



Examen

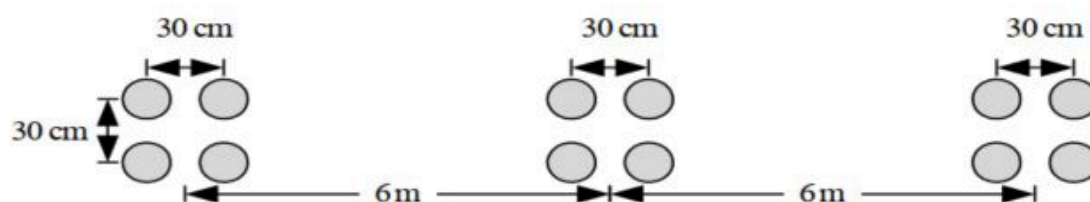
Durée : 01H00

Questions de cours : 3pts

- 1) Pourquoi transporte-on l'énergie électrique à très haute tension ?
- 2) Quels sont les niveaux de tension alternative selon la norme UTE C 18-510 ?

Exercice 01 : 6pts

Une ligne de transmission aérienne triphasée 50 Hz sous forme d'une nappe horizontale, réalisée par des conducteurs disposés en faisceau schématisée ci-dessous. La réactance inductive X_L par phase est évaluée à $0,249 \Omega/km$.



- 1) Quelle est la condition pour que le système de phases de cette ligne soit équilibré ?
- 2) Déterminer le rayon moyen géométrique GMR_L de cette ligne
- 3) En déduire le rayon r des conducteurs en faisceau
- 4) Calculer donc la réactance capacitive X_C de cette ligne en Ω/km

Exercice 02 : 6pts

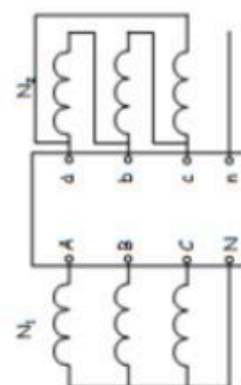
Soit une ligne triphasée, 345 kV, 50 Hz, transposée de 100 km de longueur. L'impédance de la ligne est $z_0 = j0,7 \Omega/km$ et $y_0 = j8,4 \times 10^{-6} S/km$. Pour une charge de 250 MW avec un facteur de puissance de 0,8 en retard à une tension de 327,75 kV, calculez :

- a) Les paramètres ABCD de la ligne.
- b) La tension, le courant, la puissance active et réactive à la charge.
- c) La tension, le courant, la puissance active et réactive à la source.
- d) Le rendement de la ligne.

Exercice 03 : 5pts

On considère le transformateur dont le schéma de câblage est indiqué ci-contre, il est supposé parfait. La plaque signalétique indique 20 kV/380 V.

- 1) Indiquer les conditions pour que ce transformateur soit considéré comme parfait.
- 2) Quelle valeur affiche un voltmètre branché entre un fil de phase et le neutre au primaire ? Au secondaire ?
- 3) Déterminer son indice horaire
- 4) Exprimer le rapport de transformation en fonction de N_2 (nombre de spires d'un enroulement secondaire) et N_1 (nombre de spires d'un enroulement primaire).



CORRIGE TYPE D'EXAMEN RESEAUX ELECTRIQUES 2022

Questions de cours : 3 pts

- Pourquoi transporte-on l'énergie électrique à très haute tension ?
 - L'augmentation de la tension permet de diminuer le courant. (0.5)
 - La réduction du courant permet d'utiliser de plus petites tailles de conducteurs. (0.5)
 - Pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité) et minimiser la chute de tension. (0.75)
- Quels sont les niveaux de tension alternative selon la norme UTE C 18-510 ?
 - TBT $\Rightarrow Un \leq 50 V$ (0.25)
 - BTA $\Rightarrow 50 V \leq Un \leq 500 V$ (0.25)
 - BTB $\Rightarrow 500 V \leq Un \leq 1000 V$ (0.25)
 - HTA $\Rightarrow 1000 V \leq Un \leq 50\,000 V$ (0.25)
 - HTB $\Rightarrow Un \geq 50\,000 V$ (0.25)

EX01 : 6 pts

- La condition nécessaire pour que le système des phases soit équilibré est la **transposition des phases**. (1.0)
- Calcul de GMR_L

On a

$$X_L = 2\pi fL \Rightarrow L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{0.249 \times 10^{-3}}{2\pi \times 50} = 7.9259 \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (0.5)$$

Et

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_L} \Rightarrow 7.9259 \times 10^{-7} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{GMD}{GMR_L}$$

$$\Rightarrow \frac{7.9259}{2} \ln e = \ln \frac{GMD}{GMR_L} \Rightarrow \ln e^{\frac{7.9259}{2}} = \ln \frac{GMD}{GMR_L} \quad (0.5)$$

Donc

$$e^{\frac{7.9259}{2}} = \frac{GMD}{GMR_L} \Rightarrow GMR_L = \frac{GMD}{e^{\frac{7.9259}{2}}} = \frac{\sqrt[3]{6 \times 6 \times 12}}{e^{3.96}} = \frac{7.559}{52.46} = 0.1440 \text{ m}$$

Par conséquent

$$GMR_L = 0.1440 \text{ m} \quad (1.0)$$

- Calcul de r

On a $GMR_L = 1.09 \sqrt[4]{re^{-0.25}d^3} \Rightarrow GMR_L^4 = 1.09^4 re^{-0.25}d^3$ (0.5)

$$\Rightarrow r = \frac{GMR_L^4}{1.09^4 e^{-0.25} d^3} = \frac{0.1440^4}{1.09^4 \times e^{-0.25} \times 0.3^3} = 0.01449 \text{ m}$$

Donc

$$r = 14.49 \text{ mm} \quad (1)$$

- Calcul de X_C

On a $C = \frac{0.0556}{\ln \frac{GMD}{GMR_C}} = \frac{0.0556}{\ln \frac{7.559}{1.09 \sqrt[4]{rd^3}}} = \frac{0.0556}{\ln \frac{7.559}{1.09 \sqrt[4]{0.01449 \times 0.3^3}}} = 1.426 \times 10^{-8} \text{ F/km}$ (0.75)

Et $X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1.426 \times 10^{-8}} = 2.23 \times 10^8 \Omega/\text{km}$ (0.75)

EX02 : 6 pts

$$Z = z_0 l = j0.7 \times 100 = 70j \Omega \quad (0.25)$$

$$Y = y_0 l = j8.4 \times 10^{-6} \times 100 = j8.4 \times 10^{-4} \text{ S} \quad (0.25)$$

a) Calcul de A, B, C et D

$$A = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) = \left(1 + \frac{70j \times j8.4 \times 10^{-4}}{2}\right) = 0.9706|0^\circ$$

$$B = Z = 70j \, \Omega$$

$$C = Y \left(1 + \frac{ZY}{4}\right) = j8.4 \times 10^{-4} \left(1 + \frac{70j \times j8.4 \times 10^{-4}}{2}\right) = j8.28 \times 10^{-4} = 8.28 \times 10^{-4}|90^\circ$$

$$D = A = \left(1 + \frac{ZY}{2}\right) = 0.9706|0^\circ$$

b) Calcul \bar{V}_R , \bar{I}_R , P_R et Q_R

$$\bar{V}_R = \frac{\bar{U}_R}{\sqrt{3}} = \frac{327.75}{\sqrt{3}} = 189.23|0^\circ \text{ kV}$$

$$I_R = \frac{P_R}{3V_R \cos \varphi_R} = \frac{250}{3 \times 189.23 \times 0.8} = 0.55 \text{ kA}$$

$$\bar{I}_R = 0.55 (0.8 - j0.6) = 0.44 - j0.33 \text{ kA} = 0.55|-36.87^\circ \text{ kA}$$

$$P_R = 250 \text{ MW}$$

$$Q_R = \sqrt{(3 \times V_R I_R)^2 - P_R^2} = \sqrt{(3 \times 189.23 \times 0.55)^2 - 250^2} = 187.039 \text{ Mvar}$$

c) Calcul \bar{V}_S , \bar{I}_S , \bar{P}_S et \bar{Q}_S

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix}$$

$$\bar{V}_S = A\bar{V}_R + B\bar{I}_R = 0.9706 \times 189.23 + 70j(0.44 - j0.33) = 206.766 + 30.8j = 209.04|8.47^\circ \text{ kV}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}_S &= C\bar{V}_R + D\bar{I}_R = j8.28 \times 10^{-4} \times 189.23 + 0.9706(0.44 - j0.33) \\ &= 0.42706 - j0.1636 \\ &= 0.4573|-20.96^\circ \text{ kA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{S}_S &= 3 \times \bar{V}_S \times \bar{I}_S = 3 \times (206.766 + 30.8j)(0.42706 + j0.1636) \\ &= 249.787 + 140.94j \text{ MVA} \\ &= 286.81|29.43^\circ \text{ MVA} \end{aligned}$$

$$P_S = 249.787 \text{ MW} \text{ et } Q_S = 140.94j \text{ Mvar}$$

d) Calcul η

$$\eta = \frac{P_S}{P_R} \times 100 = 100\%$$

EX03 : 5 pts**1)**

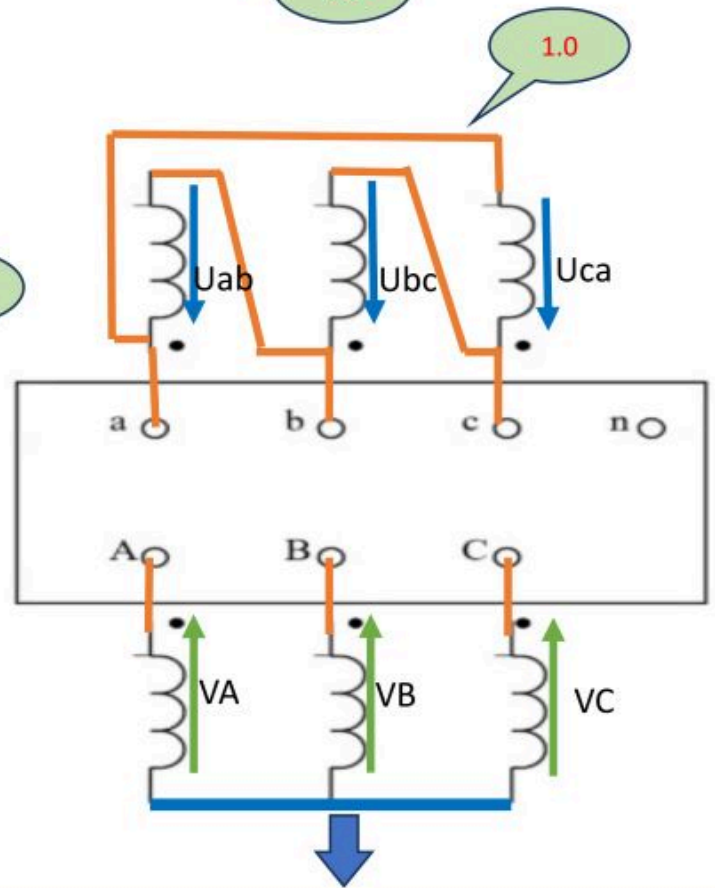
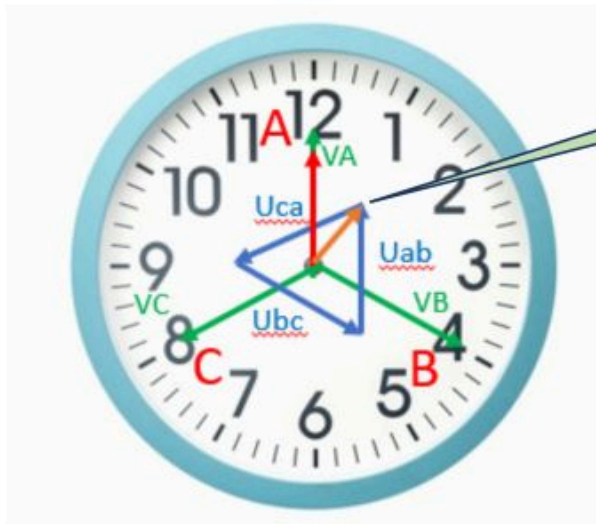
- Les pertes fer et les pertes joule sont nulles
- Les fuites magnétiques sont négligeables
- La réluctance du circuit magnétique est nulle

2) Calcul les tensions simples

- Au primaire $\Rightarrow \frac{V_{An}}{\sqrt{3}} = \frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 11.55 \text{ kV}$
- Au secondaire $\Rightarrow \frac{V_{an}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ kV}$

3) L'indice horaire

Couplage Ydn 1



VA en phase avec Uab $\Rightarrow VA \parallel Uab$

VB en phase avec Ubc $\Rightarrow VB \parallel Ubc$

VC en phase avec Uca $\Rightarrow VC \parallel Uca$

4) Le rapport de transformation

$$m = \frac{U_{ab}}{U_{AB}} = \frac{V_a}{\sqrt{3}V_A} = \frac{N_2}{\sqrt{3}N_1}$$