

ELECTROTECHNIQUE - ELECTRONIQUE

L'alimentation en électricité d'un site se fait par le réseau de distribution publique, mais en cas de panne il est prévu un dispositif de secours pour assurer la continuité de service. Ce dispositif est centré sur un alternateur triphasé entraîné par une hélice grâce à la force du vent (centrale éolienne).

En cas de coupure de courant du secteur, si la vitesse du vent est insuffisante (détection par un capteur de vitesse), un dispositif électronique est prévu pour mettre en service l'onduleur. Ce dernier permet d'assurer seulement une partie de l'éclairage du site.

***Le sujet est composé de quatre parties pouvant être traitées de façon indépendante.***

***Il comporte 5 pages numérotées de 1 à 5.***

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements compteront pour une part importante dans l'appréciation de la copie.

Les différents problèmes sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre qui convient au candidat. Le candidat respectera scrupuleusement la numérotation des questions.

:

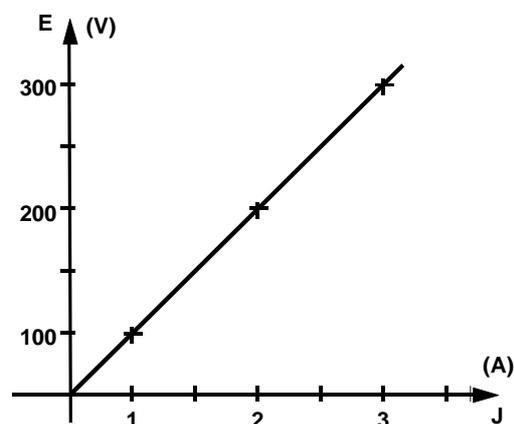
- **Partie A** : Etude de l'alternateur **30pt**
- **Partie B** : Etude du transformateur **20pt**
- **Partie C** : Etude du moteur asynchrone **30pt**
- **Partie D** : Etude du dispositif électronique **20pt**

**Partie A** : L'alternateur triphasé

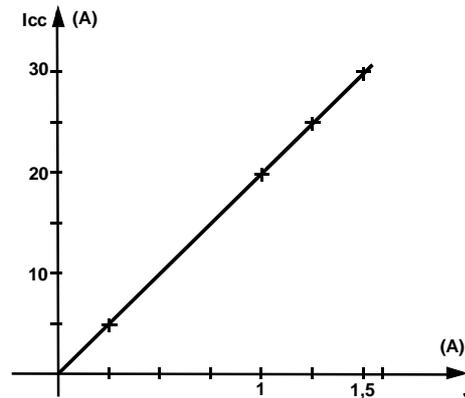
L'alternateur triphasé entraîné par l'éolienne est triphasé et tétrapolaire.

Ses enroulements statoriques sont couplés en étoile. L'alternateur tourne à une vitesse nominale de **1 500 tr/mn**. L'enroulement de l'inducteur comporte une résistance  **$r = 20 \Omega$** .

- Un essai à vide de l'alternateur à **1 500 tr/mn** sous **380 V** entre phases et pour un courant d'excitation **J**, a donné la caractéristique ci-dessous.



- Un essai en court-circuit pour un courant  $I_{cc}$ , à la vitesse nominale, a donné la caractéristique ci-dessous :



- En charge nominale, l'alternateur alimente une installation électrique composée d'un moteur asynchrone triphasé qui absorbe 8 kW sous  $\cos \varphi = 0,84$ , d'un système d'éclairage composé de 9 lampes de 40 W chacune. Ces lampes sont couplées en étoile équilibrée.
- Les pertes constantes de l'alternateur s'élèvent à 260 W.

**A.1-** Calculer la fréquence des tensions entre deux bornes du stator.

**A.2-** Pour un fonctionnement à vide calculer la valeur efficace  $E$  de la **fem** induite à vide dans un enroulement. En déduire le flux maximal embrassé par une spire.

Les enroulements d'induit comportent **500** conducteurs actifs avec un coefficient de Kapp de **2,25**. Chaque enroulement d'induit a une résistance  **$R = 0,1 \Omega$** .

**A.3-** Donner le modèle équivalent d'un enroulement statorique, en déduire la réactance  **$X$**  du modèle.

**A.4-** Déterminer la valeur de la **fem** pour le fonctionnement en charge (négliger la résistance  **$R$**  de chaque enroulement de l'induit).

**A.5-** Calculer le courant d'excitation  **$J$**  nécessaire.

**A.6-** Calculer le rendement de l'alternateur pour le fonctionnement nominal.

### Partie B : Etude du transformateur

Le transformateur a les caractéristiques suivantes :

- primaire couplé en triangle ;
- tension primaire entre phase,  **$U_1 = 6\,600 \text{ V}$**  ;
- le noyau a pour section  **$260 \text{ cm}^2$**  ;
- secondaire couplé en étoile ;
- le circuit magnétique a une masse de  **$320 \text{ kg}$** , la qualité des tôles est de  **$1,2 \text{ W / kg}$** .

**B.1-** Il débite dans une installation, qui a une puissance active de  **$8\,400 \text{ W}$**  et de facteur de puissance  **$0,84$** , sous une tension efficace composée de  **$380 \text{ V}$** .

Un essai à vide sous tension primaire nominale a donné une tension secondaire entre phases  **$390 \text{ V}$** .

**B.1.1-** Calculer le nombre de spires  **$n_1$**  de chaque enroulement primaire pour que l'induction maximale dans chaque noyau soit  **$B_n = 1,7 \text{ T}$** .

**B.1.2-** Calculer les pertes ferromagnétiques totales du transformateur pour cette induction.

**B.2-** Un essai en court-circuit sous tension primaire de  **$264 \text{ V}$**  entre phases a donné  **$40 \text{ W}$** . Calculer les éléments du transformateur vus du secondaire entre phase et neutre.

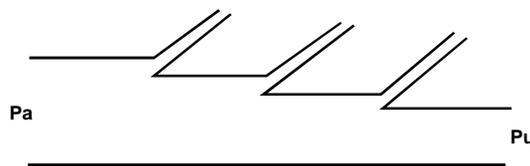
- B.3-** Le transformateur débite dans l'installation du site et toutes les charges fonctionnent, calculer l'intensité du courant dans un enroulement secondaire.
- B.4-** Calculer le rendement pour le fonctionnement nominal quand il débite un courant de **15 A** avec un facteur de puissance de 0,84 AR.
- B.5-** Calculer le rendement pour le fonctionnement nominal quand il débite un courant de **15 A** avec un facteur de puissance unitaire.

**Partie C : Etude du moteur du asynchrone**

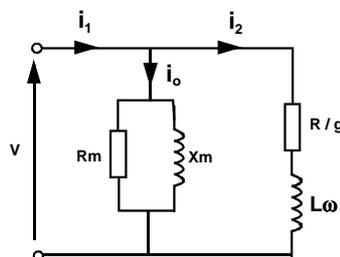
Le moteur asynchrone étudié a les caractéristiques suivantes :

- quatre pôles ;
- alimentation **220 V / 380 V** ;
- puissance mécanique nominale **Pu = 7 600 kW** ;
- vitesse nominale **Nn = 1 485 tr / mn** ;
- rendement nominal **ηn = 95%** ;
- facteur de puissance nominal **cosφ = 0,84** ;
- pertes mécaniques, **Pm = 150 W** ;
- couple électromagnétique nominal (**CEN**) ;
- couple électromagnétique maximal (**CEM**), **C<sub>EM</sub> = 2 C<sub>EN</sub>**.

- C.1-** Calculer la vitesse de synchronisme et le glissement au point nominal.
- C.2-** Reprendre sur votre copie et compléter le schéma ci-dessous représentant les différentes pertes de la machine.



- C.3-** Calculer le couple nominal de ce moteur (**CN**) et le couple des pertes mécaniques (**Cm**).
- C.4-** Calculer les pertes joules rotoriques et les pertes fer, pour le fonctionnement nominal.
- C.5-** Soit le schéma équivalent ci-dessous modélisant le moteur asynchrone pour une phase :



- C.5.1-** Calculer la valeur de Rm à partir des pertes fer.
- C.5.2-** Montrer que le couple électromagnétique peut s'écrire :

$$C_E = \frac{3V^2}{\Omega s} \times \frac{g R}{(gL\omega)^2 + R^2}$$

En déduire l'expression du couple maximal pour **R = gLω**.

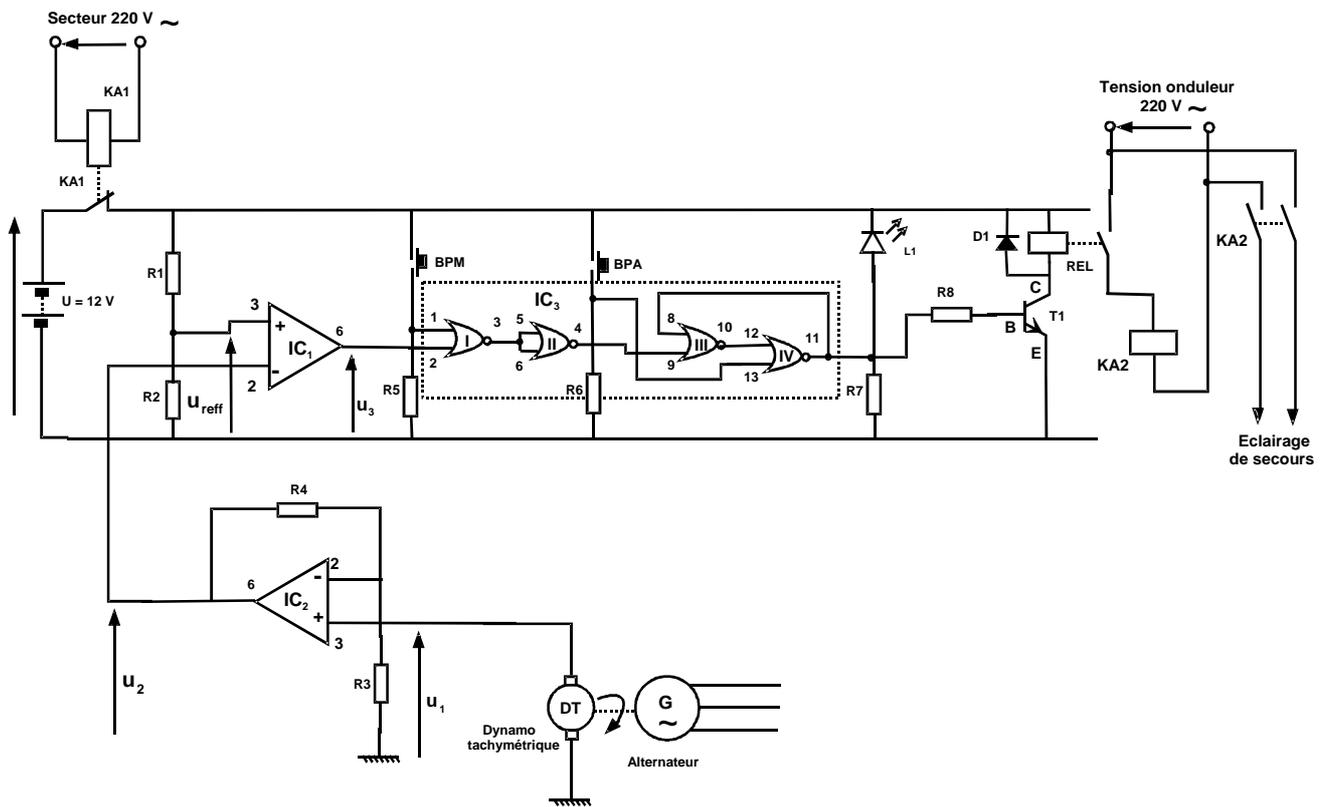
C.5.3- Calculer la valeur de  $L\omega$ .

C.5.4- On pose  $r = R / gN$ .

Exprimer la puissance transmise au rotor en fonctionnement nominal, en fonction de  $R$ ,  $V$  et  $L\omega$ .

C.5.5- Calculer  $R$  ( $r$  doit avoir une valeur nettement supérieure à  $L\omega$ ).

**Partie D : Dispositif électronique**



| Rep          | Désignation            | Caractéristiques |
|--------------|------------------------|------------------|
| <b>R1</b>    | Résistance             | 10 kΩ – 1/4 W    |
| <b>R2</b>    | Résistance             | 5 kΩ – 1/4 W     |
| <b>R3</b>    | Résistance             | 10 kΩ – 1/4 W    |
| <b>R4</b>    | Résistance             | 100 kΩ – 1/4 W   |
| <b>R5</b>    | Résistance             | 10 kΩ – 1/4 W    |
| <b>R6</b>    | Résistance             | 10 kΩ – 1/4 W    |
| <b>IC1</b>   | Ampli Op               | μA 741           |
| <b>IC2</b>   | Ampli Op               | μA 741           |
| <b>IC3</b>   | Circuit logique        | CD 4001          |
| <b>D1</b>    | Diode                  | 1N 4004          |
| <b>L1</b>    | LED rouge              | 2,2 V – 20 mA    |
| <b>T1</b>    | Transistor NPN 2N 2219 | β = 100          |
| <b>REL 1</b> | Relais 2RT             | 12 V – 200 Ω     |

Le capteur de vitesse est une génératrice tachymétrique accouplée à l'arbre de l'alternateur, elle délivre une tension  $u_1$  proportionnelle à la vitesse de rotation  $n$  en  $tr / s$ .

$$u_1 = kn \quad \text{avec } k = 36 \text{ mV} / \text{tr}$$

**D.1-** Soient les portes logiques (**I**, **II**, **III** et **IV**) suivantes.

**D.1.1-** De quelles portes logiques s'agit-il ?

**D.1.2-** Reprendre sur votre copie et compléter le tableau suivant montrant le fonctionnement de ces portes logiques.

| Pin 1 | Pin 2 | Pin 3 |
|-------|-------|-------|
| 0     | 0     |       |
| 0     | 1     |       |
| 1     | 0     |       |
| 1     | 1     |       |

**D.1.3-** Donner l'équation de sortie (**Pin 3**) de la porte logique **I**, les variables d'entrée sont **Pin 1** et **Pin 2**.

**D.1.4-** Donner l'équation de sortie (**Pin 4**) de la porte logique **II**, les variables d'entrée sont **Pin 5** et **Pin 6**.

**D.1.5-** En déduire la fonction logique réalisée par ces portes logiques (**I** et **II**)

**D.2-** Soient les amplificateurs opérationnels **IC<sub>1</sub>** et **IC<sub>2</sub>**.

**D.2.1-** Comment sont-ils montés ?

**D.2.2-** Calculer  $U_{ref}$ .

**D.2.3-** Calculer  $U_1$  si  $U_{ref} = U_2$ .

**D.3-** Calculer la vitesse de rotation qui permet de mettre l'onduleur en service.

**D.4-** Calculer la valeur de  $R_8$  qui permet de saturer le transistor **T<sub>1</sub>**.

**D.5-** Quel est le rôle de la diode **D<sub>1</sub>** ?

**D.6-** Calculer la valeur de  $R_7$ .

**Fin de l'épreuve.**