

**Duré : 1 h 55 min**

- Dans le cas où un(e) étudiant(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.
- Toute réponse non justifiée sera considérée fausse.
- L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire est rigoureusement interdit.
- Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

**Exercice 1 : Etude d'une installation triphasé (6 points)**

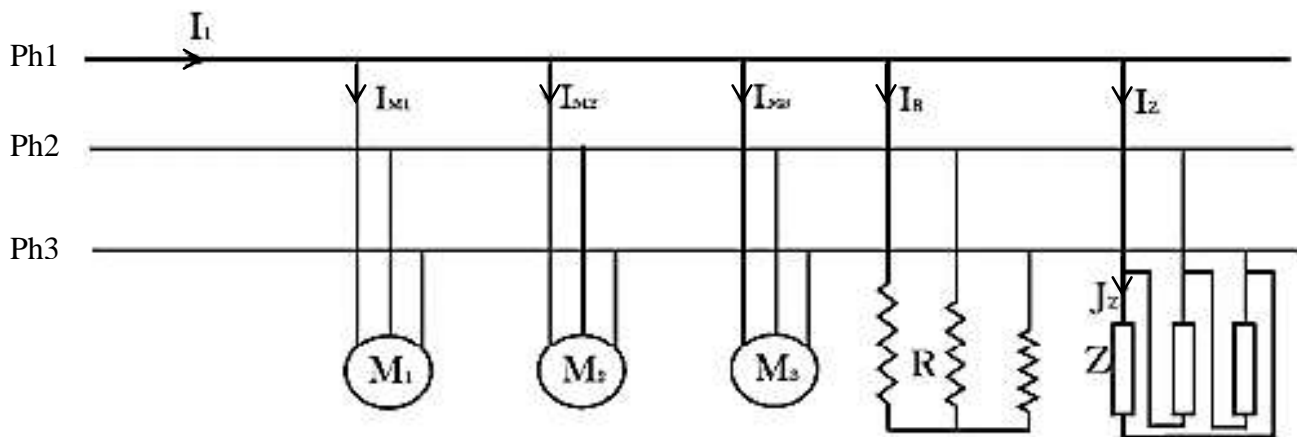
Une installation électrique alimentée par le réseau triphasé à trois fils : 220/380 V à  $f=50$  Hz comprend:

- Trois moteurs asynchrones triphasés identiques de caractéristiques nominales de chacun :

$$P_{\text{absorbée}} = 5,17 \text{ KW et } \cos \varphi = 0,8 \text{ AR.}$$

- Trois résistances R de chauffage montées en étoile consomment 6 KW

- Trois impédances Z montées en triangle, avec :  $Z = r + jX_L$ ,  $r = 4 \Omega$  et  $X_L = 6 \Omega$ .



1-Citer deux intérêts de la distribution en triphasé équilibré par rapport à celle en monophasé.

2-Calculer les valeurs efficaces des intensités  $I_{M1}$ ,  $I_{M2}$ ,  $I_{M3}$ ,  $I_R$  et  $I_Z$ .

3-En déduire la valeur efficace du courant de ligne  $I_1$ .

4-Déterminer le facteur de puissance global de l'installation.

On mesure la puissance totale absorbée par la méthode de deux wattmètres.

6-Déterminer  $P_{13}$  et  $P_{23}$  les indications des deux wattmètres.

On souhaite relever le facteur de puissance de l'installation à 0.9 AR. Pour cela on connecte un réseau de trois condensateurs identiques câblée en étoile à fin de compensée l'énergie réactive.

7-Calculer la valeur d'un condensateur C.

La plaque signalétique du moteur asynchrone indique : 220/380 V

8-Quel est le bon couplage des enroulements du moteur ? Justifier votre réponse.

**Exercice 2 : Etude d'un transformateur monophasé (9 points)**

Les essais d'un transformateur monophasé ont donné les résultats suivants :

➤ **Essai à vide :**

- Tension primaire nominale :  $U_{1n} = 2,20 \text{ kV}$  ;  $f = 50 \text{ Hz}$ .
- Valeur efficace l'intensité du courant mesuré au primaire :  $I_{10} = 1,50 \text{ A}$
- Valeur efficace de la tension mesurée au secondaire :  $U_{20} = 230 \text{ V}$
- Puissance active mesurée au primaire :  $P_{10} = 700 \text{ W}$

➤ **Essai en court-circuit :**

- Tension primaire réduite :  $U_{1cc} = 130 \text{ V}$  ;  $I_{2cc} = 200 \text{ A}$  et  $P_{1cc} = 1,50 \text{ kW}$ .

1- Proposer un schéma de câblage du transformateur permettant de mesurer  $I_{10}$ ,  $U_{20}$ ,  $P_{10}$  lors de l'essai à vide en indiquant le type d'appareil choisi.

2- Calculer le rapport de transformation  $m$ .

3- Calculer le facteur de puissance  $\cos \varphi_{10}$  du transformateur lors de l'essai à vide.

On note  $I_{1r}$  la valeur efficace de la composante réactive de l'intensité  $I_{10}$ .

4- Calculer  $I_{1r}$  (appelé parfois courant magnétisant).

On appelle  $R_S$  la résistance des enroulements ramenés au secondaire et  $X_S$  la réactance ramené au secondaire.

5- Proposer un schéma de câblage du transformateur lors de l'essai en court-circuit, avec tous les appareils permettant de mesurer  $U_{1cc}$ ,  $I_{1cc}$ ,  $P_{1cc}$ .

6- Pourquoi cet essai est-il réalisé sous tension primaire réduite ?

7- Faire un schéma électrique équivalent du transformateur ramené au secondaire pour cet essai, y porter toutes les grandeurs électriques.

8- Que représente la puissance active  $P_{1cc}$  lors de cet essai ?

9- Calculer  $R_S$ .

10- Calculer le module de l'impédance  $Z_S$  ramené au secondaire.

11- Calculer  $X_S$ .

Le secondaire alimente maintenant une charge inductive de facteur de puissance 0,8 AR.  $U_{1n} = 2,2 \text{ kV}$ . On relève  $I_2 = 180 \text{ A}$ .

12- Faire un schéma électrique équivalent du montage, le transformateur étant représenté par son modèle ramené au secondaire.

13- Calculer une valeur approchée de la tension aux bornes de la charge  $U_2$ .

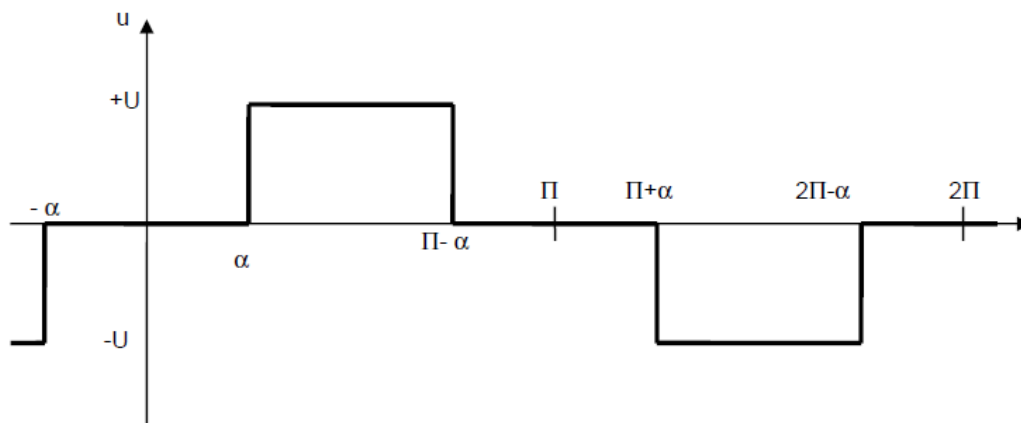
14- En déduire la puissance active fournie à la charge  $P_2$ .

15- Calculer la puissance active au primaire  $P_1$ .

16- Calculer le rendement du transformateur  $\eta$ .

**Exercice 3 : Etude d'une charge non linéaire (5 points)**

On donne la fonction  $u(t)$  représentée dans la figure suivante :

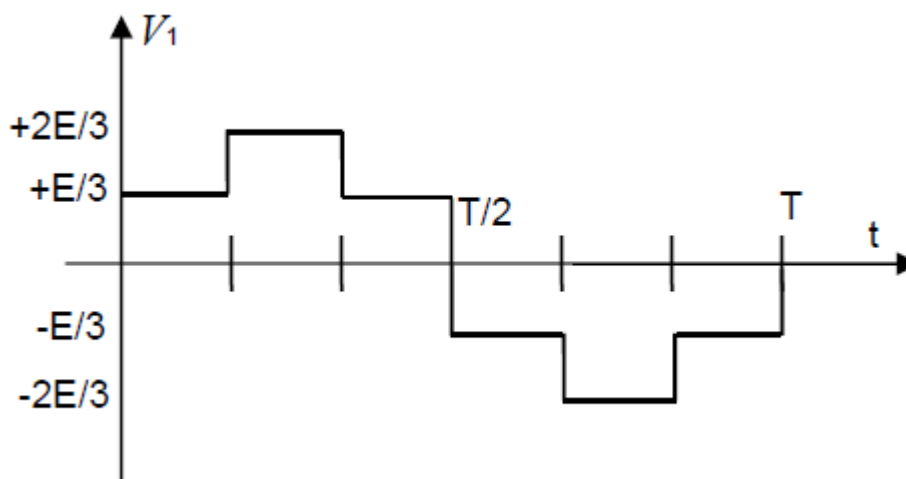


1- Montrer que le développement en série de Fourier de  $u(t)$  s'écrit :

$$u(t) = \frac{4U}{\pi} (\cos(\alpha) \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \cos(3\alpha) \sin(3\omega t) + \dots)$$

L'alimentation du moteur triphasé est fournie par un onduleur triphasé à partir d'une source continue réglable de f-e- m. E proportionnelle à la fréquence de l'onduleur :  $E = a.f$ .

L'onduleur étant considéré comme une charge non linéaire. On donne la tension  $V_I(t)$  délivrée par l'onduleur sur une phase.



2- Montrer que le terme fondamental du développement en série de Fourier de  $V_I(t)$  est :  $V_{1f}(t) = \frac{2E}{\pi} \sin \omega t$

(On pourra décomposer  $V_I(t)$  en deux signaux simples de la forme  $u(t)$  avec :  $\alpha_1 = 0$  et  $\alpha_2 = \frac{\pi}{3}$ ).

3- Quelle valeur faut-il donner au coefficient  $a = E/f$  pour que ce fondamental ait une valeur efficace de 220 V à 50 Hz ?

**Bonne Chance**