



المعامل:	1
----------	---

المجال	مادة التخصص المدرسة: العلوم والتكنولوجيات الكهربائية
--------	--

مدة الإنجاز:	4 ساعات
--------------	---------

www.9alami.info

✓ Le sujet comporte au total 06 pages (noté sur 100 pts).

Le sujet comporte 2 parties:

Partie I. (/40pts) : Étude énergétique composée de : étude fonctionnelle, machine asynchrone et onduleur.

Partie II. (/60pts) : Étude des circuits d'une chaîne de commande composée de : filtre, CAN et asservissement.

Toutes les composantes du sujet sont indépendantes.

✓ Le document réponse (page 6) doit être rendu.

✓ Aucun document n'est autorisé ;

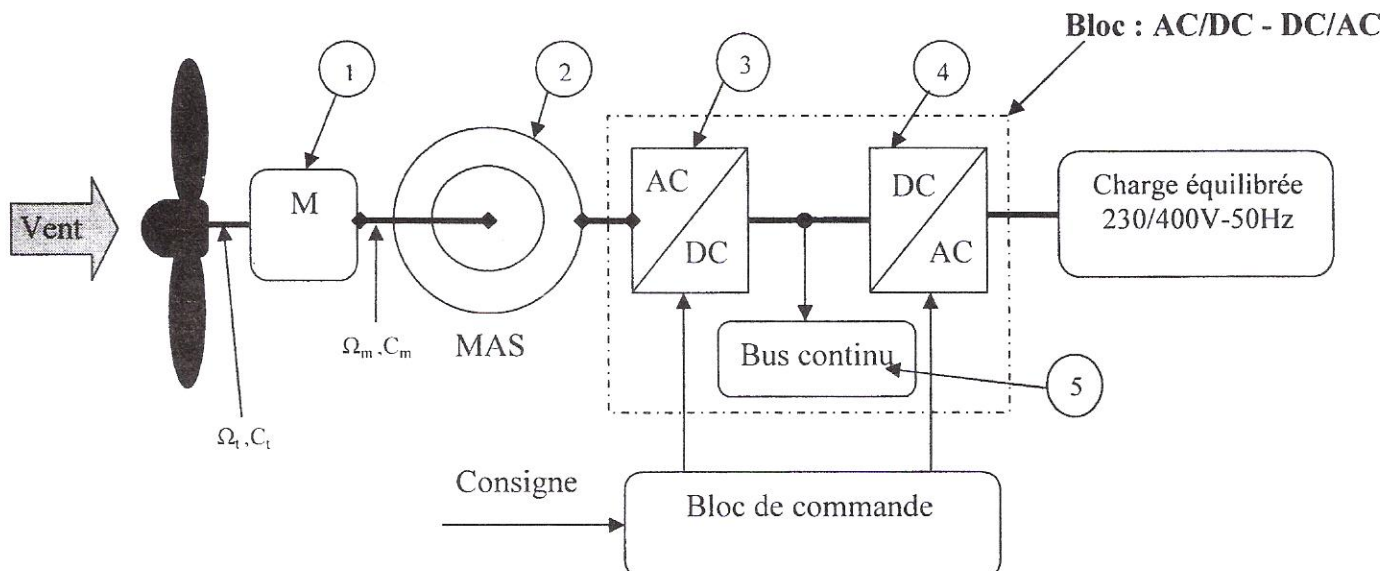
✓ Sont autorisées les calculatrices de poche y compris celles programmables.

Partie I - Étude énergétique (/40pts)

Partie I A. Étude fonctionnelle (/10pts)

Les pales d'une éolienne mises en mouvement par le vent entraînent le rotor d'une machine asynchrone par l'intermédiaire d'un multiplicateur de vitesse à engrenage. L'énergie électrique absorbée par la charge est fournie par la machine asynchrone qui fonctionne en génératrice quand le couple exercé par le vent sur les pales est suffisant.

Schéma bloc



1- Identifier et donner le rôle de chaque bloc du système. (/4pts)

N° bloc	Identification	Rôle
1		
2	 Machine..... asynchrone..... MADA	convertir l'énergie mécanique en énergie électrique

2- Le rendement de multiplicateur (M) vaut 1, écrire la relation entre les grandeurs d'entrées du multiplicateur Ω_i , C_i et ses grandeurs de sorties Ω_m , C_m . (/3pts) *grandeurs.*

3- Expliquer alors le rôle du bloc « AC/DC - DC/AC ». (/3pts)

Partie I B. Étude d'une machine asynchrone (/10pts)

Caractéristiques de la machine :

- 4 pôles ($p=2$), rotor à cage
- Alimentation 230V - 50Hz
- Puissance utile nominale : $P_u=300kW$
- Vitesse nominale $N=1485$ tr/min
- Rendement $\eta=0.96$
- Les pertes mécaniques sont supposées constantes et égales à $P_m=1kW$
- Les pertes fer rotoriques et les pertes joules statoriques sont négligées.

Calculer la vitesse de synchronisme quand la machine est alimentée par le réseau 230V/50 Hz, déduire la valeur du glissement (g). (/1pt)

En faisant apparaître les puissances suivantes :

P_{tr} : puissance transmise au rotor $P_{tr}=C_e \cdot \Omega_s$

P_M : puissance mécanique $P_M=C_e \cdot \Omega$

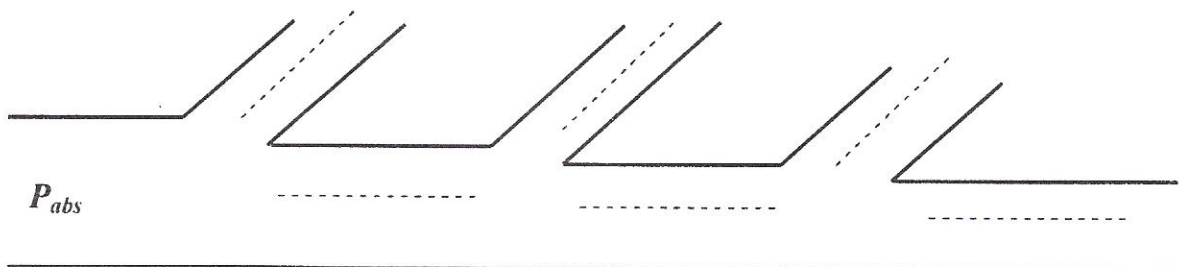
P_u : puissance utile $P_u=C_u \cdot \Omega$

P_f : Pertes fer statoriques ;

P_{jr} : Pertes joule rotoriques

C_u : couple utile, C_e : couple électromagnétique

Compléter le bilan des puissances ci-dessous : (/2pts)



2- Calcul des couples et des puissances

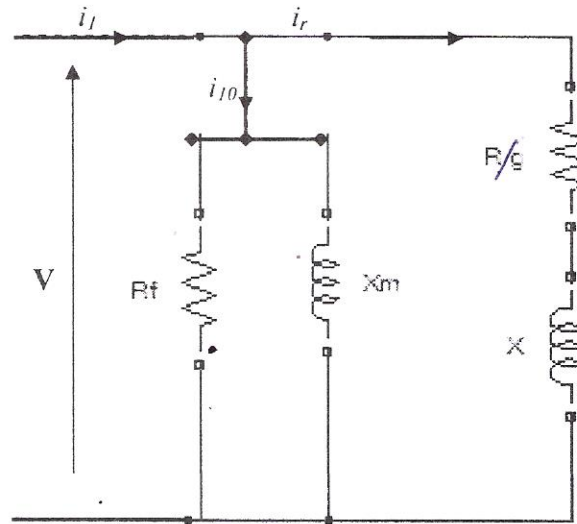
3.1: Calculer la puissance active absorbée par la machine. (/1pt)

3.2 : Calculer le couple utile nominal (/1pt)

3.3 : Calculer le couple électromagnétique nominal. (/1pt)

3.4 : Calculer la puissance nominale transmise au rotor P_{tr} , en déduire les pertes par effet joule P_{jr} . (/1pt)

3- On admet qu'on peut modéliser chaque phase de la machine asynchrone fonctionnant en moteur par le schéma équivalent ci-contre :



Notations :

 V : tension efficace aux bornes d'une phase i_l : courant efficace dans une phase du stator R_f : résistance modélisant les pertes ferromagnétiques X_m : impédance de magnétisation i_r est le courant rotorique ramené au stator

On donne

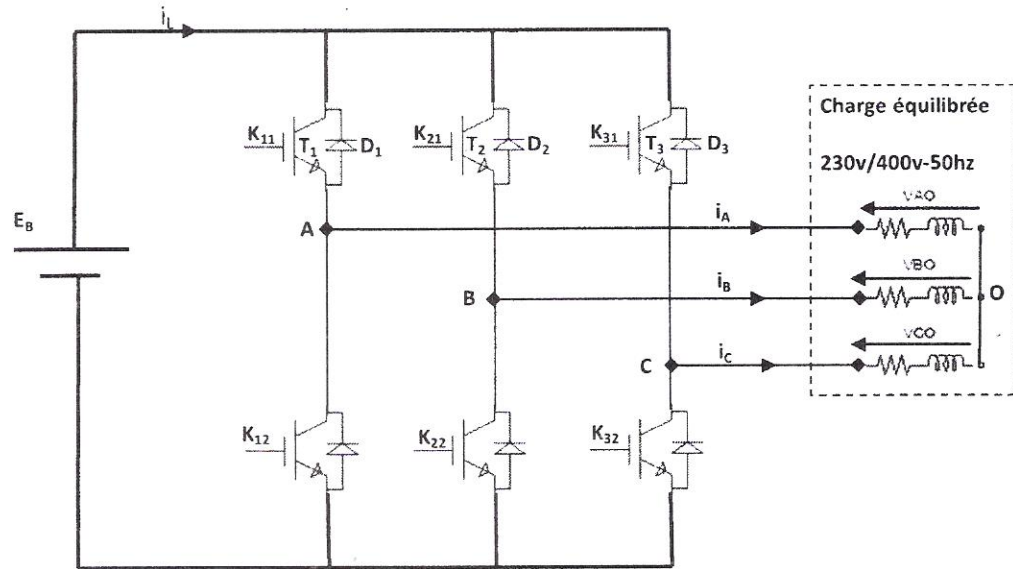
$$X_m = 1.3 \Omega ; X = 0.13 \Omega ; R = 0.005 \Omega$$

4.1 Exprimer les pertes fer statoriques P_f en fonction de R_f et V , déduire la valeur de R_f . (/1pt)4.2 Exprimer la valeur efficace de courant i_r en fonction de V , X , R et g , donner sa valeur numérique pour $g = 1\%$. (/1pt)4.3 La puissance nominale transmise au rotor P_{tr} est donnée par $P_{tr} = 3 \cdot \frac{R}{g} \cdot I_r^2$, calculer la valeur de P_{tr} pour $g = 1\%$. (/1pt)

Partie I C. Étude d'un onduleur de tension (/20pts)

L'onduleur permet à son tour de convertir la tension constante E_B en une tension sinusoïdale de fréquence 50 Hz et d'amplitude 230V.

Schéma de l'onduleur de tension :



1- Les commandes appliquées aux commutateurs hauts sont appelées k_{11} , k_{21} , k_{31} , écrire l'équation qui lie le courant i_L aux commandes (k_{11} , k_{21} et k_{31}) et aux courants i_A , i_B et i_C . (/4pts)

2- Calcul des tensions simples :

2.1 Donner la relation qui lie la tension U_{AB} aux tensions simples V_{A0} et V_{B0} . (/2pts)

2.2 Donner la relation qui lie tension U_{CA} aux tensions simples V_{A0} et V_{C0} . (/2pts)

2.3 Déduire alors l'expression de V_{A0} en fonction de U_{AB} et U_{CA} . (/2pts)

2.4 Sur la même base que précédemment donner les expressions des tensions simples V_{B0} et V_{C0} en fonction des tensions U_{AB} , U_{CA} et U_{BC} . (/2pts)

Sur le Document réponse N°1 :

2.5 Construire alors les chronogrammes des tensions composées U_{AB} , U_{CA} et U_{BC} . (/3pts)

2.6 Tracer les chronogrammes des tensions simples V_{A0} , V_{B0} et V_{C0} . (/3pts)

Sachant que l'amplitude du fondamental est donnée par l'équation suivante : $V_{A0eff} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E_B$,

déterminer la tension E_B . (/2pts)

Partie II : études des circuits d'une chaîne de commande (/60 pts)

Partie II-A. Filtre (/25 pts)

Le schéma de la figure ci-dessous représente la structure d'un filtre actif dite de « Rauch »

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait.

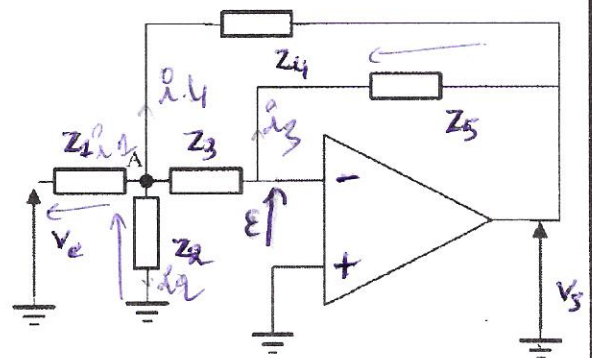
Z1 à Z5 sont des impédances.

1. Exprimer la fonction de transfert du montage $H = V_S/V_E$ en fonction des éléments du montage (Pour des raisons de simplicité dans les calculs, utilisez les admittances). (/7pts)

On suppose que les impédances complexes sont :

$$Z_1 = Z_3 = Z_4 = R, \quad Z_2 = 1/jC_2\omega \quad \text{et} \quad Z_5 = 1/jC_5\omega$$

2. Exprimer $H(j\omega)$ en fonction de R , C_1 , et C_2 . (/6 pts)

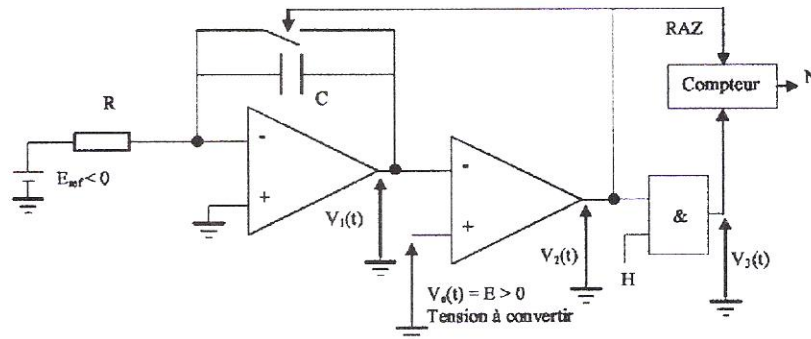


3. Quelle est alors la nature du filtre ainsi réalisé ? Quel est son ordre ? (/6pts)

4. Exprimer la pulsation de coupure ω_0 et le coefficient d'amortissement m en fonction de R , C_1 et C_2 . (/6 pts)

Partie II-B. CAN (/20 pts)

Le principe du convertisseur analogique numérique (CAN) simple rampe est illustré ci-dessous :



On suppose que la période de l'horloge H est très petite devant la constante de temps de charge du condensateur.

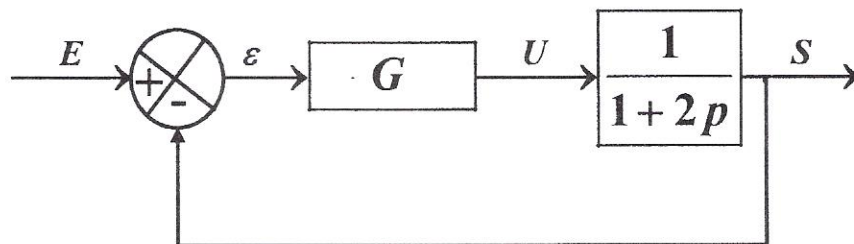
1. Expliquer en quelques mots le fonctionnement du convertisseur ci-dessus. (/6 pts)
2. Donner les chronogrammes en concordance du temps, des signaux $V_1(t)$, $V_2(t)$ et $V_3(t)$. (/6 pts)

N représente le nombre d'impulsions d'horloge H de période T pendant le temps de charge t_1 .

3. Donner l'expression de la fonction de transfert (N/E), Conclure. (/4 pts)
4. Quels sont les inconvénients d'un tel type de convertisseur ? (/4pts)

Partie II-C. Asservissement (/15 pts)

On considère la boucle d'asservissement suivante :



On suppose que la variable de commande U sature à 15 Volts.

1. Pour G quelconque, positif, calculer la fonction de transfert en boucle fermée : $\frac{S}{E}(p)$ (/2pt)
2. Quel est son gain statique G' et sa constante de temps τ' en fonction de G ? (/3 pts)
3. Pour $G = 1$, on applique un échelon sur la consigne E variant de 0 à 2 Volts. Calculer et tracer $S(t)$. (/2 pts)
4. En déduire les tracés de la variable d'écart $\varepsilon(t)$ et de la variable de commande $u(t)$. Quelle est la valeur de l'erreur ε ? (/3 pts)
5. Pour le même échelon de position sur E de 0 à 2 Volts, calculer la valeur du gain G pour que U atteigne la tension de saturation de 15 Volts à $t = 0+$. (/3 pts)
6. Pour ce gain, quelle est la valeur de la constante de temps de la boucle fermée ? (/2 pt)