. Vérifier la correspondance entre la valeur de E trouvée grâce au modèle et celle trouvée grâce à la courbe à vide donnée en annexe. Pour cela on utilisera la valeur de I_{exct} relevé en essai.

3.5. Calculer les tensions V_{phase} , U_{rs} et U_{xs} pour le point mesuré en fonctionnement « moteur ».

La loi des mailles donne le diagramme de Fresnel de ce point de fonctionnement à $\cos \varphi = 1$:



- 3.6. Calculer la valeur de E grâce à Pythagore dans le triangle rectangle défini par le diagramme de Fresnel.
- 3.7. Vérifier la correspondance entre la valeur de E trouvée grâce au modèle et celle trouvée grâce à la courbe à vide donnée en annexe. Pour cela on utilisera la valeur de I_{exct} relevé en essai.
- 3.8. A la vue des résultats trouvés précédemment, peut-on dire que le modèle de Behn Eschenburg est valide pour la prédétermination des points de fonctionnement.

Courbe à vide de l'alternateur à $N= 1500 \text{ tr.min}^{-1}$

i_{exc} en A	U_{vide} en V	E en V
0	0	0
0,01	25,3	14,60696
0,103	113	65,24058
0,207	202	116,6248
0,34	274	158,194
0,41	298	172,0504
0,56	335	193,4123
0,65	350	202,0726
0,701	356,3	205,7099
0,733	360,7	208,2502
0,907	379	218,8158
1,02	388,6	224,3583
1,17	397,5	229,4967
1,2	402,9	232,6144
1,33	406,6	234,7506
1,44	412,09	237,9203
1,58	418,3	241,5056
1,66	422,7	244,046
1,7	426,5	246,2399
1,8	430,3	248,4338
1,9	434	250,57
2	437,4	252,533

