

**Solution Examen SURTENSION ET COORDINATION DE L'ISOLEMENT**

**QUESTION N°01 (3)**

- les surtensions au **réenclenchement** de lignes à **vide** ;
- les surtensions à **l'ouverture de charges capacitives** ;
- les surtensions lors **des manœuvres des sectionneurs** de postes sous enveloppe métallique.

**QUESTION N°02 (4)**

Un électron germe accéléré par le champ électrique appliqué, acquiert une énergie qui peut suffire à partir d'une certaine valeur du champ électrique, à ioniser par collision une particule neutre de gaz. Les nouveaux électrons créés vont participer à leur tour au mécanisme d'ionisation des molécules neutres, produisant ainsi une multiplication ou avalanche électronique.

**QUESTION N°03 (4)**

Citez les classifications des contraintes de tension apparaissant sur les réseaux électrique (notes de cours)

**QUESTION N°04 (4)**

- **l'enclenchement** ou le **réenclenchement de ligne ouverte en extrémité**: c'est le cas à chaque enclenchement mais, en général on connecte une charge très rapidement après.
- **la perte de charge** : cette situation se rencontre en réseau lorsque, à la suite d'un défaut ou d'une manœuvre intempestive, le disjoncteur d'une des extrémités de la ligne ouvre en triphasé : une telle situation peut d'ailleurs entraîner elle-même des surtensions temporaires, se cumulant à l'effet Ferranti.

**QUESTION N°05 (5)**

- Tenue diélectrique des PSEM isolés au SF<sub>6</sub> Comme le SF<sub>6</sub>, est un gaz électronégatif, il a la propriété de fixer les électrons libres pour former des ions négatifs stables. Comme la mobilité et le pouvoir ionisant de ces ions sont beaucoup moins élevés que ceux des électrons, **les Postes Sous Enveloppe Métallique (PSEM)** dans les quels les jeux de barres et appareillage sont enfermés, sous pression, dans des enceintes étanches
- Lorsqu'une pointe est portée à une tension de polarité négative (la cathode). on dit que le champ à proximité de celle-ci est divergent.

Sent...

II. Répondez aux questions suivantes par Oui ou Non (10 pts).

N	Questions	Oui ou Non
1	La pollution harmonique générée est ainsi plus ou moins importante suivant la puissance de la charge pollueuse.	Oui
2	Les signaux déformés sont la somme de signaux de fréquences différentes et d'amplitudes égales.	Non
3	Le rang harmonique est le rapport entre la fréquence de l'harmonique considéré et la fréquence fondamentale.	Non
4	Le filtre amorti est constitué d'une structure identique au filtre résonant, avec en supplément, une résistance R branchée en parallèle sur l'inductance.	Oui
5	Les inter-harmonique renvoie à des harmoniques de rang non entier. Où, les harmoniques qu'il produit sont des multiples de la fréquence fondamentale.	Non
6	Les taux de distorsion harmonique global THD est égal $THD_v = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + A_n^2} / A_1$	Oui
7	Les appareils numériques dits RMS (Root Mean Square) réalisent la mesure efficace d'un signal sinusoïdal.	Non
8	Les surtensions de durée inférieure à 1 ms sont appelées surtensions transitoires.	Non
9	Le taux global d'harmonique en tension ne doit pas dépasser 8 % dans une installation de distribution basse tension.	Oui
10	La résonance parallèle s'exprime par la relation suivante : $Z = \frac{L \times \omega_r^2}{1 - L \times C \omega_r}$	Oui

OK



EMD Qualité de l'énergie électrique

كلية التكنولوجيا  
 قسم الهندسة الكهربائية  
 شعبة الالكتروتقني

Questions de cours

- 1) Quels sont les types des récepteurs.
- 2) Quels sont les sources des harmoniques.
- 3) Quels sont les rôles du filtre actif.
- 4) Quels sont les avantages du filtrage actif.
- 5) Quels sont les types des perturbations dans les réseaux électriques.

Exercice

Un récepteur résistive triphasé monté en triangle, est alimenté par un onduleur de tension en pont triphasé (Figure1). Les signaux de commande des différents interrupteurs de puissance sont indiqués sur une période de fonctionnement (Figure 2).  $R=10\Omega$ ,  $E=200V$  et la fréquence de l'onduleur  $f=50Hz$ .

- 1) Tracer l'allure de la tensions entre phases  $u_{ab}$  au cours d'une période.
- 2) Calculer la valeur efficace de la tension  $u_{ab}$ .
- 3) Déterminer la série de fourrier de la tension  $u_{ab}$ .
- 4) Calculer le taux de distorsion totale THD de la tension  $u_{ab}$ .
- 5) Quel est le type de cette commande et donner ces inconvénients.

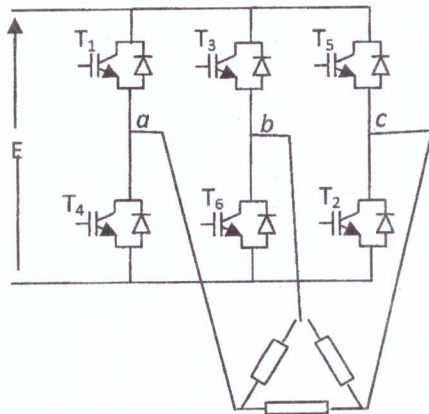


Figure 1

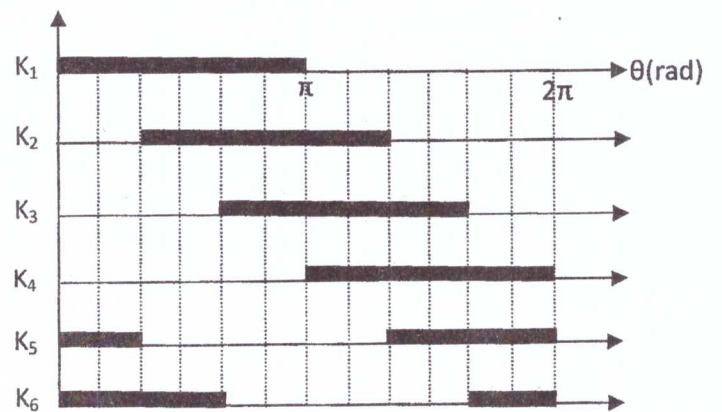


Figure 2

## Questions de cours

### 1) Quels sont les types des récepteurs. (2pts)

Une charge est dite linéaire si, alimentée par une tension sinusoïdale, elle consomme un courant sinusoïdal. Cependant, le courant et la tension peuvent être déphasés.

Une charge est dite non-linéaire lorsque la relation entre la tension et le courant n'est plus linéaire. Un tel récepteur alimenté par une tension sinusoïdale, consomme un courant non sinusoïdal.

### 2) Quels sont les sources des harmoniques. (1pt)

La cause principale de l'existence des harmoniques de tension est l'injection des courants non sinusoïdaux par des charges non linéaires (les convertisseurs statiques), ou des charges déséquilibrées branchées au réseau.

### 3) Quels sont les rôles du filtre actif. (2pts)

- Le filtre actif parallèle (FAP) (shunt active filter) : conçu pour compenser toutes les perturbations de courant comme les harmoniques, les déséquilibres et la puissance réactive.
- Le filtre actif série (FAS) : conçu pour compenser toutes les perturbations de tension comme les harmoniques, les déséquilibres et les creux de tension.

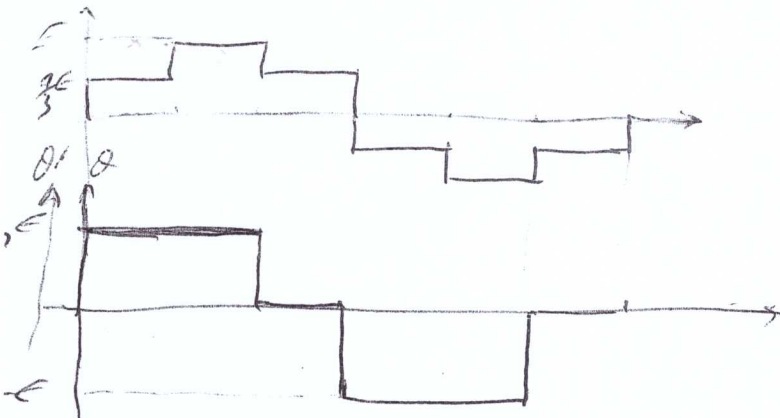
### 4) Quels sont les avantages du filtrage actif. (1pt)

L'auto- adaptabilité, la fiabilité et la bonne performance .

### 5) Quels sont les types des perturbations dans les réseaux électriques. (2.5pts)

- Creux et coupures de tension
- Fluctuations de tension
- Déséquilibre du système triphasé de tension
- Variation de fréquence
- Forme d'onde

1)



$$V_{ab\text{eff}}^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi/3} \epsilon^2 d\alpha$$

$$V_{ab\text{eff}} = \epsilon \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} = 163,3 \text{ V}$$

$$f_{ab}(\theta') = \frac{1}{\pi} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\theta' + b_n \sin n\theta') \quad \text{D15}$$

$$a_0 = 0$$

$$a_1 = 0$$

$$a_n = \frac{2}{2\pi} \int_0^{5\pi/6} \epsilon^2 \cos n\theta' d\theta' \quad \text{D16}$$

$$= \frac{4\epsilon}{n\pi} \cdot \cos \frac{n\pi}{6} \quad \text{D17}$$

$$b_n(\theta') = \frac{4\epsilon}{n\pi} \cdot \cos \frac{n\pi}{6} \cdot \sin(n\theta') \quad \text{D18}$$

$$\theta' = \theta - \frac{\pi}{6}$$

$$b_n(\theta) = \frac{4\epsilon}{n\pi} \cdot \cos \frac{n\pi}{6} \cdot \sin\left(n\cdot\theta - \frac{n\pi}{6}\right) \quad \text{D19}$$

$$b_1 = \frac{4 \cdot \epsilon}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \cos \frac{\pi}{6} = \frac{4 \cdot 200}{\sqrt{2} \cdot \pi} \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 156 \text{ V}$$

$$D = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} U_{abn}^2}}{U_{ab}} = \frac{\sqrt{U_{ab}^2 - U_{ab1}^2}}{U_{ab1}} = \frac{\sqrt{(163,3)^2 - (156)^2}}{156} \quad \text{D20}$$

**Examen (Correction)**

**Propagation des ondes dans les longue lignes électrique .**

**QUESTION N°01:** (3)

Donnez les équations différentielles de la tension et du courant qui définissent le phénomène de propagation des ondes dans les lignes longues.

$$\frac{\partial i}{\partial x} = -G'u - C' \frac{\partial u}{\partial t}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -R'i - L' \frac{\partial i}{\partial t}$$

**QUESTION N°02:** (3)

Donnez l'expression de la puissance maximum transportable dans les lignes longues de transport pour les trois types de lignes ( ligne résistive – lignes inductive – lignes inductive avec compensation )

$$P_{max} = \frac{E_s^2}{4R}$$

$$P_{max} = \frac{E_s^2}{2X_L}$$

$$P_{max} = \frac{E_s^2}{X_L}$$

**QUESTION N°03:** (2)

Une ligne électrique de transport doit posséder des caractéristiques de base, citez-les

**QUESTION N°04:** (3)

(a) Tension constante (b) les pertes faibles  
(c) Pertes joules ne doivent pas faire surchauffer les conducteurs

Une ligne triphasée à 230 kV ayant une longueur de 50 km, cette ligne transporte une puissance de 300 MW, en donne  $r = 0,065 \Omega/\text{km}$   $X_L = 0,5 \Omega/\text{km}$   $X_C = 300\,000 \Omega.\text{km}$ ; déterminer

- Le circuit équivalent « exact » de la ligne
- La valeur des puissance active et réactive
- Le circuit équivalent approximatif

voir le cours (page 1034)

**QUESTION N°05:** (2)

$$R = \frac{Z_{w2} - Z_{w1}}{Z_{w2} + Z_{w1}}$$

Déterminer en détail l'expression de facteur de Réflexion et de Transmission et Calculer les pour

- A vide - Court-circuit
- Ligne adapté

**QUESTION N°06:** (2)

$r = 1, T = 2$  (  $r = -1, T = 0$  ) (  $r = 0, T = 1$  )  $T = \frac{2 Z_{w2}}{Z_{w2} + Z_{w1}}$

Donner l'effet des capacités insérées aux deux extrémités d'une ligne de transport

**QUESTION N°07:** (3)

Donner les cas possible d'échange de puissance active entre deux grands réseaux interconnectés

- ⊕  $E_s$  et  $E_R$  sont en phase le courant est nul et aucune P transportée
- ⊕  $E_s$  et  $E_R$  déphasée en avance la Région (S) fournit la puissance
- ⊖  $E_s$  et  $E_R$  déphasée en arrière de P de R → S

**Exercice 1 :(10 pts )**

1- Les équations de stator dans la répare (abc) donné par :  $[V_{abcs}] = [R_s] \cdot [I_{abcs}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abcs}]$

trouver les équations statorique de la MAS dans les axes x-y :

$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{ds} \\ \phi_{qs} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_s \\ \omega_s & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi_{ds} \\ \phi_{qs} \end{bmatrix}$$

2- donner les expressions des fonctions (Fnc 1, Fnc 2, Fnc 3)

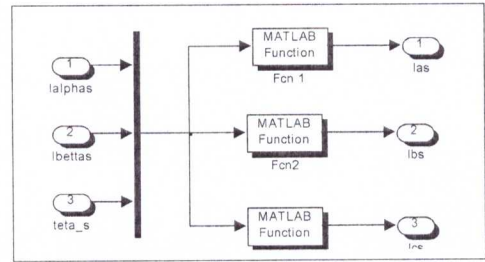
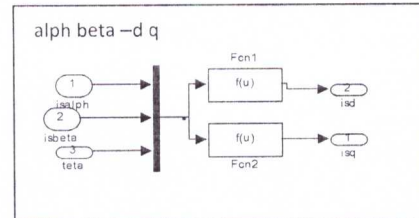
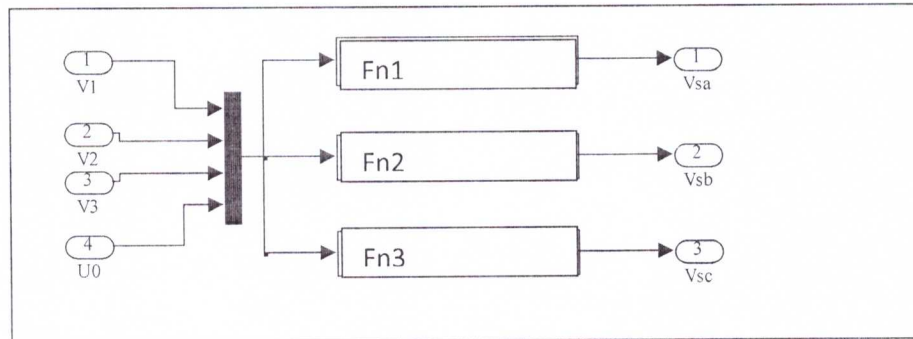


Fig.1 transformation de PARK inverse sous MATLAB –Simulink

3-donner les expressions des fonctions (Fnc1,Fnc2)



3-donner les expressions des fonctions (Fnc1,Fnc2)



**Exercice 2 : (10 pts )**

Les paramètres de la MAS sont :

$r_s=0.63$ ;  $r_r=0.4$ ;  $L_s=0.097$ ;  $L_r=0.091$ ;  $F=0.001$ ;  $J=0.22$ ;  $p=2$ ;  $M=0.091$ ;

Dans la commande vectorielle indirecte on obtient le système d'équation :

$$V_{ds} = R_s isd + \sigma L_s \frac{disd}{dt} - \omega_s \sigma L_s isq \quad V_{sq} = R_s isd + \sigma L_s \frac{disq}{dt} + \omega_s \sigma L_s isd + \omega_s \frac{M}{L_r} \phi_r$$

$$\phi_r = \frac{M isd}{1 + Tr.s} \quad C_e = \frac{P M \phi_r isd}{L_r} \quad \omega_{gl} = \frac{M isq}{Tr \phi_r} \quad ce - cr = J \frac{d\Omega}{dt} + f \Omega$$

1-déterminer les paramètres de régulateur de courant ( $k_p, k_i$ ) avec  $trp=0.01$  .

2-donner le schéma bloqué de la commande vectorielle indirecte

3-calculer les valeurs de régulateur de vitesse ,  $Trpw=0.2$  ,  $\omega_n trpw=4.75$  ,  $\xi = 1$

*Comme*

**Corrigé type**

**Exercice 1 :(10 pts )**

1-

$$[V_{abc}] = [R_s] \cdot [I_{abc}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abc}]$$

$$[V_{dq}] = [p]^{-1} ([R_s] \cdot [I_{abc}] + \frac{d}{dt} [\phi_{abc}]) = [p]^{-1} [R_s] [p] [I_{dq}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} ([p] [\phi_{dq}]) = [R_s] [I_{dq}] + [p]^{-1} \frac{d}{dt} [p] [\phi_{dq}] + [I_{dq}] \frac{d}{dt} [\phi_{dq}]$$

$$[V_{dq}] = [R_s] [I_{dq}] + [I_{dq}] \frac{d}{dt} [\phi_{dq}] + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_s \\ \omega_s & 0 \end{bmatrix} [\phi_{dq}]$$

$$\begin{bmatrix} v_{ds} \\ v_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 \\ 0 & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{ds} \\ \phi_{qs} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_s \\ \omega_s & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \phi_{ds} \\ \phi_{qs} \end{bmatrix}$$

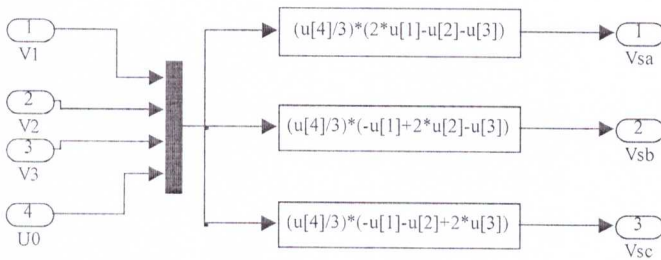
-2

$$\begin{aligned} V_{as} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3)) - u(2) * \sin(u(3))) \\ V_{bs} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3) + 2 * \pi / 3) - u(2) * \sin(u(3) + 2 * \pi / 3)) \\ V_{cs} &= \sqrt{2/3} * (u(1) * \cos(u(3) + 4 * \pi / 3) - u(2) * \sin(u(3) + 4 * \pi / 3)) \end{aligned}$$

3

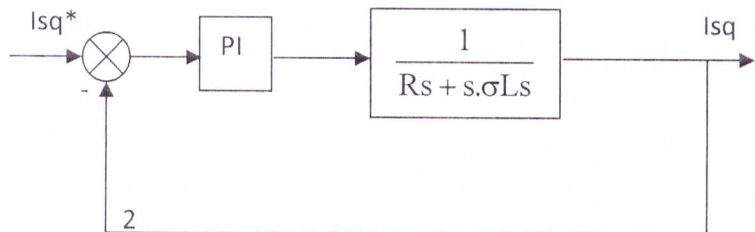
$$\begin{aligned} \text{Fcn1} &: \cos(u(3)) * u(1) + \sin(u(3)) * u(2) \\ \text{Fcn2} &: \cos(u(3)) * u(2) - \sin(u(3)) * u(1) \end{aligned}$$

-4



**Exercice 2 : (10 pts )**

- Régulation de courant statorique  $i_s$





*canu*

**Schéma bloc de la régulation du courant statorique isq (même chose pour ids).**

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$$

En boucle ouverte :

$$\text{FTBO : } K_p \left( s + \frac{K_i}{K_p} \right) \frac{1}{s} \frac{1}{\frac{R_s}{\sigma L_s} + s}$$

Par compensation :

$$\frac{K_i}{K_p} = \frac{R_s}{\sigma L_s}$$

$$\text{FTBO : } \frac{K_p}{s} \frac{1}{\sigma L_s}$$

Donc en boucle fermée :

$$\text{FTBF : } \frac{\frac{K_p}{\sigma L_s} \frac{1}{s}}{1 + \frac{K_p}{s \cdot \sigma L_s}} = \frac{1}{s \frac{\sigma L_s}{K_p} + 1} = \frac{1}{\tau s + 1}$$

Avec :

$$\tau = \frac{\sigma L_s}{K_p}$$

le temps de réponse ( $\tau$ ) = 0.01 .

On a trouvé :  $K_i = \frac{r_s}{\tau}$        $K_p = \frac{\sigma L_s}{\tau}$ .

$$\sigma = 1 - (M^* M / (L_s * L_r)) = 0.0619$$

$$K_p = 0.6$$

$$K_i = \frac{R_s}{\sigma L_s} K_p = 63$$

2-



La  $FTBF_{\Omega}$  possède une dynamique de 2<sup>ème</sup> ordre, par identification à la forme canonique du 2<sup>ème</sup> ordre, l'équation caractéristique est représentée comme suit :

$$\frac{1}{\omega_n^2} P^2 + \left(\frac{2\zeta}{\omega_n}\right) P + 1$$

Alors:  $\frac{J}{K_i} = \frac{1}{\omega_n^2}$  ,  $\frac{K_p + f_r}{K_i} = \frac{2\zeta}{\omega_n}$

Avec:

On choisit alors le coefficient d'amortissement  $\zeta$  et  $\omega_n$

$$K_i = J \omega_n^2 , \quad K_p = \frac{2 \zeta K_i}{\omega_n} - f$$

Pour un coefficient d'amortissement  $\zeta = 1$  nous avons  $\omega_n \cdot \text{trepw} = 4.75$   $\text{Trepw} = 0.2$

$$\begin{cases} K_i = J \left(\frac{4.75}{\text{trepw}}\right)^2 = 10.4490 \\ K_p = 2J \left(\frac{4.75}{\text{trepw}}\right) - f = 124.0938 \end{cases}$$

*Corrige*  
**Examen Module : Planification des réseaux Électrique**

**I. Cocher la bonne réponse et corriger la mauvaise : (5pts)**

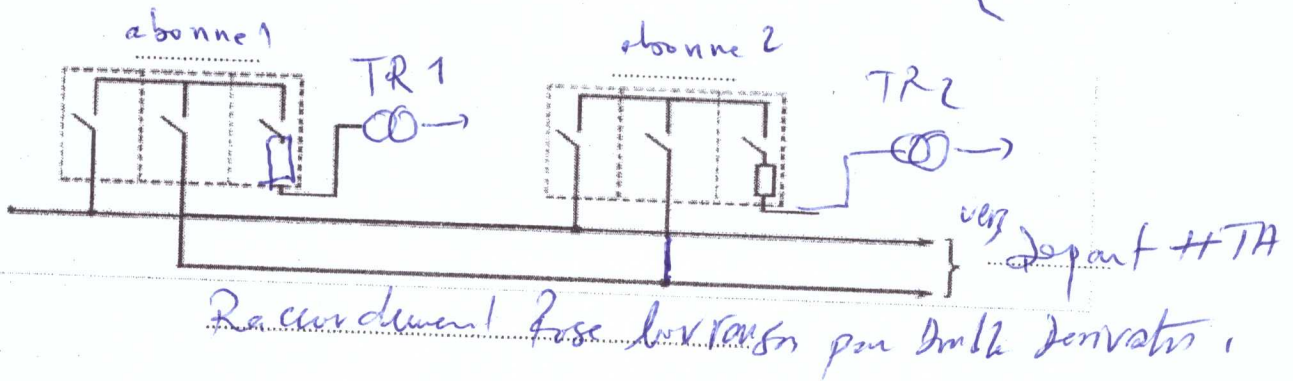
	Oui	Non
↓ : C'est le symbole d'un départ BTB		<input checked="" type="checkbox"/>
Le réseau de répartition fait partie du réseau du transport.	<input checked="" type="checkbox"/>	
Une source d'alimentation est installé impérativement au milieu de la charge.		<input checked="" type="checkbox"/>
La puissance perdue lors du transport est d'autant plus grande que la tension U est grande.		<input checked="" type="checkbox"/>
La disponibilité d'une architecture d'un poste de livraison HTB en simple antenne est moyenne.		<input checked="" type="checkbox"/>

*HTA*  
*Barre Centre*  
*petite*  
*faible*

**II. Questions :**

- A) Énumérer les différentes modes d'alimentation des postes HTA ? (2pts)
- B) Tracer le schéma architectural d'un poste de livraison HTB en double antenne avec double jeu de barres. (2pts)
- C) Quelle sont les avantages et les inconvénients d'une alimentation double antenne d'un poste de livraison HTB ? (3pts)
- D) Tracer le schéma d'une alimentation des tableaux BT par une double alimentation avec couplage.
- E) Énumérer les différentes Architectures des réseaux HTA ? (3pts)
- F) Donnez une définition du réseau de distribution moyenne tension. (2pts)

**III. Corriger et compléter et les informations manquantes sur la figure suivante : (3)**



Bonne chance

Nom : .....  
 Prénom : Correction

## Contrôle

ملاحظة : يكتب الاسم على ورقة الاجابة بخط واضح ومقروء وأي ورقة بدون اسم لا تصحح

### Questions de cours (12 pts)

Q1 (03pts) : Donner une définition pour un système de protection

Un système de protection consiste d'un ensemble des dispositifs destinés à la détection des défauts et des situations anormales des réseaux électriques afin de commander le déclenchement d'un ou de plusieurs éléments de coupure.

Q2 (03pts) : Quel est le but d'un plan de protection?

c'est assurer une bonne continuité d'alimentation électrique des consommateurs, c'est de préserver les éléments constituant le réseau.

Q3 (04pts) : Quel est le rôle des réducteurs des mesures (TC et TT) ?

Les transformateurs de mesure sont destinés à ramener les tension et les courants sur les circuits principaux à des valeurs plus faibles et faciles à :  
 - Mesurer et afficher  
 - Utiliser pour des installations de comptage pour calculer la puissance P et Q  
 - Utiliser pour alimenter des circuits de protection électrique ou des régulateurs.

Q4 (02pts) : Quel sont les différents types des relais selon la grandeur surveillée ?

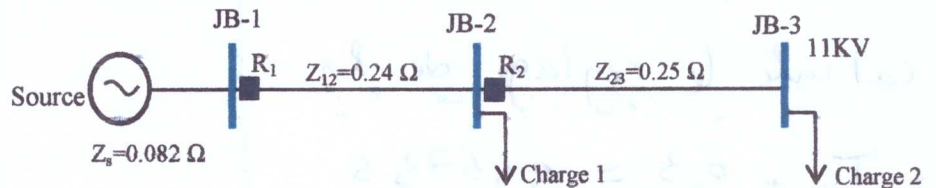
- Relais de mesure de puissance  
 - Relais de mesure de courant  
 - Relais de mesure de Tension  
 - Relais de mesure d'impédance

### Exercice (08pts) :

Soit le réseau ci-dessous est un parti du réseau de distribution (11Kv), à 3-JB, deux charges et deux relais à maximum de courant (IDMT) de type Normal Inverse (NI) :

Caractéristique de relais :

$R_1, R_2$  : Type NI,  
 $TDS_2 = 0.1s$   
 $I_{p2} = 1,$   
 $K_{TC1} = K_{TC2} = 1000/5$



- 1- Calculer les courants de court-circuit triphasé aux JB-3 et JB-2 ;
- 2- Calculer le temps de déclenchement de Relais R2 pour éliminer le défaut au JB-3 ;
- 3- Calculer le réglage de relais R1 pour un intervalle de coordination de 0.3s.

## Exercice

Fe

1) Calcul le courant de c-c

a) c-c au JB-3

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} \sum Z} = \frac{V}{\sum Z}$$

$$\sum Z = Z_{source} + Z_{12} + Z_{23} =$$

$$V = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{11000}{\sqrt{3}}$$

$$I_{cc} = 11102,88 \text{ A}$$

b) c-c au JB-2

$$I_{cc} = \frac{V}{\sum Z} = \frac{V}{Z_{12} + Z_{source}}$$

$$I_{cc} = 19723,13 \text{ A}$$

2) calcul le Temps de déclenchement  
de Relais R2

$$T_2 = TDS_2 \frac{0,14}{M^{0,02} - 1} \quad [\text{sec}]$$

$$M = \frac{I_m}{I_p} = \frac{I_{cc}/KTC}{I_p}$$

$$I_m = \frac{I_{cc}}{KTC} = \frac{11102,88}{200} = 55,51$$

$$M = \frac{55,51}{1} = 55,51$$

$$T_2 = 0,1 \frac{0,14}{(55,51)^{0,02} - 1} = 0,16735$$

3) calcul le réglage de R1

$$T_1 = T_2 + 0,3 = 0,46735 \text{ s}$$

$$TDS_1 = 0,285$$

Techny  
robot

Element du Module: Modélisation et optimisation du RE.

Matin 1: durée 1h30'

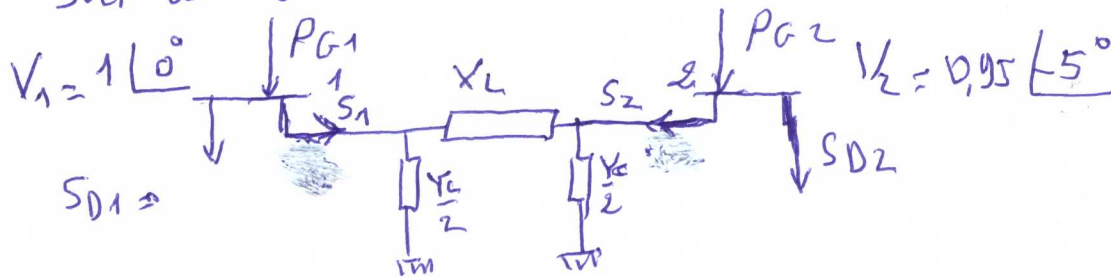
Exo1 (2,5 pts)

Prestez les modèles de:

Générateur - Transformateur - Ligne - charge.

Exo2 (4,5 pts)

Sur le réseau suivant:



$$X_L = j10 \quad Y_C = j0,04 \quad S_{D1} = 0,1 + j0,2 \quad S_{D2} = 0,1 + j0,3$$

1) Trouver la matrice d'admittance  $Y_{jdb}$ .

$$Y_{jdb} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix}$$

2) Trouver  $S_1, S_2, P_{G1}, P_{G2}$  commentez les résultats

Exo3 (13 pts)

Soit un générateur de 100MVA  $X_s = 80\%$ , de tension nominale 20kV est relié par un transformateur élévateur 18/70kV de 50MVA et de tension de court circuit de 10% à une ligne triphasée 70kV de 25km ( $R = 0,2 \Omega/\text{km}, X = 0,4 \Omega/\text{km}$ ). Au bout de la ligne, une charge est branchée

derrière un transformateur élève tension (70 kV, 16,5) kV  
de 40 MVA de tension de court circuit 12%

Nous avons relevé une tension de 15 kV aux  
bornes de la charge qui est inductive et présente une  
puissance de 25 MVA avec  $\cos \varphi = 0.8$ .

Nous demandons :

- Tracer le schéma unifilaire correspondant à ce circuit.
- Pour  $S_b = 100 \text{ MVA}$ , choisissez les autres paramètres  
de base et calculez le schéma en utilisant le système p.u.  
(per unit)
- Que vaut (en grandeurs réelles) la tension aux bornes  
du générateur ainsi que  $f_e$  interne ?
- Trouver  $P, Q, I, V$  en chaque j.d.b ?

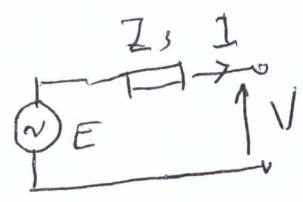
Revised



Chronique Type Module: Modélisation et optimisation RE  
 Master 1

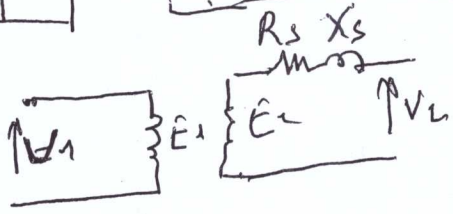
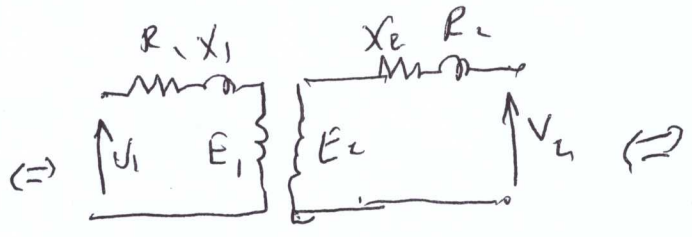
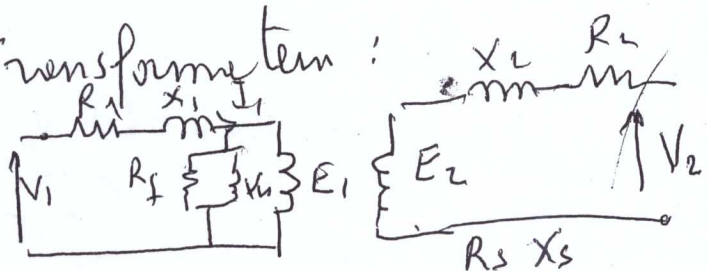
Exo (2,5 pts)

Générateur :



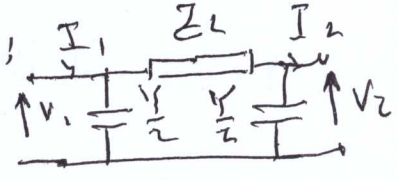
0,5 pt

Transformateur :



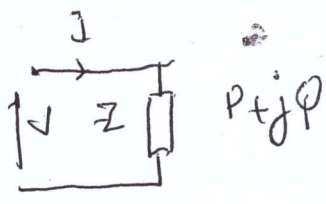
1 pt

Ligne :



0,5 pt

charge :



$\varphi > 0$  inductive  
 $\varphi = 0$  résistive  
 $\varphi < 0$  capacitive

0,5

Exo 2 (4,5 pts)

$X_L = j10 = 10 \angle 90^\circ$ ,  $Y_L = 0,1 \angle -90^\circ$   
 $Y_C = j0,04 = 0,04 \angle 90^\circ$ ,  $\frac{Y_C}{2} = 0,02 \angle 90^\circ$

$Y_{11} = Y_L + Y_C/2 = -j0,1 + j0,02 = -j0,08 = 0,08 \angle -90^\circ$

$Y_{22} = Y_C + \frac{Y_C}{2} = -j0,1 + j0,02 = -j0,08 = 0,08 \angle -90^\circ$

$Y_{12} = Y_{21} = -Y_{12} = -Y_{21} = -(-j0,1) = j0,1$

$$Y_{AB} = \begin{bmatrix} 0.08 \angle -45^\circ & 0.1 \angle 90^\circ \\ 0.1 \angle 90^\circ & 0.08 \angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

1 pt

2

$$P_1 - jQ_1 = V_1^* I_1 = V_1^* [Y_{11} V_1 + Y_{12} V_2] =$$

$$|V_1| \angle -\delta_1 \left[ |V_1| \angle \delta_1 \cdot Y_{11} \angle \theta_{11} + |V_2| \angle \delta_2 \cdot |Y_{12}| \angle \theta_{12} \right]$$

$$P_1 = |V_1|^2 |Y_{11}| \cos \theta_{11} + |V_1| |V_2| |Y_{12}| \cos (-\delta_1 + \delta_2 + \theta_{12})$$

$$Q_1 = - \left[ |V_1|^2 |Y_{11}| \sin \theta_{11} + |V_1| |V_2| |Y_{12}| \sin (-\delta_1 + \delta_2 + \theta_{12}) \right]$$

$$P_1 = 1^2 \cdot 0.08 \cos(-45^\circ) + 1 \times 0.95 \cdot 0.1 \cos(-0.5 + 90^\circ)$$

$$P_1 = 0.08 \times 0 + 0.095 \cos(85^\circ) = 0.095 \cos 85^\circ = 0.095 \times 0.087 = 0.0083$$

$$Q_1 = - \left[ 1^2 \times 0.08 \sin(-45^\circ) + 1 \times 0.95 \times 0.1 \sin(-5 + 90^\circ) \right]$$

0.5 pt

$$= - \left[ -0.08 + 0.095 \sin 85^\circ \right] = - \left[ -0.08 + 0.094 \right] = 0.014$$

0.5 pt

$$P_1 = P_{G1} - P_{D1} \Rightarrow P_{G2} = P_{G1} + P_{D1} = 0.0083 + 0.1 = 0.1083 \text{ pu}$$

$$Q_1 = Q_{G1} + Q_{D1} = 0.014 + 0.2 = 0.214 \text{ pu}$$

$$S_1 = 0.1083 + j 0.214$$

0.5 pt

$$P_2 = V_2^* I_2 = |V_2| \angle -\delta_2 \cdot [Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2] =$$

$$|V_2| \angle -\delta_2 \left[ |Y_{21}| \angle \theta_{21} \cdot |V_1| \angle \delta_1 + |Y_{22}| \angle \theta_{22} \cdot |V_2| \angle \delta_2 \right]$$

$$= |V_1| |V_2| |Y_{21}| \cos(\delta_{21} + \delta_1 - \delta_2) + |V_2|^2 |Y_{22}| \cos \theta_{22}$$

$$P_2 = |V_1| |V_2| |Y_{21}| \cos(\delta_{21} + \delta_1 - \delta_2) + |V_2|^2 |Y_{22}| \cos \theta_{22}$$

$$= 1 \times 0.95 \times 0.1 \cos(90^\circ + 0 + 5) + 0.95^2 \cdot 0.08 \cos 90^\circ$$

Final

$$\varphi_2 = - \left[ -0.095 \times 11 \cdot \sin 85^\circ - 0.045^2 \times 0.08 \times 1 \right]$$

$$\varphi_2 = - \left[ -0.095 \times 11 \times 0.996 - 0.0722 \right] = - \left[ 1.0672 - 0.0722 \right] = -0.995$$

$$S_2 = -0.0083 + j0.1672$$

0.5 pt

$$S_1 = +0.0083 + j0.014$$

0.5 pt

$$P_1 + P_2 = \Delta P \text{ perte} = -0.0083 + 0.0083 = 0$$

0.5 pt

(impédance sans résistance)

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \Delta \varphi = 0.014 + j0.1672 = 0.1812 \text{ perte réactive}$$

L'énergie cinétique du moteur 1 vers moteur 2.

L'élément de puissance.

$$P_{G1} = P_2 + P_{D2} = -0.0083 + 0.1 = 0.0917 \text{ pu}$$

$$Q_{G1} = \varphi_2 + \varphi_{D2} = 0.014 + 0.3 = 0.314 \text{ pu}$$

Ex 3 (13 pts)

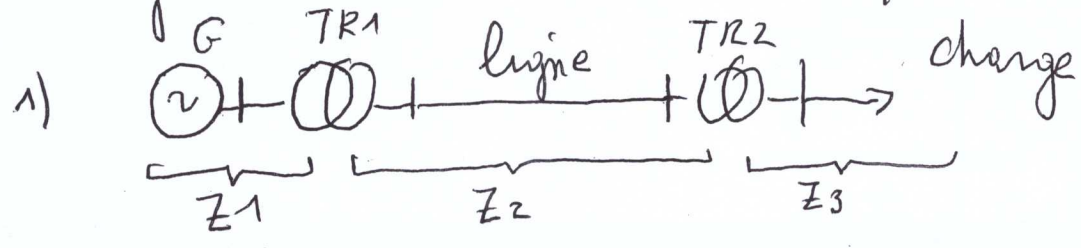
Générateur 20 kV  $x_s = 8\%$  100 MVA.

Transformateur 1: 18/70 kV 50 MVA  $u_{cl} = 10\%$

Ligne: 70 kV  $l = 25 \text{ km}$   $R = 0.2 \Omega/\text{km}$   $X = 0.4 \Omega/\text{km}$

Transformateur 2: 70/16.5 kV 40 MVA  $u_{cl} = 12\%$

charge: 15 kV 25 MVA  $\cos \varphi = 0.8$  (AR)



1 pt

Zone 1:  $S_b = 100 \text{ MVA}$   $U_{b1} = 20 \text{ kV}$

Zone 2:  $S_b = 100 \text{ MVA}$   $U_{b2} = U_{b1} \times \frac{70}{18} = \frac{20 \times 70}{18} = 77.77 \text{ kV}$

Zone 3 :  $S_b = 100 \text{ MVA}$

$V_{b3} = V_b \times \frac{70}{18} \times \frac{16,5}{70} = 18,33 \text{ kV}$

$X_s = \frac{80}{100} \times \frac{20^2}{100}$

$\frac{X_s}{Z_{b1}} = \frac{80}{100} \times \frac{20^2}{100} \times \frac{100}{20^2} = 0,8 \text{ pu}$

2 pt

$Z_{b1} = \frac{V_{b1}^2}{S_b} = \frac{20^2}{100}$

$X_{T1} = \frac{10}{100} \times \frac{18^2}{50}$

$Z_{b1} = \frac{20^2}{100}$

2 pt

$\frac{X_{T1}}{Z_{b1}} = \frac{10}{100} \times \frac{18^2}{50} \times \frac{100}{20^2} = 0,1 \times 2 \times \left(\frac{18}{20}\right)^2 = 0,162 \text{ pu}$

$\frac{X_L}{Z_{b2}} = \frac{(0,2 + j0,4) \times 25}{77,77^2} = \frac{500 + j1000}{7777^2} = (0,08 + j0,165) \text{ pu}$

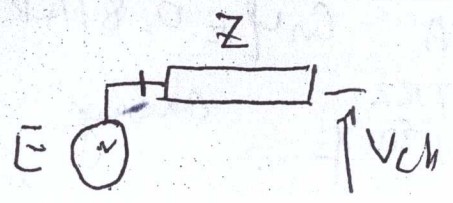
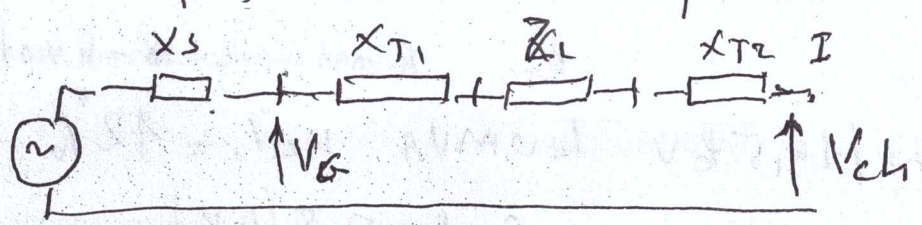
$X_{T2} = \frac{12}{100} \times \frac{70^2}{40}$  ;  $Z_{b2} = \frac{77,77^2}{100}$

$\frac{X_{T2}}{Z_{b2}} = \frac{12}{100} \times \frac{70^2}{40} \times \frac{100}{77,77^2} = \frac{12}{40} \times 0,8 = 0,24 \text{ pu}$

Charge : Schunge =  $\frac{25}{100} = 0,25 \text{ pu}$

$P = 0,25 \times 0,8 = 0,2 \text{ pu}$

$Q = 0,25 \times 0,6 = 0,15 \text{ pu}$



1 pt

$$V_{ch} = \frac{15}{U_{B3}} = \frac{15}{18,33} = 0,82$$

$$U_{B3} = 18,33 \text{ kV}$$

$$P = VI \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{V \cos\varphi} = \frac{0,2}{0,8 \times 0,82} = 0,3 \text{ pu}$$

$$Q = VI \sin\varphi =$$

$$\bar{I} = 0,3 | 0,8 - j 0,6 | = (0,24 - j 0,18) \text{ pu}$$

$$Z = jX_s + jX_{T1} + jX_L + R_L + jX_{T2}$$

$$Z = j0,8 + j0,16 + j0,08 + 0,16 + j0,24$$

$$Z = j1,28 + 0,16$$

$$E = V + ZI = 0,82 + (0,16 + j1,28) (0,24 - j0,18)$$

$$= 0,82 + 0,16 \times 0,24 + j1,28 \times 0,24 - j0,16 \times 0,18 + 1,28 \times 0,18$$

$$= 0,82 + 0,0384 + j0,3072 - j0,0288 + 0,2304$$

$$= 0,82 + 0,0384 + 0,2304 + j0,3072 - j0,0288$$

$$E = 1,083 + j0,2784$$

$$E = 1,11 \angle 13,7^\circ$$

$$E = 1,11 \times 20 = 22,2 \text{ kV} \quad (2 \text{ pts})$$

$$V_G = V_{ch} + (X_{T1} + Z_L + X_{T2}) I$$

$$V_G = 0,82 + (j0,16 + j0,08 + 0,16 + j0,24) (0,24 - j0,18)$$

$$V_G = 0,82 + (j0,48 + 0,16) (0,24 - j0,18)$$

$$V_G = 0,82 + j0,48 \times 0,24 - j^2 0,48 \times 0,18 + 0,16 \times 0,24 - 0,16 \times j 0,18$$

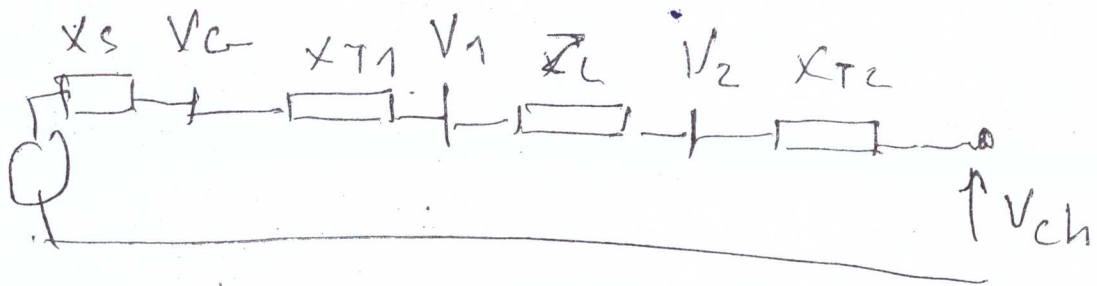
$$V_G = 0,82 + j0,1152 + 0,0864 + 0,0384 - j0,0324$$

$$V_G = 0,94 + j0,0828 = 0,94 \angle 5,16^\circ$$

$$V_{11} = 18,8 \text{ kV}$$

(1 pt)

6



$$V_2 = V_{ch} + jX_{T2} I = 0.82 + j0.24(0.24 - j0.18)$$

$$V_2 = 0.82 + j0.24 \times 0.24 + j0.24 \times 0.18$$

$$V_2 = 0.82 + 0.04 + j0.057$$

$$V_L = 0.86 + j0.057 \quad (1 \text{ pt})$$

$$P_2 = P_{ch} + \Delta P = P_{ch}$$

$$P_2 = 0.2 \text{ pu} = 0.2 \text{ pu} \quad (1 \text{ pt})$$

$$\varphi_2 = \varphi_{ch} + \Delta \varphi = \varphi_{ch} + X I^2$$

$$\varphi_2 = 0.15 + 0.24 \times 0.3^2 = 0.15 + 0.02 = 0.17 \text{ pu}$$

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 + \Delta \varphi$$

$$\Delta P = R |I|^2 = 0.08 \times 0.3^2 = 0.0072 \text{ pu}$$

$$P_1 = 0.2 + 0.0072 = 0.2072 \text{ pu} \quad (1 \text{ pt})$$

$$\varphi_1 = 0.17 + 0.16 \times 0.3^2 = 0.184 \text{ pu}$$

$$V_1 = V_2 + \frac{Z}{L} I = 0.86 + j0.057 + (0.08 + j0.16) / (0.24 - j0.18)$$

$$V_1 = 0.86 + j0.057 + 0.08 \times 0.24 - j0.08 \times 0.18 + j0.16 \times 0.24 + 0.16 \times 0.18$$

$$= 0.86 + j0.057 + 0.02 - j0.014 + j0.038 + 0.028$$

no solution