

# UTBM - ER51 Examen final 1 - 07 Juin 2010 - Durée de 2h

## Exercice 1- (6pts)

Soit G1, la génératrice synchrone triphasée de puissance  $S_n=120\text{MVA}$ ,  $U_n=20\text{KV}$ ,  $F=50\text{Hz}$  et de réactance synchrone  $X_{s1}= X_{d1}= 4 \text{ Ohm}$  et  $R_{s1} = 0.33 \text{ Ohm}$

- 1) Démontrer à partir de l'expression complexe de la puissance apparente  $\underline{S} = \underline{V} \cdot \underline{I}^*$  peut s'exprimer sous la forme  $\underline{S} = \underline{V}^2 / \underline{Z}^*$  pour un système monophasé et  $\underline{S} = \underline{U}^2 / \underline{Z}^*$  pour un système triphasé.
- 2) Réaliser le schéma monophasé équivalent et écrire l'équation caractéristique monophasée de tension de G1.
- 3) Donner la représentation vectorielle simplifiée à une réactance ou de Behn-Eschenburg de G1 lorsqu'elle alimente une charge purement résistive (rappel : représenter clairement toutes les tensions et courants,  $\varphi$  et  $\delta \dots$ ).

A présent, G1 fonctionne à tension nominale et alimente une charge triphasée de  $S=60\text{MV-j}60\text{MVAR}$ .

- 4) Déterminer la f.e.m interne E en KV /phase et la valeur de l'angle interne  $\delta$ .
- 5) Représenter sur le diagramme P/Q de G1 ci-joint, les vecteurs de tensions et de courants caractéristiques (rappel : représenter clairement toutes les tensions et courants,  $\varphi$  et  $\delta \dots$ ).
- 6) En déduire qu'elle est la nature de la charge S. Justifier votre réponse.
- 7) Déterminer la puissance  $P_{\max}$  pouvant être fournie par G1.
- 8) Rappeler l'expression de VR et calculer la valeur de VR (Voltage Regulation)  
La tension à vide est obtenue pour la même valeur d'excitation que celle permettant d'obtenir E en 4).

## Exercice 2 – (10pts)

G1 (50Hz)	120 MVA PF= 0.8	$U_{n\text{stator}} = 20\text{KV}$	$X_{s1}=X_{d1} = 4 \text{ Ohm}$ (voir exercice 1)	$R_{s1}=0$
T1 (50Hz)	120 MVA – Ynd5	$U_{n\text{prim}}/U_{n\text{sec}} = 20/ 200\text{KV}$	$Z_{cc1} = X_{cc1} = 15 \%$	$R_{cc1}=0$
T2 (50Hz)	180 MVA – Ynd5	$U_{n\text{prim}}/U_{n\text{sec}} = 20/200\text{KV}$	$Z_{cc2} = X_{cc2} = 10\%$	$R_{cc2}=0$
G2 (50Hz)	180 MVA PF=0.8	$U_{n\text{stator}} = 18\text{KV}$	$X_{s2}=X_{d2}=120\%$	$R_{s2}=0$
Ligne			$Z_L = j120 \text{ Ohm}$	
Charge ( $Z_C$ )		$U_C = 200\text{KV}$	$S_C = 120\text{MW} + j100\text{MVAR}$	

**Tableau 1**

Pour l'exercice 3, on supposera comme négligeable les résistances d'enroulements stator et transformateurs.

Le propriétaire de l'usine « *Dialo-Arachide* » installée dans le village de *Koumguel* au Sénégal fait l'acquisition de G1 pour alimenter son usine symbolisé par une Charge ( $Z_C$ ) d'une puissance triphasée  $S_C$ .

On prendra comme puissance triphasée de base  $S_b = 100\text{MVA}$

La tension en « 1 » aux bornes de la charge supposée constante :  $V_1=1\text{pu}$  et sa phase prise pour référence.

### A - Installation (5 pts)

- 1) Réaliser le schéma unifilaire équivalent en exprimant toutes les grandeurs en « pu » de la figure 1 (G1, T1, Zc).
- 2) Déterminer en pu et en Volt la tension stator  $V_{S1}$ , la fem E1 par phase et l'angle interne  $\delta$  de G1.
- 3) Calculer les puissances  $P_{G1}$  (MW) et  $Q_{G1}$  (MVAR) fournies par G1 (sortie générateur G1).
- 4) Faites le schéma vectorielle de tensions et de courants associés et en déduire qu'elle est la nature de la charge  $S_C$ . Justifier votre réponse.
- 5) Les besoins énergétiques de l'usine sont-ils satisfaits par G1 ? commentez votre réponse. (aidez-vous du diagramme P/Q)

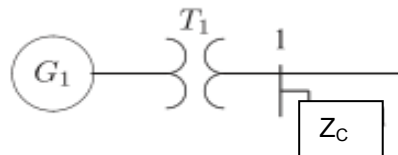


Figure 1

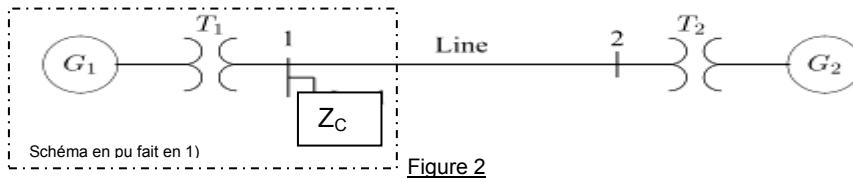
**B - Extension (5pts)**

Afin de satisfaire ses besoins énergétiques, l'usine importe une partie de son énergie du générateur triphasé G2 installé à la ville **Diourbel** via la ligne de distribution triphasée d'impédance  $Z_L$ . (Voir détails tableau 1).

- Vu du point 1, la tranche G1-T1 fournit à l'usine une puissance  $S' = 90\text{MW} + j 50\text{MVAR}$ .

- Les tensions nominales LV et HV de T2 sont considérées comme tension de base au primaire et au secondaire de T2.

- 6) Réaliser le schéma unifilaire en exprimant toutes les grandeurs en « pu » de la figure 2.
- 7) Déterminer en pu et en Volt la tension stator  $V_{S2}$  et la fem E2 par phase de G2.
- 8) Calculer les puissances  $P_{G2}$  (MW) et  $Q_{G2}$  (MVAR) fournies par G2 (sortie générateur G2).



**Exercice 3 (4pts) - Vous choisirez de résoudre l'exercice 3 OU l'exercice 4.**

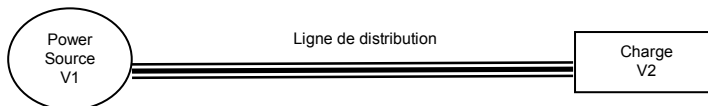
Pour assurer la protection du transformateur triphasé T1 (voir détails tableau 1), on réalisera la mise en œuvre des fonctions de protections **51T** (surcharge côté HV), **50T** (court-circuit triphasé côté HV) et **51TN** (défaut entre Phase-terre) à l'aide du relais numérique GE SR745 connecté au secondaire des CT ou TI (transformateur d'intensité).

- 1) Donner la définition de l'indice horaire, calculer sa valeur en degré et sa représentation vectorielle de T1.
- 2) Réaliser le schéma unifilaire de mise en œuvre avec :
  - CT1 de mesure côté LV = 6000/5 -5P20 - 20VA
  - CT2 de mesure côté HV = 1000/5 -5P20 - 20VA
  - CT3 de mesure Neutre- Terre = 600/5 -5P20 - 20VA
- 3) Que représentent les grandeurs « **600/5, 5P20, 20VA** » lues sur la plaque signalétique du CT3?
- 4) Calculer les valeurs seuils de réglages (courant et temporisation) à programmer dans le relais de protections pour les fonctions de protections 51T, 50T et la 51TN.
- 5) Questions Bonus : Calculer le courant au secondaire du CT (TI) pour un défaut Phases-terre si le neutre de T1 est mis à la terre via une impédance  $Z_n = 250 \text{ Ohm}$ . (Il n'est pas demandé de recalculer le seuil de la 51TN)

Recommandations du fabricant du transformateur T1 :

- a. Protection surcharge à régler à 1.25pu et une temporisation maximale de 60sec
- b. Protection contre un court circuit triphasé à régler à 0.9 de  $I_{cc3}$ , action instantanée.
- c. Protection contre les courants de défauts Phase-Terre à régler à 0.25pu et une temporisation maximale de 2sec.

**Exercice 4 (4pts) - Vous choisirez de résoudre l'exercice 3 OU l'exercice 4.**



La figure ci-dessus représente un schéma simplifié de distribution.

La charge est assimilée à une impédance  $Z_C = 120 + j30 \Omega$  et la ligne à une impédance  $Z_L = 1 + j4 \text{ Ohms}$ . La tension  $V_1 = 200\text{KVrms}$ , calculer :

1. Le courant de ligne  $I_1$
2. La tension  $V_2$  aux bornes de la charge
3. La chute de tension due à la ligne
4. Les puissances active et réactive consommées par la charge
5. Les puissances active et réactive produites par la source
6. Les puissances active et réactive représentant les pertes dues à la ligne
7. Faites une représentation vectorielle des tensions et des courants.
8. On définit la chute de tension de ligne par  $|\Delta V| = |V_1| - |V_2|$  dans certains cas pratiques, on peut écrire la relation :

$|\Delta V| \ll |V_1| \approx |V_2|$ . Démontrer que la chute de tension relative (ou Voltage Regulation) s'exprimant par  $\frac{|\Delta V|}{|V_r|}$  peut

s'exprimer sous la forme  $\frac{|\Delta V|}{|V_r|} \approx R_l \frac{P_r}{|V_r|^2} + X_l \frac{Q_r}{|V_r|^2}$  pu.

# UTBM - ER51 Examen final 1 - 07 Juin 2010 - Durée de 2h

A détacher et à joindre à votre copie

Nom :

Diagramme P/Q de G1

