

Examen Final

Lundi 26 juin 2017

Aucun document n'est autorisé – Calculatrice autorisée – Durée : 2h

Ce sujet comporte 3 pages.

Lisez attentivement et entièrement l'énoncé des exercices proposés.

Respectez les instructions de l'énoncé.

Écrivez votre nom sur vos copies et numérotez-les.

Tout prêt de matériel et toute collaboration sont strictement interdits.

Questions de cours (5 pts)

- 1) Donner une définition de la qualité de l'énergie électrique et citer les différentes perturbations pouvant apparaître sur un réseau électrique.
- 2) Citer les normes définissant les principales caractéristiques au point de livraison du client pour un réseau public basse tension concernant les niveaux de tensions harmoniques.
- 3) Citer quelques exemples de charges polluantes que l'on peut retrouver sur un réseau électrique basse tension résidentiel ou industriel.
- 4) Citer au moins cinq effets néfastes de la présence d'harmoniques de courant et tension sur un réseau électrique basse tension.
- 5) Citer au moins cinq solutions permettant de réduire le taux de distorsion harmonique en tension sur un réseau électrique basse tension composé de charges propres (linéaires) et polluantes (non-linéaires).

Exercice 1 (7 pts)

Le schéma unifilaire d'un système de puissance triphasé est donné à la Figure 1 ci-dessous. Les données de ce système sont illustrées à la Table 1.

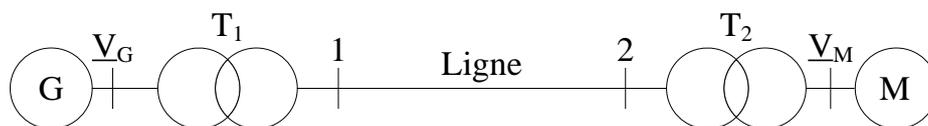


Figure 1

G	60 MVA	20 kV	X = 9%
T1	50 MVA	20/200 kV	X = 10%
T2	50 MVA	200/20 kV	X = 10%
M	43,2 MVA	18 kV	X = 8%
Ligne	-	200kV	$\underline{Z} = 120 + j200 (\Omega)$

Table 1

- 1) Représenter un schéma unifilaire avec toutes les impédances en pu. Pour cela, on choisira une puissance apparente de base $S_B = 100$ MVA. La tension de base pour le générateur G est $U_{BG} = 20$ kV.
- 2) Le moteur M absorbe une puissance apparente de 45 MVA avec un facteur de puissance AR de 0,8 sous une tension composée de 18kV. Calculer les tensions \underline{V}_M et \underline{V}_G en pu et en kV. En déduire les tensions efficaces U_M et U_G .
- 3) Calculer les puissances active P_G et réactive Q_G fournies par le générateur. En déduire sa puissance apparente S_G et son facteur de puissance.
- 4) Pensez-vous que le générateur convienne ? Justifier votre réponse en analysant le système étudié et en donnant quelques solutions.

Exercice 2 (8 pts)

On considère le réseau électrique représenté sur la figure 2 ci-dessous. La puissance de court-circuit au point de livraison haute tension vaut $S_{cc} = 100$ MVA.

La charge non-linéaire est alimentée par un transformateur 20 kV / 410 V sous 50 Hz de puissance apparente 1250 kVA ayant une tension de court-circuit $u_{cc} = 6\%$. La charge consomme une puissance active $P = 500$ kW et une puissance réactive $Q = 250$ kVAR. Le fondamental du courant absorbé par la charge vaut 810 A, l'harmonique 5 vaut 162 A, l'harmonique 7 vaut 115 A et l'harmonique 11 vaut 73 A. Les autres harmoniques de courant sont négligés.

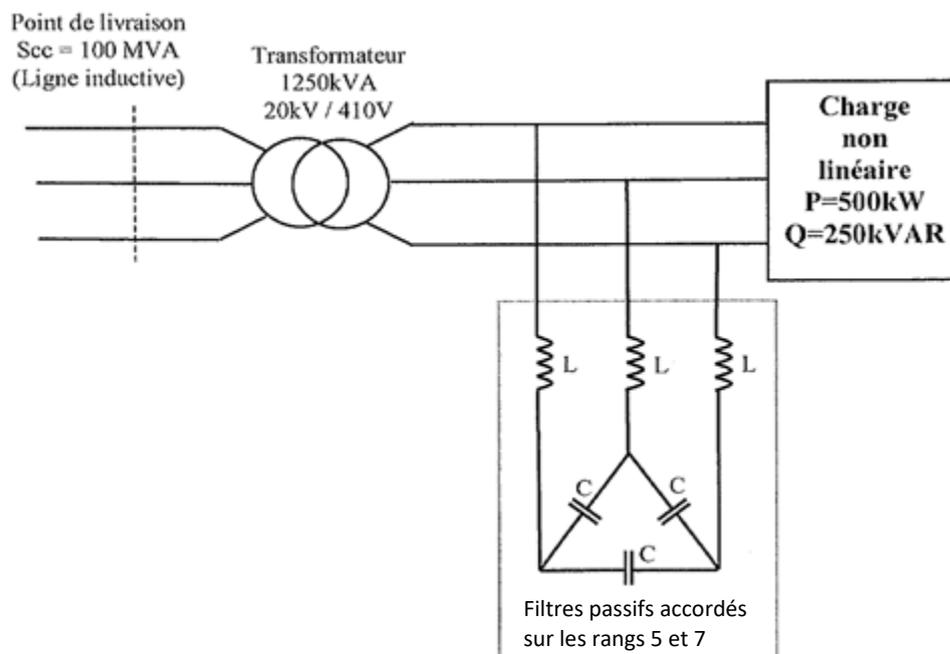


Figure 2

Partie 1 : Les filtres passifs ne sont pas raccordés

- 1) Calculer l'inductance du réseau amont l_a ramenée au secondaire du transformateur.
- 2) Calculer l'inductance de fuite l_f du transformateur ramenée au secondaire. En déduire l'inductance totale l du réseau et du transformateur ramenée au secondaire.
- 3) Donner le modèle équivalent monophasé du réseau pour le fondamental et pour l'harmonique de rang n (on supposera que la tension fournie par le distributeur est purement sinusoïdale à la fréquence de 50 Hz et on modélisera la charge non-linéaire par une source de courant pour chaque harmonique).
- 4) Calculer la tension \underline{V}_1 de la tension simple à la fréquence fondamentale aux bornes de la charge. En déduire la valeur efficace V_1 .
- 5) Calculer le taux de distorsion harmonique de la tension au niveau de la charge. Conclure.

Partie 2 : Mise en œuvre des filtres passifs

- 6) Pour respecter le contrat avec le distributeur d'énergie, on désire éliminer les courants harmoniques de rangs 5 et 7 au niveau du secondaire du transformateur. Pour cela on utilise deux filtres passifs. On vous demande de calculer les éléments ($L_5 ; C_5$) et ($L_7 ; C_7$) des deux filtres passifs tel que :
 - réseau électrique basse tension ($U_1 = \sqrt{3}V_1$ avec V_1 la valeur calculée précédemment, $f = 50$ Hz),
 - rangs d'accords des filtres : 5 et 7,
 - $\tan \varphi$ de l'installation avec le filtre égale à 0,4.
- 7) Calculer le nouveau taux de distorsion harmonique de la tension de l'ensemble charge + filtres passifs.
- 8) Calculer la valeur efficace du courant traversant les filtres passifs. En déduire sa puissance apparente.