**TP N°1 : FONCTIONNEMENT D’UNE LIGNE ELECTRIQUE SOUS DIVERSES CHARGES ET AMELIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE**

**1. But du TP**

* Mise en évidence de l’effet FERRANTI.
* Etude du fonctionnement d’une ligne électrique sous diverses charges.
* Etude du rendement d’une ligne électrique et amélioration du facteur de puissance.

**2. Etude théorique**

**2.1. Les paramètres de la ligne électrique**

Une ligne de transmission électrique est caractérisée par ses propres paramètres. On distingue :

 Les paramètres longitudinaux

* La résistance R
* L’inductance L

Les paramètres transversaux

* La capacité C
* La conductance G

**2.2. Modélisation des lignes électriques**

La modélisation d’une ligne électrique dépend de la longueur *l* de la ligne, de la tension qui lui est appliquée et de la précision demandée. Il existe trois types de modèles de lignes :

**2.2.1 Le modèle de la ligne longue** *(l > 250 km)*

L’énergie électrique se propage le long de la ligne électrique sous forme d’une onde électromagnétique caractérisée par une tension et un courant. Les paramètres de la ligne sont répartis sur toute la longueur de la ligne.

La ligne est considérée comme une succession de quadripôles, de paramètres par unité de longueur R’, L’, C’ et G’.

Avec :

 Ω/km l’impédance linéique série de la ligne.
 S/km l’admittance linéique shunt de la ligne.



L’impédance caractéristique de la ligne est :

 (Ω)

Le coefficient de propagation de l’onde électromagnétique est :

Avec :

α le coefficient d’amortissement en Neper/km.

β le coefficient de phase (rd/km).

Le modèle équivalent en π de la ligne longue est le suivant :



 (Ω)

 (S)

Avec :

l’impédance série totale de la ligne du modèle équivalent en π. Z

l’admittance shunt totale du modèle équivalent en π. Y

**2.2.2 Modèle de la ligne moyenne** 80 < *l < 250 km*

Pour la ligne moyenne, l’effet de répartition des paramètres est négligeable. Les paramètres de la ligne sont proportionnels à sa longueur.



X est la réactance inductive de la ligne.

**2.2.3 Modèle de la ligne courte** l *<* 80 *km*

Il s’agit généralement des lignes dont la tension ne dépasse pas 69 kV.

La capacité de la ligne peut être négligée.

**Les puissances à l’entrée de la ligne triphasée**

La puissance active [W] pour 3 phases

La puissance réactive [VAR] pour 3 phases

La puissance apparente [VA] pour 3 phases.

**Les puissances aux bornes de la charge**

Le récepteur est caractérisé par sa tension, son courant, son impédance et son facteur de puissance.

La puissance active [W] pour 3 phases

La puissance réactive [VAR] pour 3 phases

La puissance apparente [VA] pour 3 phases.

**La chute de la tension**

La chute de tension à travers la ligne est :

La chute de tension a une composante longitudinale ΔVL et une composante transversale ΔVT

Avec :



La chute de tension composée est :

**L’angle de transport**

C’est l’angle de déphasage entre la tension à la source et la tension à la réception.

**La régulation de la tension**

C’est le taux de variation de la tension aux bornes de la charge.

**Le rendement de la ligne**

Le rendement de la ligne est donné par la formule suivante :

Avec :

ΔP les pertes par effet Joule à travers la ligne.

**2.3 Amélioration du facteur de puissance aux bornes de la charge**

Le facteur de puissance aux bornes de la charge est :

Le courant passant par la ligne est :

Plus le facteur de puissance de la charge est faible, plus le courant de la ligne est intense, ce qui fait augmenter les pertes actives et les chutes de tension à travers la ligne et réduire ainsi le rendement de la ligne.



Dans les installations industrielles, les charges en majorité inductives, consomment de la puissance réactive, l’accroissement de cette consommation entraine la diminution du facteur de puissance et l’augmentation du courant de ligne et de la puissance apparente demandée au réseau. Le consommateur doit couvrir toute ou une partie de sa consommation d’énergie réactive en plaçant des condensateurs ou des moteurs synchrones en parallèle avec son installation. Cette opération est appelée compensation de l’énergie réactive.

**3. Préparation**

1/ Donner une explication de l’effet Ferranti.

2/ Résoudre l’exercice suivant :

On applique une tension sinusoïdale de valeur efficace U et de fréquence *f*, à une charge formée par une résistance (Rch=1100 Ω) en parallèle avec une bobine de réactance inductive Xch= 629 Ω. Calculer le facteur de puissance de la charge.

On veut brancher un condensateur en parallèle avec cette charge. Quelle serait la réactance capacitive XCch de ce condensateur pour avoir un facteur de puissance égal à l’unité.

**4.Manipulation**

**4.1. Essai à vide - mise en évidence de l’effet FERRANTI -**

- Réaliser le montage de la figure 1.1 en montant la ligne selon le schéma de la figure 1.2 (la charge est débranchée).

- Fixer la réactance inductive de la ligne à XL=400 Ω .

- Fixer la tension à l’entrée de la ligne à US=300V.



**Fig. 1.** Montage à réaliser.

- Pour les valeurs suivantes de la réactance capacitive de la ligne :

Xc=∝, 4400 Ω, 2200 Ω, 1100 Ω, mesurer la tension UR à la sortie de la ligne et placer les valeurs mesurées dans le tableau 1.1.

- Commenter les résultats obtenus.

- Proposer une solution pour atténuer l’effet FERRANTI.

 

 Fig. 2. montage de la ligne, formé par deux modules de lignes triphasées en série et une capacité triphasée.

**4.2 . Fonctionnement en charge**

- Dans le montage précédent monter la ligne selon le schéma de la figure 1.3.

- Fixer XL=400 Ω et régler la tension US=300V.

- Mesurer les grandeurs UR, PS, QS, PR, QR, I et θ pour les charges suivantes :

✓ Charge résistive Rch=1100 Ω

✓ Charge inductive Xch=1100 Ω

✓ Charge capacitive XCch=1100 Ω

✓ Moteur d’induction triphasé à vide, avec rotor en court-circuit et stator en étoile.

- Placer les valeurs mesurées dans le tableau 1.2.



Fig. 3. montage de la ligne formé par un module de ligne triphasée

Pour chacune des charges précédentes :

- calculer la chute de tension à travers la ligne, la régulation de la tension, le facteur de puissance et le rendement de la ligne.

- tracer le diagramme vectoriel des tensions.

- Interpréter les résultats obtenus et donner une conclusion.

**4.3. Amélioration du facteur de puissance**

- Garder le montage précédent mais cette fois ci, la charge est formée par une résistance Rch=1100 Ω en parallèle avec une bobine de réactance inductive Xch=629 Ω.

- Mettre en parallèle avec cette charge une batterie de condensateurs de réactance capacitive XCch variable.

- Pour XCch= ∝, 4400 Ω, 2200 Ω, 1467 Ω, 1100 Ω, 880 Ω, 733 Ω et 629 Ω, mesurer les grandeurs UR, PS, QS, PR, QR, I et θ.

- Placer les valeurs mesurées dans le tableau 1.3.

- Calculer pour chaque valeur de XCch, la chute de tension à travers la ligne, la régulation de la tension, le facteur de puissance et le rendement de la ligne.

- Interpréter les résultats obtenus et donner une conclusion.

**Feuille de mesures du TP N°1**

**Tableau 1.1 : Fonctionnement à vide** Us=300 V XL=400 Ω



**Tableau 1.2 : Fonctionnement en charge** Us=300 V XL=400 Ω

****

**Tableau 1.3 : Amélioration du facteur de puissance**

La charge est formée par une résistance Rch=1100 Ω en parallèle avec une bobine de réactance inductive Xch=629 Ω. Us=300 V XL=400 Ω

