

GEL-2003

**ÉLECTROTECHNIQUE****EXAMEN FINAL**

Le 25 avril 2017

De 8h30 à 10h20

Local PLT-2750

Document autorisé

- Une feuille format lettre (8.5 po. x 11 po.) manuscrite recto-verso

Remarques

- Écrivez proprement et lisiblement  
 - La démarche de votre solution doit être clairement explicitée  
 - Les erreurs d'inattention et de transcription ne sont pas acceptées

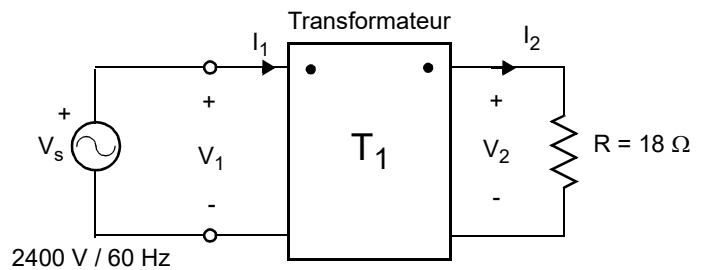
**Problème no. 1 (25 points)**

a) Un transformateur monophasé 60 Hz, 20 kVA, 2400 V/600 V possède les paramètres suivants:

$$R_1 = 2.56 \, \Omega \quad X_1 = 8.0 \, \Omega \quad R_2 = 0.16 \, \Omega \quad X_2 = 0.5 \, \Omega \quad R_c = 35 \, \text{k}\Omega \quad X_m = 60 \, \text{k}\Omega$$

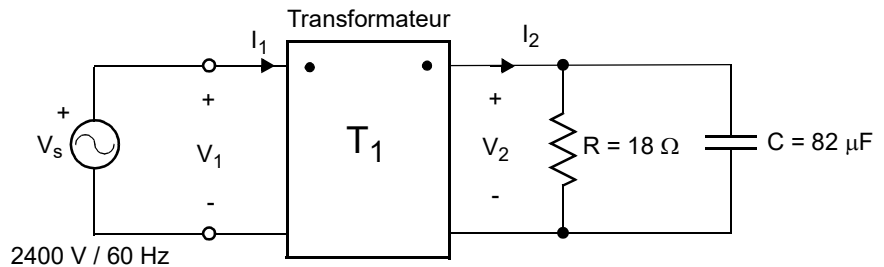
Une source de tension 2400 V / 60 Hz est connectée au primaire.

Une charge résistive  $R = 18 \, \Omega$  est connectée au secondaire.



- **Calculer** la tension au secondaire, le courant au primaire et le rendement du transformateur dans ces conditions de fonctionnement. (10 points)

On connecte en parallèle avec  $R$  un condensateur  $C = 82 \, \mu\text{F}$ .

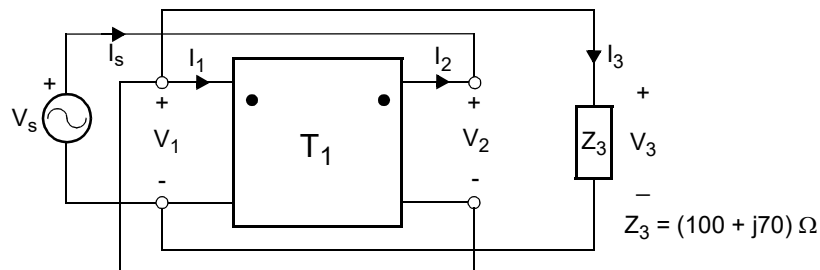


- **Calculer** la tension au secondaire et le courant au primaire. (6 points)

b) Pour la suite du problème, on suppose que le transformateur  $T_1$  est idéal.

On utilise les deux enroulements de ce transformateur monophasé pour câbler un autotransformateur.

Source monophasée  
3000 V / 60 Hz



- **Déterminer** le rapport de transformation ( $V_s/V_3$ ) et la capacité en puissance de l'autotransformateur. (5 points)

- **Calculer** le courant  $I_s$  (valeur efficace) et la puissance active  $P_s$  fournie par la source. (4 points)

### Problème no. 2 (25 points)

Soit un transformateur triphasé 60 Hz, 50 kVA, 2400V/600V.

Pour déterminer les paramètres du transformateur, on effectue les essais suivants.

#### Essai à vide:

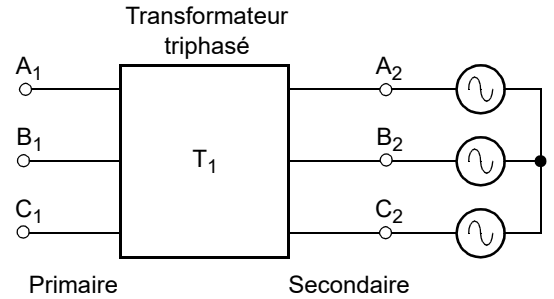
Le primaire est en circuit ouvert. Le secondaire est alimenté à sa tension nominale.

On mesure au secondaire:

Tension ligne-ligne = 600 V

Courant de ligne = 2.8 A

Puissance active absorbée = 0.92 kW



#### Essai en court-circuit:

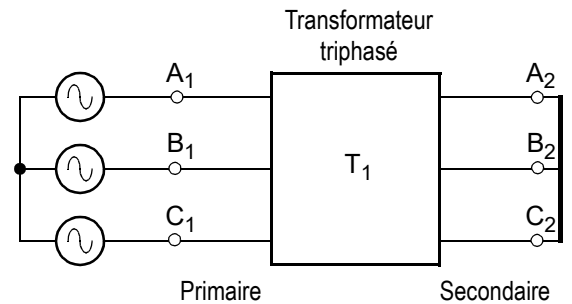
Le secondaire est en court-circuit. Le primaire est alimenté à une tension réduite.

On mesure au primaire:

Tension ligne-ligne = 104.45 V

Courant de ligne = 12.028 A

Puissance active absorbée = 1.475 kW

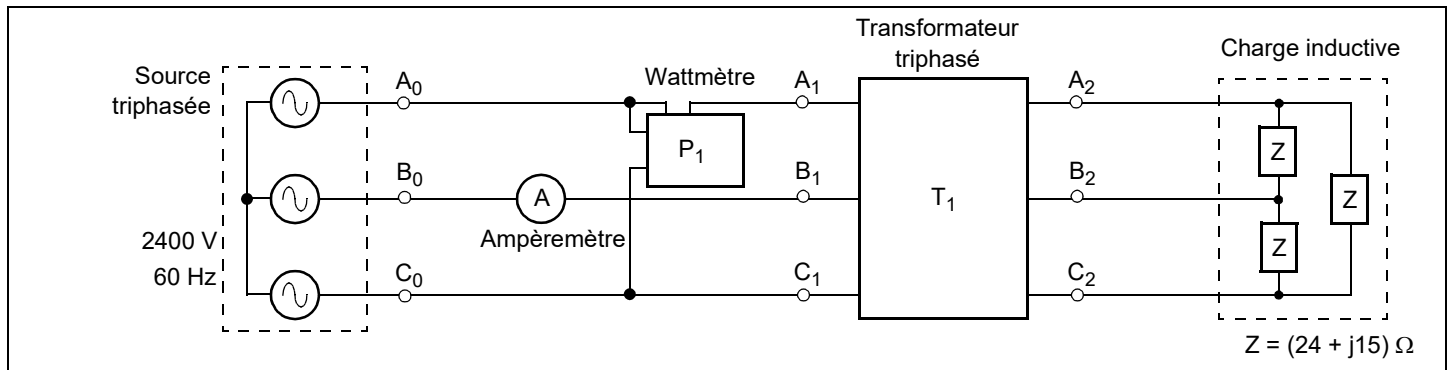


a) À partir des résultats de ces deux essais, **calculer** les paramètres du transformateur  $T_1$  (par phase Y - ramené au primaire). (13 points)

b) Pour cette question, on suppose que les paramètres  $R_{eq}$  et  $X_{eq}$  (par phase Y - ramené au primaire) du transformateur triphasé sont:  $R_{eq} = 4 \Omega$  et  $X_{eq} = 10 \Omega$ .

Le primaire du transformateur  $T_1$  est relié à une source triphasée 60 Hz, 2400 V (ligne-ligne). Le secondaire alimente une charge équilibrée composée de trois impédances  $Z = (24 + j15) \Omega$  connectées en  $\Delta$ .

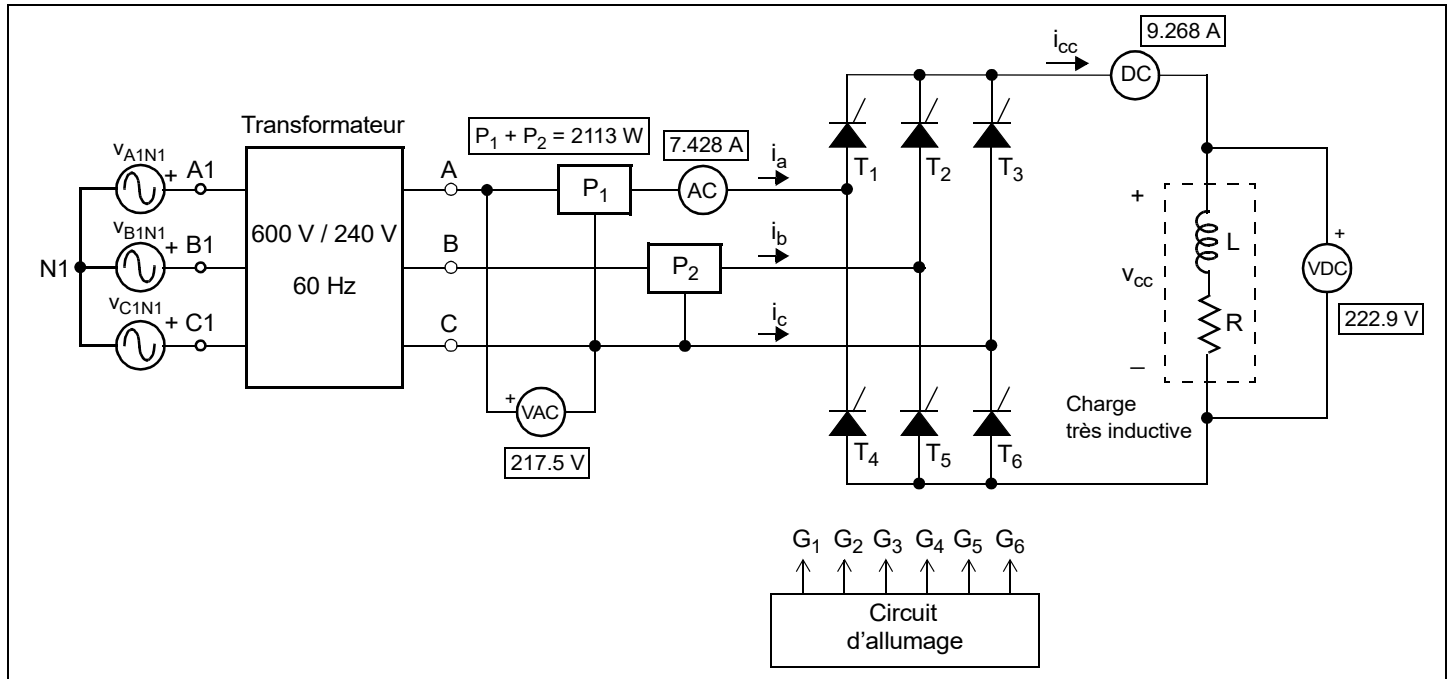
On connecte un ampèremètre et un wattmètre au système comme montré dans la figure suivante.



Déterminer les indications de l'ampèremètre et du wattmètre. (12 points)

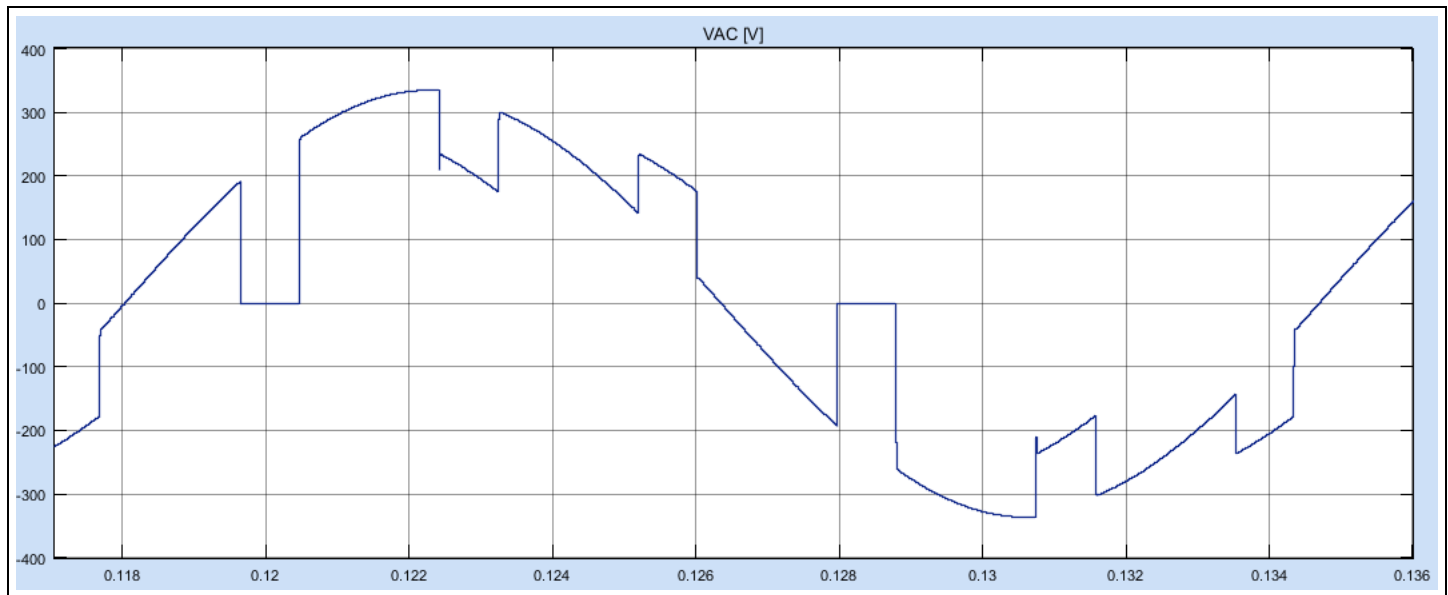
### Problème no. 3 (25 points)

Soit le convertisseur à thyristors triphasé suivant.



Les deux wattmètres indiquent un total de 2113 W. Le voltmètre AC indique 217.5 V. L'ampèremètre AC indique 7.428 A. L'ampèremètre DC indique 9.268 A. Le voltmètre DC indique 222.9 V.

On a relevé sur l'oscilloscope la forme d'onde de la tension  $v_{AC}$  au secondaire du transformateur.



a) À partir de la forme d'onde de la tension  $v_{AC}$ , **déterminer** l'angle d'amorçage  $\alpha$  (en degré) et l'angle de commutation  $\mu$  (en degré). (6 points)

**Déterminer** la valeur de l'inductance de fuite  $L_s$  du transformateur. (4 points)

b) En supposant que l'ondulation du courant  $i_{cc}$  est négligeable, **tracer** en fonction du temps les courants  $i_{T1}$ ,  $i_{T2}$ ,  $i_{T3}$ ,  $i_{T4}$ ,  $i_{T5}$  et  $i_{T6}$  dans les six thyristors et le courants  $i_a$  du secondaire (phase A) du transformateur. (7 points)

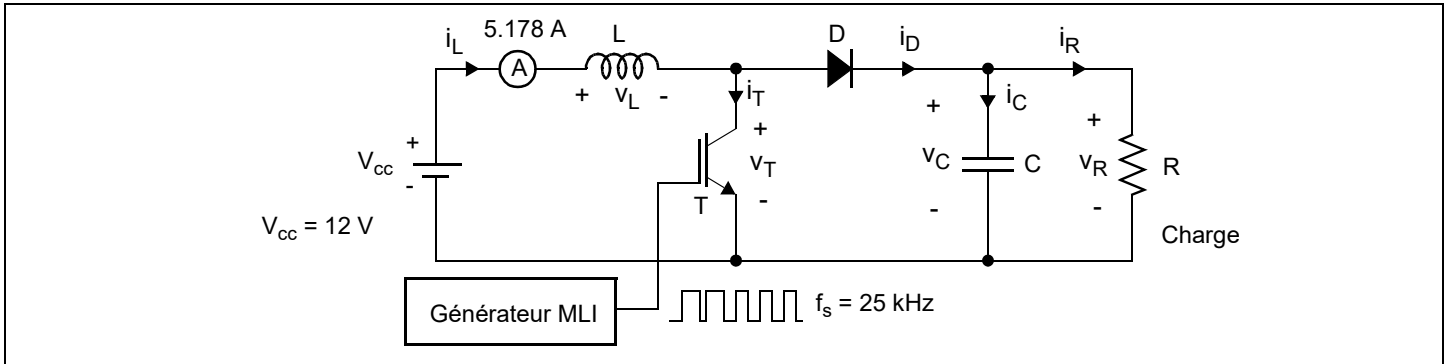
*Note: Utiliser la feuille graphique ci-jointe pour tracer les formes d'onde.*

c) **Calculer** les pertes dans le convertisseur. (3 points)

**Calculer** le facteur de puissance à l'entrée du convertisseur. (5 points)

**Problème no. 4 (25 points)**

On utilise un hacheur survolteur (convertisseur boost) pour produire une tension continue de 24 V à partir d'une source continue de 12 V.



La chute de tension en conduction de l'IGBT est  $V_{CE(on)} = 1.2 \text{ V}$ . La chute de tension en conduction de la diode est  $V_F = 0.5 \text{ V}$ .

Les temps de commutation de l'IGBT et de la diode sont de  $1.0 \mu\text{s}$  pour la montée et  $1.0 \mu\text{s}$  pour la descente.

La fréquence de hachage est de 25 kHz.

L'ampèremètre CC connecté à l'entrée du hacheur indique 5.178 A.

a) **Tracer** en fonction du temps la tension  $v_L$  aux bornes de l'inductance, le courant  $i_L$  dans l'inductance, le courants  $i_T$  dans l'IGBT, le courants  $i_D$  dans la diode D, le courant  $i_C$  dans le condensateur C et la tension  $v_C$  aux bornes du condensateur C. (6 points)

**Remarque:** Utiliser la feuille graphique ci-jointe pour tracer les formes d'ondes (sans tenir compte de la commutation)

b) **Déterminer** le rapport cyclique  $\alpha$ . (4 points)

c) On désire une ondulation du courant  $i_L$  de 20% (crête-crête). **Déterminer** la valeur de L. (4 points)

On désire une ondulation de la tension  $v_C$  de 0.5% (crête-crête). **Déterminer** la valeur de C. (4 points)

d) **Calculer** les pertes par conduction et les pertes par commutation dans l'IGBT et dans la diode. (5 points)

**Déterminer** le rendement du hacheur. (2 points)