



Faculté : Technologie  
Département : Génie Electrique

كلية : تكنولوجيا  
قسم : الهندسة الكهربائية

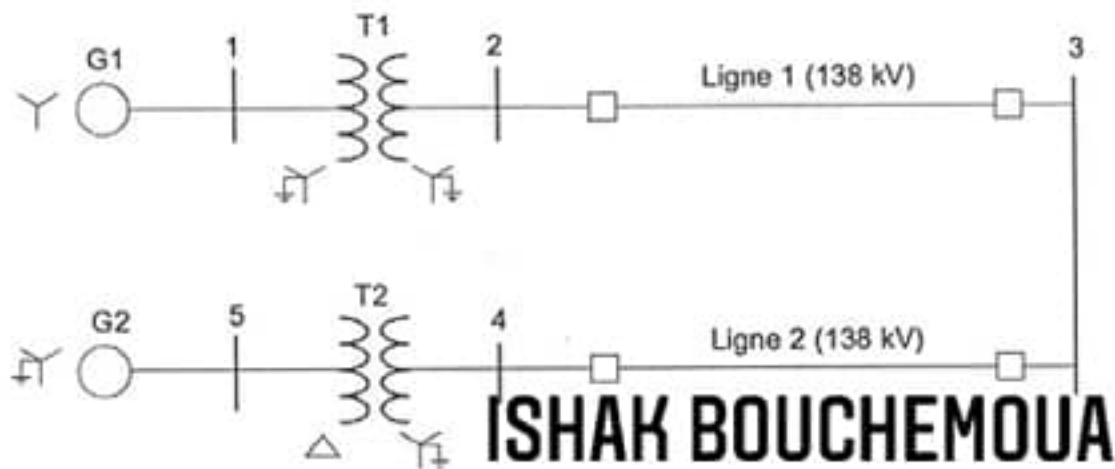
مسابقة الدخول لدكتوراه الطور الثالث، ل م د 2022/2021

## Concours d'accès au doctorat 3<sup>e</sup> cycle, LMD 2021/2022

Spécialité :	Réseaux électriques	الاختصاص :
Variante :	3	الخيار رقم :
Epreuve :	Analyse des Réseaux Electriques	اختبار :
Durée :	ساعتان	المعامل :
Date :	10/03/2022	التوقيت :
	العدد :	Coefficient :
	التاريخ :	Heure :
		03
		15:00

### Exercice 1(7 pts) :

Soit un réseau de transport triphasé à cinq barres montré dans la figure suivante.



Les paramètres des équipements du réseau sont:

Générateur $G_1$ :	50 MVA, 12 kV, $X'' = 0.2$ pu
Générateur $G_2$ :	100 MVA, 15 kV, $X'' = 0.2$ pu
Transformateur $T_1$ :	50 MVA, 10 kV <sub>y</sub> / 138 kV <sub>y</sub> , $X = 0.1$ pu
Transformateur $T_2$ :	100 MVA, 15 kV <sub>Δ</sub> / 138 kV <sub>y</sub> , $X = 0.1$ pu
Ligne 1:	138 kV, $X_1 = 40 \Omega$
Ligne 2:	138 kV, $X_2 = 40 \Omega$

Un court-circuit triphasé survient à la barre no. 4 où la tension avant défaut est 138 kV. On néglige les courants de charge avant défaut.

- 1- Tracer le diagramme du réseau en séquence directe en pu (utilisant 100 MVA et 15 kV comme base dans la zone du générateur  $G_2$ ).
- 2- Déterminer l'impédance équivalente du réseau vu à la barre de défaut.
- 3- Déterminer le courant de défaut (en pu et en kA).

**Exercice 2(6 pts) :**

Un moteur asynchrone triphasé absorbe un courant 150 A sous une tension entre ligne de 1,150 kV, 50Hz et  $\cos\varphi=0,6$  (AR).

1- Calculer la puissance active et réactive absorbée par le moteur.

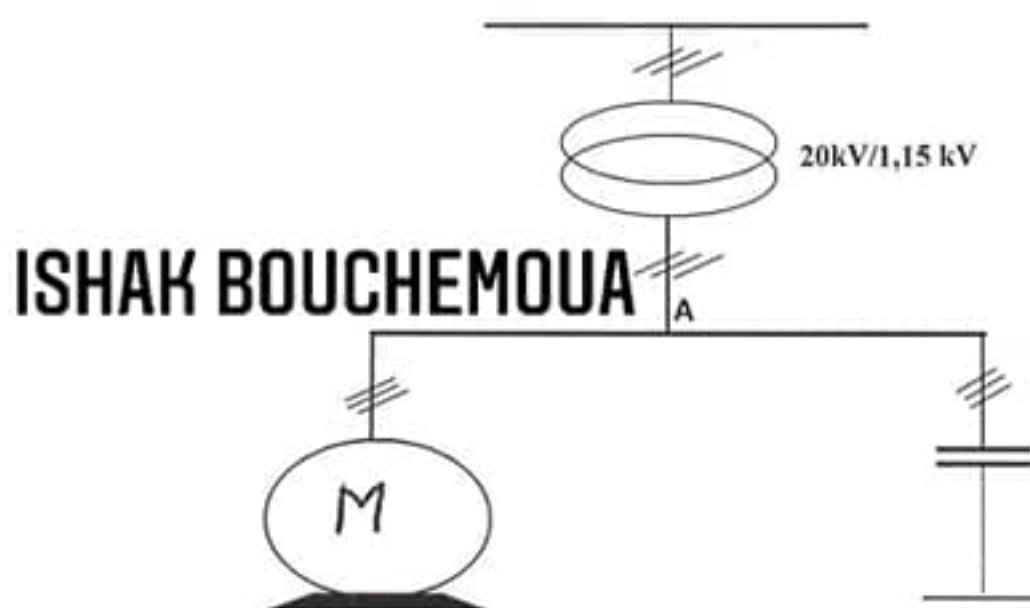
On veut relever le facteur de puissance à 0,9 en arrière (point A)

2- Calculer la valeur de la puissance réactive  $Q_c$  nécessaire totale à injectée par deux méthodes.

3- Calculer la valeur de la réactance capacitive  $X_c$  de la batterie du condensateur.

4- Calculer la valeur de la capacité des condensateurs en ( $\mu F$ ) à brancher en couplage préféré avec deux méthodes.

5- Calculer le nouveau courant après la compensation avec son nouveau déphasage.

**Exercice 3(7 pts) :**

On considère une ligne triphasée de 600 km de longueur telle que  $r = g = 0$  et les paramètres linéiques par phase sont  $\ell = 10 \times 10^{-4}$  H/km,  $c = 10 \times 10^{-9}$  F/km

Cette ligne fonctionne à la fréquence de 50 Hz. En pleine charge, la ligne fournit une puissance totale de 400MVA avec un facteur de puissance égal à 0.9 (AR) pour une tension de 100 kV par phase.

Déterminer

1/5 1- L'impédance caractéristique, la constante de propagation et la longueur d'onde de la ligne.

2/ 2- Les paramètres A, B, C, D du modèle de la ligne en pi

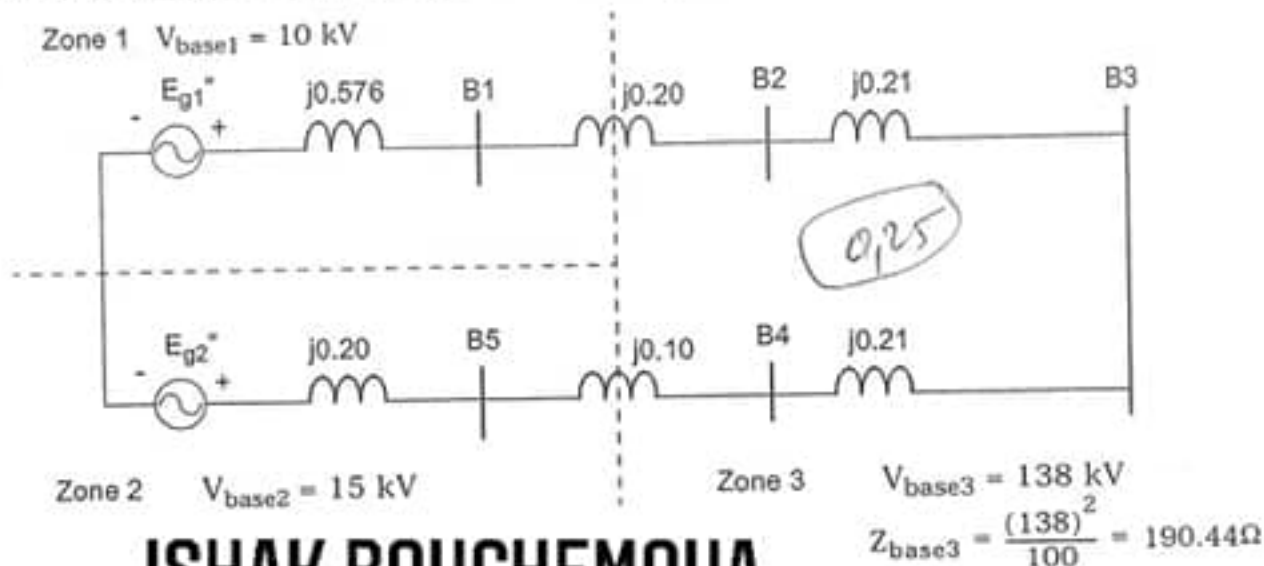
2/ 3- On demande pour la source les valeurs de la tension et du courant, ainsi que le facteur de puissance.

1/5 4- Tracer le diagramme vectoriel des tension et courants ( $V_s$ ,  $V_R$ ,  $I_s$ ,  $I_R$ )

Note : S : source, R : récepteur.

# Solution Problème no 1. (7 pts)

a) Diagramme du réseau en séquence directe en pu



## ISHAK BOUCHEMOUA

On divise le réseau en 3 zones différentes avec les valeurs de base différentes.

$$X_{g1}'' = 0.2 \times \left(\frac{12}{10}\right)^2 \times \frac{100}{50} = 0.576 \text{ pu} \quad (0,75)$$

$$X_{g2}'' = 0.2 \text{ pu} \quad (0,25)$$

$$X_{T1} = 0.1 \times \frac{100}{50} = 0.2 \text{ pu} \quad (0,5)$$

$$X_{T2} = 0.10 \text{ pu} \quad (0,25)$$

$$Z_{base3} = \frac{(V_{base3})^2}{S_{base}} = \frac{(138)^2}{100} = 190.44 \Omega \quad (0,5)$$

$$X_{line} = \frac{40}{190.44} = 0.21 \text{ pu} \quad (0,25)$$

b) L'impédance équivalent du réseau vu à la barre no. 4:

$$X_{th} = (0.30) \parallel (0.576 + 0.2 + 0.21 + 0.21) = 0.2398 \text{ pu} \quad (1,5)$$

$$V_F = 1.0 \angle 0^\circ \text{ pu} \quad (0,5)$$

c) Le courant de défaut est:  $I_F'' = \frac{V_F}{Z_{th}} = \frac{1.0 \angle 0^\circ}{j0.2398} = -j4.17 \text{ pu} \quad (1)$

Le courant de base dans cette zone est égal à:

$$I_{base3} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} V_{base3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 138} = 0.4184 \text{ kA} \quad (0,75)$$

Alors:  $I_F'' = -j4.17 \times 0.4184 \text{ kA} = -j1.7447 \text{ kA} \quad (0,5)$

# Variante 3

## Correction de l'exercice 2:

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 1150 \cdot 1150 \cdot 0,6 = 179267,2586W$$

$$Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot 1150 \cdot 1150 \cdot 0,8 = 239023,0144Var$$

$$\cos \varphi = 0,6 \Rightarrow \varphi = \arccos(0,6) = 53,1301^\circ \Rightarrow \sin \varphi = 0,8 \Rightarrow \tan \varphi = 1,3333$$

La puissance réactive  $Q_c$  (VAR) nécessaire à injectée

$$Q_r = P \tan \varphi_r = 86823,09601Var$$

$$\cos \varphi_r = 0,9 \Rightarrow \varphi_r = 25,84^\circ \Rightarrow \tan \varphi_r = 0,4843$$

$$1^{re} \text{ méthode : } Q_c = P \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi_r) = 152199,9156Var$$

$$2^{em} \text{ méthode : } Q_c = Q - Q_r = 152199,9156Var$$

## ISHAK BOUCHEMOUA

La valeur de la réactance capacitive  $X_c$  ( $\Omega$ ) de la batterie du condensateur

$$X_c = \frac{U^2}{\frac{Q_c}{3}} = \frac{3 \cdot (1150)^2}{152199,9156} = 26,07\Omega$$

La valeur de la capacité des condensateurs en ( $\mu F$ ) à brancher en triangle

$$1^{re} \text{ méthode : } Q_c = 3 \cdot U^2 \cdot c \cdot \omega \Rightarrow c = \frac{Q_c}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} \cdot 10^6 = 122,17 \mu F$$

$$2^{em} \text{ méthode : } X_c = \frac{1}{j \cdot c \cdot \omega} \Rightarrow c = \frac{1}{\omega \cdot X_c} \cdot 10^6 = 122,17 \mu F$$

$$\omega = 2\pi f = 314$$

Calcul le nouveau courant absorbé après la compensation

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c \cdot \cos \varphi \Rightarrow I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 100A$$

$$I_c = \frac{S^*}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{P - jQ_r}{\sqrt{3} \cdot U} = 90 - j43,59 = 100 \angle -25,84^\circ A$$



# EX03 (7pts)

$$l = 600 \text{ km}$$

$$R = G = 0$$

$$L = 10 \times 10^{-4} \text{ H/km}$$

$$C = 10 \times 10^{-9} \text{ F/km}$$

$$Z = R + j\omega L = j \cdot 10 \times 10^{-4} \times 2\pi f = j \cdot 10 \times 10^{-4} \times 314 = j0,314 \Omega/\text{km}$$

$$Y = G + j\omega C = j\omega C = j \cdot 10 \times 10^{-9} \times 2\pi f = j \cdot 10^{-8} \times 314 = j3,14 \mu\text{S/km}$$

1) L'impédance caractéristique :

$$(0.5) Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{j0,314}{j3,14 \times 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{j0,314 \times 10^6}{j3,14}} = 10^3 \sqrt{\frac{0,314}{3,14}} = 0,316 \times 10^3 = 316 \Omega$$

La constante de propagation :

$$(0.5) \gamma = \sqrt{ZY} = \sqrt{j0,314 \times j3,14} = j \sqrt{0,314 \times 3,14 \times 10^{-6}} = 9,86 \times 10^{-4} \text{ rad/km}$$

La longueur d'onde de la ligne :

$$(0.5) \lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{9,86 \times 10^{-4}} = \frac{2\pi \times 10^4}{9,86} = \frac{628}{9,86} \times 10^4 = 6369 \text{ km}$$

2) Les paramètres A, B, C, D :

$$A = \cosh \gamma l = \cosh(j\beta l) = \cosh(j \cdot 9,86 \times 10^{-4} \times 600) =$$

$$(0.5) \cosh(j0,5916) = \cosh(j \cdot 33,91) = \frac{e^{j33,9} + e^{-j33,9}}{2}$$

$$\cosh(j33,91) = \frac{\cos 33,9 + j \sin 33,9 + \cos 33,9 - j \sin 33,9}{2} = \cos 33,9$$

$$A = 0,83$$

$$(0.5) B = Z_c \sinh \gamma l = Z_c \left[ \frac{e^{j\beta l} - e^{-j\beta l}}{2} \right] = Z_c \left[ \frac{\cos \beta l + j \sin \beta l - \cos \beta l + j \sin \beta l}{2} \right]$$

$$B = j Z_c \sin \beta l = j \times 316 \times \sin 33,9^\circ = j \times 316 \times 0,557 = j176 \Omega$$

$$(0.5) C = \frac{1}{Z_c} \sinh \gamma l = \frac{1}{316} \times j \sin 33,9^\circ = j \frac{0,557}{316} = j1,76 \times 10^{-3}$$

$$(0.5) D = \cosh \beta l = A = 0,83$$

$$\begin{bmatrix} V_s \\ I_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$



$$3) I_R = \frac{S}{3V} = \frac{400 \times 10^3}{3 \times 100} = \frac{400}{3} \times 10^3 = 1333,3 \text{ A.}$$

$$\bar{I}_R = 1333,3 / 0,9 - j0,435 = 1199,97 - j579,98$$

$$\bar{I}_R \approx (1200 - j580) \text{ A} = (1,2 - j0,58) \text{ kA} \approx 1,33 \angle$$

$$\bar{V}_S = A\bar{V}_R + B\bar{I}_R = 0,83 \times 100 \angle 0^\circ + j176(1,200 - j0,580)$$

$$(0,75) \quad \bar{V}_S = 83 + j211,2 + 102,08 = 185,08 + j102,08$$

$$\bar{V}_S = 211,71 \angle 28,8^\circ$$

$$\bar{I}_S = C\bar{V}_R + D\bar{I}_R = j176 \times 100 \times 100 + 0,83 \times (1,2 - j0,58)$$

$$= j176 + 0,996 - j0,48 = 0,996 + j$$

$$\bar{I}_S = j0,176 + 0,996 - j0,48 = 0,996 - j0,304$$

$$(0,75) \quad \bar{I}_S = 1,04 \angle -16,97^\circ ; \quad \cos \varphi_s = \cos(28,8^\circ + 16,97^\circ) = \cos(45,77^\circ) = 0,69$$

(0,5)

$\approx 0,7$

4)

ISHAK BOUCHEMOUA

(1,5)

