

GEL-2003

ÉLECTROTECHNIQUE**EXAMEN FINAL**

Le 30 avril 2019

De 8h30 à 10h20

Local PLT-2744

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

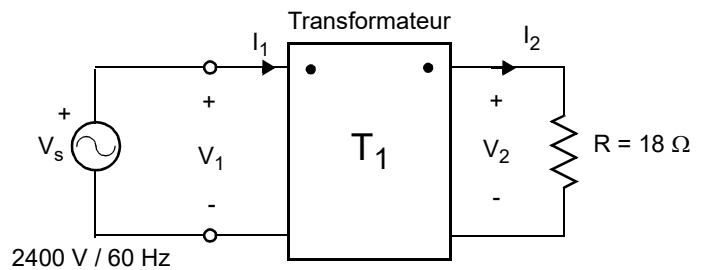
Problème no. 1 (25 points)

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

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

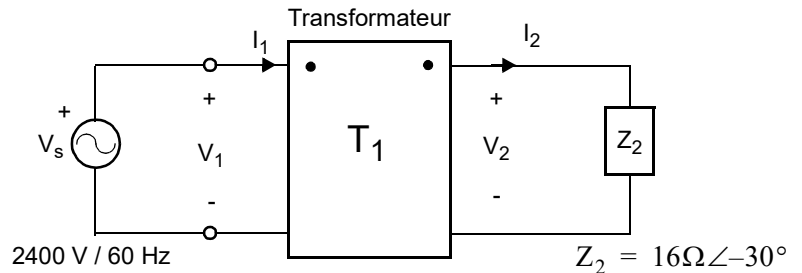
Une source de tension 2400 V / 60 Hz est connectée au primaire.

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



- **Calculer** le courant I_1 (valeur efficace) au primaire, la tension V_2 (valeur efficace) au secondaire et le rendement du transformateur dans ces conditions de fonctionnement. (10 points)

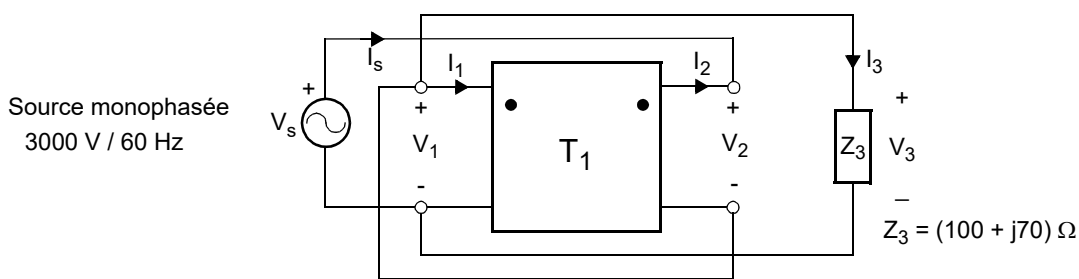
On connecte au secondaire une charge capacitive $Z_2 = 16\Omega \angle -30^\circ$



- **Calculer** la tension V_2 (valeur efficace) au secondaire. (5 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.



- **Déterminer** le rapport de transformation (V_s/V_3) et la capacité en puissance de l'autotransformateur. (6 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:

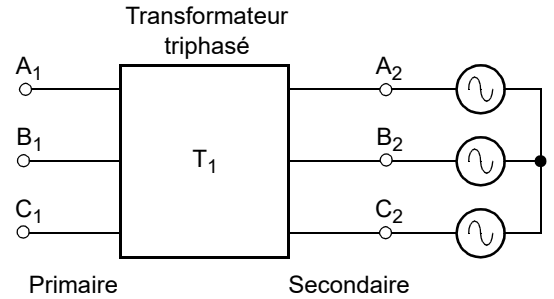
Le primaire est en circuit ouvert. Le secondaire est alimenté à sa tension nominale.

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:

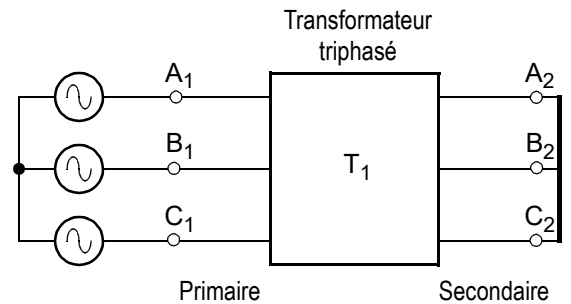
Le secondaire est en court-circuit. Le primaire est alimenté à une tension réduite.

On mesure au primaire:

Tension ligne-ligne = 104.45 V

Courant de ligne = 12.028 A

Puissance active absorbée = 1.475 kW

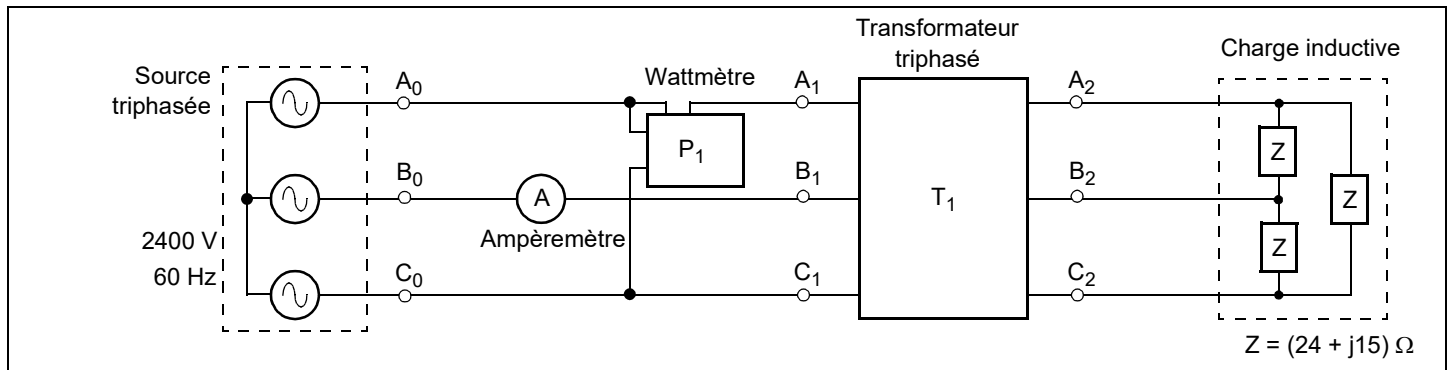


a) À partir des résultats de ces deux essais, **calculer** les paramètres $[R_c, X_m, R_{eq}, X_{eq}]$ du transformateur T_1 (par phase Y - ramené au primaire) . (13 points)

b) Pour la suite du problème, 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 Δ .

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

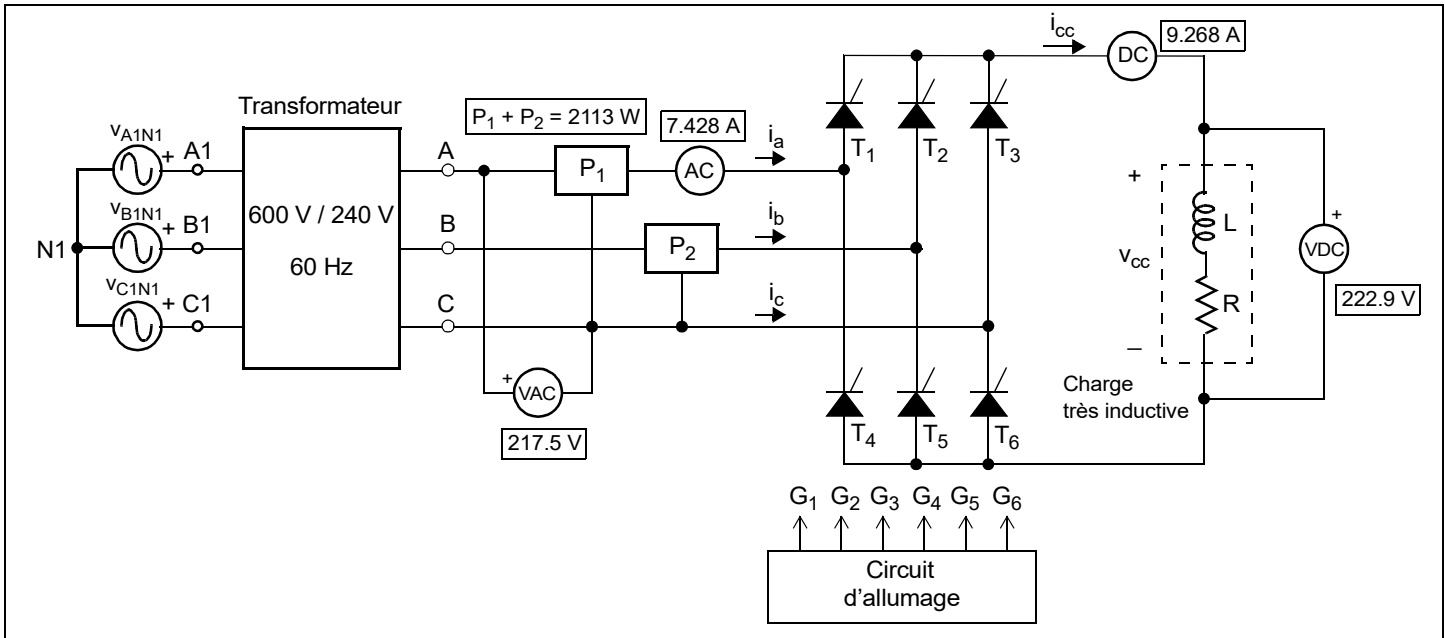


Déterminer les quantités suivantes:

- l'indication de l'ampèremètre (6 points)
- l'indication du wattmètre (6 points)

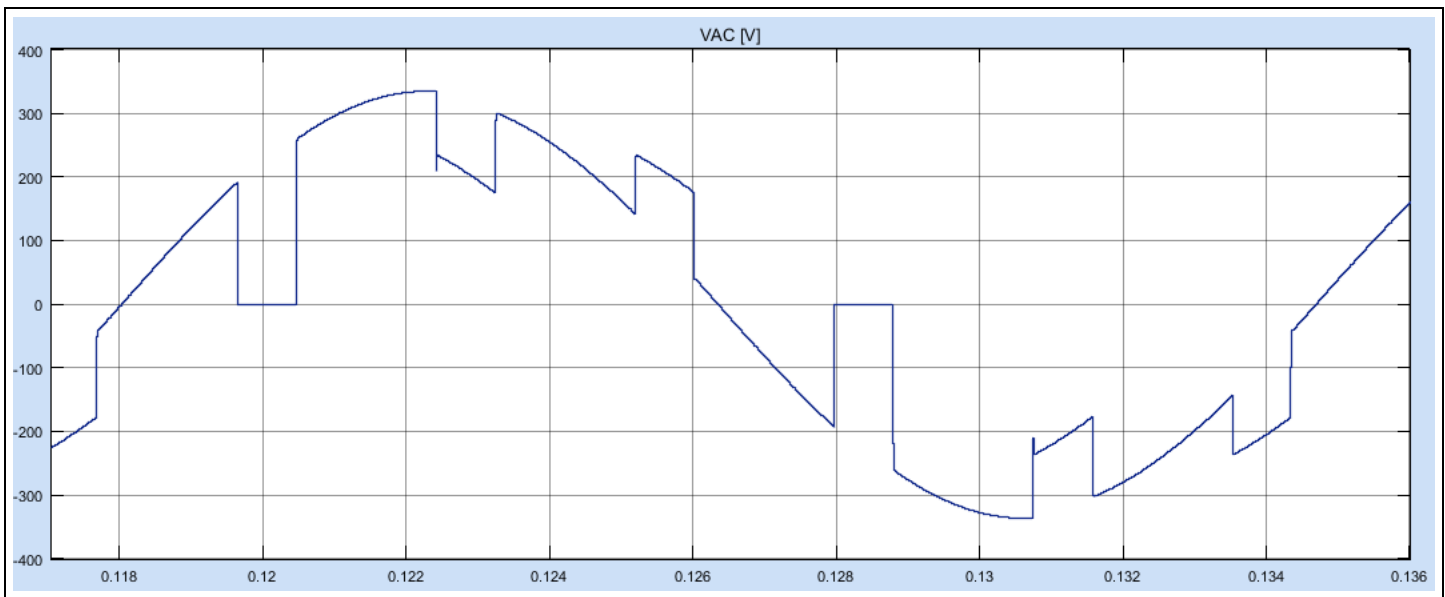
Problème no. 3 (25 points)

Considérons le montage d'un convertisseur à thyristors triphasé montrée dans la figure suivante.



Les mesures effectuées sur le montage sont indiquées dans la figure.

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 α (en degré) et l'angle de commutation μ (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 le courant i_a du secondaire (phase A) du transformateur. (4 points)

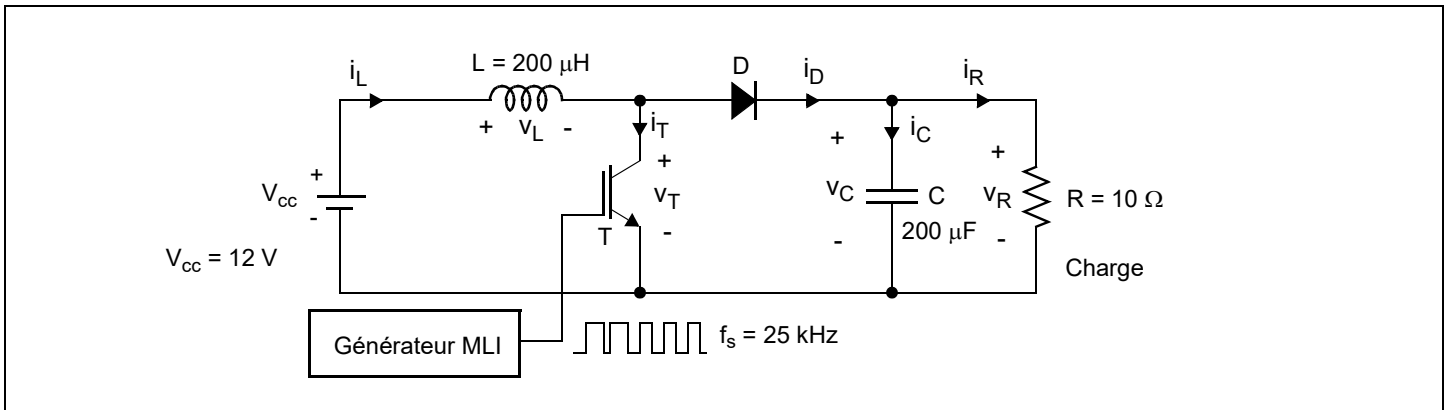
Note: Bien indiquer l'amplitude du courant i_a sur le graphique.

c) À partir des valeurs mesurées, **calculer** les quantités suivantes:

- la puissance P_{cc} dissipée dans la charge (3 points)
- les pertes P_{conv} dans le convertisseur (3 points)
- la puissance apparente S_{src} à l'entrée du convertisseur (3 points)
- le facteur de puissance à l'entrée du convertisseur (2 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 $V_{CE(on)} = 1.2$ V. La chute de tension en conduction de la diode est $V_F = 0.5$ V.

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

La fréquence de hachage est de 25 kHz.

a) **Déterminer** le rapport cyclique α du hacheur. (7 points)

b) **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)

Remarques:

- Utiliser la feuille graphique ci-jointe pour tracer les formes d'ondes (sans tenir compte de la commutation).
- Il est suffisant de tracer un cycle de fonctionnement du hacheur.

c) **Calculer** l'ondulation ΔI (crête-crête) du courant i_L et l'ondulation ΔV (crête-crête) de la tension v_C . (7 points)

d) **Calculer** les pertes par conduction et les pertes par commutation dans l'IGBT et dans la diode. (4 points)

Déduire le rendement du hacheur (1 point).