

Recueil d'annales des épreuves d'électricité et électronique

Examen de 3^e année
Diplôme d'Elève Officier de 1^{ère} classe
de la Marine Marchande
Année 1992 à 2010

Examen de 3^e année
Diplôme d'Elève Officier de 2^{ème} classe
de la Marine Marchande
Année 1991 à 1997 (fin de la filière)

+ quelques autres sujets

Compilé par Claude Chevassu



Morceaux choisis des annales d'examen de la Marine Marchande

3^e QUESTION (VALEUR = 6)

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :

Stator Δ , 2 840 tr/min, 440 volts; 50 Hz, $\cos \varphi = 0,8$, 2 pôles, puissance utile 20 kW, rendement 0,8 à pleine charge.

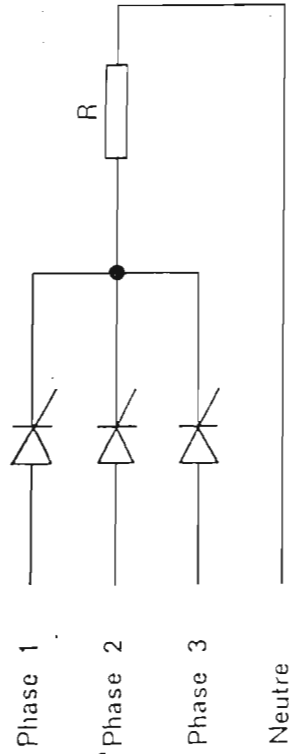
Calculer pour la pleine charge :

- 1^o le glissement,
- 2^o le couple utile,
- 3^o la puissance électrique absorbée par le moteur,
- 4^o l'intensité en ligne et dans chaque enroulement du stator.

4^e QUESTION (VALEUR = 6)

Le redresseur triphasé à thyristors représenté sur la figure ci-dessous est alimenté par des tensions de 220 V efficaces, 50 Hz, entre phase et neutre.

On exprime la tension de la phase 1 sous la forme $v_1 = V \sin \omega t$ et on néglige la chute de tension dans les thyristors quand ils conduisent.



1^o Sur un même graphique représenter les variations des trois tensions d'entrée en fonction de ωt .

Échelles : 100 V = 1 cm, 60° = 1 cm.

2^o On amorce les 3 thyristors par des impulsions simultanées pour les valeurs suivantes de ωt :

$$\frac{\pi}{2} + 2k\pi, \quad \frac{\pi}{2} + \frac{2\pi}{3} + 2k\pi, \quad \frac{\pi}{2} + \frac{4\pi}{3} + 2k\pi.$$

Représenter les variations de la tension aux bornes de R en fonction de ωt sur un graphique identique au précédent.

3^o Représenter graphiquement les variations de cette tension si les impulsions simultanées sont appliquées lorsque

$$\omega t = \frac{\pi}{6} + 2k\pi, \quad \frac{\pi}{6} + \frac{2\pi}{3} + 2k\pi, \quad \frac{\pi}{6} + \frac{4\pi}{3} + 2k\pi.$$

4^o Quelle est alors la fréquence de l'ondulation résiduelle et son amplitude crête à crête ?

Nota :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'exams et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'exams sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 2 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 4)

Disjoncteur .

1. Définition, caractéristiques, constitution et principe de fonctionnement d'un disjoncteur de couplage d'alternateur.
2. Énumérer les différentes protections commandant l'ouverture d'un tel disjoncteur.

2^e QUESTION (Valeur = 5)

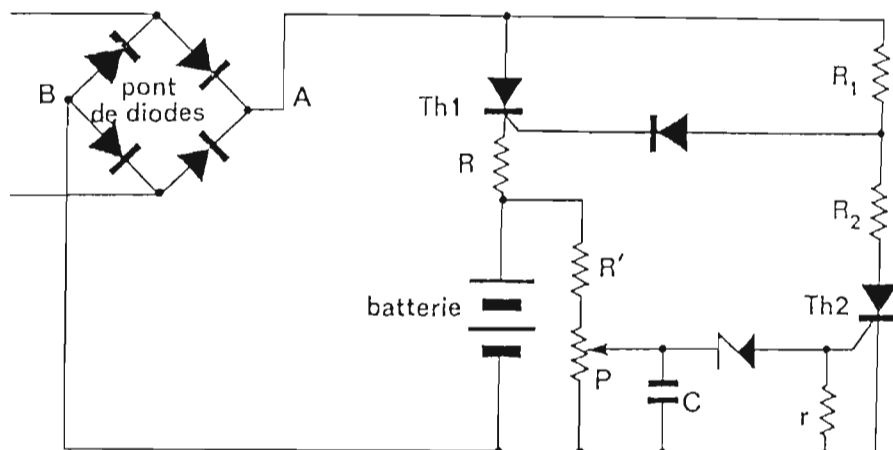
Régulateur de tension d'alternateur.

Établir un schéma de principe et expliquer le fonctionnement d'un régulateur de tension d'alternateur triphasé à excitation statique compound.

3^e QUESTION (VALEUR = 4)

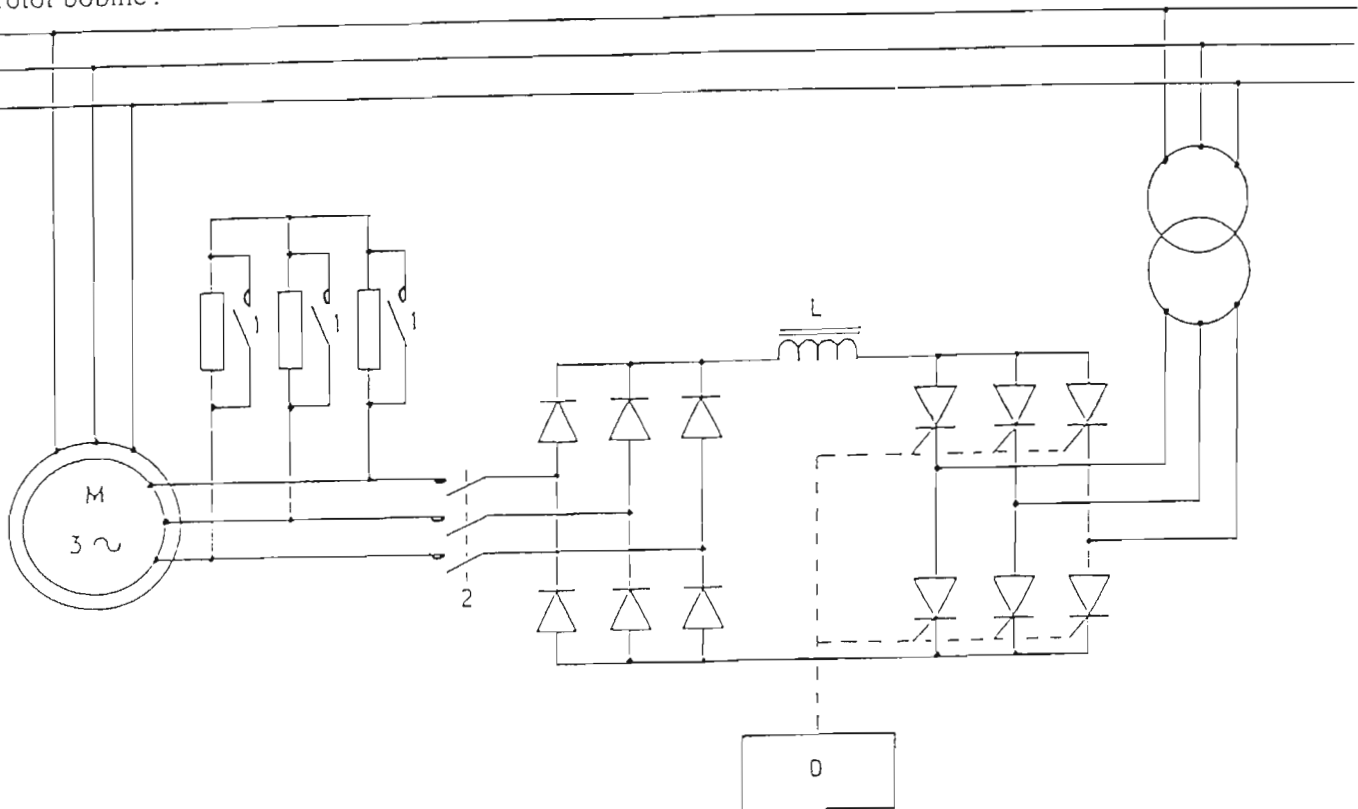
Le montage représenté ci-dessous est celui d'un chargeur de batterie. Quel est le rôle du pont de diodes? Montrer que, si Th2 est bloqué, Th1 s'amorce et que, quand Th2 est amorcé, Th1 ne peut plus l'être. A quel moment Th1 se bloque-t-il? Pourquoi ne faut-il pas mettre de condensateur de filtrage entre A et B?

En déduire le fonctionnement du montage. On précisera notamment les rôles de la résistance R, du potentiomètre P, et du groupement « condensateur C + diode zener ».



4^e QUESTION (VALEUR = 7)

On donne ci-dessous le schéma de principe d'un variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné :



D : circuit d'amorçage des thyristors.

M : moteur asynchrone tétrapolaire alimenté en 440 V, 60 Hz.

Les contacteurs 1 et 2 se ferment lorsque la vitesse de rotation du moteur atteint 1 300 tr/min.

1. Expliquer l'effet des résistances de démarrage sur la caractéristique mécanique.
2. Exprimer la fréquence des courants rotoriques et définir les fonctions réalisées par les ponts de diodes et de thyristors.
Préciser le rôle de l'inductance L.
3. Entre quelles valeurs théoriques l'angle de retard à l'amorçage α des thyristors doit-il pouvoir varier ?
Préciser, en justifiant clairement la réponse, les valeurs de α correspondant respectivement aux vitesses de rotation maximale et minimale.
4. Donner les principaux avantages et inconvénients du système étudié.

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 4)

Résistance d'isolement des installations.

Indicateur de défaut d'isolement en courant alternatif.
Description.
Fonctionnement.

2^e QUESTION (VALEUR = 6)

Couplage de deux alternateurs.

Déroulement des opérations de couplage en précisant :

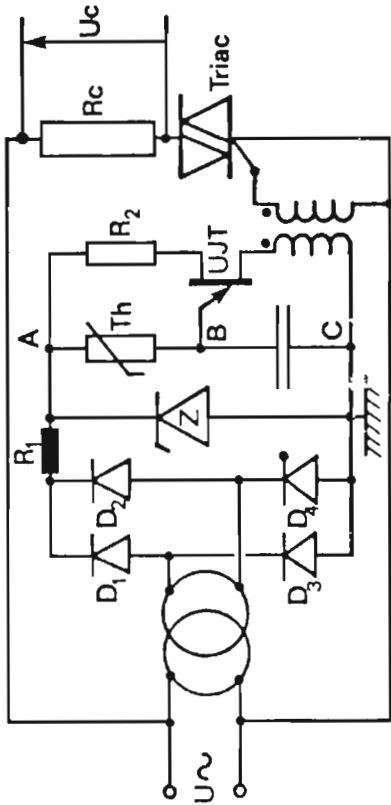
- 1^o Les conditions à réaliser.
- 2^o L'exécution pratique du couplage.
- 3^o La répartition des charges.

Incidents possibles lors du couplage et de la répartition des charges; quelles sont alors les sécurités qui interviennent?

3^e QUESTION (VALEUR = 7)

Triac.

Le schéma ci-dessous permet le réglage de la température d'un four industriel. Le capteur de température est une thermistance Th à coefficient de température positif.



R_c : résistances de chauffage du four.

Th : thermistance placée à l'intérieur du four.

1^o Faire le schéma d'un variateur de puissance en alternatif réalisé à partir de deux thyristors; expliquer comment s'effectue le réglage de la puissance.

2^o Étude du montage.

a. Fonctionnement de la régulation en précisant le rôle des différents éléments et ce qui se passe lorsque la température varie.

b. Quels sont les modes d'amorçage du « Triac » ?

c. Représenter en synchronisme avec la tension d'alimentation : les tensions en A et B du circuit de commande ainsi que la tension U_c aux bornes de la charge.

d. Quelle modification apporteriez-vous au montage pour permettre la variation de la température de consigne ?

4^e QUESTION (VALEUR = 3)

Opto-électronique.

Diodes électroluminescentes et phototransistors.

1^o Fonctionnement, caractéristiques électriques.

2^o Applications possibles lorsqu'ils sont associés dans un montage.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

ÉLECTRICITÉ, ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 5)

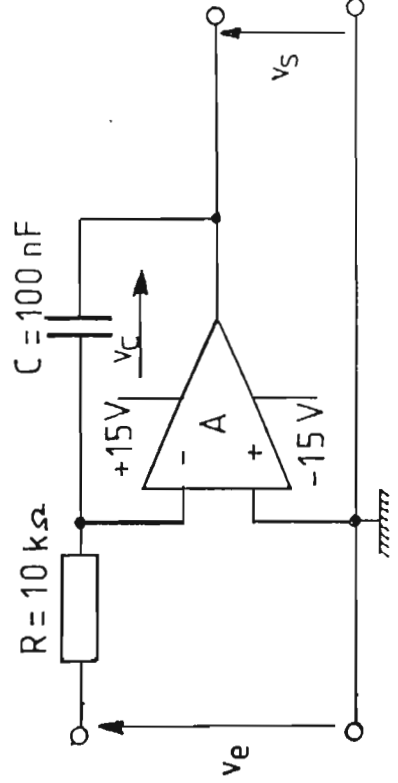
Dans le montage ci-dessous, l'amplificateur opérationnel A est supposé parfait.

1^o Exprimer, en la démontrant, l'expression de la tension de sortie v_s en fonction d'une tension d'entrée v_e quelconque.

Que réalise le montage?

2^o Représenter la tension de sortie v_s lorsque la tension d'entrée v_e est composée du signal rectangulaire représenté ci-dessous.

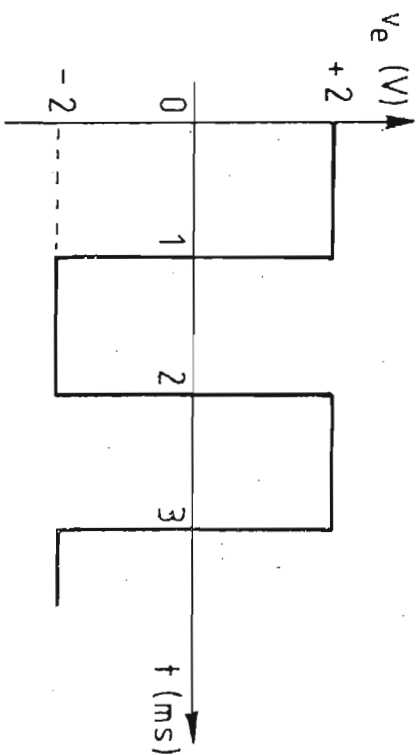
On admettra qu'au temps $t = 0$ la tension v_c aux bornes du condensateur est nulle.



NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

3^o Que devient v_s lorsque la tension d'entrée v_e est composée d'un signal sinusoïdal : $v_e = V_{em} \sin \omega t$?



Application :

Représenter sur un même système d'axes les tensions v_e et v_s en fonction du temps.

On donne :

$$V_{em} = 4 \text{ V}, \quad f = \frac{10^3}{2\pi} \text{ Hz},$$

$$v_e = 0 \text{ au temps } t = 0.$$

2^e QUESTION (VALEUR = 6)

Le montage représenté sur le schéma ci-dessous permet la commande de puissance jusqu'à 1 000 W.

1^o Commenter, en vous aidant des caractéristiques, le fonctionnement d'un diac et d'un triac. Indiquer les différents modes d'amorçage de ce dernier.

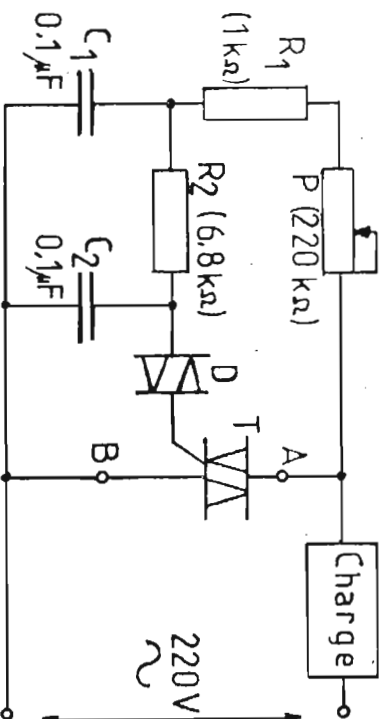
2^o Expliquer le fonctionnement général du montage en précisant le rôle de chacun des éléments et en indiquant les modes d'amorçages utilisés.

3^o Que peut-on fixer sur le triac pour augmenter sensiblement la puissance maximale pouvant être fournie par le dispositif ?

Que peut-on placer entre les bornes A et B du triac pour assurer sa protection ? Justifiez votre réponse.

Citer les principales utilisations possibles d'un tel dispositif.

Nota : Aucun calcul n'est demandé.



3^e QUESTION (VALEUR = 9)

Couplage de deux alternateurs triphasés.

1^o Rappeler les conditions de couplage.

2^o Montrer, à l'aide d'un diagramme vectoriel, comment s'effectue la répartition des puissances active et réactive. Quels sont les appareils qui permettent cette répartition ?

3^o Que doit-on réaliser avant le premier couplage des alternateurs pour assurer une stabilité de la répartition de la puissance active lors des variations de charge ? Justifiez votre réponse.

4^o Représenter et expliquer le schéma synoptique d'un coupleur automatique : synchronisation, couplage et répartition de la puissance active.

Tournez la page S. V. P.

Y 4

J. 1989

2. La tension $u(t)$ à l'entrée du filtre est celle qui est délivrée par le redresseur. Son développement en série de Fourier est de la forme :

$$u(t) = U_M + U_1\sqrt{2} \cdot \cos(2\omega_1 t) + U_2\sqrt{2} \cdot \cos(4\omega_1 t) + \dots$$

où : U_M est la valeur moyenne (négative) et où le terme fondamental en $\omega_1 t$ est nul.

Si la vitesse du moteur M est telle que la pulsation ω_1 de la tension fournie par l'alternateur G soit égale ou supérieure à $\omega_1 = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$, que peut-on en déduire pour l'allure de la tension v_c du filtre ?

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 4)

Localisation d'un défaut d'isolement.

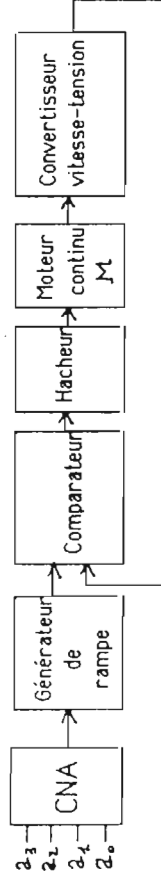
Indiquer la chronologie des opérations à effectuer ainsi que les précautions à prendre pour localiser un défaut d'isolement signalé par détecteur automatique sur le réseau triphasé 440 V d'un navire.

2^e QUESTION (VALEUR = 6)

Procédés d'amorçage des triacs. Se limiter aux procédés d'amorçage par semi-conducteurs (à seuil de tension).

3^e QUESTION (VALEUR = 10)

Soit un système permettant de réaliser la commande et la régulation de la vitesse d'un moteur à courant continu M de faible puissance par une grandeur numérique. Le système est résumé par le schéma synoptique suivant. Tous les circuits intégrés sont compensés, considérés comme parfaits et alimentés par une tension symétrique.



$N = a_3 a_2 a_1 a_0$ est une information numérique sur 4 bits en binaire naturel (a_3 étant le bit de poids le plus élevé, a_0 étant le bit de poids le plus faible) présente à l'entrée du convertisseur numérique-analogique (CNA).

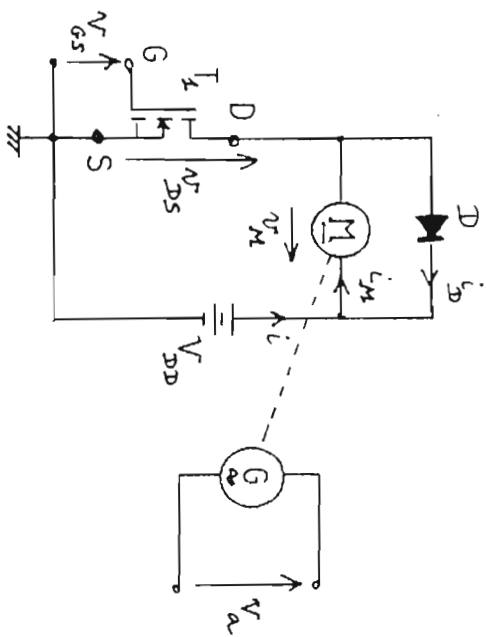
1. *A priori*, avec ce système, combien peut-on programmer de vitesses pour le moteur M ?
2. Dans la suite du problème on se limitera à l'étude des modules hacheur et convertisseur vitesse-tension.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

Tournez la page S.V.P.

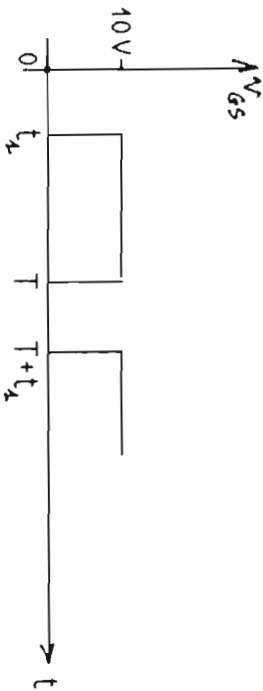
A. Étude du hacheur.



T_1 est un transistor NMOS; M est le moteur à courant continu à commander; G est un alternateur monophasé entraîné par M; D est une diode supprimée idéale.

Le transistor T_1 fonctionne en commutation. Il est saturé si $v_{GS} > 6 \text{ V}$ et on a alors $v_{DS} = 0 \text{ V}$ (il est bloqué si $v_{GS} < 2 \text{ V}$).

v_{GS} est une tension rectangulaire de rapport cyclique $\alpha = \frac{t_1}{T}$ dont on donne le chronogramme ci-dessous. T est la période de $v_{GS}(t)$.



a. Représenter $v_M(t)$ en concordance de temps avec $v_{GS}(t)$.

Déterminer l'expression de la valeur moyenne $V_{M_{moy}}$ de la tension $v_M(t)$ aux bornes du moteur M en fonction du rapport cyclique α et de la tension V_{DD} .

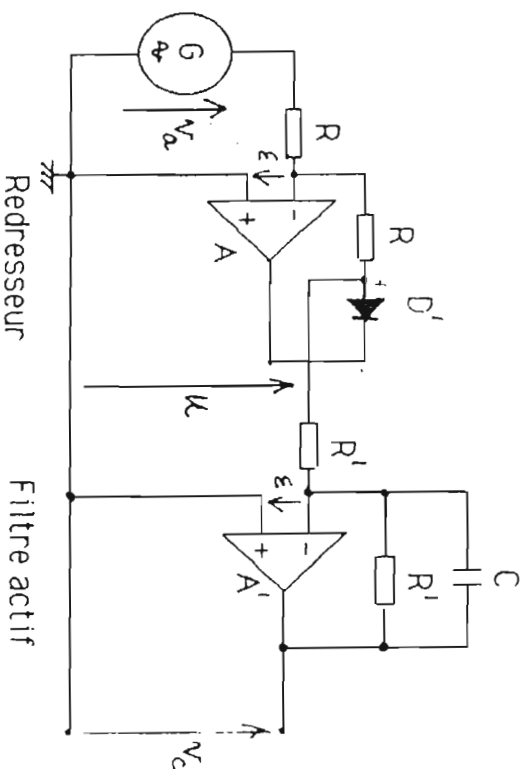
La vitesse de rotation du moteur ainsi que sa force contre-électromotrice sont proportionnelles à $V_{M_{moy}}$.

b. En supposant que l'intensité i_M du courant dans le moteur M soit constante et de valeur I_M pour un régime de fonctionnement donné, représenter $i(t)$ courant débité par l'alimentation et $i_D(t)$ courant dans la diode en concordance de temps avec $v_{GS}(t)$ et $v_M(t)$.

Justifier l'hypothèse retenue concernant la constance dans le temps de i_M .

B. Étude du convertisseur vitesse-tension.

Il est composé d'un redresseur et d'un filtre actif en série.



Les amplificateurs opérationnels A et A' sont supposés parfaits.

La diode D' est supposée idéale. $R' = 10^3 \text{ k}\Omega$; $C = 1\mu\text{F}$.

L'alternateur monophasé G entraîné par M délivre une tension v_u de la forme :

$$v_u = V_u \sqrt{2} \cdot \cos(\omega_1 t).$$

Les valeurs de V_u et ω_1 sont proportionnelles à la vitesse de rotation du moteur M.

a. Étude du redresseur.

Étudier son fonctionnement pour chaque alternance de v_u ; préciser en particulier l'état de la diode D' et le régime de fonctionnement de A.

Représenter $u(t)$ (tension de sortie du redresseur) en concordance de temps avec v_u .

b. Étude du filtre actif.

1. En supposant d'abord que la tension $u(t)$ à l'entrée du filtre soit sinusoïdale et de pulsation ω , déterminer le gain complexe en tension $G_v = \frac{v_c}{u}$.

En déduire que ce filtre est un filtre passe-bas.

Déterminer la valeur en décibels du module du gain G_v pour :

$$\omega = \omega_1 = 10 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}.$$

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 5)

Disjoncteur :

- rôle;
- éléments constitutifs;
- caractéristiques.

2^e QUESTION (VALEUR = 5)

Un récepteur à courant continu, de résistance interne $R = 0,5 \Omega$, présente une f.e.m. $E = 270 \text{ V}$.

Il est alimenté sous une tension $V = 600 \text{ V}$ par l'intermédiaire d'un hacheur dévolteur et d'une inductance de lissage. La fréquence du hacheur est de 200 Hz .

1. Représenter le schéma de principe du montage et expliquer son fonctionnement.
2. Calculer le temps de conduction du thyristor afin que le courant moyen dans le récepteur soit $I_c = 60 \text{ A}$.

3^e QUESTION (VALEUR = 10)

Variateurs de vitesse des moteurs asynchrones.

1. À l'aide de la caractéristique couple-vitesse, énumérer les procédés permettant de modifier la vitesse. Indiquer les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.
2. Représenter le schéma de principe d'un convertisseur indirect à 6 redresseurs commandés et commutateur de tension (onduleur).

a. Expliquer son fonctionnement;

b. Application :

Ce montage alimente un moteur asynchrone à cage dont les enroulements statoriques tétrapolaires sont branchés en étoile.

Lors d'un réglage correspondant à un angle de retard $\alpha = 20^\circ$ pour le redresseur et à une fréquence de 50 Hz en sortie de l'onduleur, le moteur tourne à $1\,425 \text{ tr/min}$ et développe un couple $C = 30 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Le moteur doit maintenant développer le même couple de $30 \text{ N} \cdot \text{m}$ à 800 tr/min .

- Indiquer pourquoi les paramètres U et f de la tension d'alimentation du moteur doivent être conservés dans un rapport U/f constant.
- Tracer le graphe de la partie utile de la caractéristique couple-vitesse correspondant aux deux cas indiqués. Calculer les vitesses de synchronisme correspondantes.
- Calculer les nouvelles valeurs de la fréquence du commutateur et de l'angle de retard du redresseur.

Tournez la page S.V.P.

NOTA :

1. *Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.*
2. *Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »*

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 5)

Quelles sont les différentes causes des étincelles aux balais des machines à courant continu ?

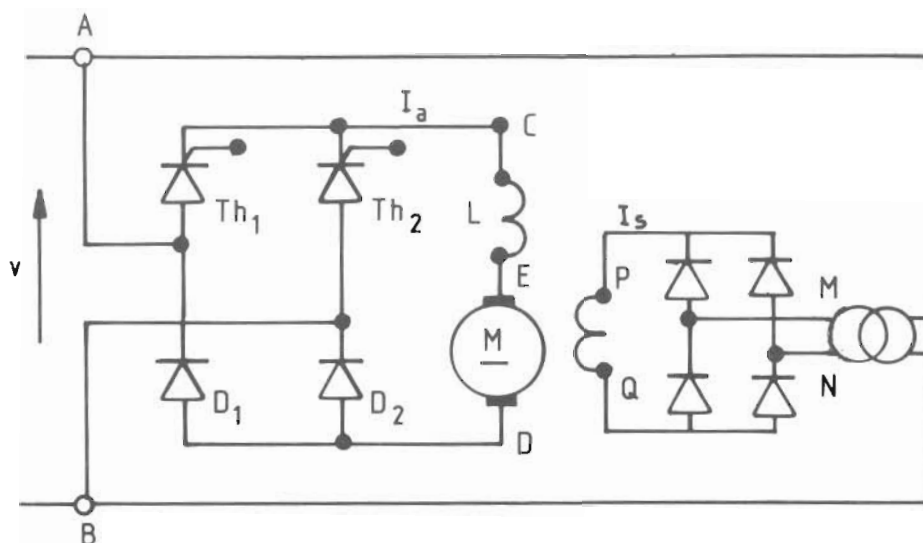
2^e QUESTION (VALEUR = 4)

Principe des distributions d'énergie électrique dans les installations terrestres et marines.

Quelles sont les raisons des différences entre les grandes installations (type EDF) et les petites installations que l'on trouve à bord en ce qui concerne : les puissances, le matériel et l'isolement ?

3^e QUESTION (VALEUR = 11)

On alimente un moteur par le montage ci-dessous :



On donne $v = 380 \sqrt{2} \sin \omega t$ avec $\omega = 100$ rad/s. Les redresseurs sont supposés parfaits et le circuit d'amorçage est commun aux deux thyristors.

Tournez la page S.V.P.

La bobine L , supposée pure, présente une inductance suffisante pour que le courant I_a soit constant. La tension u_L à ses bornes a une valeur moyenne nulle (Lissage parfait).

La réaction magnétique d'induit du moteur est parfaitement compensée. Les résistances des enroulements sont :

$$R_s = 0,2 \, \Omega \quad R_a = 0,3 \, \Omega$$

À la vitesse de 480 tr/min, on a relevé :

- sur l'excitation : $U_{PQ \text{ moyen}} = 15 \text{ V}$;
- sur l'induit : $U_{ED} = 87 \text{ V}$; $I_a = 50 \text{ A}$.

1. Déterminer :

- a. la tension efficace U_{MN} alimentant le circuit inducteur et le type de commande de vitesse de ce moteur (par induit ou inducteur);
- b. la f.e.m. du moteur et la vitesse de rotation pour une tension d'induit $U_{ED} = 171 \text{ V}$ et un courant constant $I_a = 63 \text{ A}$.

2. a. On commande les thyristors par une impulsion à l'instant $\frac{T}{4}$ de l'alternative positive.

1. Quel est celui qui s'amorce ? Pourquoi ?
2. Tant que v reste positive, quelle diode conduit ? Que devient la tension u_{CD} ?
3. Lorsque v change de sens :
 - y a-t-il blocage du thyristor conducteur ?
 - y a-t-il changement de diode conductrice ?
 - que devient la tension u_{CD} ?

Justifier vos réponses.

b. On amorce les thyristors avec un retard de $\frac{T}{4}$ par rapport à la commutation naturelle. Le courant I_a est constant et égal à 63 A.

Sur des graphes ayant même origine des temps, représenter en synchronisme les variations de u_{CD} , $i_{Th \ 1}$, $i_{Th \ 2}$, $i_{D \ 1}$, $i_{D \ 2}$.

NOTA :

1. *Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.*

2. *Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »*

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (VALEUR = 4)

Disjoncteur.

1. Donner la définition puis indiquer le principe de fonctionnement et les caractéristiques d'un disjoncteur de couplage d'alternateur.
2. Énumérer les différentes protections commandant l'ouverture d'un tel disjoncteur.

2^e QUESTION (VALEUR = 4)

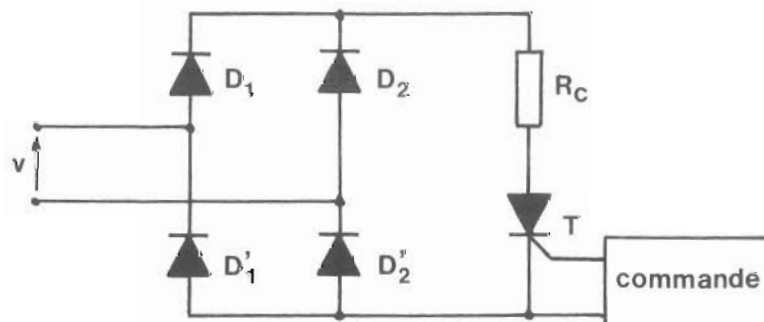
Moteur asynchrone triphasé à cage.

Exposer le principe du démarrage étoile-triangle et préciser, à l'aide des caractéristiques, les avantages et inconvénients d'un tel procédé.

Représenter le schéma du circuit de puissance.

3^e QUESTION (VALEUR = 4)

On considère le montage représenté sur la figure ci-dessous dans lequel v est une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace $V = 220$ V et de fréquence $f = 50$ Hz.



L'angle de retard α du thyristor est de 60° .

Les chutes de tension dans les diodes et le thyristor, lorsqu'ils conduisent, sont négligeables.

1. Représenter le chronogramme de la tension aux bornes de la résistance de charge R_C .
2. Calculer la valeur moyenne de la tension aux bornes de R_C .

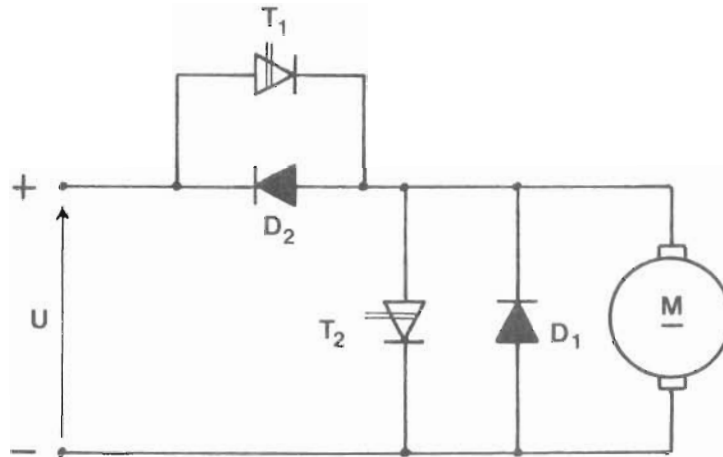
Tournez la page S.V.P.

4^e QUESTION (VALEUR = 8)

Variateur de vitesse pour machine à courant continu à excitation séparée.

1. Rappeler les expressions donnant le couple et la vitesse de rotation d'une machine à courant continu.
2. On donne ci-dessous le schéma de principe du circuit de puissance d'une machine à excitation séparée alimentée par un hacheur réversible en courant.

Le flux inducteur est réglé à sa valeur nominale ; la résistance d'induit est R.



T_1 et T_2 sont deux thyristors commandés à l'amorçage et au blocage. On pose, pour un thyristor, $\alpha = \frac{t_c}{t_c + t_b}$ avec :

- α : rapport cyclique ;
- t_c : temps de conduction ;
- t_b : temps de blocage ;
- T : période constante de hachage égale à $t_c + t_b$.

On supposera, dans l'étude demandée, que l'intensité du courant dans l'induit ne s'annule pas au cours d'une période T et que les deux thyristors ne sont pas commandés simultanément.

Les chutes de tension dans les diodes et les thyristors, lorsqu'ils conduisent, sont négligeables.

Étudier le fonctionnement en moteur puis en génératrice lors d'une phase de freinage en indiquant pour chaque cas :

- a. Le thyristor qui doit être commandé ;
- b. Le cheminement du courant au cours d'une période T ;
- c. Le sens de variation de la vitesse de rotation lorsque α augmente, le couple appliqué à la machine étant constant ;
- d. L'allure des caractéristiques mécaniques en fonction du rapport cyclique du thyristor commandé.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

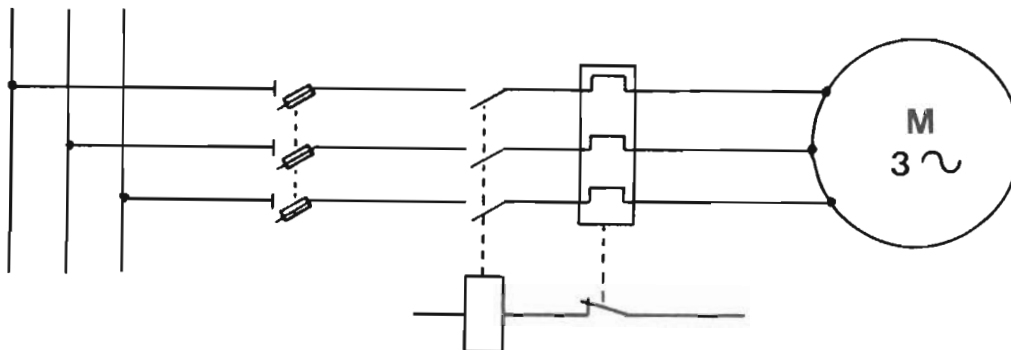
ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 3)

Équipement de protection d'un moteur asynchrone triphasé

Indiquer et justifier le rôle des différents éléments de protection représentés sur le schéma ci-dessous.



2^e QUESTION (Valeur = 4)

Localisation d'un défaut d'isolement

Indiquer la chronologie des opérations à effectuer ainsi que les précautions à prendre pour localiser un défaut d'isolement signalé par détecteur automatique sur le réseau triphasé 440 V d'un navire.

3^e QUESTION (Valeur = 6)

Alternateur triphasé

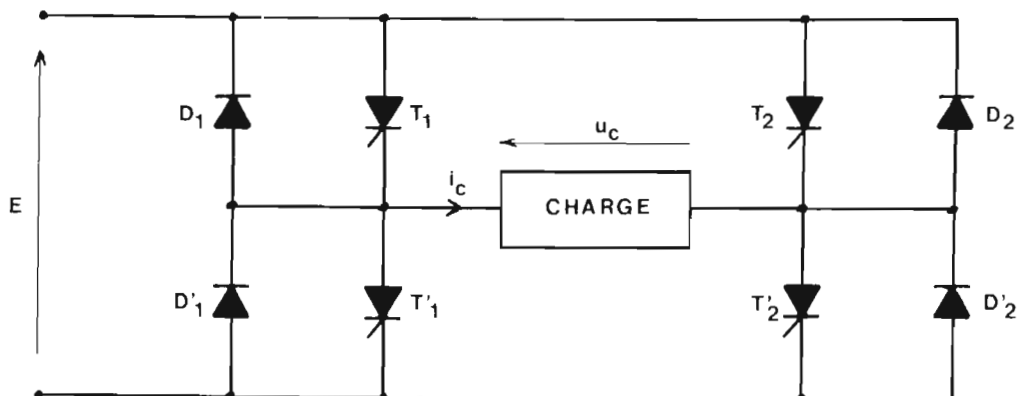
Représenter le schéma de principe et expliquer le fonctionnement d'un alternateur triphasé à excitation statique compound sans bagues ni balais.

Exposer brièvement les avantages et inconvénients de ce type d'alternateur.

Tournez la page S.V.P.

4^e QUESTION (Valeur = 7)

On donne ci-dessous le schéma de principe d'un onduleur monophasé en pont :



E est une tension continue constante et égale à 200 V.

On commande de façon périodique, avec une pulsation ω :

- l'amorçage du thyristor T_1 lorsque $\omega t = 0^\circ$ puis $\omega t = 360^\circ$, etc. ;
- l'amorçage du thyristor T_1' lorsque $\omega t = 180^\circ$ puis $\omega t = 540^\circ$, etc.

L'amorçage du thyristor T_1 entraîne le blocage du thyristor T_1' et réciproquement.

L'amorçage du thyristor T_2 est décalé de 60° en retard par rapport à celui de T_1 .

L'amorçage du thyristor T_2' est décalé de 60° en retard par rapport à celui de T_1 .

L'amorçage du thyristor T_2 entraîne le blocage du thyristor T_2' et réciproquement.

On suppose que toutes les commutations sont instantanées.

1. Tracer, pour $0^\circ \leq \omega t \leq 540^\circ$, le diagramme de conduction des thyristors et en déduire la courbe représentative de la tension u_c en fonction de ωt .
2. La charge étant résistive et inductive, tracer l'allure de la courbe représentative de l'intensité i_c du courant dans la charge en régime établi.
En déduire le rôle des diodes D_1 , D_1' , D_2 et D_2' .
3. Calculer la valeur de la tension efficace appliquée aux bornes de la charge.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

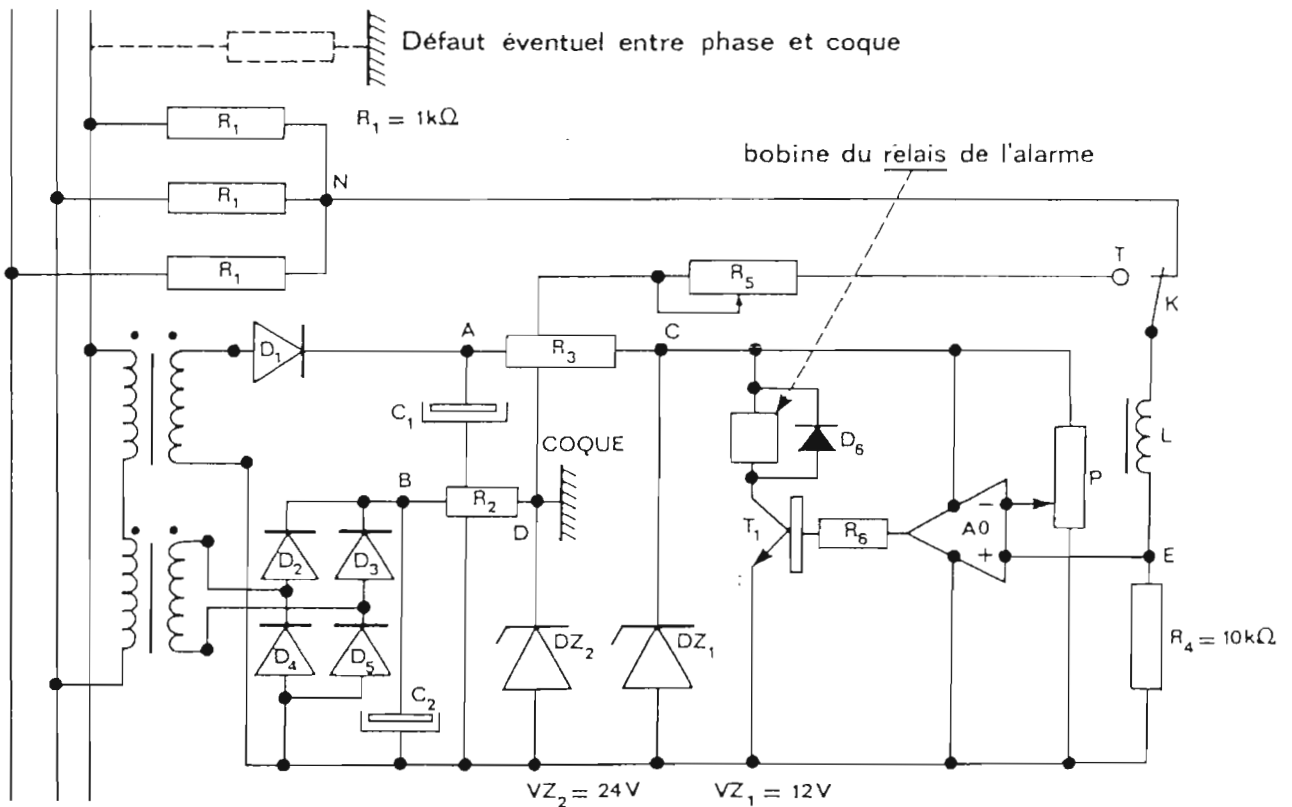
ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 11)

Surveillance d'une installation triphasée à neutre isolé

1. Principe, description et fonctionnement d'un détecteur automatique de défaut d'isolement.
2. On considère le schéma ci-dessous qui représente un détecteur de défaut d'isolement d'un réseau triphasé par rapport à la coque.



On rappelle que l'amplificateur opérationnel est monté en simple comparateur.

Tournez la page S.V.P.

- 2.1. Quelles sont les fonctions de base réalisées par les groupes de composants suivants ? Justifier votre réponse.
 - Les 3 résistances R_1 ,
 - D_1, C_1, R_3, DZ_1 ,
 - $D_2, D_3, D_4, D_5, R_2, C_2, DZ_2$,
 - P, R_4, AO, R_6, T_1 .
- 2.2. Faire un schéma synoptique simplifié à l'aide des sous-ensembles réalisant les fonctions précédentes.
- 2.3. Expliquer le fonctionnement du détecteur dans les deux cas suivants.
 - Installation saine.
 - Défaut d'isolement supérieur au défaut de consigne.
- 2.4. Indiquer la procédure de « Test » et d'ajustement du seuil de déclenchement de l'alarme.

2^e QUESTION (Valeur = 9)

Moteur électrique à courant continu à excitation indépendante

1. Faire le schéma et rappeler de manière concise le fonctionnement d'un pont redresseur commandé à 6 thyristors.
2. Variation électronique de vitesse d'un moteur à courant continu alimenté à partir d'un réseau alternatif triphasé :
Énumérer et comparer les différentes solutions adoptées et préciser leur influence sur les caractéristiques du moteur.

NOTA :

1. *Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.*
2. *Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »*

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 4)

Relais.

À l'aide de schémas, expliquer le principe de fonctionnement d'un relais :

1. à minimum de tension,
2. à maximum d'intensité.

Indiquer les principales utilisations de ces deux types de relais.

2^e QUESTION (Valeur = 6)

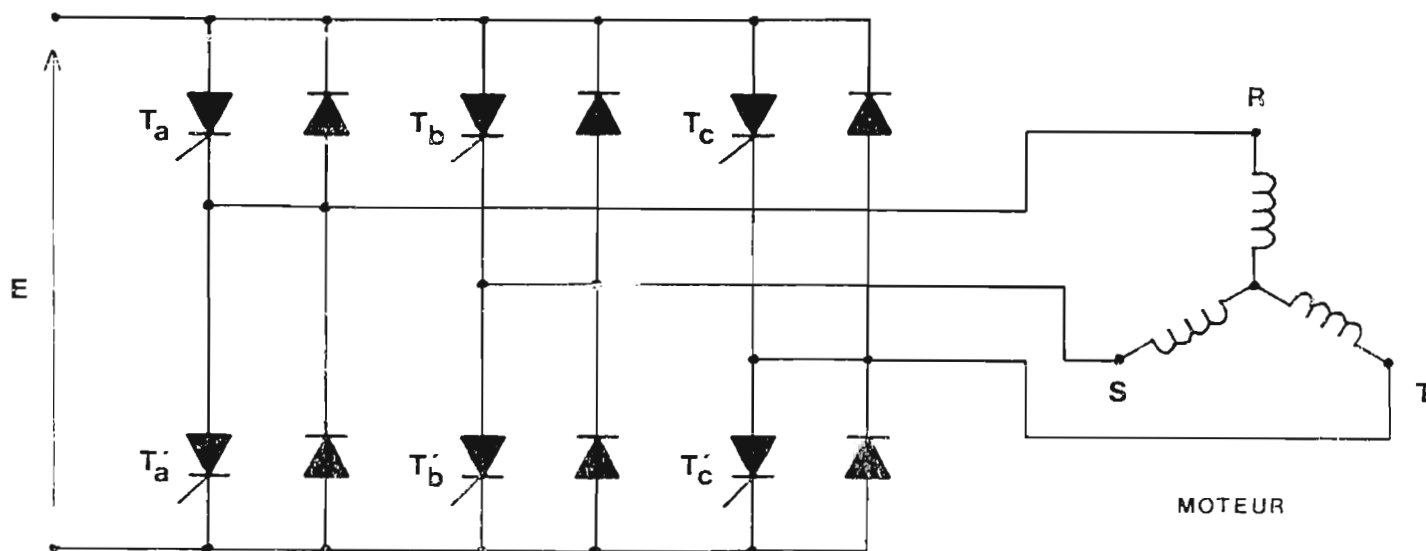
Variateur de vitesse pour machine à courant continu.

1. Représenter le schéma de principe d'un hacheur réversible en courant et en tension alimentant l'induit d'une machine à courant continu à excitation indépendante.
2. Le flux inducteur étant réglé à une valeur constante, expliquer comment peuvent être obtenus les fonctionnements à vitesse variable en moteur et en générateur quel que soit le sens de rotation.

3^e QUESTION (Valeur = 10)

Variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé.

1. On donne sur la figure ci-dessous le schéma de principe d'un onduleur de tension triphasé alimentant un moteur asynchrone.



Tournez la page S.V.P.

E est une tension continue ajustable.

f est la fréquence réglable de l'onduleur et ω la pulsation correspondante.

On commande de façon périodique, à la pulsation ω :

- l'amorçage de T_a lorsque $\omega t = 0^\circ$ puis 360° , etc.,
- l'amorçage de T'_a lorsque $\omega t = 180^\circ$ puis 540° , etc.,
- les amorçages de T_b et T'_b qui sont décalés de 120° en retard respectivement sur ceux de T_a et T'_a ,
- les amorçages de T_c et T'_c qui sont décalés de 240° en retard respectivement sur ceux de T_a et T'_a .

Les amorçages de T_a , T_b et T_c entraînent les blocages respectifs de T'_a , T'_b et T'_c et réciproquement, à l'aide de dispositifs non représentés.

- a. Construire le graphe des conductions des six thyristors pour ωt compris entre 0° et 540° .
 - b. En déduire les chronogrammes des tensions entre R et S, S et T, T et R.
 - c. Quel est le rôle des diodes ?
2. La tension continue E est fournie par un redresseur en pont à six thyristors alimenté par un réseau triphasé délivrant une tension efficace de 440 V entre fils de phase.
- a. Représenter le schéma de principe du redresseur.
 - b. Quelle doit être la valeur théorique de l'angle de retard à l'amorçage des thyristors pour obtenir une tension moyenne redressée de 420 V ?
 - c. En supposant que la tension continue E appliquée à l'onduleur est de 400 V et en négligeant toutes les pertes, calculer la valeur efficace de la tension appliquée entre les bornes du moteur.

NOTA :

1. *Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.*
2. *Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »*

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 4)

Représenter le schéma d'un dispositif d'excitation statique de type composée d'un alternateur.

Montrer, à l'aide d'un diagramme tension courant, l'évolution du courant d'excitation de l'alternateur selon l'intensité du courant débité et le $\cos \Phi$ du récepteur.

2^e QUESTION (Valeur = 8)

Une machine bipolaire à courant continu, à excitation séparée, parfaitement compensée et de pertes à vide négligeables, a les caractéristiques suivantes :

- nombre de conducteurs actifs = 550 ;
- résistance de l'induit $R_a = 2 \Omega$;
- tension nominale = 440 V ;
- intensité nominale $I_n = 20 \text{ A}$.

1. Représenter graphiquement les variations de la f.e.m. E de cette machine en fonction de l'intensité I du courant dans l'induit lorsque la tension U d'alimentation de l'induit et le courant qui le traverse varient respectivement de +440 V à -440 V et de $+I_n$ à $-I_n$.
2. Donner les expressions de la f.e.m. E et du moment du couple électromagnétique M de la machine en fonction du courant I , du flux ϕ et de la vitesse de rotation ω (rad/s).
Sachant qu'à vide, pour $U = 440 \text{ V}$ et $\phi = \phi_{\max}$, la machine tourne à 960 tr/min, déterminer ϕ_{\max} .
Que deviennent alors les expressions de E et de M ?

3. Montrer que les courbes $E = f(I)$ tracées en 1. peuvent aussi représenter, à un changement d'échelle près, les caractéristiques mécaniques $\omega = f(M)$ pour une valeur constante du flux.

Indiquer clairement le rôle de la machine pour les fonctionnements correspondant aux quatre quadrants du plan de coordonnées (E, I) ou (ω, M) . On précisera par des schémas simples les sens de la vitesse de rotation et du couple.

4. Montrer pourquoi, dans le cas d'une commande électronique de la vitesse par l'induit, le fonctionnement dans les quatre cas correspondant aux quatre quadrants ne peut être obtenu avec un seul pont de Graetz à thyristors mais nécessite l'emploi de deux ponts montés tête-bêche.

Dessiner ce montage, en supposant que l'on dispose d'une alimentation triphasée. et préciser, pour chacun des quadrants, le pont qui fonctionne et son rôle.

5. On souhaite démarrer le moteur à couple maximal. Quelle valeur faut-il donner à l'angle de retard à l'amorçage α des thyristors du pont qui fonctionne en redresseur ? L'alimentation triphasée délivre, entre phases, 380 V – 50 Hz.

Tournez la page S.V.P.

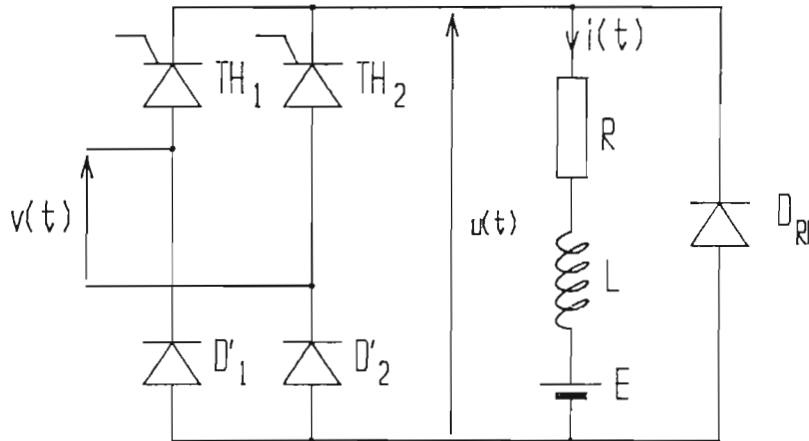
3^e QUESTION (Valeur = 8)

On considère le montage de la figure ci-dessous alimenté par une tension $220\text{ V} - 50\text{ Hz}$.

On donne :

$R = 1\ \Omega$ et $E = 100\text{ V}$.

On désigne par Φ l'angle de retard à l'amorçage des thyristors.



1. Quel est le rôle de l'inductance et celui de la diode de roue libre ? En observant que $i(t)$ est périodique, montrer que la tension moyenne aux bornes de l'inductance est nulle sur une période.
2. En supposant que l'intensité du courant dans la charge n'est jamais nulle :
 - a. Représenter les oscillogrammes de la tension $u(t)$ lorsque $\Phi = 60^\circ$.
 - b. Déterminer l'expression de la valeur moyenne de la tension $u(t)$ en fonction de Φ et de V .
En déduire l'expression de la valeur moyenne du courant dans la charge en fonction de V , Φ , E et R .
 - c. En supposant un lissage parfait du courant, déterminer en fonction de E et de V la condition nécessaire que doit vérifier Φ pour que le courant moyen soit non nul. Calculer cet angle limite Φ_L pour les valeurs numériques fournies.
 - d. Calculer l'angle d'amorçage Φ permettant d'obtenir un courant moyen égal à 20 A .

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

ELECTRICITE - ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 7)**Couplage de deux alternateurs triphasés**

1°) Quelles sont les conditions que devront remplir deux alternateurs triphasés pour être couplés ?

2°) Décrivez, en les justifiant, les manoeuvres qui devront être effectuées pour réaliser ce couplage.

3°) Montrez, en vous aidant du diagramme vectoriel de la marche en parallèle, comment s'effectuera la répartition des puissances.

2^e QUESTION (Valeur = 7)**Moteur asynchrone triphasé**

Exposer et justifier les différents procédés utilisés pour le démarrage des moteurs asynchrones triphasés.

Quels sont les avantages et les inconvénients de chacun de ces procédés ?

Quels sont leurs domaines d'emploi respectifs ?

3^e QUESTION (Valeur = 6)**Ponts redresseurs monophasés**

Dans tout le problème, les ponts sont alimentés par un réseau 220V - 50Hz.

On pose $v(t) = V\sqrt{2} \sin \omega t$ ou en effectuant le changement de variable $\theta = \omega t$ ($\theta =$ angle électrique) $v(\theta) = V\sqrt{2} \sin \theta$. On appellera ψ l'angle de retard à l'amorçage des thyristors. La charge est constituée par une force contre électromotrice $E' = 100V$ en série avec une résistance $R = 50\Omega$.

Tourner la page S.V.P.

Les diodes et thyristors utilisés sont supposés parfaits : résistance nulle à l'état passant, résistance infinie à l'état bloqué.

1°) Pont à 4 diodes (figure 1).

- Expliquer qualitativement le fonctionnement du montage.
- Tracer les oscillogrammes de la tension $u(\theta)$ et du courant $i(\theta)$ et déterminer la valeur maximale de chacune de ces grandeurs.
- Calculer les angles électriques θ_1 et θ_2 pour lesquels la diode D_1 commute ($0 < \theta_1 < \theta_2 < \pi$)

2°) Pont mixte (figure 2).

- Lorsque $\psi < \theta_1$ la conduction peut-elle avoir lieu si la commande délivre une impulsion unique par demi-période du réseau ? Justifier votre réponse.
- On fixe $\psi = 60^\circ$. Expliquer succinctement le fonctionnement du montage et représenter les oscillogrammes de la tension $u(\theta)$ et du courant $i(\theta)$.
- Quel est l'intérêt du pont mixte en électricité ?

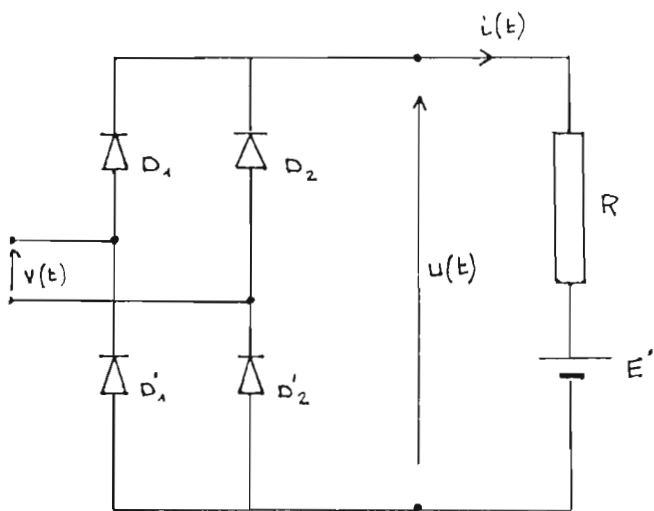


fig. 1

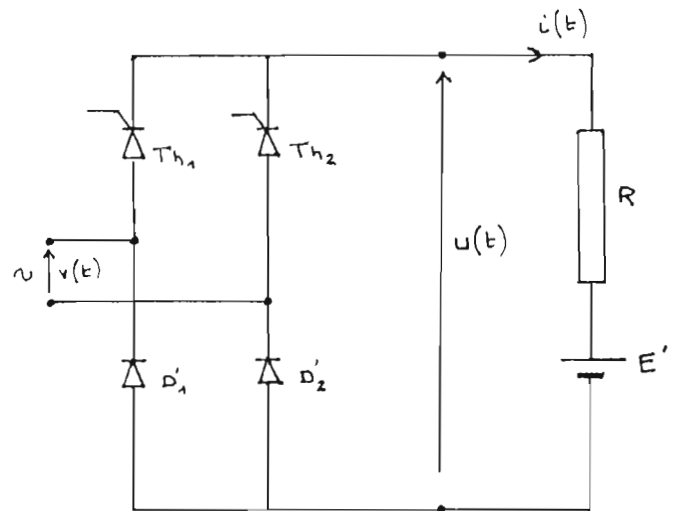


fig. 2

Nota:

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude: "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

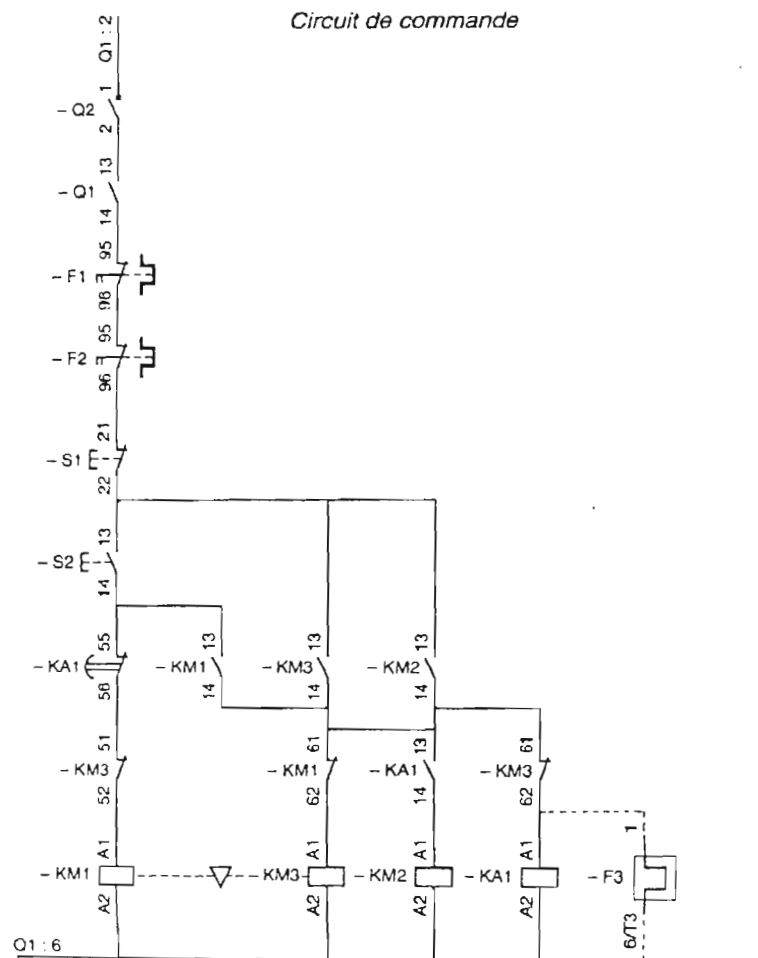
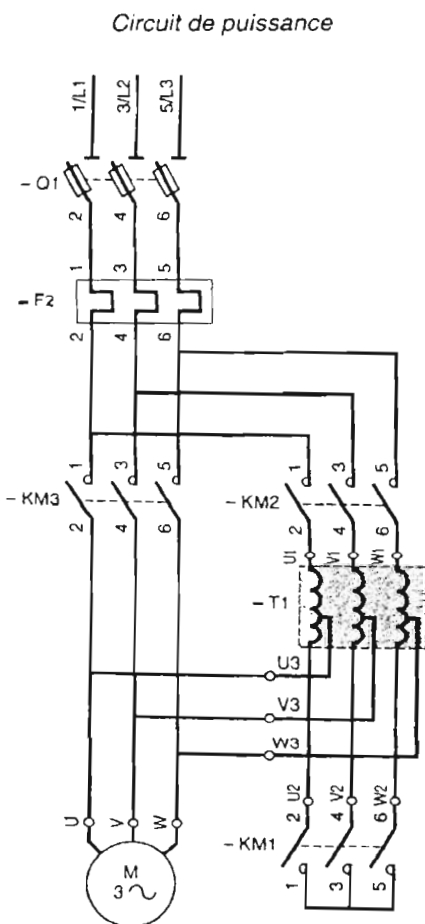
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

La figure ci-dessous représente le schéma d'un démarreur de moteur asynchrone à cage par autotransformateur.

- 1) Indiquer le rôle des éléments suivants : Q1 , F2 , T1.
- 2) Décrire et expliquer la séquence de fonctionnement du circuit de puissance.
- 3) Décrire et expliquer la séquence de fonctionnement du circuit de commande.



Tourner la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 10)

Le schéma ci-dessous représente l'une des machines synchrones autopilotées propulsant un paquebot.

1) Lors du fonctionnement de la machine en moteur, préciser le rôle du pont « réseau » d'une part, du pont « machine » d'autre part.

Si la tension moyenne délivrée par le pont « réseau » est de 2000 V, quel est l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors de ce pont sachant que la tension efficace entre phases au niveau du disjoncteur d'entrée est de 3000 V ?

2) Pour cette même valeur de α , la machine fournit une puissance mécanique de 8 MW, la ligne d'arbre tournant à 110 tr/min. Calculer le couple délivré par la machine.

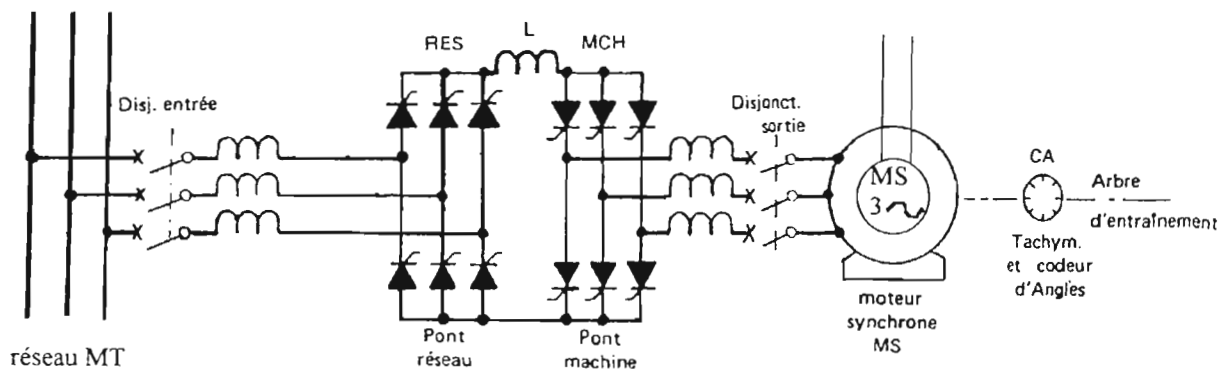
Calculer le courant moyen débité par le pont « réseau » ; pour ce faire, on négligera toutes les pertes.

3) On désire freiner le navire en passant les machines dans le quadrant n°2. Préciser le rôle du pont « réseau » et celui du pont « machine » en indiquant le sens de circulation de l'énergie électrique.

Si on désire obtenir un freinage maximal, quelles sont les valeurs à donner à α et α' , respectivement angle de retard à l'amorçage du pont « réseau » et du pont « machine ». On prendra en compte un angle de garde en onduleur de 15° , et on considérera que la situation électrique du bord permet d'absorber toute l'énergie produite.

4) Les lignes d'arbres étant stoppées, on désire battre en arrière. Le dispositif présenté ci-dessous permet-il à la machine synchrone de tourner en arrière, sinon que manque-t-il ?

Si vous estimez que la machine peut fonctionner en arrière, indiquez le rôle des ponts « réseau » et « machine ». Quelle est la différence par rapport au fonctionnement en marche avant ?



Nota :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 5)

- 1° Décrire à l'aide d'un schéma élémentaire un dispositif d'excitation de type composé d'un alternateur triphasé.
- 2° Représenter le schéma simplifié d'un équipement de régulation de tension d'un alternateur triphasé puis exposer son fonctionnement.

2^e QUESTION (valeur = 5)

On donne, en annexe, le schéma d'alimentation et de commande d'un moteur asynchrone.

- 1° Identifier les éléments S_1 , F_1 , Q_1 , Q_2 et Q_3 du circuit de puissance, et indiquer leur rôle.
- 2° Préciser le procédé utilisé pour le démarrage du moteur et analyser la séquence de mise en marche.
- 3° Tracer les caractéristiques $T_m = f(n)$ et $I = f(n)$ correspondant aux différentes phases de la séquence de démarrage. (T_m , I et n représentent respectivement : le moment du couple moteur, l'intensité du courant absorbé et la vitesse de rotation du rotor).

En déduire les avantages et inconvénients du procédé utilisé pour le démarrage de ce moteur.

3^e QUESTION (valeur = 5)

L'enroulement inducteur d'un moteur à courant continu à excitation indépendante est alimenté par un réseau monophasé délivrant une tension $v(t) = 220\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (volts) à travers un pont redresseur mixte (2 thyristors, 2 diodes).

L'angle de retard à l'amorçage des thyristors, mesuré par rapport à la conduction naturelle, est désigné par φ .

- 1° Représenter le montage.
- 2° Tracer en synchronisme la tension fournie par le réseau et la tension aux bornes de l'inducteur pour un angle de retard à l'amorçage $\varphi = \frac{\pi}{4}$.

Tourner la page S.V.P.

3° Exprimer la tension moyenne aux bornes de l'inducteur en fonction de φ .

4° La résistance du circuit inducteur ayant pour valeur 80Ω , déterminer la valeur moyenne de l'intensité du courant d'excitation.

On admettra, pour l'ensemble de la question, que la conduction est ininterrompue.

4° QUESTION (valeur = 5)

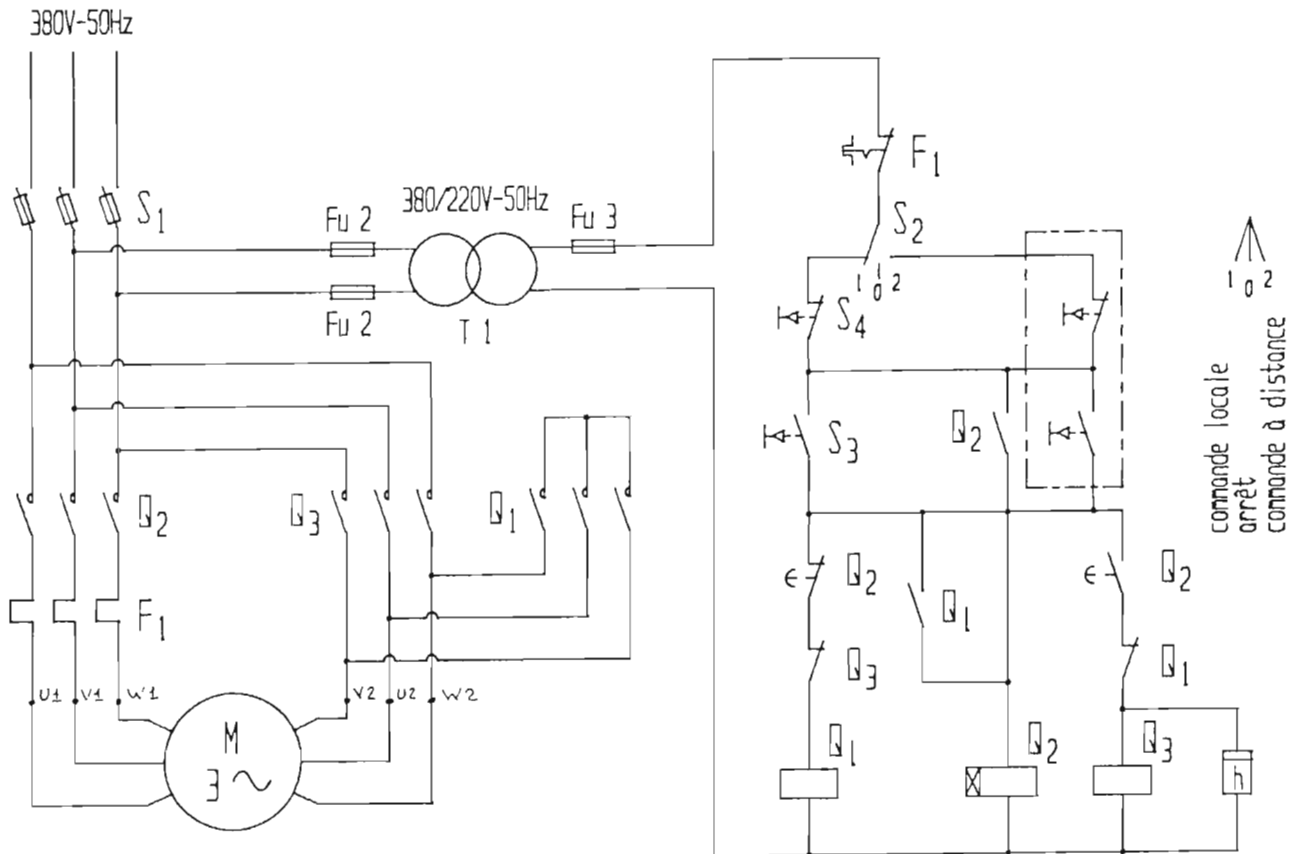
1° Faire le schéma de principe d'un onduleur autonome monophasé de votre choix.

2° Après avoir précisé le type de commande utilisée, expliquer clairement son fonctionnement lorsque la charge est constituée d'une résistance et d'une bobine (circuit RL).

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*

2. *Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".*



ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 7)

Excitation statique des alternateurs.

Excitation statique composée sans bague ni balai d'un alternateur triphasé :

- principe de base ;
- réalisation pratique ;
- fonctionnement.

2^e QUESTION (valeur = 8)

Commande du sens de rotation et de la vitesse des machines à courant continu.

1° - Donner le schéma d'un pont redresseur commandé PD3 à six thyristors et expliquer son fonctionnement.

2° - Exposer le principe de la variation de vitesse des machines à courant continu en indiquant les grandeurs sur lesquelles il faut agir et dans quelles limites.

3° - Donner et comparer les différentes solutions adoptées pour réaliser la variation de vitesse, dans les deux sens de rotation, des moteurs à courant continu à excitation séparée alimentés à partir d'un réseau alternatif triphasé.

Pour chacune des solutions :

- faire un schéma de principe du circuit de puissance ;
- expliquer comment sont réalisés le freinage et l'inversion du sens de rotation ;
- donner ses avantages et ses inconvénients.

3^e QUESTION (valeur = 3)

Sécurité des personnes.

1° - Donner la définition de l'isolement d'une installation électrique à bord d'un navire.

2° - Quelle doit être sa valeur minimale ?

3° - Comment s'assure-t-on de cette valeur ?

4° - Quelle doit être la valeur minimale de l'isolement d'un appareil isolé ?

5° - Indiquer la conduite à tenir en cas de défaut d'isolement.

4^e QUESTION (valeur = 2)

Transformateurs.

Que signifie Yz11 pour le couplage d'un transformateur ?

Indiquer son intérêt, sachant que le couplage du primaire est imposé.

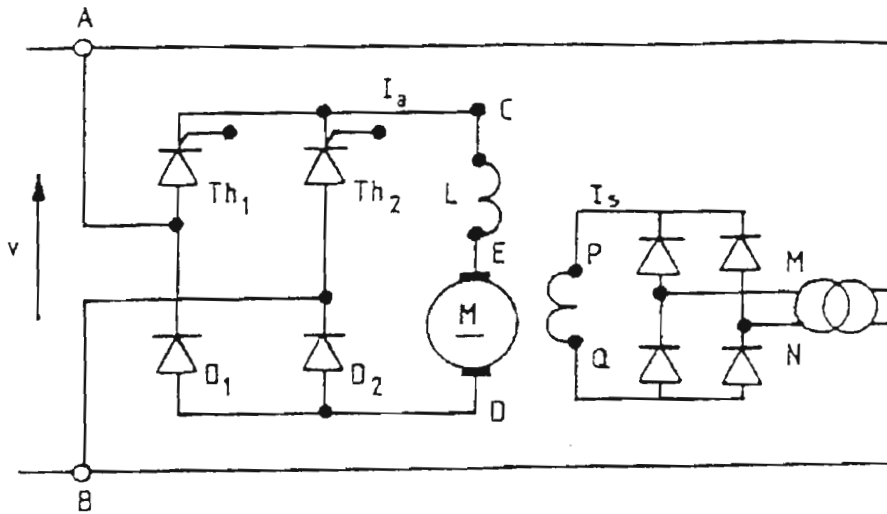
Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

2. Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

Machine à courant continu alimentée par pont mixte :

On alimente un moteur par le montage ci-dessous :



On donne $v = 380 \sqrt{2} \sin \omega t$ avec $\omega = 100 \text{ rad/s}$. Les redresseurs sont supposés parfaits et le circuit d'amorçage est commun aux deux thyristors.

La bobine L, supposée pure, présente une inductance suffisante pour que le courant la soit constant. La tension u_L à ses bornes a une valeur moyenne nulle (Lissage parfait).

La réaction magnétique d'induit du moteur est parfaitement compensée. Les résistances des enroulements sont : $R_s = 0,2 \Omega$ $R_a = 0,3 \Omega$

À la vitesse de 480 tr/min., on a relevé :

- sur l'excitation : U_{PQ} moyen = 15 V;

- sur l'induit : $U_{ED} = 87 \text{ V}$; $I_a = 50 \text{ A}$.

I. Déterminer :

a. la tension efficace U_{MN} alimentant le circuit inducteur et le type de commande de vitesse de ce moteur (par induit ou inducteur) ;

b. la f.é.m. du moteur et la vitesse de rotation pour une tension d'induit $U_{ED} = 171 \text{ V}$ et un courant constant $I_a = 63 \text{ A}$.

2. a. On commande les thyristors par une impulsion à l'instant $\frac{T}{4}$ de l'alternance positive.

1. Quel est celui qui s'amorce ? Pourquoi ?

2. Tant que v reste positive, quelle diode conduit ? Que devient la tension u_{CD} ?

3. Lorsque v change de sens :

- y a-t-il blocage du thyristor conducteur ?

- y a-t-il changement de diode conductrice ?

- que devient la tension u_{CD} ?

Justifier vos réponses.

b. On amorce les thyristors avec un retard de $\frac{T}{4}$ par rapport à la commutation naturelle. Le courant

I_a est constant et égal à 63 A.

Sur des graphes ayant même origine des temps, représenter en synchronisme, les variations de u_{CD} ,

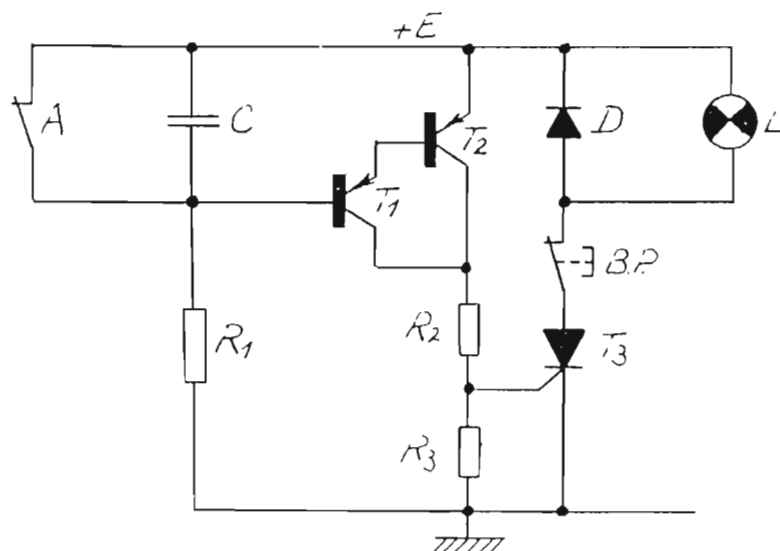
i_{Th1} , i_{Th2} , i_{D1} , i_{D2} .

ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 9)

1. Analyser le phénomène d'amorçage par la gâchette d'un thyristor.
2. Représenter les caractéristiques de gâchette (typique et extrêmes) d'une même série de thyristors. Préciser les zones d'amorçage ainsi que les limites à ne pas dépasser.
3. Un thyristor est placé dans un réseau à courant continu ; en vous aidant d'un schéma, expliquer le principe du blocage par utilisation d'un condensateur.
4. Soit le schéma ci-après dans lequel E est une tension continue.



Tournez la page S.V.P.

a. Analyse séquentielle qualitative.

- Quel est l'état du thyristor à la mise sous tension du circuit ? Justifier la réponse.
- Que se passe-t-il quand A s'ouvre ?
- Qu'advient-il quand A se referme ?
- Quel est l'effet de l'appui sur BP ?

b. Quelle est l'utilité du composant D ?

c. Quel est le rôle des deux composants T_1 et T_2 ? (Préciser le nom du montage).

d. Que se passe-t-il en cas d'ouvertures et de fermetures très brèves de A (vibrations) ?

2^e QUESTION (Valeur = 3)

Quelles sont les conséquences des défauts d'isolement sur la sécurité des personnes et du matériel ? Indiquer les appareillages utilisés pour éviter ces conséquences.

3^e QUESTION (Valeur = 5)

Quel est le rôle du délestage d'un réseau de distribution électrique ?

En vous aidant d'un schéma électrique de principe, expliquer le fonctionnement d'un circuit de délestage d'un réseau alimenté par trois alternateurs et comportant un système d'alarme.

Quelle est la solution utilisée pour éviter un délestage trop brutal ?

4^e QUESTION (Valeur = 3)

Expliquer la nécessité du statisme pour les régulateurs de tension des alternateurs.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

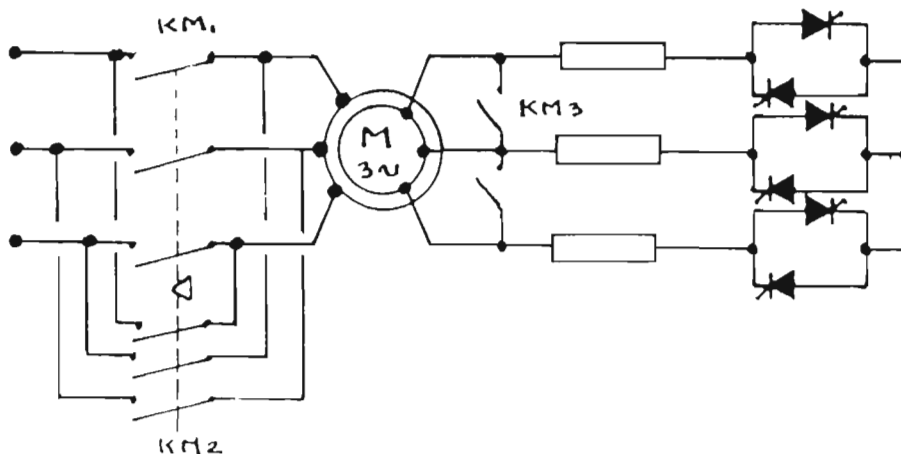
Excitation statique des alternateurs

Excitation statique compound sans bague ni balai d'un alternateur triphasé :

- principe de base ;
- réalisation pratique ;
- fonctionnement.

2^e QUESTION (valeur = 7)

On considère le schéma simplifié du circuit de puissance d'un moteur asynchrone à rotor bobiné.



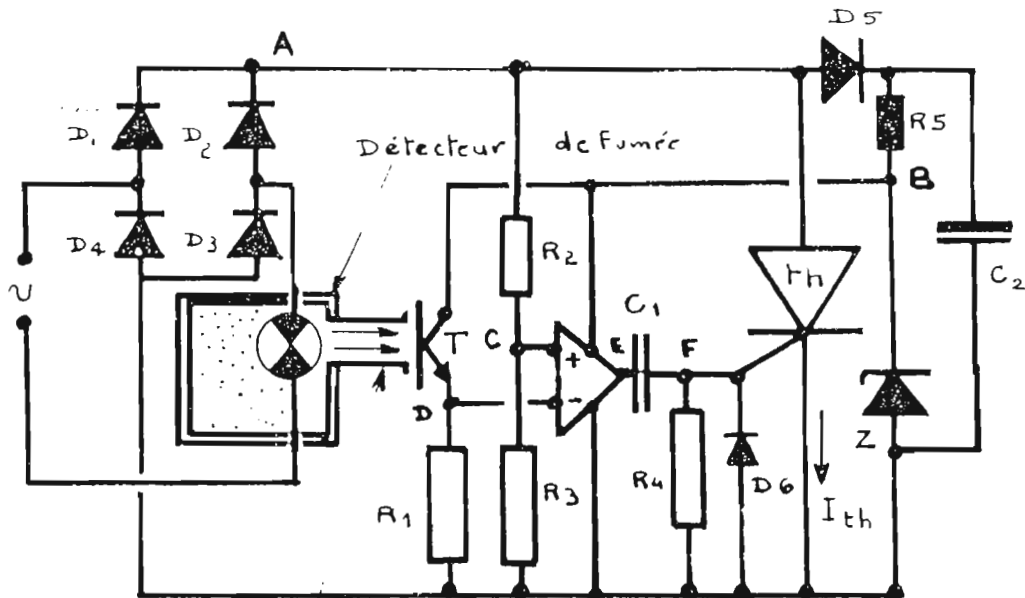
1. Analyser le fonctionnement des différents éléments du circuit pour les opérations suivantes :
 - démarrage ;
 - réglage de la vitesse ;
 - inversion du sens de marche.
2. Montrer l'influence du réglage de la vitesse sur la caractéristique $c = f(N)$ (c : couple ; N : vitesse du moteur).

Tournez la page S.V.P.

3. QUESTION (valeur = 7)

Système lumineux d'un détecteur de fumées

On considère le montage ci-dessous destiné à maintenir l'intensité d'une source lumineuse constante malgré l'encrassement du système optique et le vieillissement de la source.



Guide de lumière qui dirige une faible partie de l'énergie lumineuse vers la base d'un phototransistor

La source lumineuse a une résistance interne r très petite par rapport à R_2 , R_3 et R_5 . Son intensité lumineuse est mesurée par le phototransistor T . Lorsqu'elle correspond à la valeur désirée, le phototransistor n'est pas saturé, et l'angle de retard à l'amorçage du thyristor th est de 45° .

Les résistances R_2 et R_3 sont calculées pour que la valeur de la tension en D reste inférieure à la valeur maximale de la tension en C .

1. Quelle est la forme de la courbe de la tension aux points A et B en fonction du temps ?
Quel est le rôle de D_5 , R_5 , C_2 et Z ? \rightarrow lire R_5
2. Tracer, avec la même échelle des temps, les graphes des tensions aux points D , C , E et F ainsi que du courant I_{th} qui traverse le thyristor.
Justifier la forme des courbes.
En déduire le fonctionnement du montage et montrer qu'il y a régulation.
3. Sur quels éléments agiriez-vous pour modifier le réglage de l'intensité lumineuse de la lampe ?

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

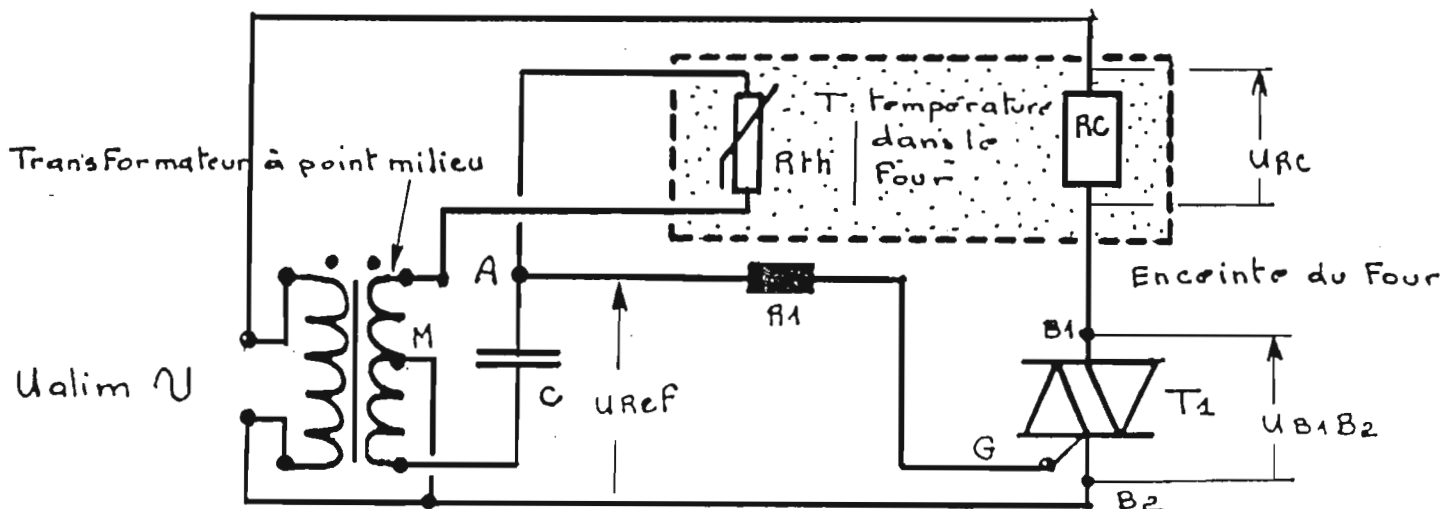
ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 8)

Le TRIAC

1. Expliquer le fonctionnement du triac en vous aidant des caractéristiques électriques de puissance et de commande en précisant les différents types d'amorçage.
2. On considère le montage suivant correspondant à l'alimentation d'un four dont la résistance de chauffage est RC, la variation de puissance étant obtenue par l'intermédiaire d'un triac. La commande du triac est du type « horizontale » et on suppose que le triac s'amorce pour V_{GM} très peu différente de zéro.



1. Tracer en synchronisme U_{alim} , U_{ref} , U_{RC} , U_{B1B2} . Quelle est la fonction de base réalisée par le triac ?
2. Expliquer le fonctionnement du montage et déterminer le type de la thermistance (CTP pour laquelle R_{th} croît lorsque T croît, ou CTN pour laquelle R_{th} croît lorsque T décroît) qui permet d'obtenir la régulation de la température T .
3. Comment faut-il modifier le montage pour pouvoir changer la température de consigne ?

Tournez la page S.V.P.

2^e QUESTION (Valeur = 6)

Moteur asynchrone à cage.

1. Expliquer à l'aide de schémas comment un gradateur effectue la variation électronique de vitesse de ce type de moteur.
2. Montrer sur la caractéristique mécanique l'effet de ce mode de variation de vitesse ; à quel type de récepteur est-il particulièrement approprié ?

3^e QUESTION (Valeur = 6)

Excitation statique d'un alternateur triphasé.

On considère un alternateur à auto-excitation compound avec bagues et balais.

1. Principe de base.
2. Schéma et fonctionnement.
3. Montrer que le système compound est auto-régulateur de tension.
Cette auto-régulation est-elle suffisante ?

NOTA :

1. *Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.*
2. *Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »*

ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 4)

Disjoncteur .

1. Définition, caractéristiques, constitution et principe de fonctionnement d'un disjoncteur de couplage d'alternateur.
2. Énumérer les différentes protections commandant l'ouverture d'un tel disjoncteur.

2^e QUESTION (Valeur = 6)

Régulateur de tension d'alternateur.

Établir un schéma de principe et expliquer le fonctionnement d'un régulateur de tension d'alternateur triphasé à excitation statique compound.

3^e QUESTION (Valeur = 6)

Moteur asynchrone triphasé.

Représenter le schéma d'un variateur de vitesse par cascade hyposynchrone et expliquer son fonctionnement.

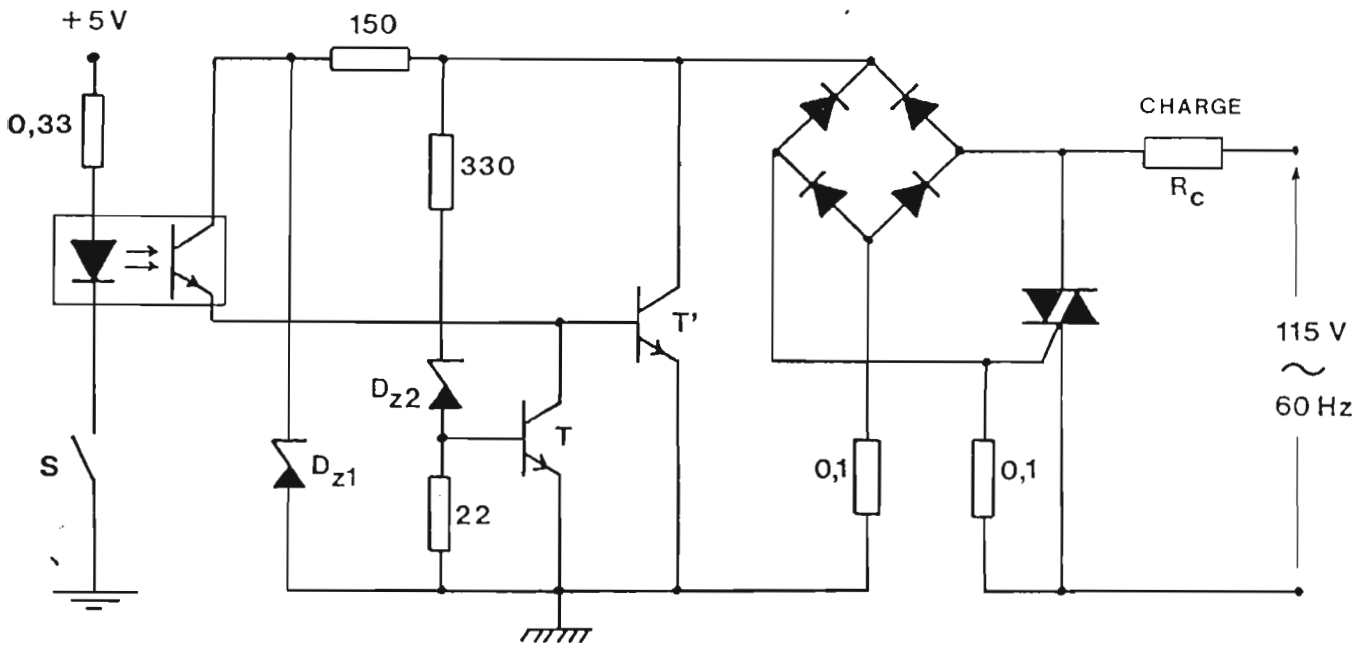
Préciser son domaine d'emploi ainsi que ses avantages et ses inconvénients.

Tournez la page S.V.P.

4^e QUESTION (Valeur = 4)

On considère le montage représenté sur le schéma ci-dessous dans lequel :

- les valeurs de résistances sont données en $k\Omega$,
- les tensions de Zener des diodes D_{z1} et D_{z2} sont respectivement de 30 V et 15 V.



1. Montrer que le triac ne peut s'amorcer qu'aux instants où, simultanément, le contact S est fermé et la tension instantanée d'alimentation de la charge résistive R_c est, en valeur absolue, inférieure à 15 V.
Préciser le rôle de la diode D_{z1} .
2. Quel nom donne-t-on à ce type de montage ?
Indiquer ses avantages.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : « Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. »

ÉLECTROTECHNIQUE ET ÉLECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 6)

Couplage automatique des alternateurs et répartition des puissances

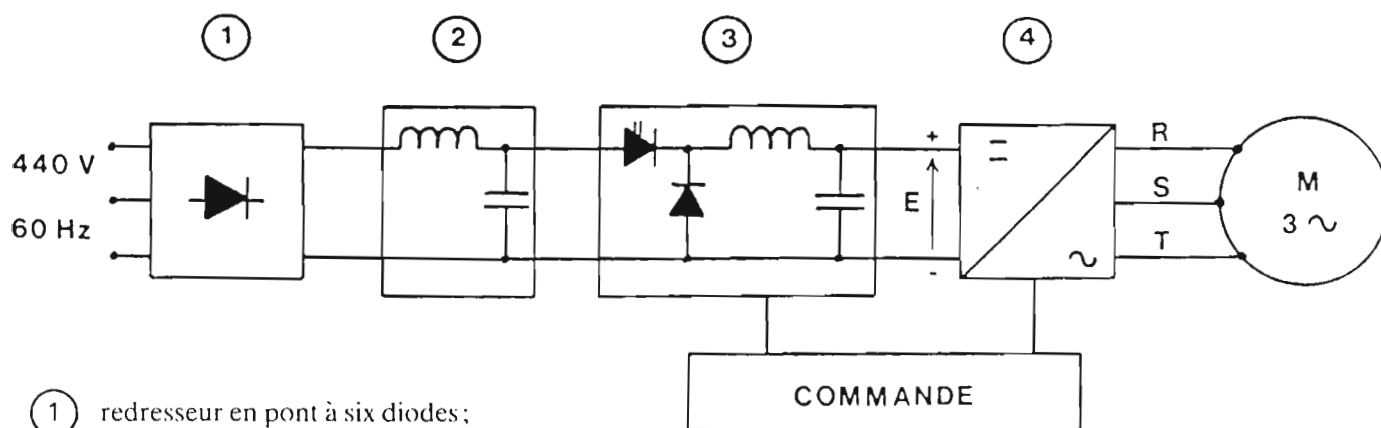
1. Indiquer :
 - a. les informations, issues de différents capteurs, qui doivent parvenir au dispositif synchro-coupleur ;
 - b. les actions qui doivent être élaborées par ce dispositif.

2. a. Indiquer les conditions à réunir pour effectuer le couplage ;
 b. Préciser, en le justifiant, l'instant auquel doit être donné l'ordre de couplage.

3. Exposer brièvement le principe de la répartition automatique de la puissance active et de la régulation de fréquence.

2^e QUESTION (Valeur = 10)

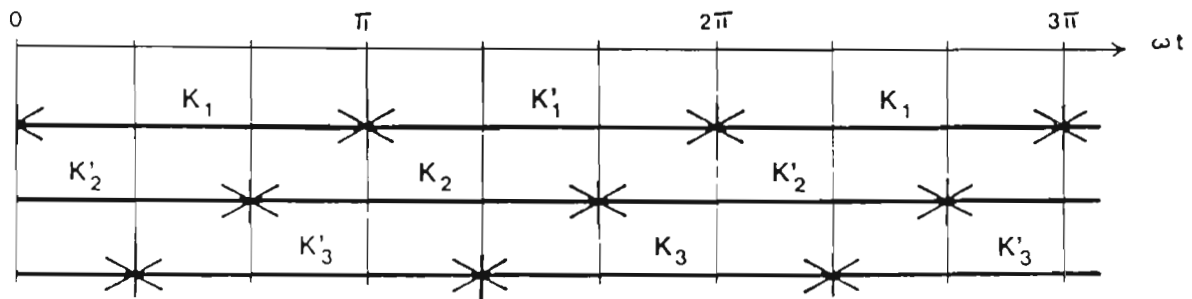
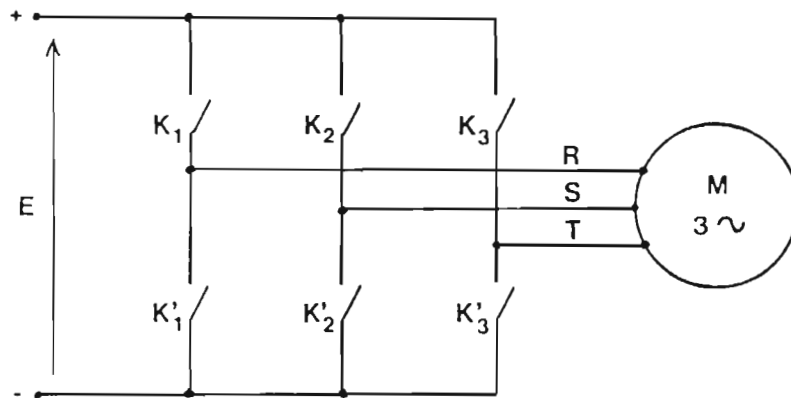
On donne ci-dessous le schéma synoptique d'un variateur de vitesse à convertisseur indirect pour machine asynchrone triphasée :



- ① redresseur en pont à six diodes ;
- ② filtre ;
- ③ hacheur série et filtre ;
- ④ onduleur autonome triphasé.

Tournez la page S.V.P.

1. Représenter le schéma développé du redresseur et en expliquer le fonctionnement.
Quel est le rôle du filtre (2) ?
2. Dans le cas général, donner le principe de fonctionnement d'un hacheur série.
Quelle est la fonction de base réalisée par ce type de convertisseur statique ?
3. On donne ci-dessous le schéma de principe de l'onduleur autonome triphasé (4) ainsi que le graphe des conductions des six interrupteurs statiques :

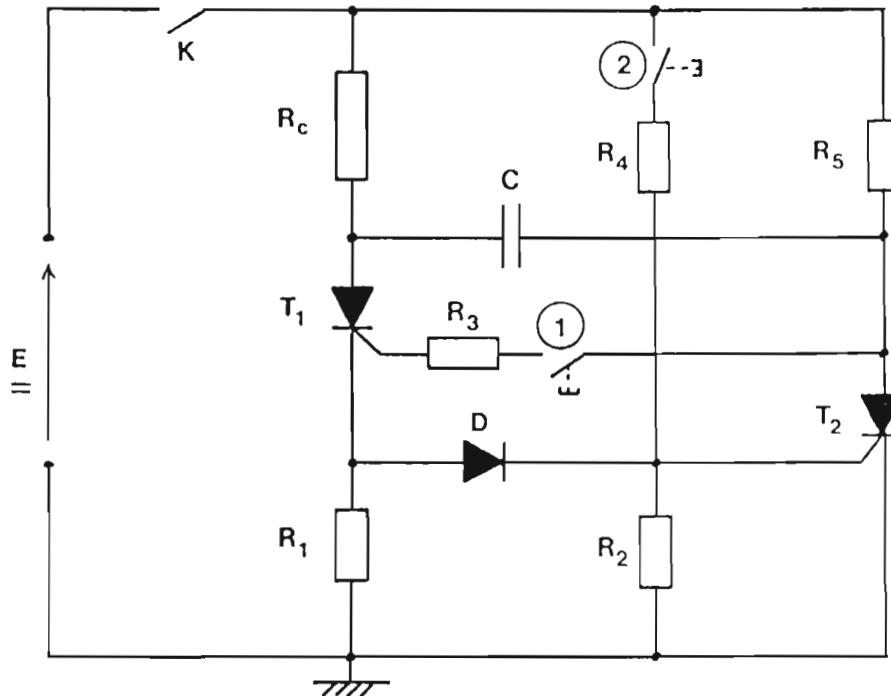


ω est la pulsation, réglable, de commande des interrupteurs statiques.

- a. Construire les chronogrammes des tensions entre fils de phase et montrer que, pour E fixé, leur valeur efficace est constante quelle que soit la valeur de ω .
 - b. Montrer que, vu la nature inductive du récepteur, les interrupteurs statiques doivent être bidirectionnels.
4. V étant la tension efficace d'alimentation du moteur et f sa fréquence, montrer l'intérêt de conserver un rapport $\frac{V}{f}$ constant et justifier l'emploi du hacheur série et de l'onduleur dans le variateur proposé.
 5. On remplace l'ensemble hacheur série-onduleur par un onduleur à modulation de largeur d'impulsion.
Indiquer les avantages apportés par cette modification.

3^e QUESTION (Valeur = 4)

On considère le montage ci-dessous :



On donne :

$$E = 100 \text{ V};$$

$$R_1 = 0,1 \Omega, \quad R_2 = 200 \Omega, \quad R_3 = 100 \Omega, \quad R_4 = R_5 = 2 \text{ k}\Omega, \quad C = 1 \mu\text{F}.$$

Charge résistive de résistance $R_c = 10 \Omega$.

L'intensité du courant de maintien de T_2 est de 80 mA.

1. Expliquer les évolutions du circuit lors de la séquence suivante :

- mise du circuit sous tension par fermeture de K;
- impulsion sur le bouton-poussoir ①;
- impulsion sur le bouton-poussoir ②.

2. Préciser le rôle de la résistance R_1 et de la diode D.

NOTA :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

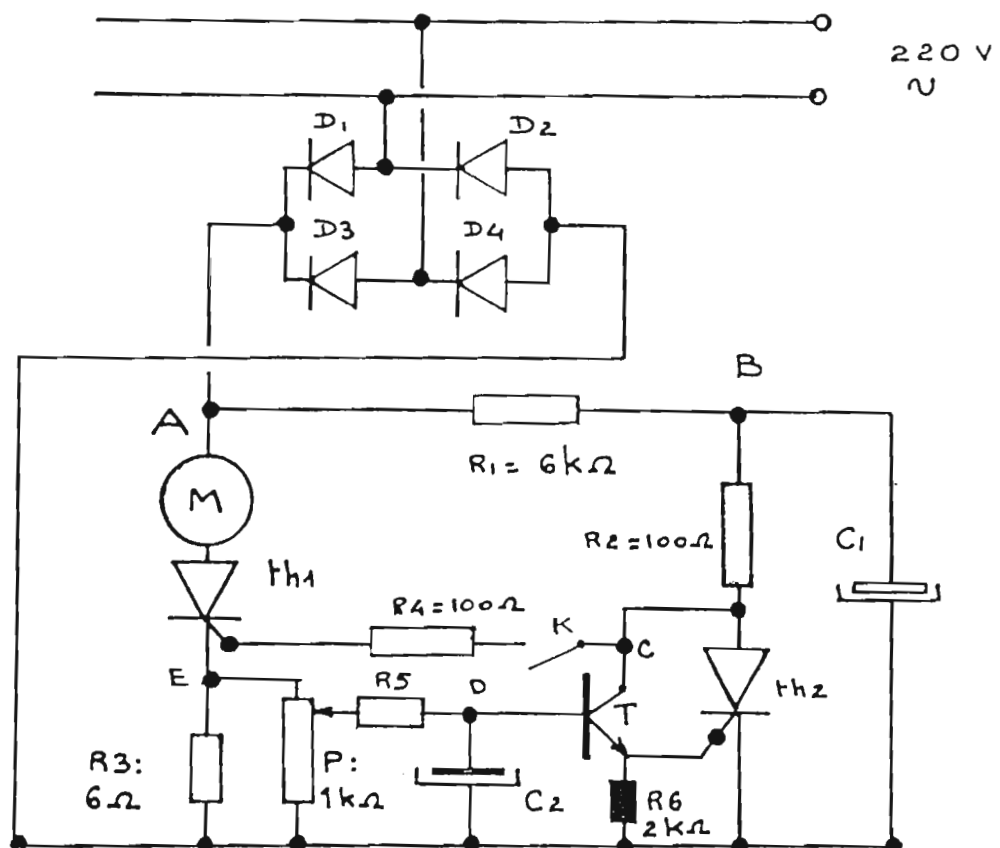
2. Délits de fraude : * Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics. *

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (Valeur = 8)

On considère le montage ci-dessous réalisant l'alimentation d'un moteur de petite puissance avec protection contre les surintensités.



1°) Indiquer en justifiant vos réponses les fonctions réalisées par les ensembles : $[D_1, D_2, D_3, D_4]$, $[R_1, C_1]$, $[R_3, P]$, $[T, th_2]$. Préciser le type de moteur.

2°) Indiquer la forme de la tension en A et en B. (On néglige les effets selfiques du moteur).

3°) Expliquer le fonctionnement du montage des points de vue "alimentation du moteur" et "sécurité".

4°) Prévoir un réamorçage de la sécurité.

Tourner la page SVP.

2^e QUESTION (Valeur = 5)

Protection du personnel : étude de la commande par déclencheur à détection du courant différentiel résiduel d'un disjoncteur basse tension.

On ne considère que le déclencheur.

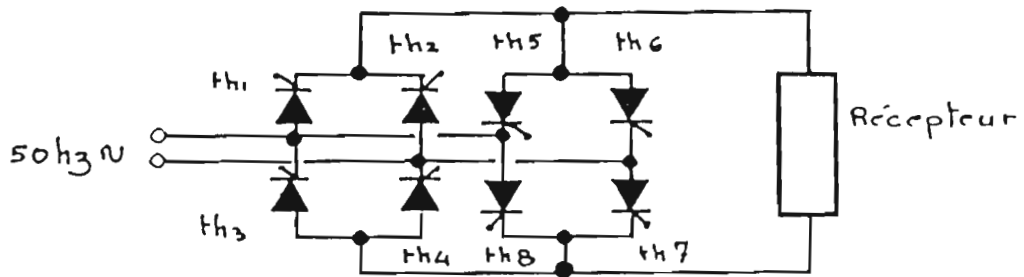
- 1°) Principe de base.
- 2°) Schéma et fonctionnement.
- 3°) Caractéristiques électriques du déclencheur.

3^e QUESTION (Valeur = 7)

Entraînement électrique à vitesse variable : le cycloconvertisseur.

1°) Quelle est la fonction de base réalisée par un cycloconvertisseur. Dans la marine quel est le domaine d'application du cycloconvertisseur ?

2°) On considère le schéma ci-dessous d'un cycloconvertisseur élémentaire monophasé.



Expliquer son fonctionnement lorsqu'il travaille à ondes pleines; montrer l'intérêt d'introduire des retards à l'amorçage judicieusement calculés pour améliorer son fonctionnement.

3°) Faire le schéma d'un cycloconvertisseur alimenté en triphasé et débitant sur une charge elle-même triphasée. Préciser de manière concise son fonctionnement.

Nota:

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude: "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examens et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

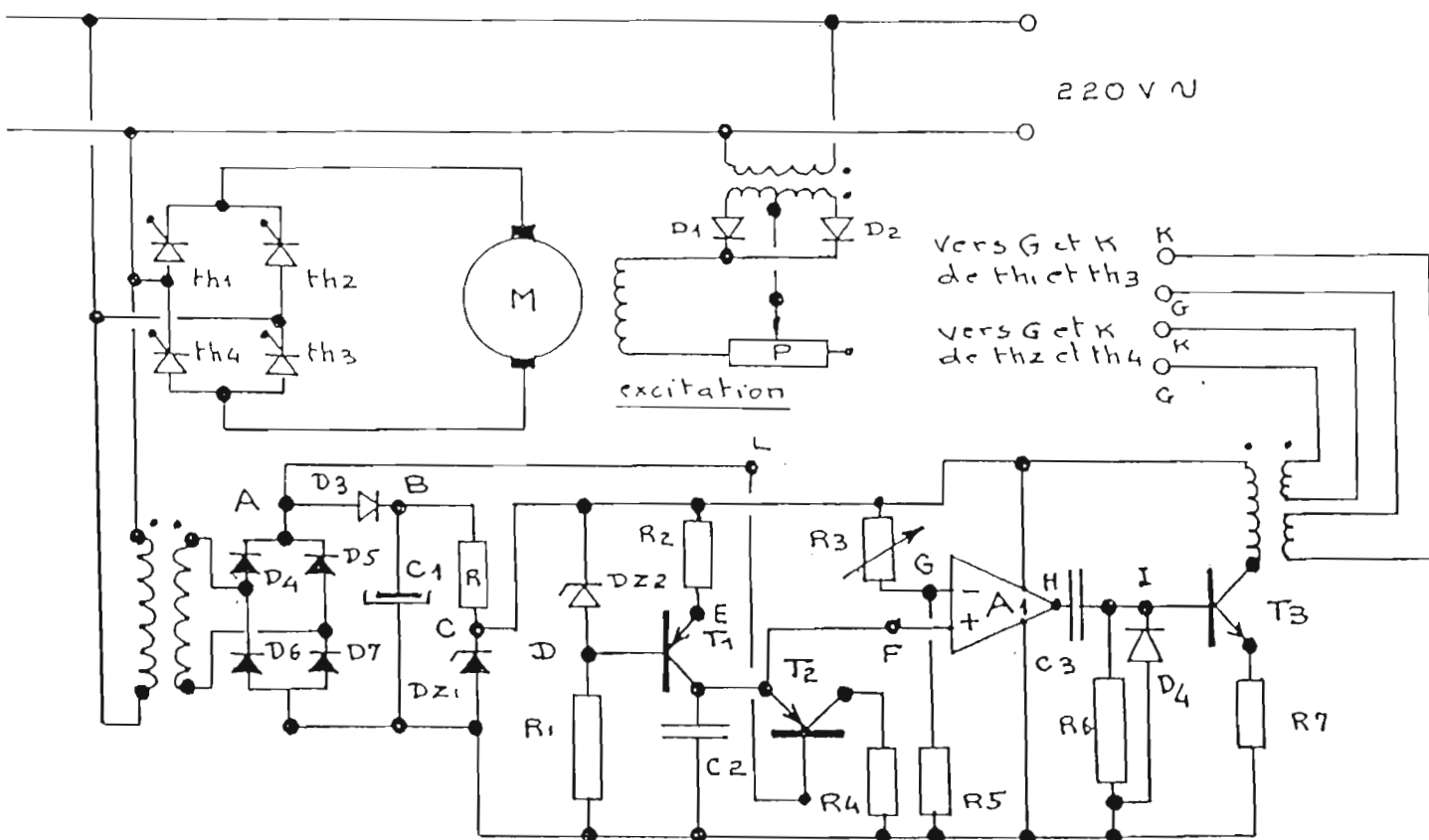
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 11)

- 1) Rappeler de manière concise les différentes solutions adoptées pour faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu à excitation séparée. Si l'intensité absorbée par le moteur est régulée, préciser le mode de variation de vitesse qui permet de travailler à « couple constant » et celui qui permet de travailler à « puissance constante ».
- 2) On considère le montage ci-dessous .

L'amplificateur opérationnel est parfait .



Tourner la page S.V.P.

On admettra que T_2 ne conduit que lorsque la tension sur sa base est voisine de 0 et que cette conduction est suffisante pour décharger complètement C_2 , la constante de temps $C_2.R_4$ étant faible.

- a) Analyser la partie puissance du montage ; préciser le rôle des différents groupes de composants. Quelle sera la forme de la tension aux bornes de M ?
- b) Quelles sont les formes des tensions en A, B, C ? Justifier votre réponse. Quel est le rôle de D_3 ?
- c) Etude de la partie commande du pont de thyristors .
 - Montrer que l'ensemble [Dz_2, R_1, R_2, T_1] est un générateur de courant constant, alimentant C_2 .
 - Montrer que l'ensemble [C_2, T_2, R_4] est un générateur de rampes synchronisé sur le réseau; en déduire que l'ensemble [A_1, C_3, R_6, D_4] fournit des impulsions dont on précisera la forme.
 - Quel est le rôle de T_3 ?
 - Tracer en synchronisme : V_A, V_F, V_G, V_H, V_I .
- d) Résumer le fonctionnement du montage en précisant les possibilités de variations de vitesse du moteur.

2^e QUESTION (valeur = 5)

Protections pour la sécurité des personnes et du matériel : les fusibles.

- Classification.
- Grandeurs caractéristiques.

3^e QUESTION (valeur = 4)

Les diodes électroluminescentes (LED).

- Réalisation pratique.
- Caractéristiques électriques.
- Applications.

Nota :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

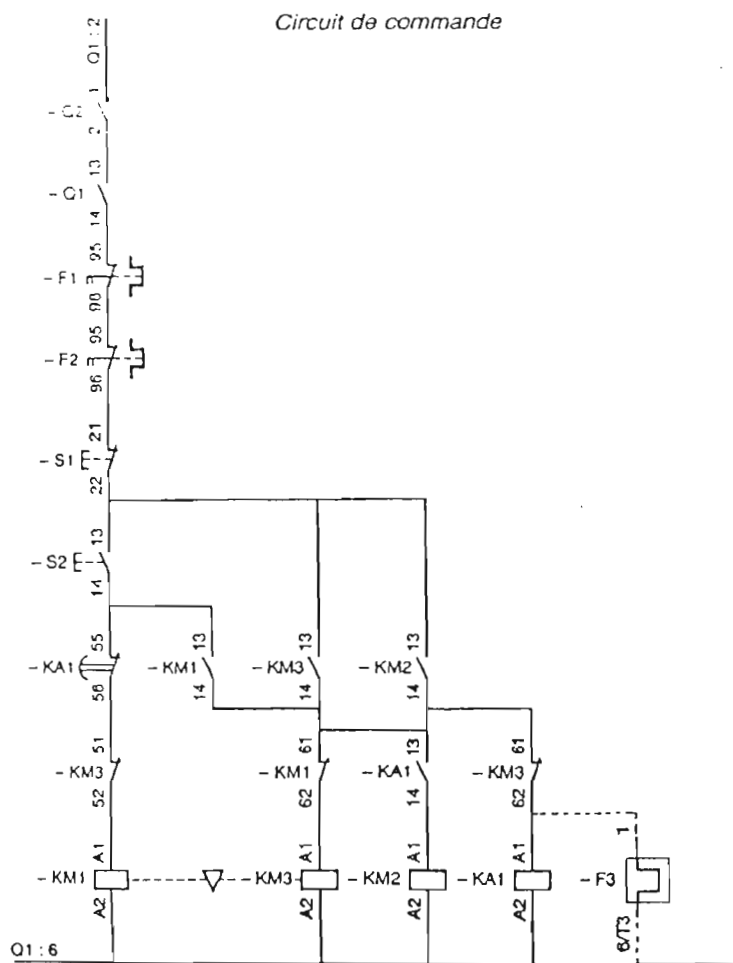
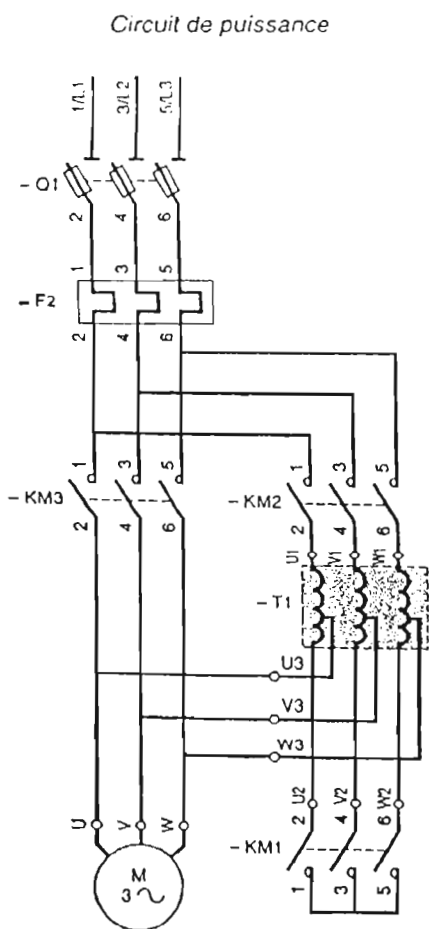
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

La figure ci-dessous représente le schéma d'un démarreur de moteur asynchrone à cage par autotransformateur.

- 1) Indiquer le rôle des éléments suivants : Q1 , F2 , T1.
- 2) Décrire et expliquer la séquence de fonctionnement du circuit de puissance.
- 3) Décrire et expliquer la séquence de fonctionnement du circuit de commande.



Tourner la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 10)

Le schéma ci-dessous représente l'une des machines synchrones autopilotées propulsant un paquebot.

1) Lors du fonctionnement de la machine en moteur, préciser le rôle du pont « réseau » d'une part, du pont « machine » d'autre part.

Si la tension moyenne délivrée par le pont « réseau » est de 2000 V, quel est l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors de ce pont sachant que la tension efficace entre phases au niveau du disjoncteur d'entrée est de 3000 V ?

2) Pour cette même valeur de α , la machine fournit une puissance mécanique de 8 MW, la ligne d'arbre tournant à 110 tr/min. Calculer le couple délivré par la machine.

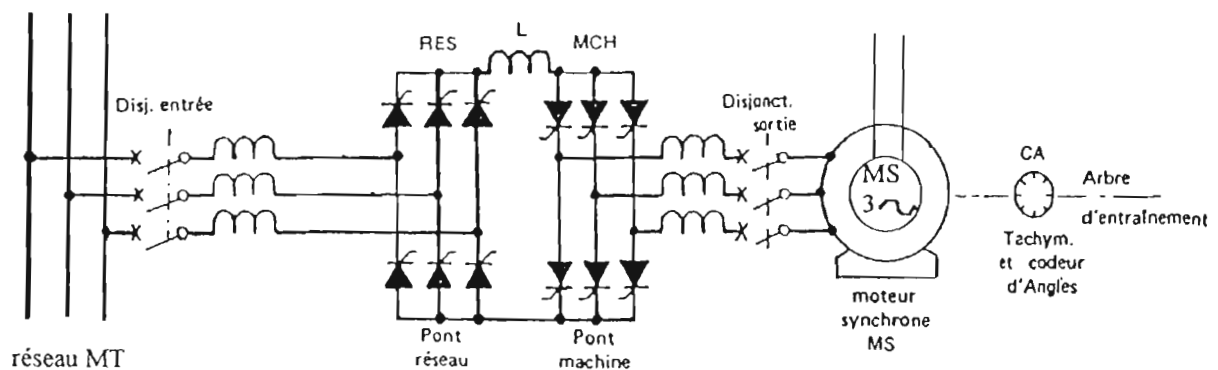
Calculer le courant moyen débité par le pont « réseau » ; pour ce faire, on négligera toutes les pertes.

3) On désire freiner le navire en passant les machines dans le quadrant n°2. Préciser le rôle du pont « réseau » et celui du pont « machine » en indiquant le sens de circulation de l'énergie électrique.

Si on désire obtenir un freinage maximal, quelles sont les valeurs à donner à α et α' , respectivement angle de retard à l'amorçage du pont « réseau » et du pont « machine ». On prendra en compte un angle de garde en onduleur de 15° , et on considérera que la situation électrique du bord permet d'absorber toute l'énergie produite.

4) Les lignes d'arbres étant stoppées, on désire battre en arrière. Le dispositif présenté ci-dessous permet-il à la machine synchrone de tourner en arrière, sinon que manque-t-il ?

Si vous estimez que la machine peut fonctionner en arrière, indiquez le rôle des ponts « réseau » et « machine ». Quelle est la différence par rapport au fonctionnement en marche avant ?



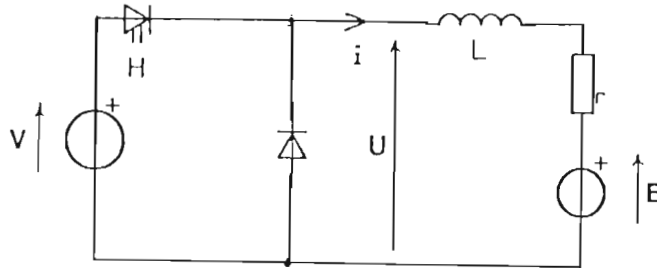
Nota :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

4^e QUESTION (valeur = 4)

CONVERTISSEUR CONTINU - CONTINU.

Dans le schéma ci-dessous, un générateur de tension V alimente un récepteur de résistance r et de f.c.e.m. E par l'intermédiaire d'un hacheur H . La période de hachage est T , le rapport cyclique α .



La diode est supposée idéale. Le hacheur est fermé entre les instants 0 et αT .

1 - Expliquer le principe de fonctionnement du montage.

2 - On donne : $V = 700 \text{ V}$, $\alpha = 0,35$.

Déterminer la résistance r du récepteur sachant que sa force contre-électromotrice est égale à 200 V et que le courant i qui le parcourt, filtré par l'inductance L , a une valeur moyenne de 100 A .

Nota :

1. Documents et instruments autorisés : se reporter à l'instruction relative aux examens.

2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."

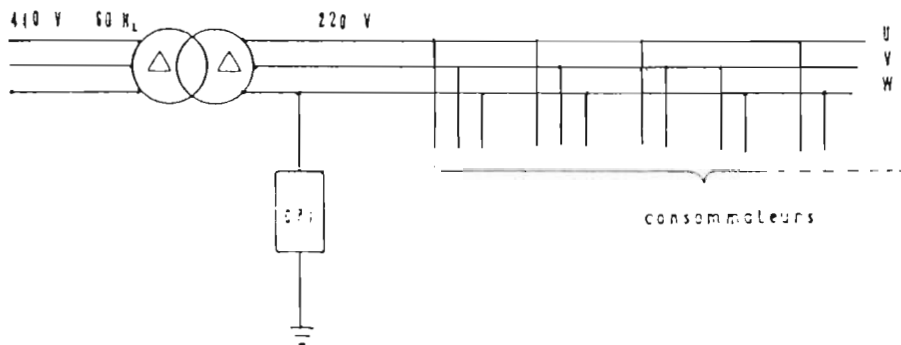
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

SURVEILLANCE DE L'ISOLEMENT

Le schéma ci-dessous représente le principe d'une distribution en 220 V à bord d'un navire. Ce réseau 220 V est équipé d'un contrôleur permanent d'isolement (CPI) branché comme indiqué. Cet appareil assure la double fonction de mesure de l'isolement du réseau 220 V et de déclenchement d'une alarme en cas de défaut.



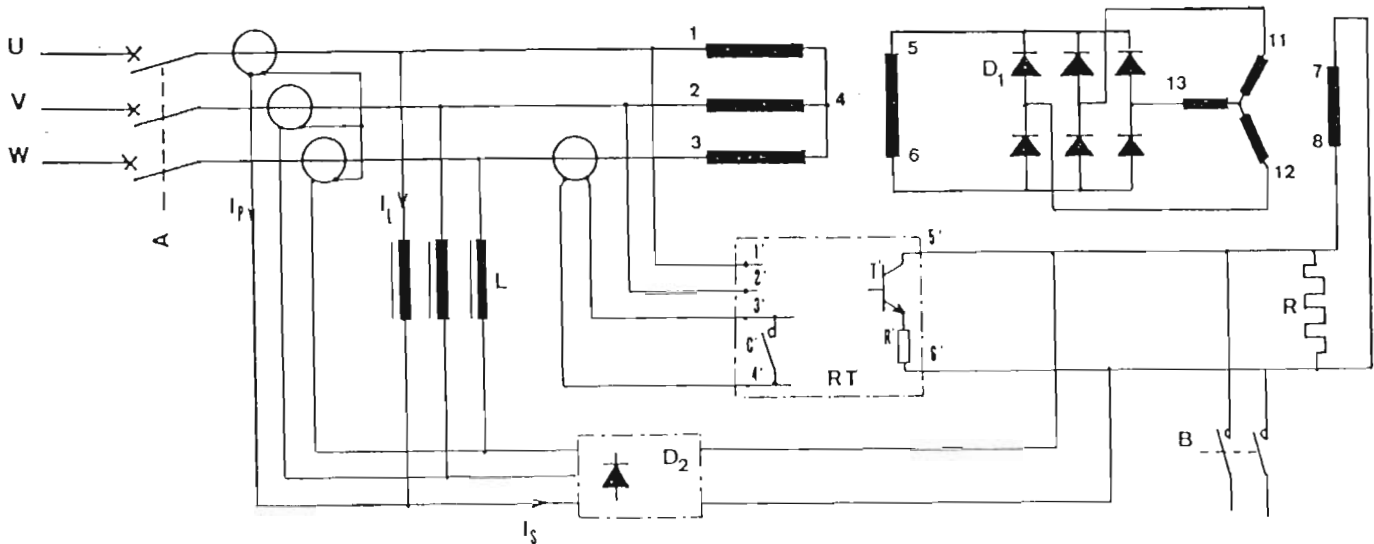
- 1 - Justifier l'emploi du continu comme nature de courant injecté à la coque par le CPI.
- 2 - Indiquer si le branchement employé permet la détection de défauts sur les phases U et V.
Justifier la réponse.
- 3 - Tracer le schéma du CPI et, succinctement, préciser le rôle de ses composants et expliquer son fonctionnement.

Tourner la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 6)

ALTERNATEUR TRIPHASE.

Un constructeur propose la fourniture d'un alternateur avec excitation statique et régulateur de tension (RT) conforme au schéma de principe ci-dessous.



En analysant le schéma :

- 1 - Donner une description succincte du rotor et du stator de cet alternateur.
- 2 - Expliquer le principe de son excitation statique et justifier son intérêt à partir du diagramme de Behn-Eschenbourg simplifié d'une phase et des intensités I_P , I_L et I_S .
- 3 - Indiquer si cet alternateur est prévu pour fonctionner couplé en parallèle avec d'autres.
Quel est l'intérêt du contact C' ?
- 4 - Indiquer :
 - quels sont les rôles de la résistance R ;
 - quelle fonction permet la fermeture du contacteur B.

3^e QUESTION (valeur = 4)

G.T.O. (Thyristor à blocage par la gâchette).

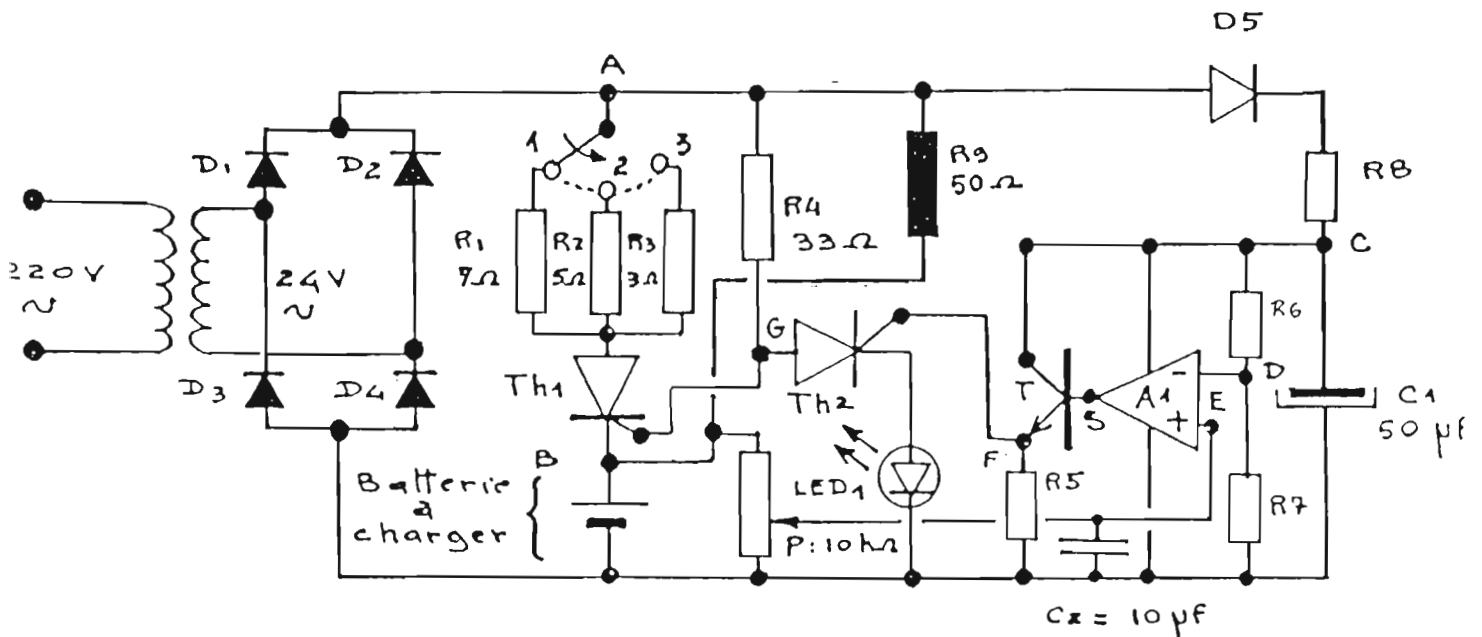
- 1 - Préciser le principal inconvénient du thyristor ordinaire utilisé sous tension continue.
- 2 - A l'aide du schéma équivalent à deux transistors, expliquer le principe de fonctionnement du G.T.O. (amorçage et blocage) ; donner sa caractéristique courant / tension.
- 3 - Comparer les performances du G.T.O. à celles du transistor de puissance . Que peut-on en conclure ?

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

On considère le montage ci-dessous qui représente un chargeur de batterie d'accumulateurs au plomb avec choix de l'intensité initiale de charge et passage en fin de charge à un régime d'entretien à faible intensité :



L'amplificateur opérationnel est parfait ; Th1 s'amorce lorsque sa tension gâchette-cathode est supérieure ou égale à 3 V.

1) Déterminer les fonctions réalisées par les ensembles :
 (D1, D2, D3, D4) , (D5, RB, C1) , (P, R6, R7, A1) , (T, R5) , (R1, R2, R3, Th1) ,
 (Th2, LED1). Préciser la forme des tensions en A et C ?

2) Analyser le fonctionnement du montage en précisant de quelle manière s'effectue le passage de la charge rapide à la charge d'entretien ; préciser le rôle de C2.

3) Montrer qu'il y a auto-régulation naturelle de l'intensité de charge de la batterie lorsque sa FEM augmente.

4) Quels sont les réglages qui permettent d'adapter le montage à des batteries de capacités différentes ?

Tourner la page S.V.P.

2° QUESTION (valeur = 10)

Entraînement électrique à vitesse variable.

Variateurs électroniques de vitesse des moteurs asynchrones triphasés.

1) A l'aide de schémas simples, comparer les différentes possibilités offertes en fonction du type du moteur et du récepteur.

2) Montrer l'influence des modes de réglage sur les caractéristiques du couple en fonction du glissement.

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*

2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."*

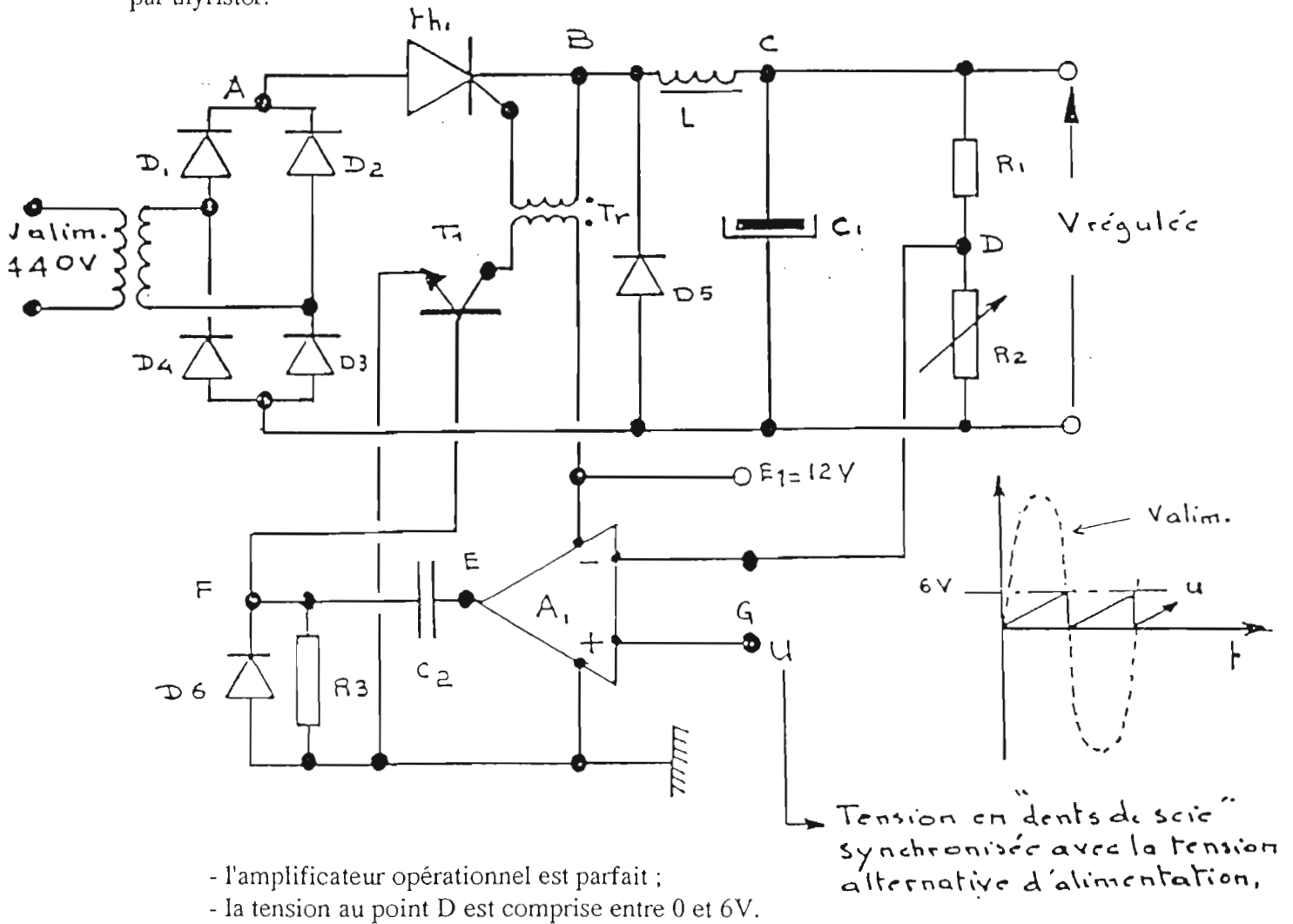
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 8)

Alimentation stabilisée.

On considère le montage ci-dessous qui représente une alimentation de puissance régulée par thyristor.



- l'amplificateur opérationnel est parfait ;
- la tension au point D est comprise entre 0 et 6V.

- 1) Déterminer en justifiant vos réponses les fonctions réalisées par les ensembles suivants.
 - [D₁, D₂, D₃, D₄, th₁, D₅] ;
 - [L, C₁] ;
 - [R₁, R₂] ;
 - [R₁, C₂, R₃, D₆] ;
 - [T₁, T_r].
- 2) Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions aux points : A, B, C, D, E, F, G.
- 3) Récapituler le fonctionnement général en précisant de quelle manière s'effectue la régulation.

Tourner la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 3)

Orto-électronique : le photothyristor.

Définition.

Fonctionnement.

Caractéristiques électriques.

3^e QUESTION (valeur = 9)

Couplage automatique des alternateurs.

A l'aide de schémas synoptiques simples expliquer le fonctionnement de base d'un coupleur automatique.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

2. Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 5)

- 1°. Décrire, à l'aide d'un schéma élémentaire, un dispositif d'excitation de type composé d'un alternateur triphasé.
- 2°. Représenter le schéma simplifié d'un équipement de régulation de tension d'un alternateur triphasé puis exposer son fonctionnement.

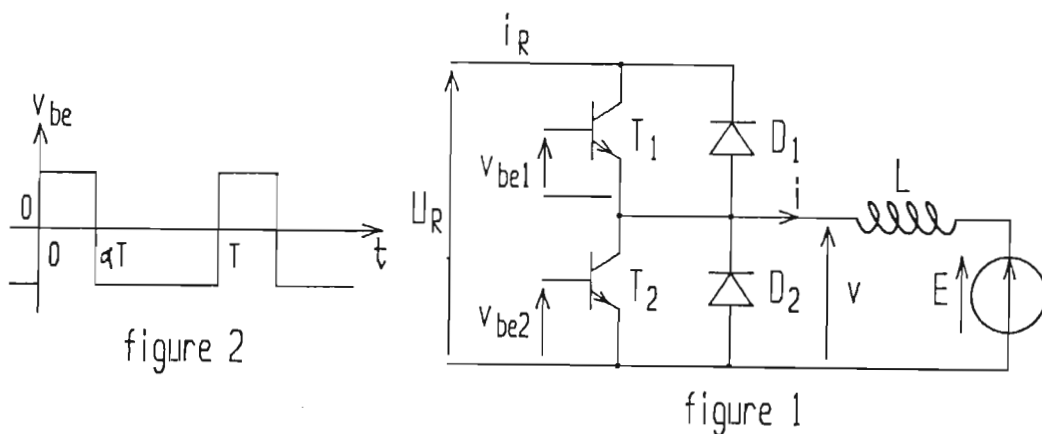
2^e QUESTION (valeur = 5)

Un moteur à courant continu, à excitation séparée réversible, est alimenté par un réseau alternatif triphasé au travers d'un pont redresseur commandé tout thyristor et peut fonctionner dans les 4 quadrants.

- 1°. Faire le schéma électrique d'alimentation du moteur.
- 2°. Décrire simplement la séquence qui permet, partant du moteur à l'arrêt de le démarrer en marche avant, de le freiner électriquement puis d'inverser le sens de rotation.
- 3°. Indiquer le principal avantage et le principal inconvénient de cette conception.

3^e QUESTION (valeur = 10)

On considère le montage de la figure 1 ci-après :



La tension U_R est une tension continue et la f.e.m E représente la force électromotrice développée par l'induit d'une machine à courant continu à excitation indépendante.

L'inductance L symbolise l'inductance de l'induit et d'une bobine de lissage supposée parfaite.

Tourner la page S.V.P.

Les transistors de puissance T_1 et T_2 sont considérés comme parfaits : le transistor concerné conduit lorsque $V_{be} > 0$. Lorsqu'un transistor conduit, sa tension $V_{ce} = 0$.

Première partie.

On commande périodiquement T_1 par l'intermédiaire du signal représenté figure 2. T_2 est maintenu bloqué. La conduction dans la machine est continue, le courant est ininterrompu.

1°. Montrer que seuls T_1 et D_2 participent au fonctionnement en régime établi et représenter les schémas équivalents respectifs lorsque $0 \leq t \leq \alpha.T$ et $\alpha.T \leq t \leq T$.

2°. Ecrire les équations différentielles auxquelles satisfait $i(t)$ pour $0 \leq t \leq \alpha.T$ et $\alpha.T \leq t \leq T$.
En déduire les expressions de $i(t)$ pour ces mêmes intervalles en notant I_{\max} et I_{\min} les valeurs extrêmes de $i(t)$.

3°. Montrer que $\Delta i = I_{\max} - I_{\min} = \alpha \frac{U_R - E}{L.f}$ et $E = \alpha U_R$, f étant la fréquence du signal représenté figure 2.

Deuxième partie.

On commande périodiquement T_2 par l'intermédiaire du signal représenté figure 2. T_1 est maintenu bloqué. La conduction dans le moteur est continue, le courant est ininterrompu.

1°. Montrer que seuls T_2 et D_1 participent au fonctionnement en régime établi et dessiner les schémas équivalents respectifs lorsque $0 \leq t \leq \alpha.T$ et $\alpha.T \leq t \leq T$.

2°. Représenter l'allure de la tension $v(t)$ en synchronisme avec la tension V_{be2} .

3°. Ecrire les équations différentielles auxquelles satisfait $i(t)$ pour $0 \leq t \leq \alpha.T$ et $\alpha.T \leq t \leq T$.
En déduire les expressions de $i(t)$ pour ces mêmes intervalles en notant I_{\max} et I_{\min} les valeurs extrêmes de $i(t)$.

4°. Montrer que $U_R = \frac{E}{1 - \alpha}$ et que $\Delta i = I_{\max} - I_{\min} = U_R \cdot \alpha \cdot \frac{1 - \alpha}{L.f}$.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

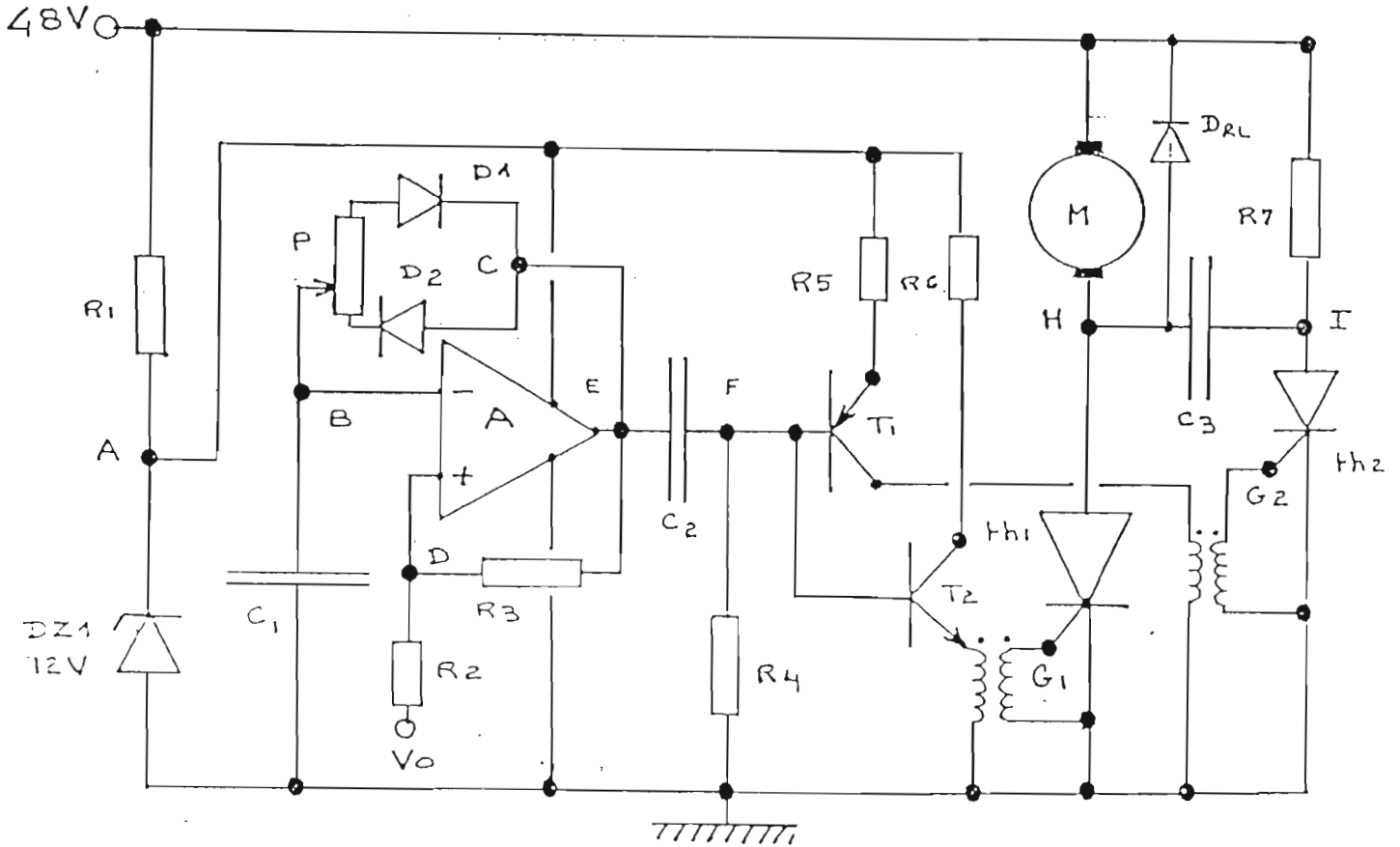
2. Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

On considère le montage ci-dessous qui réalise un variateur de vitesse pour moteur à courant continu alimenté en 48V.



On donne :

- $R_2 = R_3 = 1 \text{ k}\Omega$; $P = 2 \text{ k}\Omega$; $C_1 = 1,2 \mu\text{F}$; $V_0 = 2 \text{ V}$.
- R_7 a une très grande valeur et ne permet la conduction de th_2 que durant son signal de gâchette ;
- l'amplificateur opérationnel est parfait.

- 1°. a) Analyser la partie puissance du circuit en précisant le rôle des différents composants.
- b) Indiquer le principe utilisé pour faire varier la vitesse du moteur.
- c) Expliquer clairement la méthode utilisée pour bloquer le thyristor th_1 .

Tourner la page S.V.P.

- 2°. Montrer que l'amplificateur opérationnel est monté en multivibrateur astable, générateur de créneaux rectangulaires dissymétriques. Calculer l'ordre de grandeur de la fréquence de ces signaux et préciser le rôle de l'ensemble [P, D1, D2].
- 3°. Quelle est la fonction réalisée par l'ensemble [C2, R4] ?
Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions aux points E et F.
- 4°. Expliquer le fonctionnement et préciser le rôle des ensembles [R5, T1] et [R6, T2].
- 5°. Récapituler le fonctionnement général du montage aux niveaux commande et puissance.

2° QUESTION (valeur = 10)

Excitation d'un alternateur triphasé.

- 1°. A l'aide de schémas simples, expliquer la réalisation et le fonctionnement d'une excitation statique.
- 2°. Certains constructeurs proposent pour le même alternateur une excitation "shunt" ou une excitation "compound".
Comparer ces deux types d'excitation en vous aidant de schémas.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 5)

Excitation statique des alternateurs.

Excitation statique composée sans bagues ni balais d'un alternateur triphasé :

- principe de base ;
- réalisation pratique ;
- fonctionnement.

2^e QUESTION (valeur = 5)

Réglage électronique de la vitesse d'un moteur asynchrone.

- 1) Tracer le schéma électrique d'un moteur asynchrone muni d'un réglage de vitesse par cascade hyposynchrone (ou double conversion statique) ;
- 2) en expliquer le principe ;
- 3) calculer la valeur du glissement en fonction de la commande des thyristors ;
- 4) préciser les avantages et inconvénients de ce mode de réglage.

3^e QUESTION (valeur = 4)

Le thyristor.

- 1) A l'aide du schéma équivalent à deux transistors, expliquer le principe de fonctionnement du thyristor ; donner sa caractéristique courant/tension.
- 2) Préciser le principal inconvénient du thyristor ordinaire utilisé sous tension continue.
- 3) Donner un exemple de circuit de blocage d'un thyristor utilisé sous tension continue ; en expliquer le principe.

Tourner la page S.V.P.

4^e QUESTION (valeur = 6)

Gradateur monophasé.

On considère un gradateur monophasé à thyristors monté sur un récepteur purement résistif et alimenté sous tension alternative sinusoïdale de 440 V et de fréquence 60 Hz.

- 1) Représenter le graphe de la tension appliquée au récepteur pour un angle de retard à l'amorçage des thyristors θ égal à 60° .
- 2) Etablir l'expression de la tension efficace aux bornes du récepteur en fonction de θ ; calculer sa valeur pour $\theta = 60^\circ$.
- 3) Dans les conditions définies au 2), représenter le graphe de la tension appliquée aux bornes d'un thyristor pendant une période complète. Donner la valeur de la tension inverse maximale.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

2. Délits de fraude : " Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

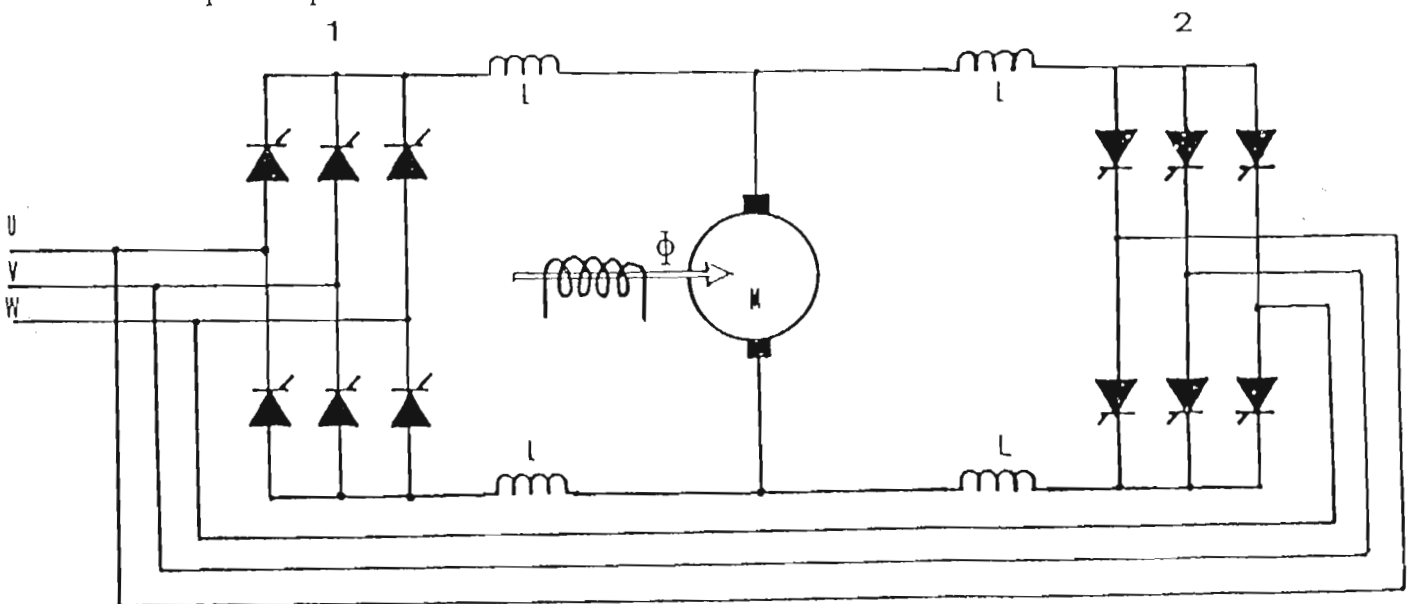
ISOLEMENT

- a.- Faire le schéma d'un appareil de mesure d'isolement et de détection de défaut par injection de courant continu dans un réseau de distribution en courant alternatif triphasé en activité.
- b.- Justifier succinctement l'emploi du courant continu comme courant injecté à la coque.
- c.- Représenter sur le schéma la circulation des courants de mesure et de défaut lors de l'existence de 2 défauts d'isolement sur 2 phases de distribution différentes.
- d.- Expliquer le fonctionnement du montage et indiquer les protections qu'il peut contenir.

2^e QUESTION (valeur = 6)

REGLAGE ELECTRONIQUE DE LA VITESSE D'UN MOTEUR

Le schéma ci-dessous représente le principe d'alimentation d'un moteur à partir d'un réseau alternatif triphasé équilibré.



Sachant que la commande permet le réglage de l'angle θ_1 du retard à la conduction des thyristors du pont 1 et que θ_2 , angle de retard à la conduction des thyristors du pont 2, prend automatiquement la valeur $\theta_2 = \pi - \theta_1$:

- a.- indiquer les principes appliqués au moteur pour régler sa vitesse et inverser son sens de rotation ;

- b.- indiquer la valeur de θ_1 lorsque le moteur est à l'arrêt ;
- c.- présenter succinctement le fonctionnement du montage pour la marche de la machine en moteur et en frein dans un même sens de rotation ;
- d.- au besoin à l'aide d'une représentation de la tension aux bornes des ponts 1 et 2, justifier l'existence et l'emplacement des inductances L dans le montage ;
- e.- indiquer les avantages de cette conception.

3^e QUESTION (valeur = 4)

LE TRANSISTOR M.O.S. DE PUISSANCE

- 1) A l'aide du schéma de sa structure interne, expliquer le principe de fonctionnement d'un transistor M.O.S..
- 2) Donner sa caractéristique courant/tension.
- 3) Préciser les avantages et les inconvénients de ce composant par rapport à un transistor de puissance de type N.P.N..

4^e QUESTION (valeur = 4)

GRADATEUR

- 1) Représenter le schéma de principe d'un gradateur monophasé à deux thyristors, et expliquer son fonctionnement.
- 2) Tracer le chronogramme de la tension et du courant délivré à une charge résistive et inductive, pour un retard à l'amorçage $\Delta t = T/4$, où T est la période de la tension sinusoïdale d'alimentation.
- 3) Représenter le schéma de principe d'un gradateur triphasé à six thyristors en montage triangle alimentant trois résistances identiques R.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 7)

Régulateur de tension d'un alternateur triphasé.

- 1) Rôles suivant le type d'excitation adoptée.
- 2) Principe de base.
- 3) Réalisation pratique : à l'aide de schémas simples, expliquer le fonctionnement des principaux éléments constitutifs d'un régulateur.

2^e QUESTION (valeur = 4)

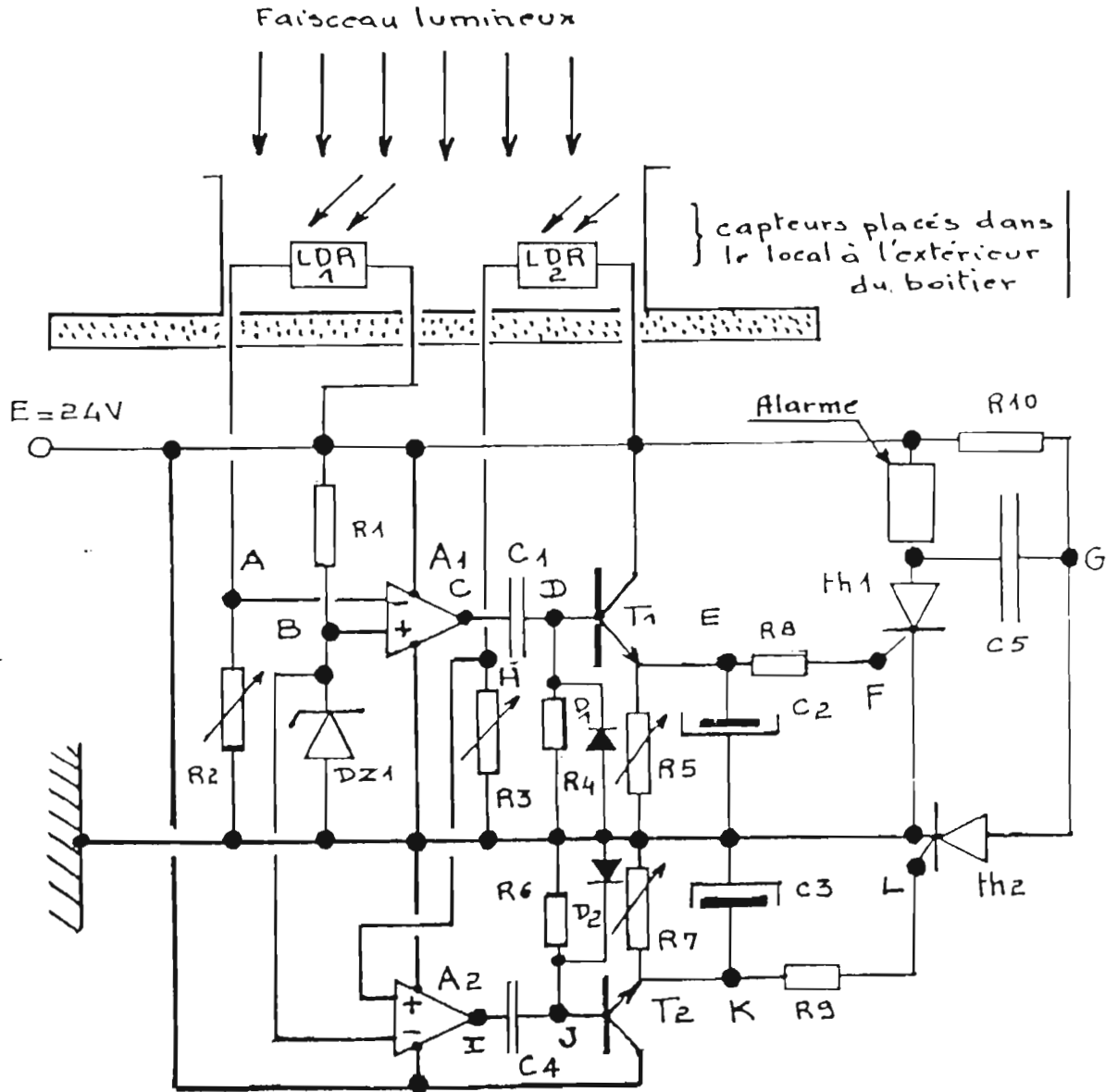
Appareil de protection : disjoncteur.

- 1) A l'aide d'un schéma simple, expliquer le fonctionnement mécanique d'un disjoncteur.
- 2) Caractéristiques fondamentales et principaux déclencheurs montés sur les installations marines.

Tourner la page S.V.P.

3^e QUESTION (valeur = 9)

- 1) A l'aide d'un schéma, expliquer comment se passe le désamorçage d'un thyristor principal alimenté en courant continu à l'aide d'un thyristor auxiliaire.
- 2) On considère le schéma ci-dessous qui représente le circuit de sécurité qui déclenche une alarme lorsque l'intensité du faisceau lumineux baisse et élimine automatiquement cette alarme quand l'intensité lumineuse redevient normale.



NOTA :

- * les amplificateurs opérationnels A1 et A2 sont parfaits ;
- * R10 a une valeur importante ; cette valeur est telle que l'intensité du courant qui la traverse sous une tension de 24 V est inférieure à l'intensité du courant de maintien de th2 ;
- * LDR : light dependant resistor ou photorésistance ; LDR1 est identique à LDR2.

Etude du circuit de commande.

- a) Quelle est la fonction réalisée par l'ensemble (LDR1, R2, R1, DZ1, A1) ?
Quel est l'état de la sortie de A1 lorsque l'intensité lumineuse est très faible puis lorsqu'elle est maximale ?
- b) Mêmes questions pour l'ensemble (LDR2, R3, R1, DZ1, A2).
En déduire l'amplificateur opérationnel qui va déclencher l'alarme et celui qui va l'arrêter.
- c) Montrer à l'aide de petits schémas que les ensembles (C1, R4, D1) et (C4, R6, D2) génèrent une impulsion dont on précisera la forme et le signe.
- d) Préciser les rôles des transistors T1 et T2 ainsi que des condensateurs C2 et C3.

Etude du circuit de puissance.

- e) Expliciter le circuit de puissance en précisant le rôle de chaque composant. Résumer le fonctionnement quand l'intensité lumineuse varie.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

Un navire de charge a sa production électrique assurée par 3 groupes diesels-alternateurs semblables qui alimentent un tableau électrique principal. Les caractéristiques portées sur les plaques signalétiques des alternateurs sont :

Puissance : 950 kVA	Phases : 3
Tension : 440 V	Fréquence : 60 Hz
Vitesse : 1200 tr/min	Cos φ : 0,8
Isol. clas : F	IP : 233

Les moteurs des auxiliaires machines et des appareils pont sont alimentés en 440 V alors que les équipements dans les emménagements et l'éclairage le sont en 220 V.

Le démarrage sur auto-transformateur est la solution utilisée pour la mise en service du moteur asynchrone 440 V, 900 kW d'entraînement du propulseur d'étrave.

La source de secours est constituée d'un groupe de batteries au plomb de 120 A. h pouvant assurer l'alimentation en 24 V d'un tableau de secours. Ce groupe de batteries est chargé à partir d'un départ du tableau principal.

a.- Après détermination de l'intensité nominale, indiquer quelles sont les protections qui peuvent commander l'ouverture d'un disjoncteur d'alternateur et donner une valeur approchée des réglages ou seuils.

b.- Définir simplement ce que sont les services non essentiels (ou délestables) et essentiels (ou non délestables). Indiquer l'intérêt et l'utilisation de cette classification.

c.- Indiquer et justifier si l'auto-transformateur de démarrage du moteur du propulseur d'étrave doit se trouver à proximité du moteur ou du tableau électrique principal.

d.- A l'aide d'un schéma simple (schéma blocs ou unifilaire) présenter les connexions possibles entre la source de secours et les tableaux principal et secours ainsi que le principe de sa mise en service.

Tournez la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 8)

ALIMENTATION ET COMMANDE D'UN MOTEUR ELECTRIQUE DE GRUE

Le moteur représenté sur le schéma ci-dessous est alimenté par un réseau triphasé 440 V, 60 Hz et est couplé au tambour d'enroulement (TC) du cartahu d'une grue.

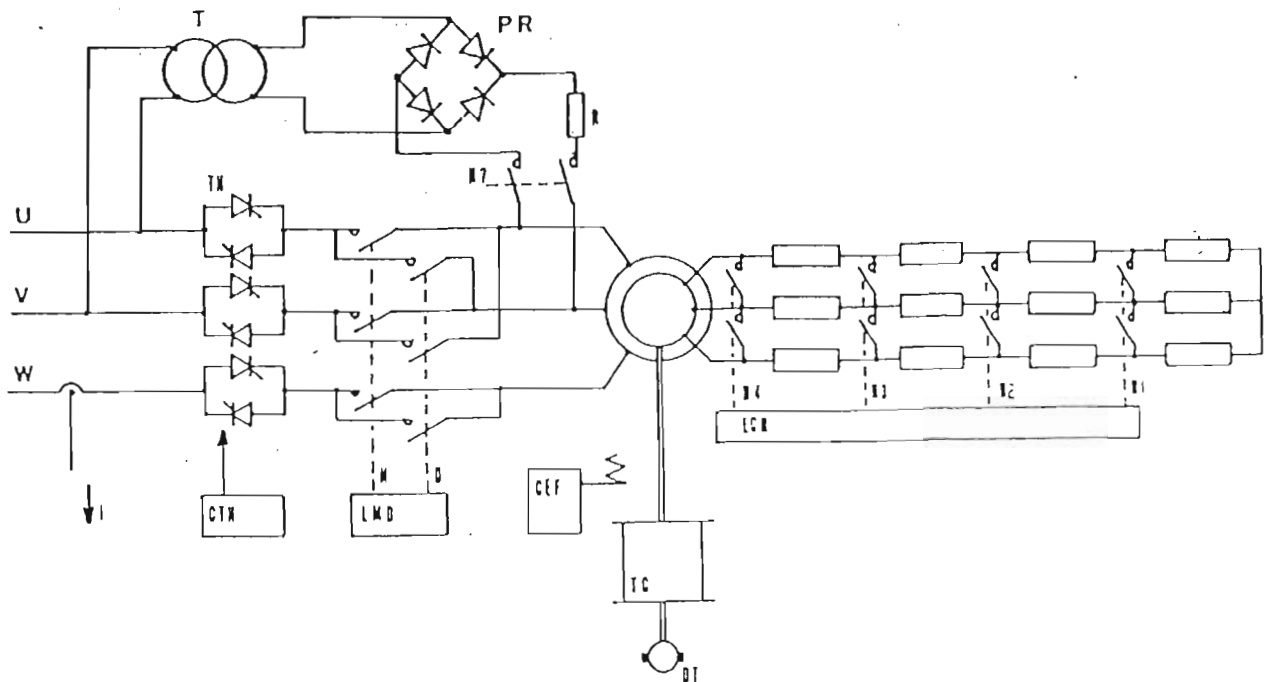
La signification des repères est :

CTH : commande des thyristors ;

LMD : logique de la commande montée-descente ;

CEF : logique de la commande de l'électro-frein ;

LCH : logique de la commande de H1, H2, H3, H4.



a.- Indiquer le type du moteur et de son rotor.

b.- Indiquer le nom des dispositifs d'ouverture et fermeture de circuit repérés H et quel pouvoir de coupure les caractérise.

c.- Indiquer le nom du dispositif électronique employé sur l'alimentation du stator du moteur.

Expliquer le principe de ce type de montage en monophasé.

En déduire l'effet sur le moteur.

d.- Sans tenir compte du type de rotor utilisé, à l'aide de la caractéristique mécanique $T = f(n)$:

1° montrer comment ce montage permet d'obtenir un réglage de la vitesse ;

2° indiquer et justifier succinctement si cette solution permet un réglage de vitesse avec un meilleur ou moins bon rendement du moteur que celle du réglage de la fréquence d'alimentation.

e.- Indiquer l'intérêt qu'il y a à placer les contacts M et D après les thyristors TH.

f.- Indiquer la fonction de l'ensemble T, PR, R, H7 ; préciser si le transformateur T est abaisseur ou élévateur et justifier l'existence de R.

g.- 1° Expliquer dans quelle situation et de quelle manière le moteur peut fonctionner en générateur et restituer de l'énergie au réseau.

2° A l'aide de la caractéristique mécanique $T = f(n)$, montrer comment dans cette situation on peut régler la vitesse du moteur.

3^e QUESTION (valeur = 6)

ONDULEUR AUTONOME MONOPHASE

- 1) Représenter le schéma de principe d'un onduleur autonome monophasé en pont, à commande symétrique, alimenté par une source de tension continue +E.
- 2) Tracer le chronogramme de la tension et du courant délivrés par ce convertisseur à une charge résistive et inductive.
- 3) Préciser pour chaque instant particulier les composants en conduction.
- 4) Calculer la valeur de la tension efficace théorique appliquée à la charge.
- 5) Enoncer les autres possibilités de commande d'un tel pont et en donner les avantages.

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".*

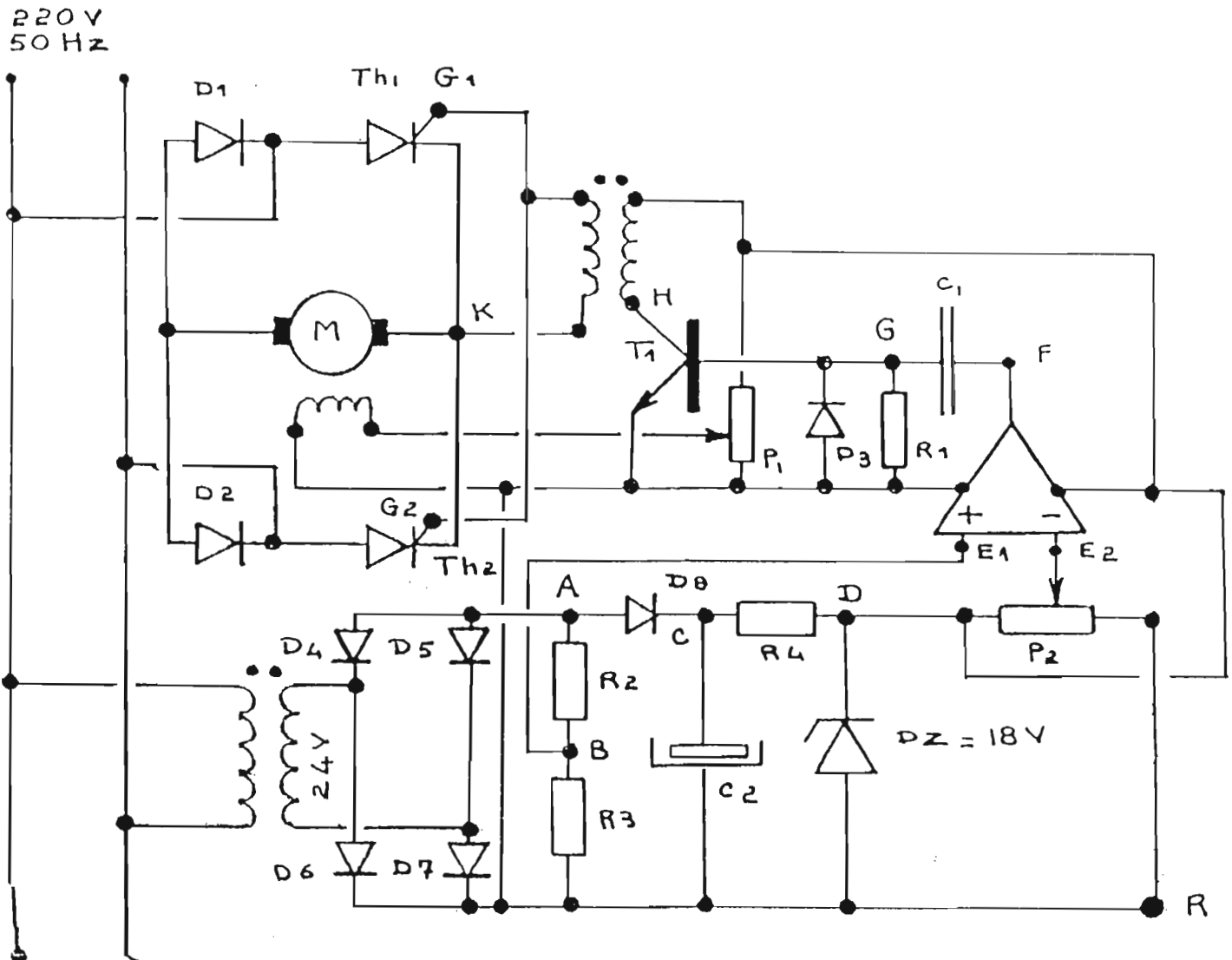
ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

On considère le montage ci-dessous qui permet la variation de vitesse d'un moteur à courant continu à excitation séparée.

L'amplificateur opérationnel est parfait.



Tournez la page S.V.P.

Etude de la partie puissance.

- 1) Que réalise l'ensemble (D1, D2, Th1, Th2) ? Pourquoi le pont ne possède-t-il pas 4 thyristors ?
Quelle sera la forme de la tension aux bornes du moteur ?
- 2) Rappeler brièvement les possibilités de variation de vitesse d'un moteur à courant continu.
Dans quels cas de fonctionnement utilise-t-on ces différentes possibilités ?

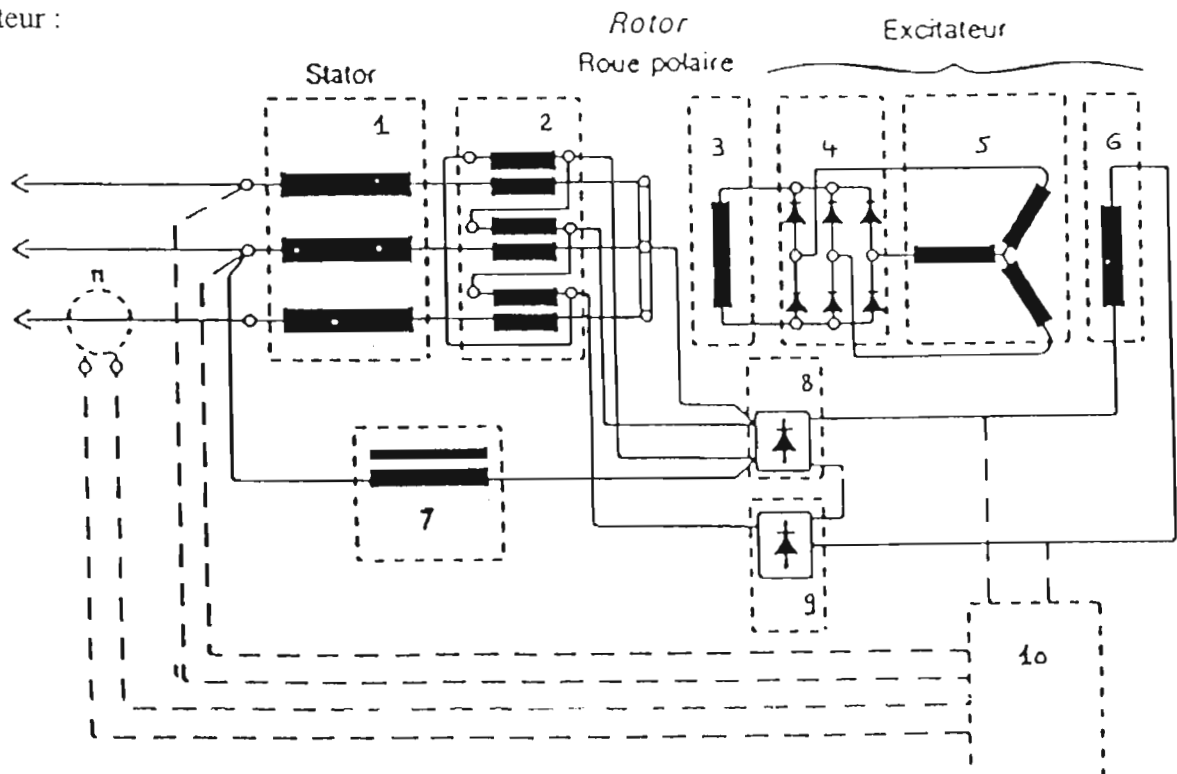
Etude de la partie commande.

- 3) Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions V_{AR} , V_{BR} , V_{CR} , V_{DR} .
- 4) Quel est le montage réalisé par l'amplificateur opérationnel ?
Que réalise l'ensemble (C1, R1, D3) ?
Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions V_{E1} , V_{E2} , V_F , V_G .
- 5) Quelle est l'utilité du transistor T1 ? Justifier l'utilisation du transformateur.
- 6) Résumer le fonctionnement général du variateur de vitesse.

2^e QUESTION (valeur = 5)

Excitation statique des alternateurs.

On considère le schéma synoptique ci-dessous d'un alternateur à excitation compound avec régulateur :



- 1) Donner le nom des différents sous-ensembles du schéma repérés par un numéro.
- 2) Expliquer le fonctionnement en précisant le rôle de chaque sous-ensemble.

3^e QUESTION (valeur = 5)

Disjoncteur basse tension.

- 1) Définition et fonctions assurées par un disjoncteur basse tension.
- 2) A l'aide de schémas simples définir la constitution générale en faisant ressortir les parties principales, les parties de commande, et les parties auxiliaires.
- 3) Types de déclencheurs :
expliquer le rôle et le fonctionnement des principaux types de déclencheurs que l'on peut trouver sur un disjoncteur basse tension. (On expliquera en détail l'utilité, le principe de fonctionnement et les caractéristiques d'un déclencheur différentiel).

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".*

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE**(Durée : 3 heures)****1^{re} QUESTION (valeur = 6)**

REGLAGE DE LA VITESSE D'UN MOTEUR ASYNCHRONE PAR COMMANDE ELECTRONIQUE DE SA FREQUENCE D'ALIMENTATION

- 1° Indiquer les intérêts de cette solution de réglage de vitesse.
- 2° Justifier succinctement la conjugaison des actions tension et fréquence et la valeur constante du rapport U/f. Préciser ce que sont les "surfluxage" et "défluxage".
- 3° indiquer et justifier succinctement comment, selon la fréquence appliquée, évolue la caractéristique mécanique du couple moteur en fonction de la vitesse de rotation.

Nota. On rappelle qu'aux faibles glissements :

$$T \approx \frac{3KV^2g}{\Omega_s R}$$

expression dans laquelle : R est la résistance d'une phase rotorique, V la tension appliquée à un enroulement statorique, Ω_s la vitesse de synchronisme.

2^e QUESTION (valeur = 4)**APPAREILLAGE ET EQUIPEMENTS**

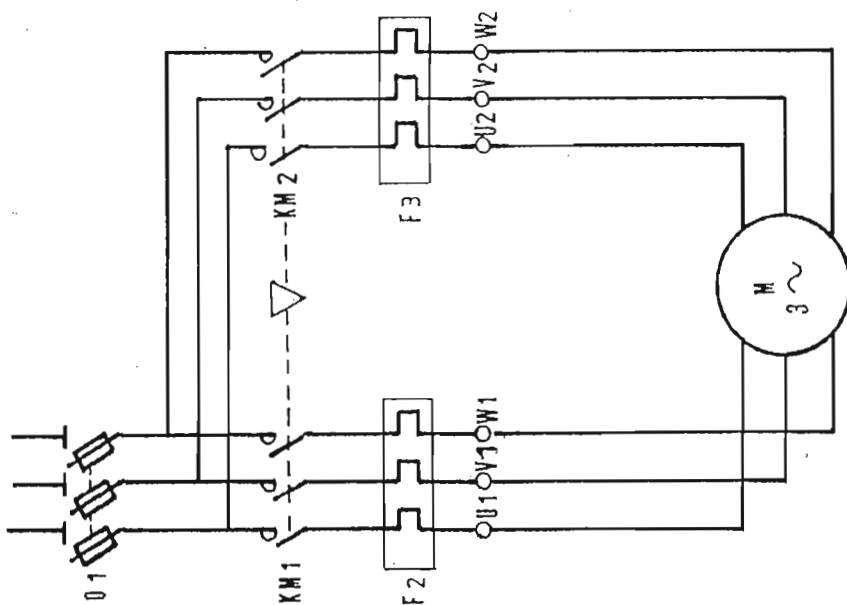
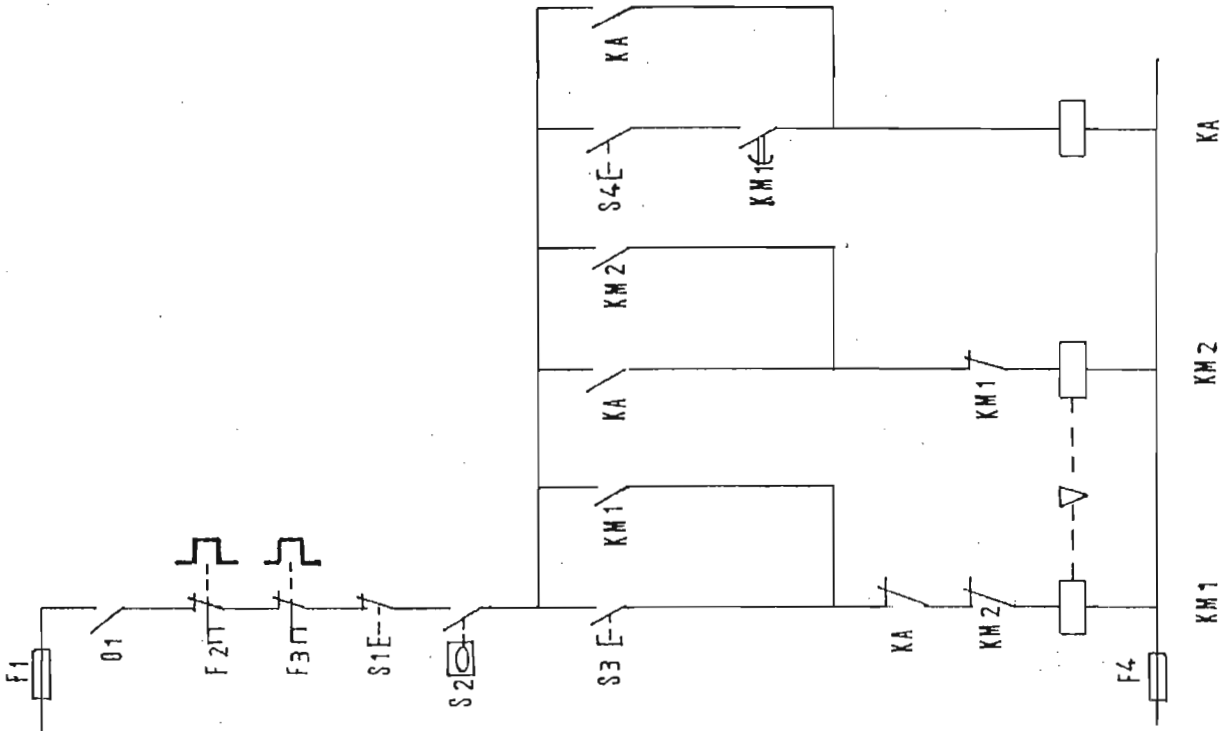
Les circuits ci-après sont ceux du démarreur d'un moteur asynchrone comprenant deux ensembles d'enroulements statoriques indépendants et un rotor à cage. Ce moteur entraîne une pompe alternative d'assèchement de cale machine. Les enroulements raccordés en U1, V1, W1 sont hexapolaires et ceux raccordés en U2, V2, W2 sont bipolaires.

Le capteur de niveau S2 s'ouvre au niveau bas du puisard.

- 1° Désigner et indiquer les fonctions des matériels repérés :
 - Q1 ;
 - F2 , F3.
- 2° Justifier la double existence du même type d'équipement désigné F2 et F3.
- 3° Sur le coffret de commande, quelles seraient les étiquettes à placer pour indiquer les fonctions de S1, S3 et S4.
- 4° Préciser le type et l'intérêt du contact KM1 de la colonne 6 du circuit de commande.

Tourner la page S.V.P.

5° Lors des différents états possibles du circuit, la fermeture conjuguée des contacts KM1 et KM2 peut-elle exister ? justifier succinctement.



1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

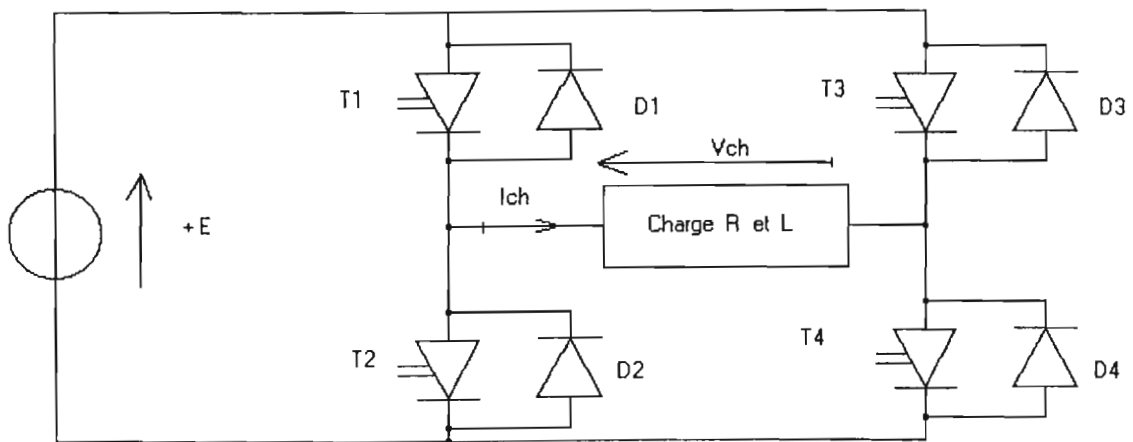
3^e QUESTION (valeur = 2)

LE THYRISTOR

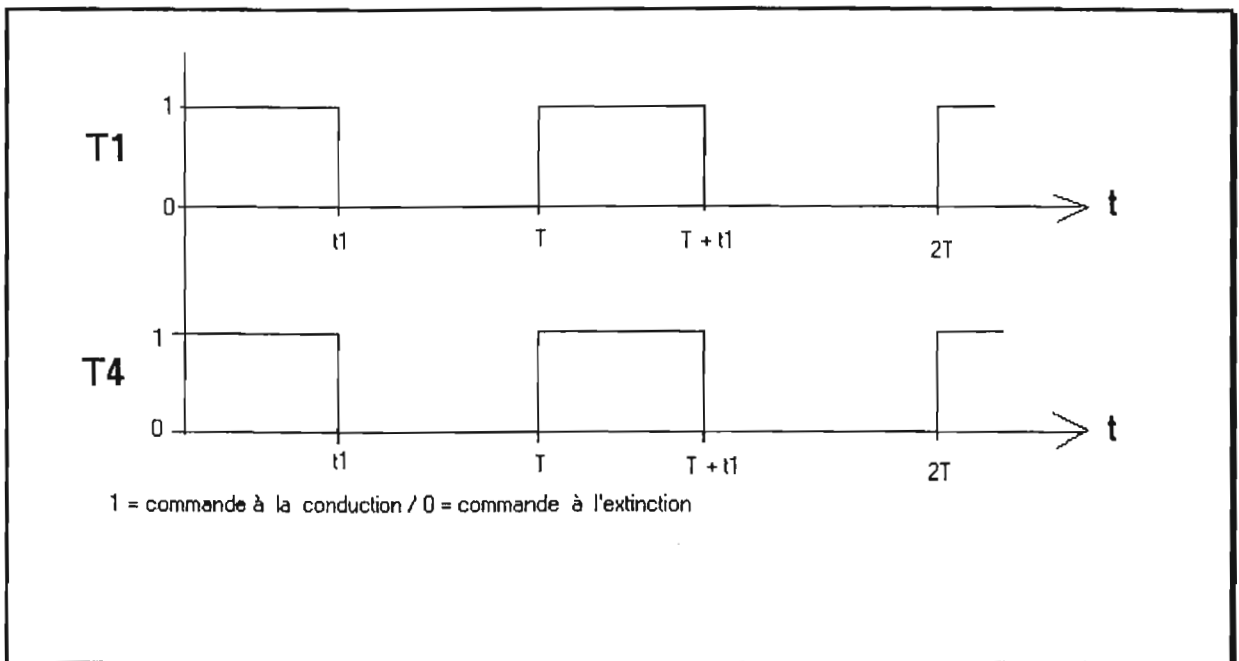
A l'aide du schéma équivalent à deux transistors, expliquer le fonctionnement d'un thyristor.

4^e QUESTION (valeur = 8)

Soit le schéma de principe d'un convertisseur électronique de puissance suivant :



1) Les interrupteurs statiques sont commandés d'après la séquence suivante :



t_1 est une grandeur réglable, T est une constante.

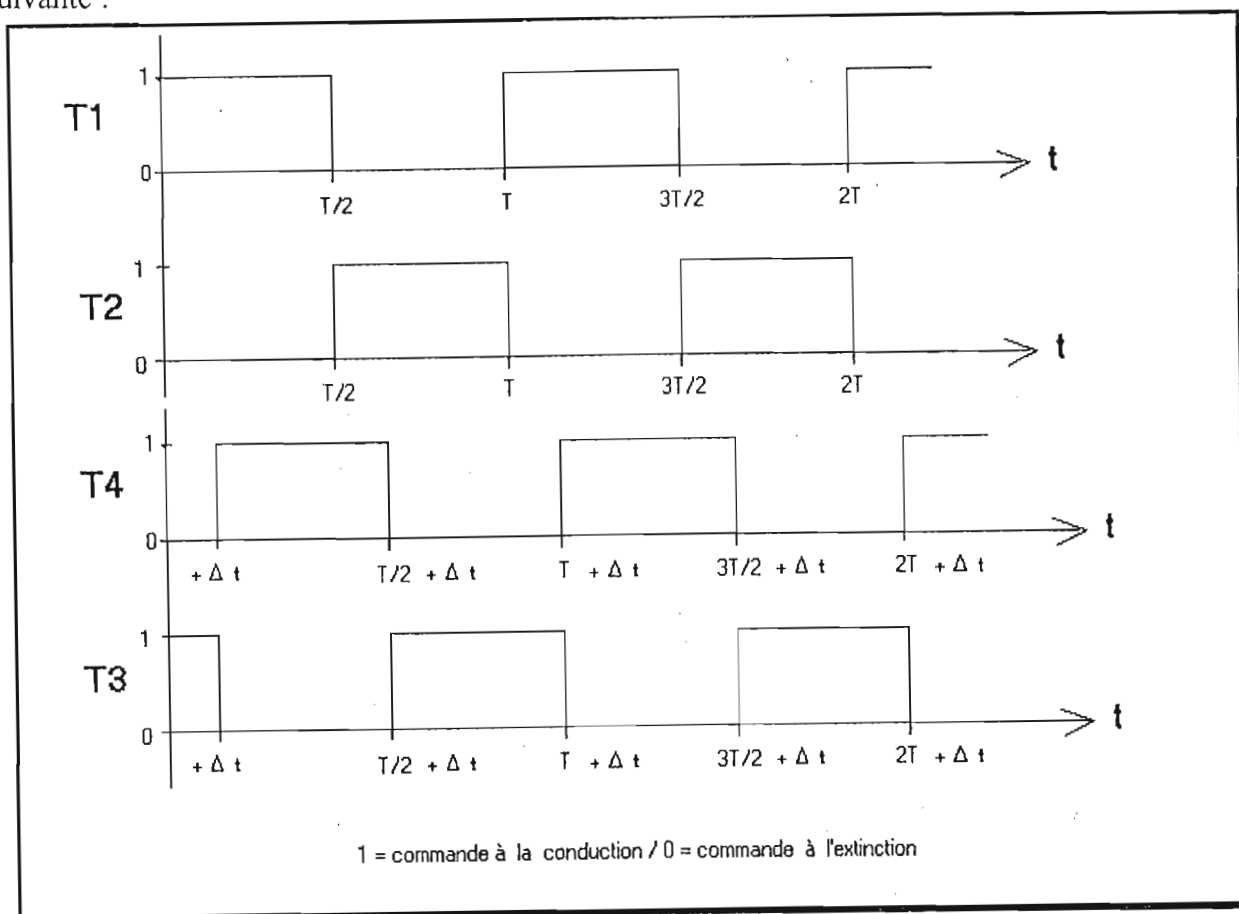
Tourner la page S.V.P.

a) Tracer en synchronisme V_{ch} , la tension aux bornes de la charge résistive et inductive et I_{ch} , le courant qui la traverse en fonction du temps ; préciser quels sont les composants en conduction. On supposera que la charge est suffisamment inductive pour que le courant I_{ch} ne s'annule pas.

b) En posant $\alpha = t_1/T$, calculer les valeurs moyenne et efficace de $V_{ch}(t)$, en déduire le facteur de forme.

c) La charge est remplacée par un moteur à courant continu à excitation séparée. On peut adopter indépendamment la même séquence de conduction de T1 et T4 respectivement pour T3 et T2, préciser dans quels quadrants peut fonctionner la machine. Justifiez votre réponse.

2) On rebranche la charge RL initiale et on adopte maintenant la séquence de conduction suivante :



Δt est réglable, T est une constante

a) Tracer en synchronisme V_{ch} , la tension aux bornes de la charge et I_{ch} , le courant qui la traverse en fonction du temps ; préciser quels sont les composants en conduction.

b) En posant $\theta = \omega \Delta t$ avec $\omega = 2\pi/T$, calculer les valeurs moyenne et efficace de $V_{ch}(t)$.

c) Quelle est la fonction réalisée par ce convertisseur ? Justifiez votre réponse.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.

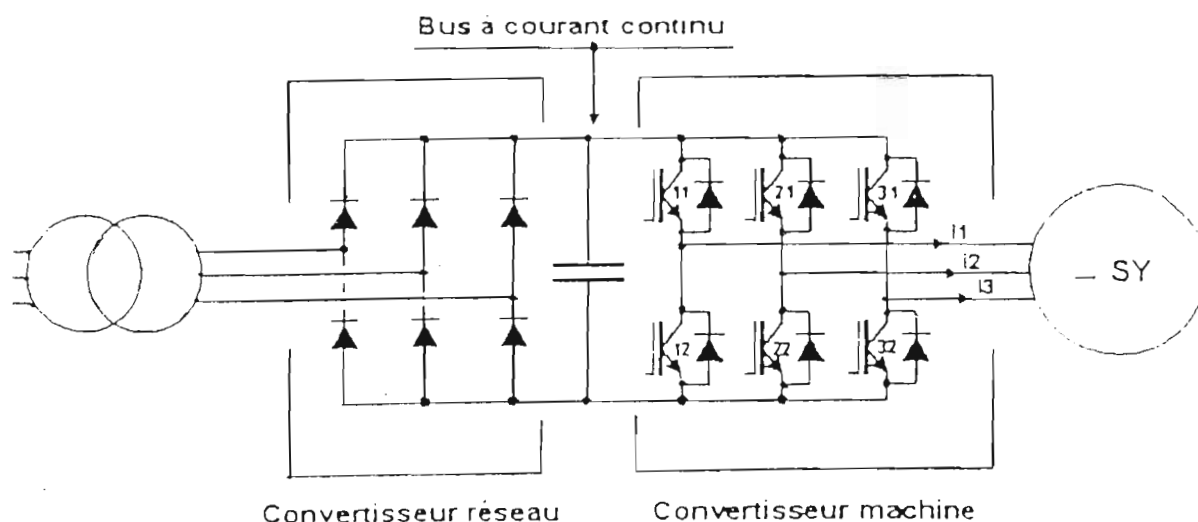
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

On considère le schéma suivant d'un convertisseur statique de fréquence qui alimente un moteur asynchrone.



1° Quel type de composant électronique de puissance est utilisé dans le convertisseur machine ? Expliquer de manière simple son fonctionnement et donner l'ordre de grandeur des limites actuelles de ses principales caractéristiques électriques.

2° Comparer ce composant au thyristor.

3° Etude du convertisseur statique de fréquence.

- Définir le montage du "convertisseur réseau" et expliquer son fonctionnement.
- Définir le montage du "convertisseur machine" et expliquer son fonctionnement.
- En plus d'un condensateur on peut mettre une self au niveau du bus à courant continu ; montrer sur un petit schéma l'emplacement possible de la self.

2^e QUESTION (valeur = 6)

Alternateur triphasé : diagnostic des pannes.

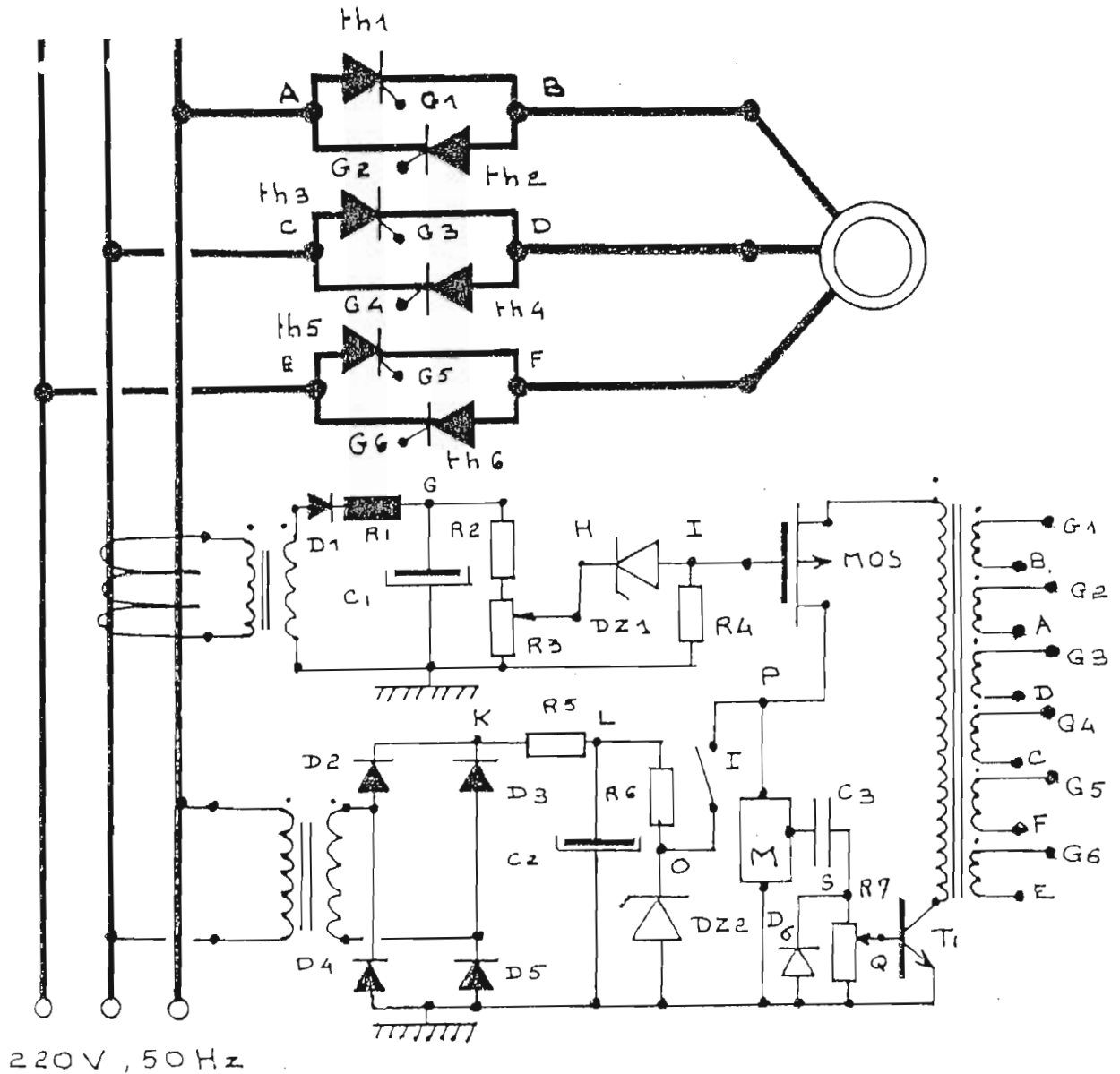
On considère le document ci-joint (Annexe 1) sur lequel les colonnes "Action et origine du défaut" sont volontairement vides ; sauf pour le cas A qui est donné pour exemple (Seul le texte français est à prendre en compte).

1) Sur votre feuille d'examen. Donner en justifiant vos réponses les indications qui vont permettre de compléter les colonnes "Action et origines du défaut" dans le cas B, C, D, E, F.

Tourner la page S.V.P.

3^e QUESTION (valeur = 8)

On considère le schéma ci-dessous d'une alimentation avec sécurité contre les surintensités d'un moteur asynchrone à cage.



- M.O.S. : P-M.O.S. à déplétion qui en l'absence de polarisation se conduit comme une résistance très faible et qui se comporte comme un interrupteur ouvert lorsque sa grille est polarisée positivement.
- M : Multivibrateur astable délivrant des signaux rectangulaires de fréquence : 50 k Hz.

1^o. Etude de la partie puissance.

Quelle est la fonction de base de l'électronique de puissance réalisée par les 6 thyristors ? Justifier votre réponse.

2°. Etude de la partie commande.

- Définir et expliquer le fonctionnement des ensembles (D2, D3, D4, D5) (R5, C2), (R6, Dz2), (M, C3, D6, R7), (T1 et son transformateur).
- Quel est le rôle de l'interrupteur I.
- On ferme I : tracer en synchronisme VK, VL, VP, VS.

3° Etude de la partie protection contre les surintensités.

On notera que cette partie commande la grille du M.O.S.

- Etudier le rôle des différents composants. Expliquer en particulier comment s'effectue le réglage du seuil de déclenchement de la sécurité et le rôle précis de Dz1.
- Après arrêt du moteur par surintensité, celui-ci reste-t-il arrêté ou redémarre-t-il ?

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

Alternateur

LSA 49.1 AREP. 4 Pôles

Alternator

LSA 49.1 AREP. 4 Pole

Défauts ayant une manifestation physique

5.2 - Apparent physical defects (overheatir noise,vibrations)

	Défaut / Fault	Action	Origine du défaut / Origin of fault
A	Echauffement excessif du ou des paliers (temp > à 80°C sur les chapeaux de roulements avec ou sans bruit)	Démonter les paliers	<ul style="list-style-type: none"> - Si le roulement a bleu ou si la graisse est carbonisée, changer le roulement. - Cage de roulement lournant dans son emboitement - Mauvais alignement des paliers (flasques mal emboîtés)
	<i>Excessive overheating of one or both bearings (temp of bearings over 80 °C)(With or without abnormal noise)</i>	<i>Dismantle the bearings</i>	
B	Echauffement excessif de la carcasse de l'alternateur(pius de 40° C au dessus de la temperature ambiante)		
	<i>Excessive overheating of alternator frame (temperature 100°F above ambient)</i>		
C	Vibrations excessives		
	<i>Too much vibration</i>		
D	Vibrations excessives plus bruit (grognement provenant de l'alternateur)		
	<i>Excessive vibration and humming noises coming from the alternator</i>		
E	Choc violent, éventuellement suivi d'un grognement et de vibrations		
	<i>Alternator damaged by a significant impact which is followed by numming and vibration</i>		
F	Fumée, étincelles ou flammes sortant de l'alternateur + grognements et vibrations		
	<i>Smoke, sparks, or flames issuing from the alternator</i>		

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 5)**Production et distribution de l'énergie électrique à bord d'un navire.**

La production électrique d'un navire est assurée par 4 groupes diesels-alternateurs semblables de 1 000 kVA qui alimentent sous 440 V 60 Hz le tableau électrique principal.

Le tableau de secours en 440 V 60 Hz peut être alimenté par un diesel-alternateur de secours de 60 kVA.

Un tableau « éclairage de secours » 220 V 60 Hz reçoit son alimentation, soit du tableau de secours grâce à un transformateur 440/220 V, soit de la source transitoire de secours.

La source transitoire de secours est une batterie d'accumulateurs de 200 Ah sous 48 V.

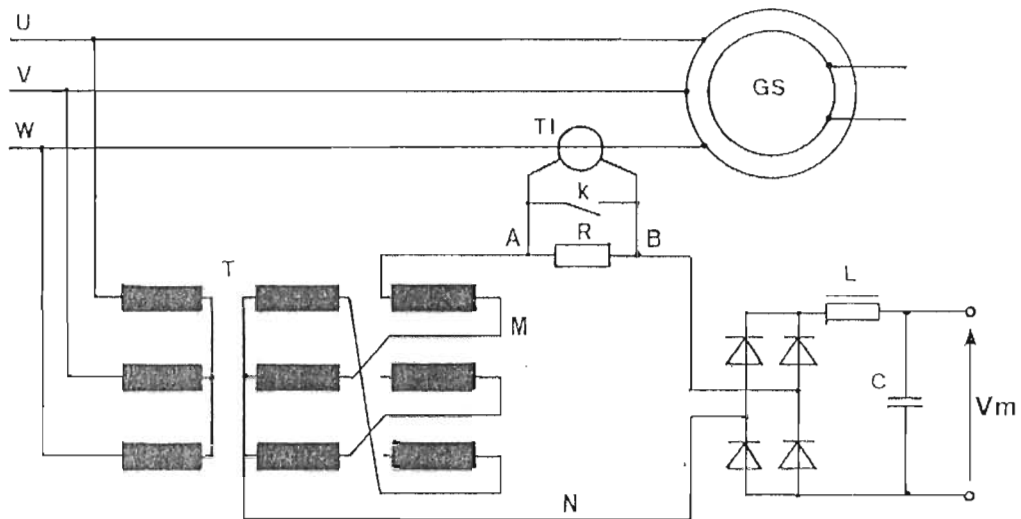
1. Réaliser un schéma unifilaire simplifié de cette installation électrique.
2. Présenter brièvement la succession des situations rencontrées, en précisant les fonctions des divers équipements mis en œuvre, lors de la disparition de la production électrique au tableau principal (black-out) jusqu'à l'alimentation stable du tableau de secours par le groupe de secours.
3. Au cas où, sur ce navire, la puissance de production électrique installée se révélerait insuffisante, indiquer et justifier succinctement pour quelle raison on interdit vraisemblablement le couplage d'un 5^e diesel-alternateur.

2^e QUESTION (valeur = 4)**Régulation de tension d'un alternateur.**

Chacun des 4 alternateurs principaux (GS) de la 1^{re} question est muni d'un régulateur de tension dans lequel la tension mesurée V_m est comparée à la tension de consigne.

Le principe d'élaboration de la tension V_m s'effectue conformément au schéma simplifié ci-dessous.

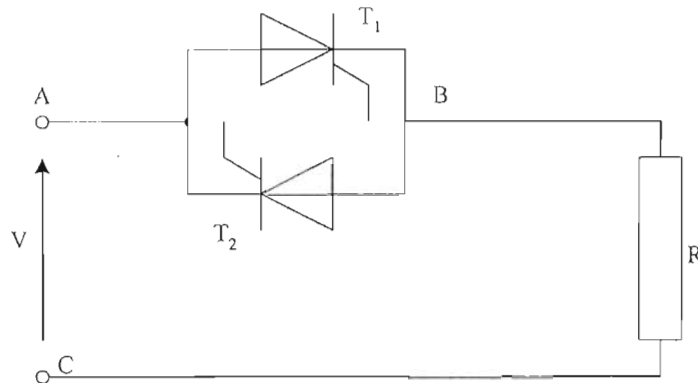
Tournez la page SVP



1. En observant le montage des transformateurs, construire vectoriellement la tension appliquée à l'entrée du pont redresseur à diodes. En déduire l'intérêt de ce montage.
2. Préciser dans quelle situation le régulateur fonctionne avec le contact K fermé.

3^e QUESTION (valeur = 7)

1. Dans une présentation simple et concise du thyristor, indiquer :
 - 1.1. sa composition (les différentes électrodes et types des couches) ;
 - 1.2. les conditions de sa mise en conduction et d'arrêt de cette conduction ;
 - 1.3. sa caractéristique courant/tension en précisant ses valeurs remarquables.
2. Une source de tension alternative sinusoïdale 60 Hz de valeur efficace $V = 254 \text{ V}$ permet par le montage représenté ci-dessous l'alimentation d'une résistance pure R de 80Ω .



- 2.1. Indiquer le nom du montage réalisé.
- 2.2. Représenter, en fonction du temps, l'allure de la tension aux bornes de la résistance pour un angle de retard, noté α , à la mise en conduction des thyristors.
- 2.3. Montrer que l'expression littérale de la tension efficace U aux bornes de la résistance, en fonction de la tension V et de l'angle α , est :

$$U = V \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}$$

3. Calculer la puissance dissipée dans la charge si :

- $\alpha = \frac{\pi}{4}$;

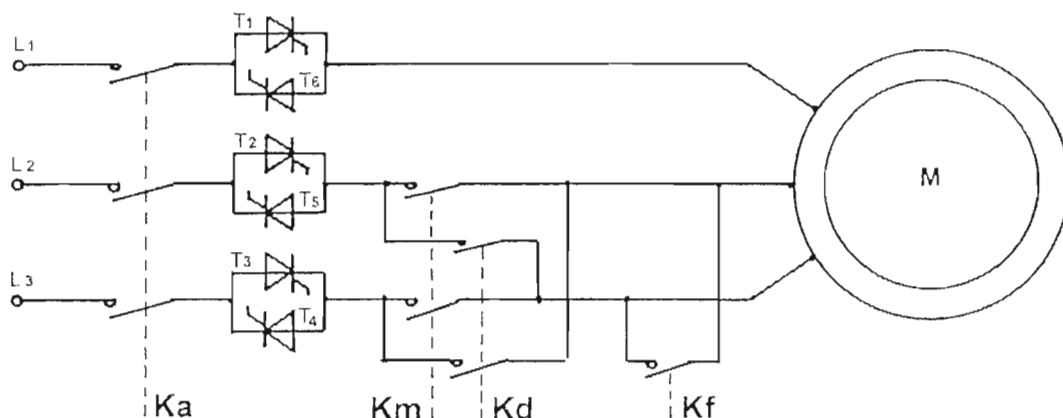
- $\alpha = \frac{3\pi}{4}$.

4. Indiquer quel composant électronique particulier assure la même fonction que le montage des thyristors ci-dessus. Donner son symbole et préciser s'il couvre le même domaine d'emploi.

4^e QUESTION (valeur = 4)

Réglages de la vitesse des moteurs asynchrones par thyristors.

Un constructeur propose, pour l'alimentation d'un moteur asynchrone à rotor à cage, enroulements statoriques branchés en étoile, l'équipement représenté sur le schéma simplifié ci-dessous. Le contact Kf n'est fermé que lors de la phase de freinage par injection de courant continu.



1. A l'aide de la représentation de la caractéristique mécanique $T = f(n)$, montrer :
 - 1.1. que cette disposition permet de régler la vitesse de rotation du moteur ;
 - 1.2. les inconvénients qui limitent l'emploi de cette solution.
2. Préciser le ou les avantages du montage des thyristors avant les contacteurs de montée (Km) et descente (Kd).
3. La phase d'arrêt prévoit, après une montée ou descente, une période de 5 s de freinage par injection de courant continu d'une tension moyenne de 15 V qui commence par l'allumage du thyristor T1.

Indiquer quels sont les contacteurs qui seront fermés lors du freinage après une phase descente et préciser si la commande du retard à l'amorçage s'applique à tous les thyristors.

Dans la négative indiquer quels thyristors pourront être amorcés.

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."*

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 8)

Ponts redresseurs monophasés.

On se propose d'étudier les deux montages représentés par les figures 1 et 2 ci-dessous, pour lesquels on donne les caractéristiques suivantes :

- alimentation par un réseau 220 V – 50 Hz ($v(t) = V \sqrt{2} \sin(\omega t)$) ;
- $\theta = \omega t =$ angle électrique ;
- $\varphi =$ angle de retard à l'amorçage des thyristors ;
- la charge est constituée par une f.c.é.m. $E' = 100$ V en série avec une résistance $R = 50 \Omega$;
- les diodes et thyristors utilisés sont supposés parfaits.

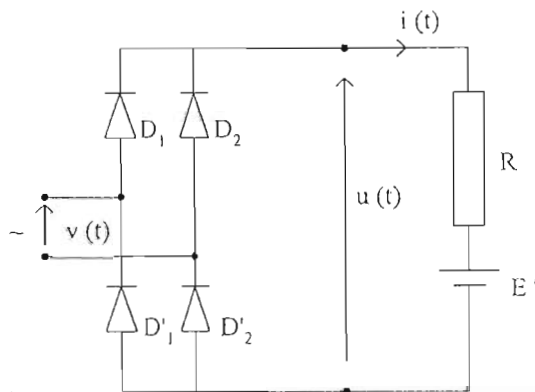


Figure 1

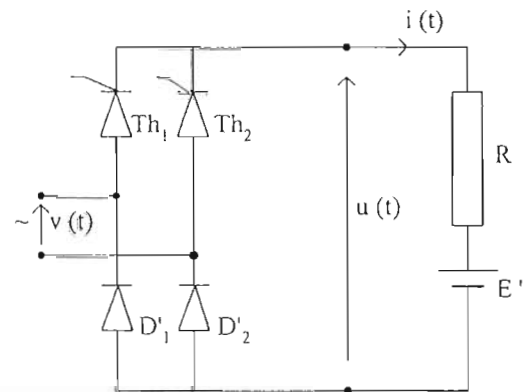


Figure 2

1. Pont à 4 diodes (figure 1).
 - 1.1. Donner le nom de ce montage et expliquer son rôle.
 - 1.2. Tracer les oscillogrammes de la tension $u(\theta)$ et du courant $i(\theta)$.
 - 1.3. Calculer les angles électriques θ_1 et θ_2 pour lesquels la diode $D1$ commute ($0 < \theta_1 < \theta_2 < \pi$).
 - 1.4. Calculer les valeurs moyennes de la tension u et de l'intensité i .
2. Pont mixte (figure 2).
 - 2.1. Calculer la valeur de l'angle φ pour laquelle le thyristor $Th1$ est susceptible d'être amorcé.
 - 2.2. Tracer les oscillogrammes de $u(\theta)$ et de $i(\theta)$ pour $\varphi = 90^\circ$.
 - 2.3. Dire quel est l'intérêt du pont mixte en électricité.

Tournez la page SVP

2^e QUESTION (valeur = 8)

Variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés.

Présenter les différents moyens de commande électronique utilisés pour assurer la variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés.

Pour chaque moyen :

1. Présenter l'évolution du couple du moteur en fonction de sa vitesse ;
2. Représenter un schéma de principe de circuit de puissance correspondant en expliquant de manière synthétique son fonctionnement.

3^e QUESTION (valeur = 4)

Alternateur.

Réaliser le schéma d'un dispositif d'excitation statique de type "compound" d'un alternateur monophasé.

A l'aide d'une ou plusieurs représentations vectorielles des tensions et intensités, montrer les variations du courant d'excitation de l'alternateur en fonction de l'intensité du courant débité et du facteur de puissance de l'installation.

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics."*

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

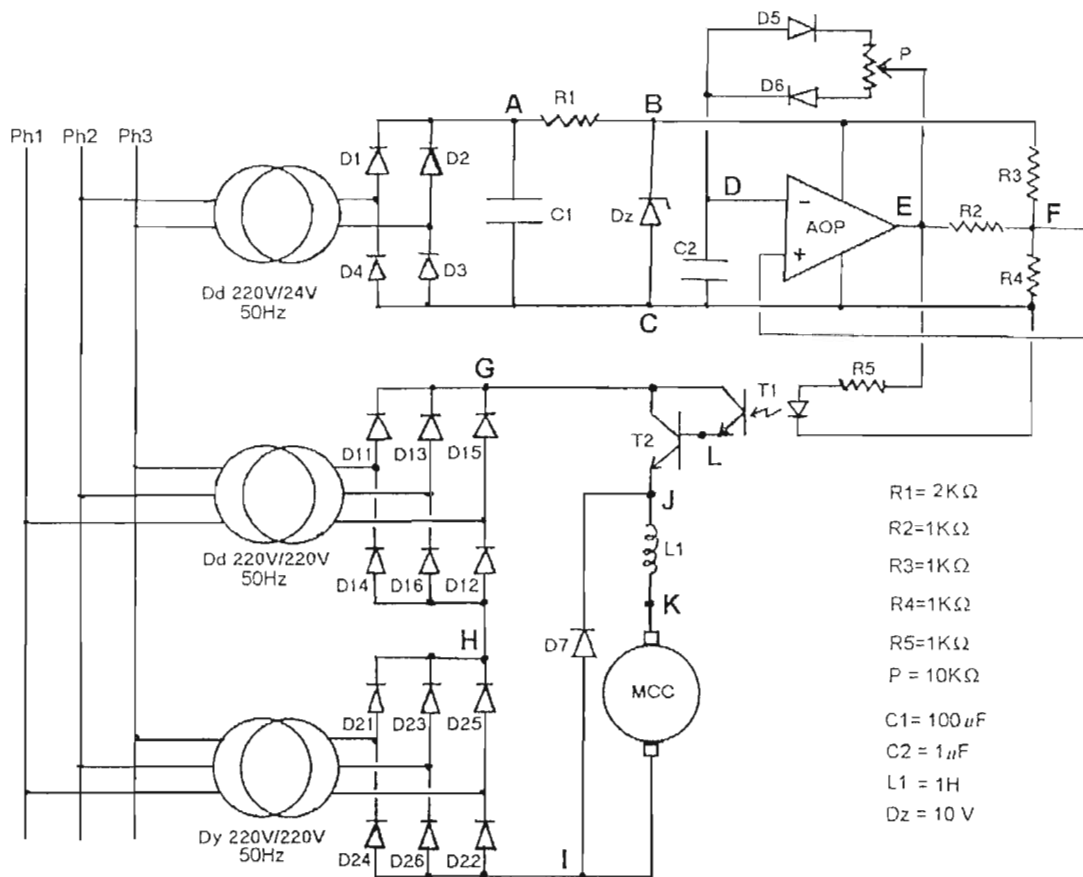
(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)**Disjoncteur.**

1. Dessiner le symbole normalisé du disjoncteur.
2. Donner ses rôles.
3. Dessiner sa courbe de fonctionnement.
4. Donner les critères de choix d'un disjoncteur.
5. Expliquer ce qu'est la sélectivité d'une installation.

2^e QUESTION (valeur = 10)

On considère le schéma ci-dessous qui représente un variateur de vitesse d'un moteur à courant continu à excitation séparée (l'excitation n'est pas représentée).



1. Indiquer les différentes possibilités de commande de ce type de moteur en discutant les avantages et les inconvénients présentés par chacune d'elles.

Tournez la page SVP

2. Etude de la partie puissance du montage.
On considère l'excitation du moteur comme constante, le fonctionnement des transistors en commutation et les composants comme parfaits.
 - 2.1. Nommer la ou les fonctions de l'électronique de puissance se trouvant dans le montage. Donner les possibilités de commande du moteur offertes par ce dispositif. Justifier vos réponses.
 - 2.2. Tracer la forme de la tension U_{GI} sur une période du réseau d'alimentation. Déterminer sa valeur moyenne.
 - 2.3. Expliquer le fonctionnement de l'ensemble T1 et T2, L1, MCC, D7.
 - 2.4. Déterminer la valeur moyenne de la tension U_{JK} aux bornes de la self et la valeur moyenne du courant dans le moteur si sa f_{cem} est de 200 V, sa résistance interne est de 1Ω et si le rapport cyclique de la commande de T1 et T2 réglé à 50 %. Justifier vos réponses.
3. Etude de la partie commande.
On considère les composants comme parfaits et l'AOP travaille à saturation.
 - 3.1. Indiquer les formes et valeurs des tensions U_{AC} et U_{BC} .
 - 3.2. Justifier l'affirmation selon laquelle l'AOP travaille à saturation.
 - 3.3. Calculer les valeurs possibles de la tension en F. En déduire le fonctionnement de l'AOP et expliquer le rôle de l'ensemble P, D5 et D6.

3^e QUESTION (valeur = 4)

Transistor bipolaire.

1. Donner les caractéristiques électriques principales (ordres de grandeur) du transistor bipolaire utilisé en électronique de puissance.
2. Donner ses principales qualités et défauts.
3. Donner des exemples d'applications.

Nota :

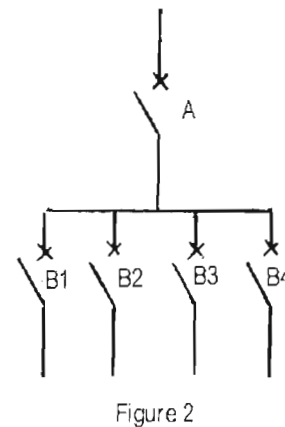
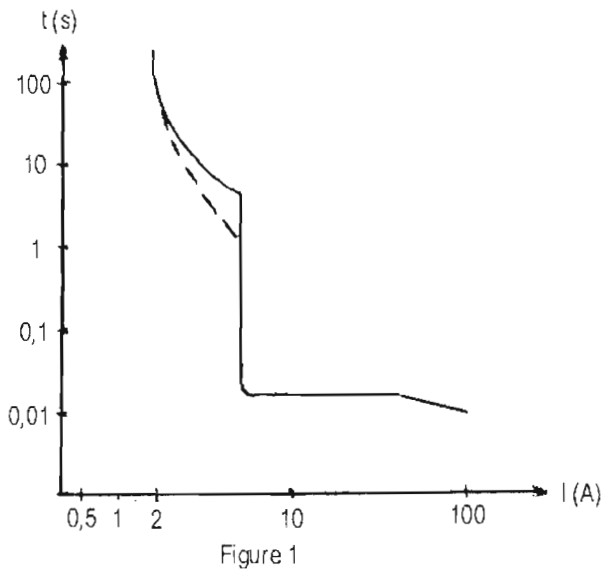
1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".*

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 4)

Appareillage électrique.



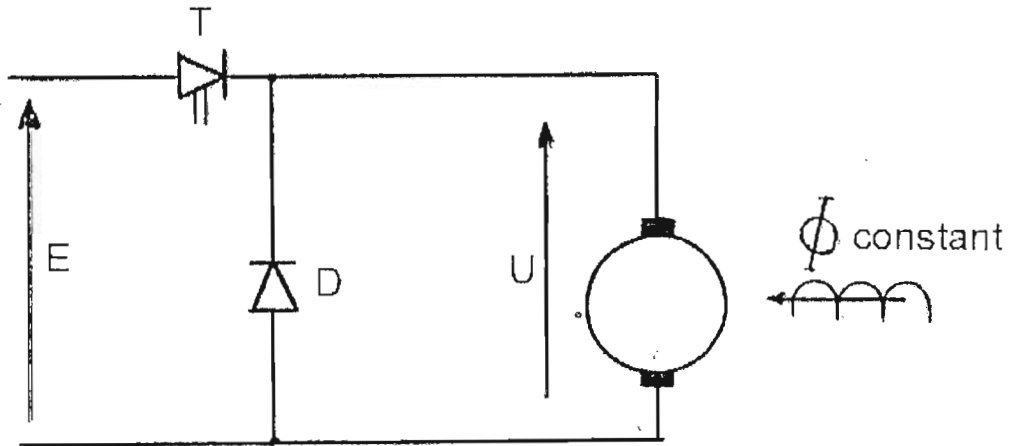
1. La figure 1 ci-dessus représente les courbes de déclenchement d'un disjoncteur. Commenter ces courbes succinctement et préciser la valeur du pouvoir de coupure du disjoncteur.
2. Représenter dans un système, d'axe courant – temps, l'allure des courbes de déclenchement des disjoncteurs A et B4 du schéma électrique de la figure 2, sachant que ces disjoncteurs présentent une sélectivité totale ampèremétrique et chronométrique.
3. En vous aidant de schémas, expliquer le fonctionnement d'un disjoncteur différentiel.

Tournez la page SVP

2^e QUESTION (valeur = 4)

Electronique de puissance.

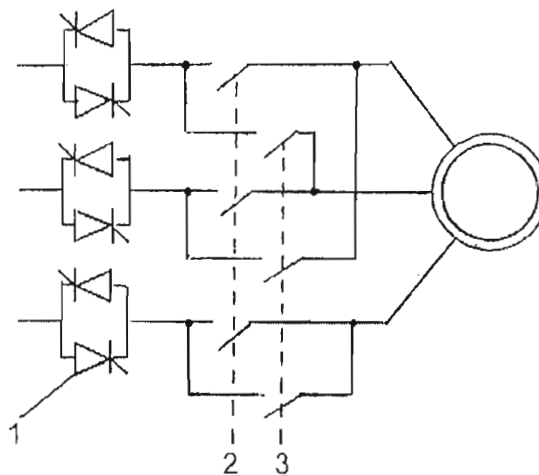
Soit le schéma de principe, ci-dessous, d'un circuit d'alimentation d'un moteur électrique.



1. Indiquer pour quel type de moteur (courant alternatif ou courant continu) le schéma s'applique.
2. En justifiant votre réponse, indiquer si ce système permet le fonctionnement du moteur dans les quatre quadrants.
3. A l'aide d'une représentation graphique de la tension U en fonction du temps t , expliquer le fonctionnement de ce montage, en indiquant quels sont les composants qui conduisent pour chaque intervalle de temps remarquable.
4. On veut que la tension moyenne U_{moyen} aux bornes du moteur soit égale à $0,3 E$.
 - 4.1. Calculer la valeur du rapport cyclique.
 - 4.2. Représenter graphiquement en fonction du temps :
 - la tension U ;
 - l'allure du courant i .

3^e QUESTION (valeur = 6)

Variateur de vitesse



Le schéma de principe précédent est celui d'un système de variation de vitesse d'un moteur électrique.

1. Indiquer :
 - à quel type de moteur il s'applique (courant continu ou alternatif) ;
 - le nom de l'élément repéré 1 ;
 - le rôle des interrupteurs repérés 2 et 3.
2. Le moteur entraîne un ventilateur dont le couple résistant est proportionnel au carré de la vitesse de rotation. Sur un graphique représentant le couple en fonction de la vitesse, faire figurer :
 - l'allure des courbes :
 - du couple résistant,
 - du couple moteur pour un fonctionnement :
 - à vitesse élevée,
 - à vitesse faible.
 - les points de fonctionnement correspondant à ces deux vitesses.
3. Indiquer les inconvénients de ce type de régulation de vitesse.

4^e QUESTION (valeur = 6)

Optoélectronique

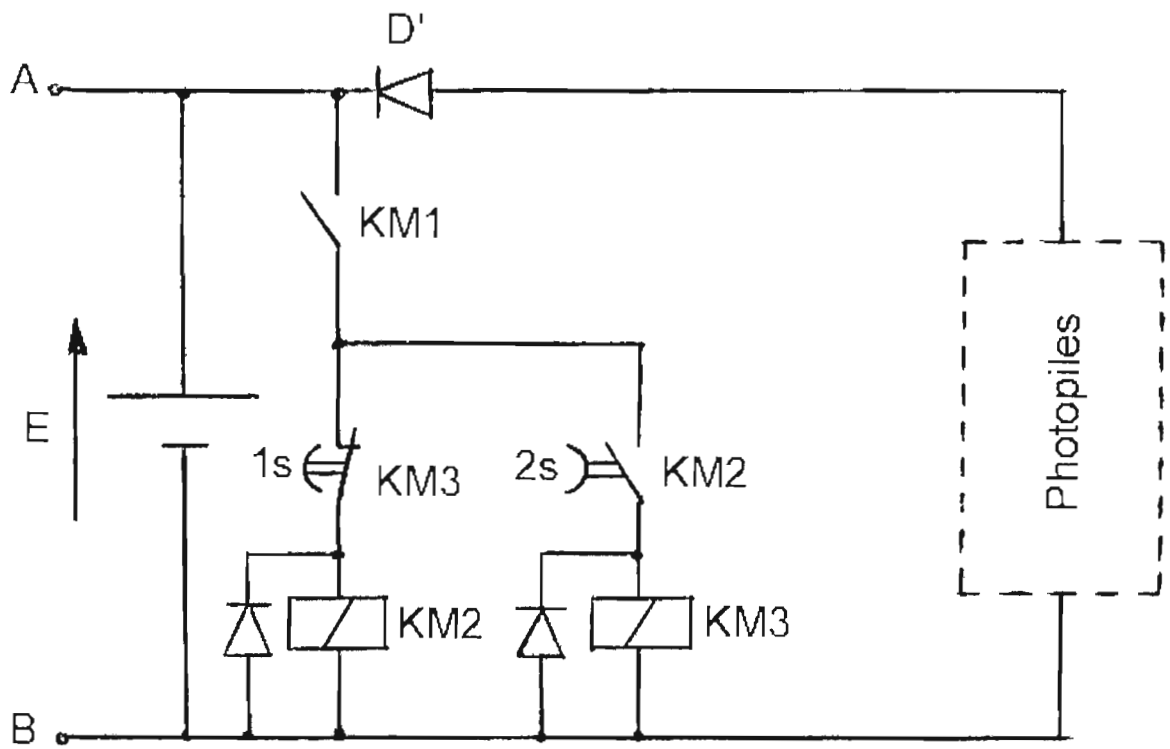
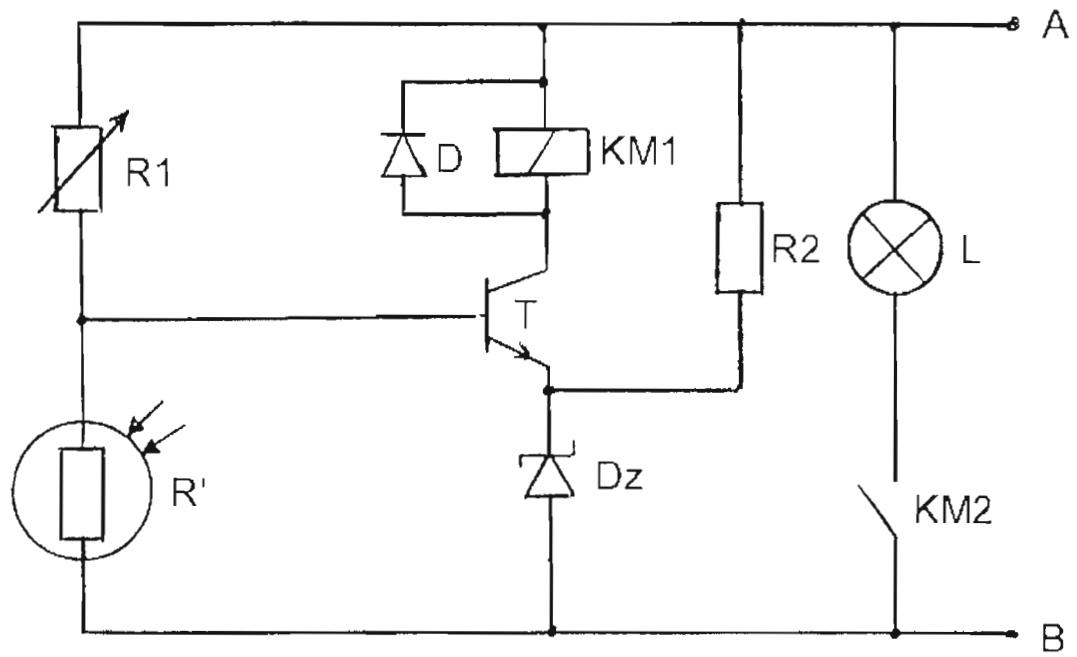
Une bouée de chenal est équipée d'une batterie 12 V alimentant une lampe de 60 W qui ne s'allume que la nuit venue. La charge de la batterie a lieu de jour par un ensemble de photopiles. Chaque photopile fournit, sous un éclairage moyen, un courant égal à 1 A sous 0,4 V. Les différents schémas du montage sont représentés en annexe.

1. Montrer que KM1 ne peut être alimenté qu'au cours de la nuit et expliquer le rôle :
 - du réglage de R1 ;
 - de la diode D ;
 - de la diode D₂.
2. On veut que la puissance des photopiles soit de 120 W. Le seuil de conduction de la diode D' étant de 0,8 V, déterminer le nombre et le montage des photopiles.
3. A l'aide d'un chronogramme indiquant les états des contacts et des bobines, montrer que la lampe L clignote lorsque KM1 est alimenté et déterminer sa durée d'éclairage et celle d'extinction.

Nota :

1. *Aucun document n'est autorisé.*
2. *Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".*

ANNEXE



I - ETUDE DU FONCTIONNEMENT D'UN PONT DE GRAËTZ TRIPHASE A THYRISTORS.

On se propose d'étudier le fonctionnement d'un pont de Graëtz triphasé composé de six thyristors (figure 1). On supposera les thyristors parfaits : chute de tension directe nulle, courant de maintien nul, courants de fuite direct et inverse nuls.

Le montage est alimenté par un réseau triphasé équilibré dont les tensions entre phases et neutre, de valeur efficace $V = 220$ V et de fréquence $f = 50$ Hz, ont pour équations :

$$v_1 = \sqrt{2} \sin \omega t \quad ; \quad v_2 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 2\pi/3) \quad ;$$

$$v_3 = \sqrt{2} \sin(\omega t - 4\pi/3)$$

Les thyristors sont commandés successivement par des impulsions séparées par un sixième de période, c'est à dire : R à t_0 , T' à $t_0 + T/6$, S à $t_0 + 2T/6$,

On caractérisera l'instant d'amorçage t_0 par l'angle de retard à l'amorçage α par rapport à la conduction naturelle d'un pont de trois diodes ; on aura donc :

$$\alpha = \omega(t_0 - T/12) = \omega t_0 - \pi/6 \quad (\text{figure 2})$$

Les graphes seront tracés sur les feuilles jointes au texte sur lesquelles figurent les courbes des tensions en fonction du temps avec les échelles suivantes :

$$T = 0,02 \text{ s} : 6 \text{ cm}$$

$$V = 220 \text{ V} : 2,2 \text{ cm}$$

A - Etude de la conduction continue dans deux cas particuliers.

(10 points)

Le pont de Graëtz est connecté aux deux points A et B à un ensemble constitué d'un récepteur actif assimilable à une f.é.m. E en série avec une résistance $R = 2$ ohms, et d'une inductance pure L supposée de valeur suffisamment élevée pour que le courant i ne s'annule jamais (figure 3). La conduction est alors continue, un thyristor se bloquant quand le suivant s'amorce, dans chaque groupe de trois thyristors (R S T, R' S' T').

Dans les deux cas particuliers suivants :

$$\alpha = 30^\circ \quad ; \quad |E| = 400 \text{ V}$$

$$\alpha = 150^\circ \quad ; \quad |E| = 400 \text{ V}$$

1 - Représenter graphiquement en fonction du temps :

- la tension du point A par rapport au point neutre N ;
- la tension du point B par rapport au point neutre N ;
- la tension u_d entre les points A et B ;
- la tension aux bornes du thyristor R.

- 2 - Indiquer sur les axes des temps prévus à cet effet sur les feuilles de graphes les intervalles de passage du courant dans les différents thyristors (pont RST, pont R'S'T') et dans les fils de phase du réseau d'alimentation.
- 3 - Dans chacun des deux cas étudiés, préciser le signe du courant i , le signe de la tension redressée moyenne \bar{U}_d et le rôle du montage.
- Quel doit être dans chaque cas le signe de E si l'on veut limiter le courant moyen \bar{I} à une intensité maximale de 25 A ?

B - Etude générale de la conduction continue.

- 1 - Démontrer que la valeur moyenne de la tension du point A par rapport au point neutre N s'exprime en fonction de α par la relation :

$$\bar{V}_A = \frac{3}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} \sqrt{2} \cos \alpha$$

En déduire la valeur moyenne de la tension du point B par rapport au point neutre N, et la valeur de la tension redressée moyenne \bar{U}_d en fonction de α .

Calculer numériquement les valeurs maximales de ces trois tensions.

- 2 - Etude des cas limites : étudier l'évolution de la tension aux bornes du thyristor R au moment de l'amorçage pour $\alpha = 0^\circ$, et au moment du blocage pour $\alpha = 180^\circ$. Quels défauts de fonctionnement peuvent apparaître dans ces conditions ? Pour éviter ces défauts, on limite pratiquement α à $\alpha_{\min} = 8^\circ$ (butée) et $\alpha_{\max} = 150^\circ$ (marqueur). Quelles sont les valeurs correspondantes de la tension moyenne redressée ?
- 3 - En tenant compte des résultats des deux questions précédentes, donner l'allure de la courbe représentant \bar{U}_d en fonction de α pour $0^\circ < \alpha < 180^\circ$.

C - Etude de la conduction discontinue et de la limite de conduction (6 points)

L'inductance L, aussi élevée que soit sa valeur, ne peut assurer la permanence du courant i pour les valeurs faibles du courant moyen \bar{I} .

- 1 - On considère le cas particulier de fonctionnement caractérisé par $\alpha = 60^\circ$ et $E = +350$ V. On suppose que, dans ces conditions, chaque thyristor conduit pendant un temps égal à $T/12$. Représenter graphiquement en fonction du temps la tension u_d entre les points A et B.
- 2 - Indiquer sur les axes correspondants les intervalles de conduction des six thyristors. Expliquer pourquoi il est indispensable de réamorcer chaque thyristor par une deuxième impulsion en retard d'un sixième de période par rapport à l'impulsion normale d'amorçage (double amorçage).
- 3 - Expliquer pourquoi, pour chaque valeur de E , il existe un angle limite α_2 au delà duquel la conduction est impossible. Que vaut la tension moyenne \bar{U}_d entre A et B pour $\alpha > \alpha_2$? Démontrer la relation : $E = \sqrt{6} \sin(\alpha_2 + \pi/3)$

II - ETUDE DE LA COMMANDE D'UNE MACHINE A COURANT CONTINU A EXCITATION SEPARÉE.

A - Etude théorique du fonctionnement "quatre quadrants".

Le récepteur qu'alimente le pont de Graëtz est une machine à courant continu à excitation séparée, parfaitement compensée et de pertes à vide négligeables, ayant les caractéristiques suivantes :

nombre de voies $2a =$ nombre de pôles $2p = 2$

nombre de conducteurs actifs $N = 550$

résistance d'induit $R = 2$ ohms

tension nominale $U_n = 440$ V

Intensité nominale $I_n = 20$ A

- 1 - Représenter graphiquement les variations de la f.é.m. E de cette machine en fonction de l'intensité du courant dans l'induit, pour les valeurs $+440$ V et -440 V de la tension U d'alimentation et pour des valeurs de I comprises entre $+I_n$ et $-I_n$.
- 2 - Donner les expressions de la f.é.m. E et du couple électromagnétique C de la machine en fonction du courant I , du flux inducteur ϕ et de la vitesse de rotation Ω .
On sait que la machine tourne à vide à 960 tr/min avec une tension aux bornes de 440 V et une valeur maximale du flux inducteur. Calculer ce flux ϕ_{max} .
Que deviennent alors les expressions de E et de C ?
- 3 - Montrer que les courbes $E = f(I)$ tracées en 1 peuvent aussi bien représenter, à un changement d'échelles près, les caractéristiques mécaniques de la machine $\Omega = f(C)$ pour une valeur constante du flux.
Indiquer clairement le rôle de la machine pour les fonctionnements correspondant aux quatre quadrants du plan de coordonnées (E, I) ou (Ω, C) . On précisera par des schémas simples les sens de la vitesse de rotation et du couple.
- 4 - Montrer pourquoi le fonctionnement de la machine dans les quatre cas correspondant aux quatre quadrants ne peut être obtenu avec un seul pont de Graëtz et nécessite l'emploi de deux ponts en montage "tête-bêche" (figure 4).
En supposant que les sens de E et de I indiqués sur la figure correspondent à des valeurs positives, préciser pour chacun des quatre quadrants quel est le pont en fonctionnement et quel est son rôle ?

B - Etude d'un cycle de fonctionnement particulier. (6 points)

On veut commander le déplacement dans les deux sens d'un système mécanique, avec freinage en récupération avant inversion du sens de déplacement.

On rappelle qu'en régime établi, la tension moyenne aux bornes de l'inductance de lissage L est nulle.

1 - Démarrage et marche en sens direct.

On veut démarrer à couple maximal. A partir de quelle valeur de α obtiendra-t-on ce couple ? Quelle fréquence de rotation maximale (en tr/min) pourra-t-on atteindre à couple maximal, si on limite α à 30° ?

2 - Freinage en récupération.

Le couple résistant s'annule : quelle est alors la fréquence du moteur, α étant toujours égal à 30° ?

On veut freiner le système mécanique en faisant fonctionner la machine en génératrice. Quel pont devra alors fonctionner et avec quelle valeur initiale de α ?

Comment devra évoluer α et jusqu'à quelle valeur pour ramener la fréquence de rotation à zéro en conservant au courant débité par la machine la valeur $I_n = 20 \text{ A}$?

3 - Marche en sens inverse : réglage de la vitesse.

a) - Le couple résistant dans ce fonctionnement est donné par la relation : $C = 0,4 \Omega$ (C en N.m et Ω en rad/s)

Quelle vitesse de fonctionnement maximale peut-on obtenir sans modifier le flux inducteur, en tenant compte des limitations de α ?

b) - On veut obtenir la vitesse la plus grande possible sans dépasser le courant nominal dans l'induit. Quelle sera cette vitesse et pour quelle valeur du flux l'obtiendra-t-on ?

4 - Ralentissement et arrêt.

On veut ralentir le système sans freiner en récupération : quelles sont les opérations à effectuer ? Pour quelle valeur de α obtiendra-t-on l'arrêt, en tenant compte du fait que le courant sera alors nécessairement devenu discontinu ?

5 - Tracer dans le système d'axes $\Omega = f(C)$ la courbe représentant le cycle de fonctionnement étudié.

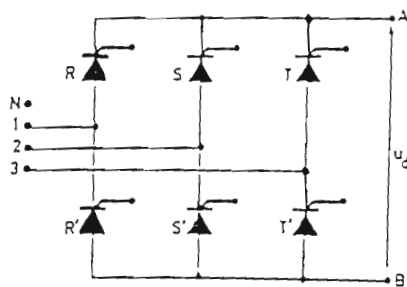
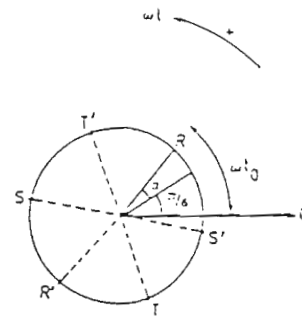


Figure 1



Séquence d'amorçage
Figure 2

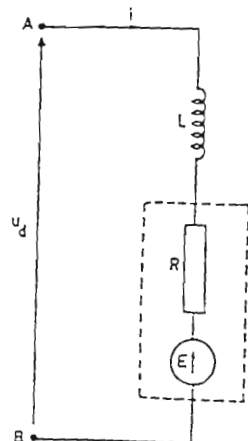


Figure 3

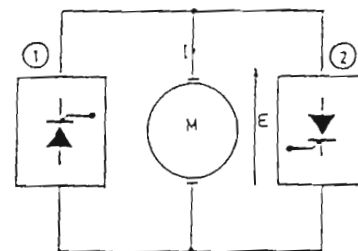
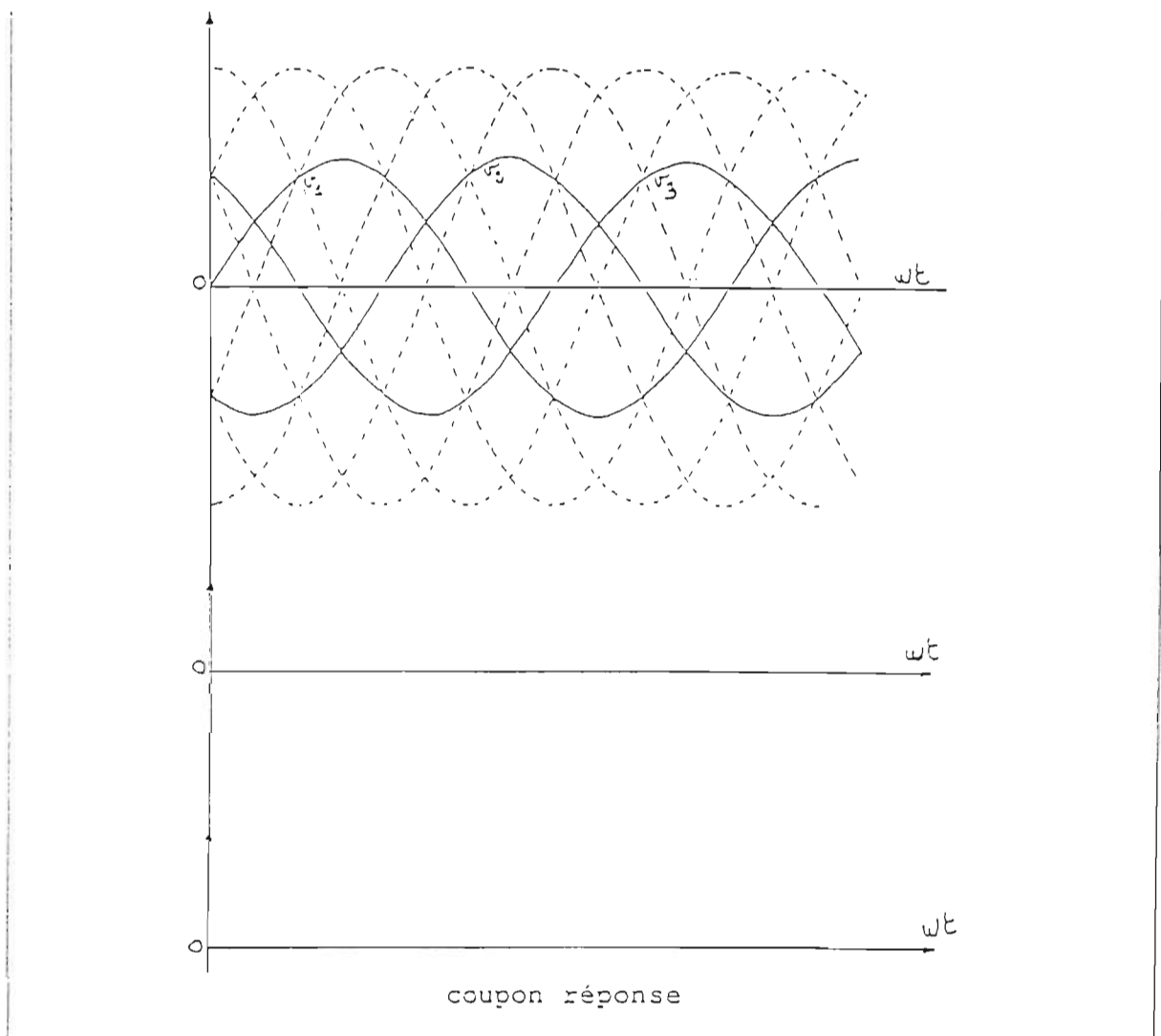


Figure 4



I. Pont de Graëtz triphasé à Thyristors

A) Etude de la conduction continue dans 2 cas particuliers.

1*) $\alpha = 30^\circ$ Fig. 1

a., b. $\alpha = 150^\circ$ Fig. 1'

c. $u_d = V_{AN} - V_{3N}$.

d. l'anode de R est au potentiel v_1 .

Si R conduit $v_2 = 0$, sinon:

$v_2 = v_1 - v_2$ si S conduit

$v_2 = v_1 - v_3$ si T conduit

2) Chaque Thyristor conduit pendant $\frac{2\pi}{3}$, les courants dans les fils de ligne ont une valeur moyenne nulle. Dans le fil de ligne 1, la composante positive est due au thyristor R, la composante négative à R'.

3) La valeur moyenne de la tension de sortie d'un pont de Graëtz à 6 thyristors, en conduction continue est:

$$\bar{u}_d = \overline{V_{AN} - V_{3N}} = 3 \frac{V_m \sqrt{3}}{\pi} \cos \alpha$$

a. $\alpha = 30^\circ$ $\bar{u}_d > 0$ et $i > 0$ montage redresseur

Le transfert de puissance active P s'effectue du réseau vers la charge, le réseau fournit aussi de la puissance réactive.

b. $\alpha = 150^\circ$ $\bar{u}_d < 0$ $i > 0$ montage onduleur

Le transfert de puissance active s'effectue de la charge vers le réseau, à condition que la charge soit effectivement génératrice ce qui suppose que la f.e.m. E se soit inversée. La charge continue à absorber de la puissance réactive d'où le nom d'onduleur non autonome du montage.

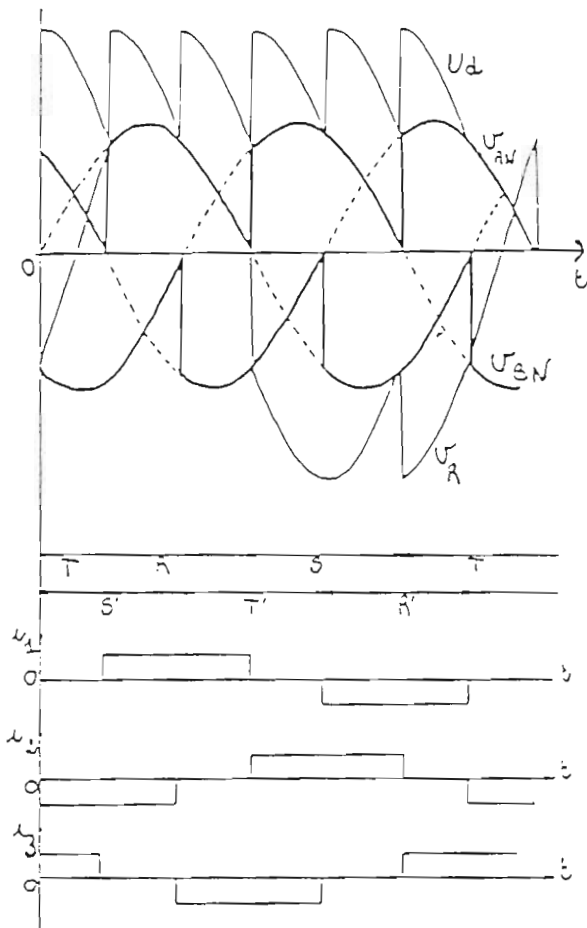


Fig 1 $\alpha = 30^\circ$

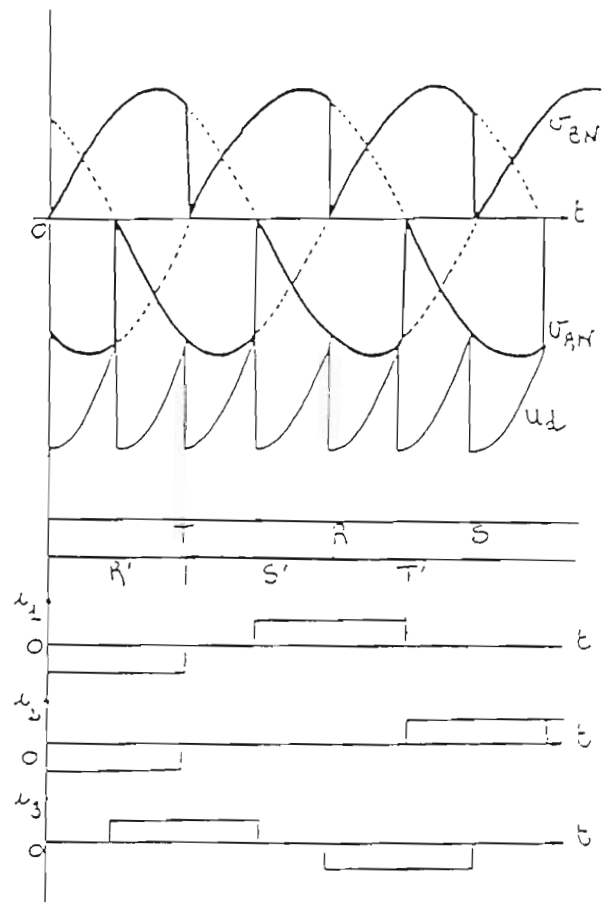


Fig 1' $\alpha = 150^\circ$

B) Etude générale de la conduction continue

1) a.
$$\bar{v}_A = \frac{3V_m}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sin \omega t \, d\omega t$$

$$\bar{v}_A = \frac{3V_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} \cos \alpha$$

b. Le commutateur négatif est le même que le commutateur positif donc : $\bar{v}_A = -\bar{v}_B$

c. On a :
$$u_d = v_A - v_B$$

ou :
$$\bar{u}_d = 2 \bar{v}_A$$

soit :
$$\bar{u}_d = \frac{3V_m \sqrt{3}}{\pi} \cos \alpha$$

AN :
$$\bar{u}_{d,m} = 514,6 \text{ V}$$

$$\bar{v}_{A,m} = 257,3 \text{ V}$$

2) Pour $\alpha = 0$ l'amorçage du thyristor à lieu sous tension nulle tandis que pour $\alpha = 180^\circ$ le blocage a lieu sous tension nulle. Il risque de ne pas s'amorcer et a peu de chance de se bloquer. On s'arrange pour que Th soit soumis à une tension positive minimale lors de l'amorçage et pour que lors du blocage, il soit soumis pendant un temps au moins égal à t_q du Th, à une tension négative.

$$\alpha_{\min} = 8^\circ \Rightarrow \bar{u}_d = 509,6 \text{ V}$$

$$\alpha_{\max} = 150^\circ \Rightarrow \bar{u}_d = -445,7 \text{ V}$$

3) fig. 2 :
$$\bar{u}_d = \frac{3V_m \sqrt{3}}{\pi} \cos \alpha$$

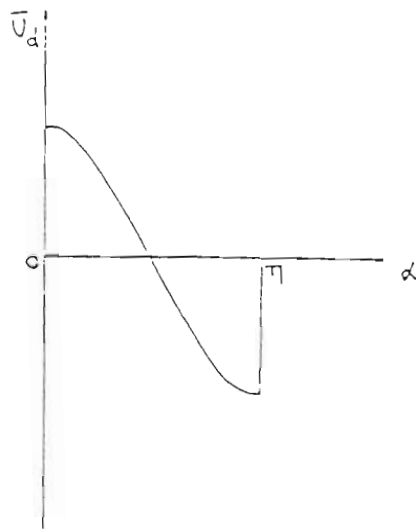


Fig 2

c) Conduction discontinue et limite de conduction

Si le courant moyen est inférieur à l'ondulation maximale du courant la conduction devient discontinue.

1°) On suppose $\alpha = 60^\circ$ et $E = 350V$

Chaque thyristor conduit pendant $\frac{\pi}{2}$ soit un angle de conduction de 30° . Les thyristors qui sont passants, se bloquent quand le courant s'annule et alors $u_d = E$ (Fig. 3)

2°) Tous les thyristors se sont bloqués lors de l'annulation du courant i , si on amorce un seul thyristor il ne se débloque pas puisque le circuit reste ouvert.

Il est indispensable de réamorcer simultanément les deux thyristors, notamment celui qui conduirait si on était en conduction continue. Cette technique de la double impulsion est indispensable en conduction discontinue (Cf fig. 3).

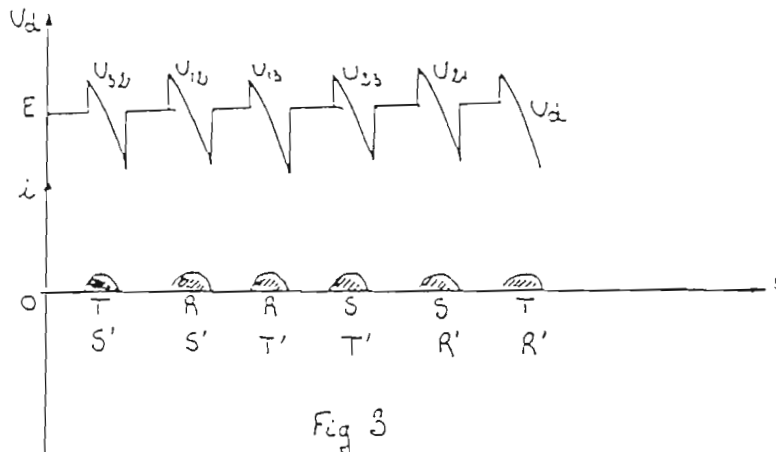


Fig 3

3°) A l'instant où on amorce le thyristor R par exemple, le courant est nul dans la charge. Pour qu'un courant positif puisse circuler il est nécessaire que $u_d > E$

Soit α_L le retard limite, on amorce R:

$$u_d(\alpha_L) = (v_1 - v_2)(\alpha_L) = Y_m \sin\left(\frac{\pi}{6} + \alpha_L\right) - Y_m \sin\left(\frac{\pi}{6} + \alpha_L - \frac{2\pi}{3}\right) = E$$

Ce qui donne, après simplification et compte-tenu du fait que:

$$\sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) = \cos x$$

$$E = Y_m \sqrt{3} \sin\left(\alpha_L + \frac{\pi}{3}\right) \quad \text{ou:} \quad E = Y \sqrt{6} \sin\left(\alpha_L + \frac{\pi}{3}\right)$$

NB: Ce n'est pas la limite de conduction continue du montage, cette condition est: $\frac{3 Y_m \sqrt{3}}{\pi} \cos \alpha = E$

II. Commande d'une machine à courant continu à excitation séparée.

A) La machine travaille à flux constant, les pertes à vide sont négligées et la machine est parfaitement compensée.

1°) On a : $E = U - R I$

Ce qui donne : pour $U = 440 \text{ V}$ $E = 440 - 2 I$
 pour $U = -440 \text{ V}$ $E = -440 - 2 I$

Les courbes sont représentées sur la fig. 3'

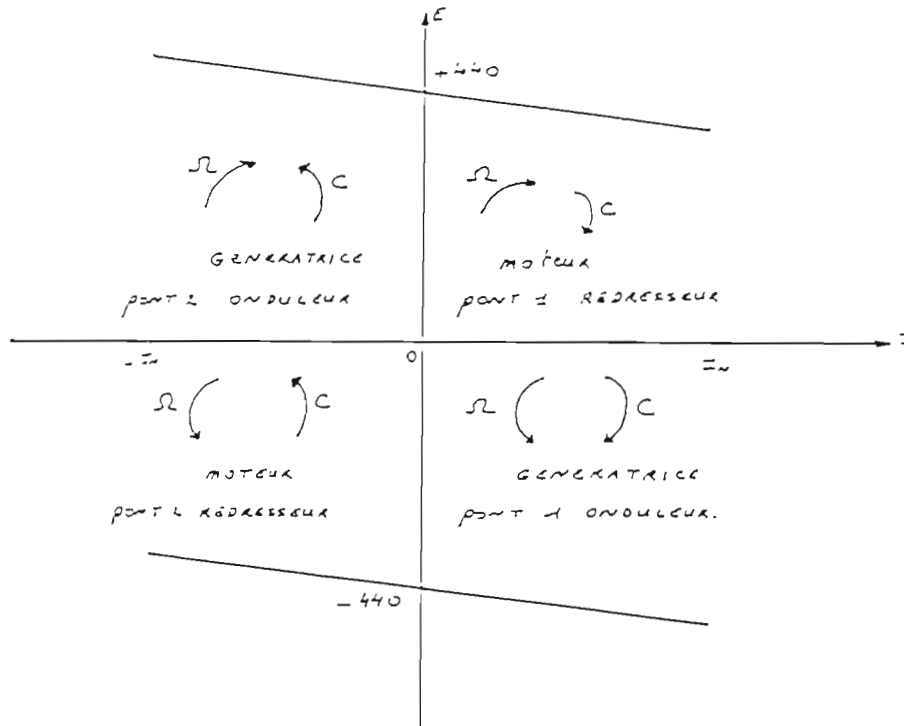


Fig 3'

2°) L'expression de la f.e.m. E est : $E = \frac{P}{a} N \phi \frac{\Omega}{2\pi}$ (Ω en rd/s)

l.N: $E = 87,5 \phi \Omega$

On peut écrire : $P = E I = C \Omega$

Soit : $C = \frac{E I}{\Omega}$

l.N: $C = 87,5 \phi I$

On connaît les performances à vide, le flux est alors maximum

I est nul, $U = E = 440 \text{ V}$, $\Omega = 100,5 \text{ rd.s}^{-1}$

Il vient : $\phi_{\text{max}} = 0,05 \text{ Wb}$ ou 50 mWb

d'où : $E = 4,378 \Omega$

$C = 4,378 I$

3°) Il suffit d'effectuer un changement d'échelle :

$1 \text{ Volt} \rightarrow \frac{1}{4,378} \text{ rd/s}$

$1 \text{ A} \rightarrow \frac{1}{4,378} \text{ N.m}$

fonctionnement de la machine : (Cf fig.3')

$E > 0$ $I > 0$ ou $\Omega > 0$ et $C > 0$ 1^{er} quadrant
 marche en moteur

$I < 0$ $\Omega > 0$ et $C < 0$ 2^{ème} quadrant
 marche en génératrice

$E < 0$ $I < 0$ ou $\Omega < 0$ et $C < 0$ 3^{ème} quadrant
 marche en moteur

$I > 0$ ou $\Omega < 0$ et $C > 0$ 4^{ème} quadrant
 marche en génératrice

4) Le sens du courant doit s'inverser pour parcourir les quatre quadrants ce qui n'est pas possible avec 1 seul pont. On utilise donc un pont pour chaque sens de courant.

1^{er} quadrant: le pont 1 fonctionne en redresseur ($I > 0$)

2^{ème} quadrant: le pont 2 fonctionne en onduleur ($I < 0$, génératrice)

3^{ème} quadrant: le pont 1 fonctionne en redresseur ($I < 0$, moteur)

4^{ème} quadrant: le pont 2 fonctionne en onduleur ($I > 0$, génératrice)

B) Cycle de fonctionnement particulier

1) à l'arrêt $\Omega = 0$, on veut avoir $I_w = 20 \text{ A}$

or: $U = R I_w$ ($E = 0$)

AN: $U = 40 \text{ V}$

L'angle de retard correspondant est tel que: $\frac{3 \sqrt{6} E}{\pi} \cos \alpha = 40$

AN: $\alpha = 85,5^\circ$

Le couple est alors: $C_n = 87,5 \text{ N.m}$

Si on limite l'angle de retard à $\alpha = 30^\circ$, on a:

$$\bar{U}_d = 445,7 \text{ Volts}$$

La chute de tension à couple maximum est de $-0,7$ dans R , donc

$$E = 405,7 \text{ volts}$$

La f.e.m. est proportionnelle à la vitesse:

AN: $n = 885 \text{ tr/mn}$ ou $\Omega = 92,7 \text{ rd.s}^{-1}$

2) freinage en récupération

Si le couple résistant s'annule, le couple moteur aussi, ainsi que le courant dans la machine. $U_d = E = 445,7 \text{ V}$ ($\alpha = 30^\circ$)

Il vient: $n = 972,4 \text{ tr/mn}$ ou $\Omega = 101,8 \text{ rd.s}^{-1}$

On tourne toujours dans le même sens, la marche en génératrice suppose que $I < 0$, donc le pont 2 fonctionne en onduleur $\alpha > 90^\circ$

(Pont 2 est en parallèle inverse sur le moteur par rapport au pont 1).

$$\bar{U}_d = -445,7 \text{ V} \Rightarrow \alpha_2 = 180 - 30 = 150^\circ$$

$$U_d = -445,7 \text{ V} \text{ et } I = -20 \text{ A}$$

alors $E = 485,7 \text{ V}$

et $n = 1059,7 \text{ tr/mn}$ ou $\Omega = 111 \text{ rd.s}^{-1}$

On garde $I_w = -20 \text{ A}$ et on fait évoluer α jusqu'à avoir $\Omega = 0$.

$$U = R I_w = 40 \text{ V} \Rightarrow \alpha_1 = 85,5^\circ \quad (\text{cf. B) 1.})$$

3) marche en sens inverse

a. $C_\alpha = 0,4 \Omega$

D'autre part on a: $C = 4,378 I$ et $E = 4,378 \Omega$

La vitesse maximale correspond à la f.e.m. maximale, elle est obtenue pour $\bar{U}_{d \max}$ soit $\alpha = \alpha_{\min}$.

La machine fonctionne en moteur $\alpha_{\max} = 8^\circ$ soit $U_{d2} = 509,6 \text{ V}$

le pont 2 fonctionne en redresseur.

On obtient: $E = 509,6 - 2 I$

Il faut résoudre le système:

$$E = 509,6 - 2 I = 4,378 \Omega$$

$$C = C_\alpha = 0,4 I = 4,378 I$$

Il vient: $C = 44,69 \text{ N.m}$

$$I = 10,2 \text{ A}$$

$$E = 489 \text{ V}$$

$$n = 1067 \text{ tr/mn} \text{ soit } \Omega = 111,7 \text{ rd.s}^{-1}$$

b. Nous avons toujours la relation: $E = 509,6 - 2 I$

$$I = I_w = 20 \text{ A} \Rightarrow E = 469,6 \text{ V}$$

On sait que l'on a: $E = 87,5 \phi \Omega$

et d'autre part: $C = 87,5 \phi I$

et enfin: $C = C_\alpha = 0,4 \Omega$

AN: $I = I_n = 20 \text{ A}$

DIPLOME D'ÉLÈVE OFFICIER DE 1^{ère} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 3)**Disjoncteur.**

1. Représenter l'allure de la courbe de déclenchement d'un disjoncteur en indiquant, pour chaque portion de courbe, quel dispositif d'ouverture entre en fonction.
2. Indiquer en quoi consiste la sélectivité entre deux disjoncteurs. Indiquer quel en est l'intérêt et donner un exemple de schéma électrique accompagné d'une représentation des courbes de déclenchement respectives des deux disjoncteurs.

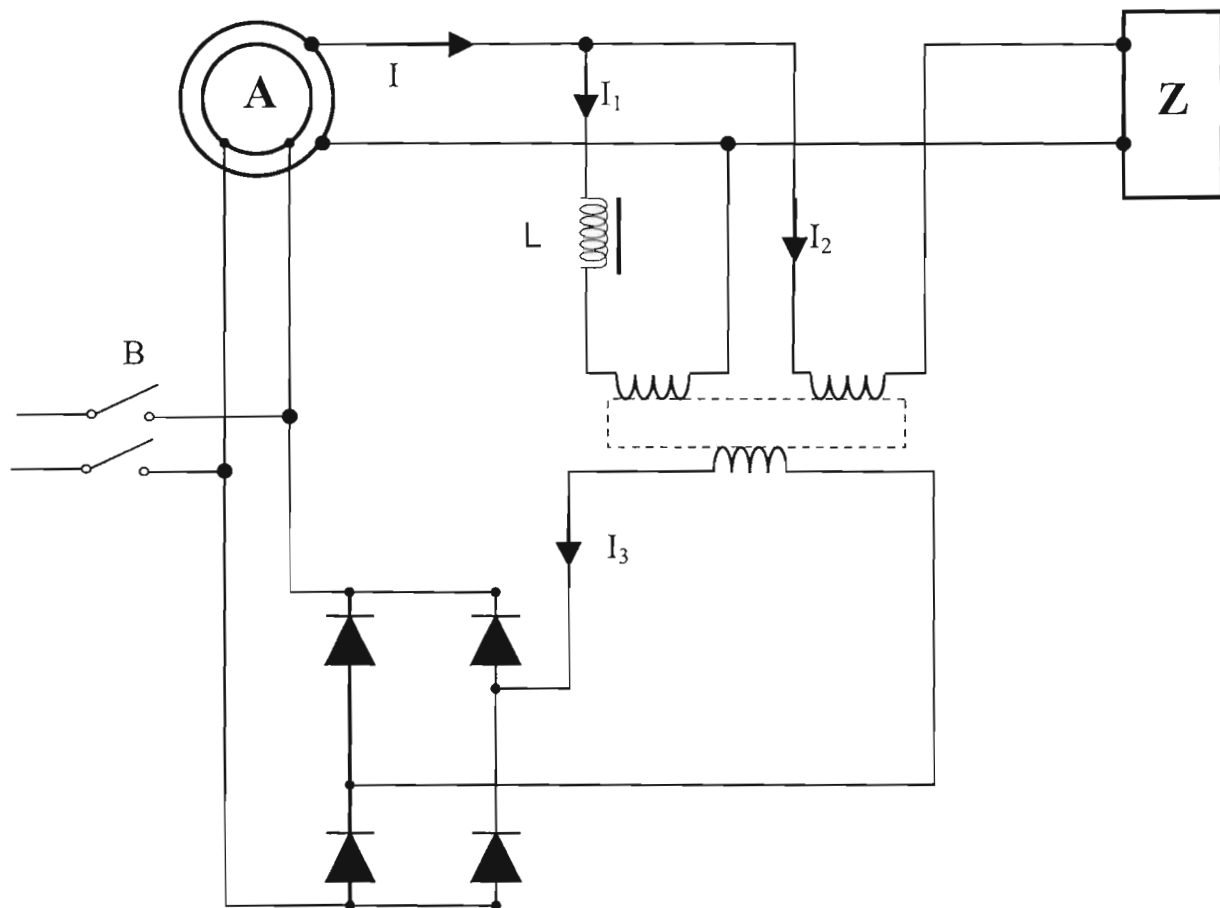
2^e QUESTION (valeur = 6)**Excitation d'un alternateur.**

Sur le schéma électrique représenté ci-dessous, l'alternateur A fournit un courant I_2 à une charge inductive ayant une impédance Z . L'inductance L est variable.

On note E la force électromotrice à vide de l'alternateur et U la tension en charge aux bornes de Z .

1. Représenter le diagramme simplifié de Ben Eschenburg (représentation vectorielle des tensions E , U , $L\omega I_2$ et du courant I_2).
2. Justifier la nécessité d'une régulation de tension lorsque Z varie.
3. Montrer que si l'alternateur est à vide, le réglage de l'inductance L permet celui de la force électromotrice \bar{E} .
4. Indiquer dans quel cas la batterie branchée en B peut être nécessaire.
5. Compléter le diagramme de Ben Eschenburg avec les vecteurs $\overline{n_1 I_1}$, $\overline{n_2 I_2}$, et $\overline{n_3 I_3}$ tels que, vectoriellement, on a $\overline{n_1 I_1} + \overline{n_2 I_2} = -\overline{n_3 I_3}$ (relation d'Hopkinson).
 - 5.1. Indiquer la relation liant n_1 , n_2 , I_1 , U et $L\omega$ pour laquelle on a $\overline{n_3 I_3}$, perpendiculaire à \bar{E} (c'est à dire pour laquelle les triangles U , $L\omega I_2$, E et $n_1 I_1$, $n_2 I_2$, $n_3 I_3$ sont semblables).
 - 5.2. Tracer deux diagrammes de Ben Eschenburg superposés et complétés avec $\overline{n_1 I_1}$, $\overline{n_2 I_2}$, et $\overline{n_3 I_3}$ avec deux valeurs différentes de I_2 et montrer graphiquement que si I_2 varie, U reste constant avec ce montage.

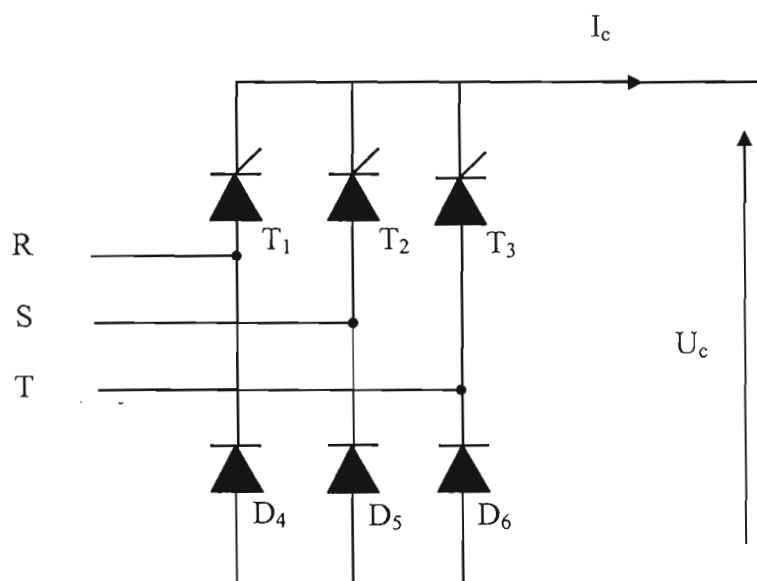
Tournez la page S.V.P.



3^e QUESTION (valeur = 6)

Régulation de vitesse d'un moteur.

On alimente un moteur série à courant continu sous une tension U_c à l'aide d'un pont mixte triphasé représenté ci-dessous.



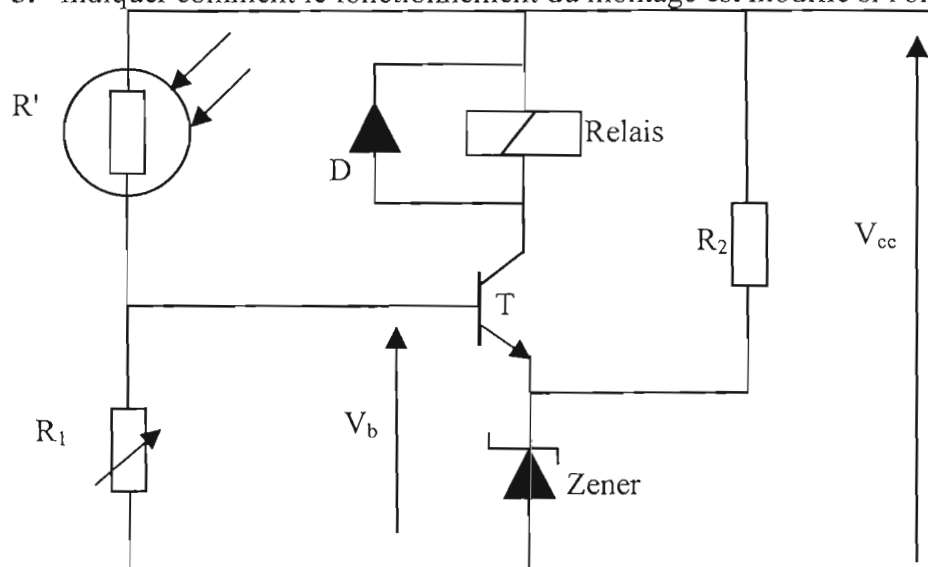
- En supposant le moteur fortement inductif, compléter les schémas donnés en annexes 1 à 2 (à rendre avec la copie) des tensions composées en représentant par un trait plus épais la tension U_c aux bornes du moteur lorsque l'angle de retard à l'amorçage des thyristors vaut :
 - $\alpha_1 = 0^\circ$ (annexe 1),
 - $\alpha_2 = 90^\circ$ (annexe 2),
 (on rappelle que α se compte à partir du point où le thyristor peut conduire).
Justifier les réponses.
- Indiquer quel est le fonctionnement du moteur pour les angles de retard à l'amorçage ci-dessus et conclure sur le(s) quadrant(s) de fonctionnement possible(s) avec ce montage.
- En déduire si ce type de montage est utilisable pour l'entraînement :
 - de pompe centrifuge,
 - de treuil,
 - d'hélice à pales fixes.
- La commande du thyristor T_2 est inopérante. Compléter l'annexe 3 en représentant par un trait plus épais la tension U_c aux bornes du moteur lorsque l'angle de retard à l'amorçage des thyristors est nul.

4^e QUESTION (valeur = 5)

Optoélectronique.

Dans le montage représenté ci-dessous permettant la commande d'un relais, R' est une photorésistance (sa valeur diminue lorsque la luminosité ambiante augmente).

- Exprimer la tension V_b lorsque le transistor T est bloqué en fonction de R' , R_1 , et V_{cc} .
- Expliquer le fonctionnement du montage en indiquant dans quelle condition d'éclairement de R' le relais est alimenté.
- Indiquer ce qu'il se passe lorsqu'on augmente la valeur de R_1 .
- Indiquer les rôles respectifs de la résistance R_2 et de la diode D.
- Indiquer comment le fonctionnement du montage est modifié si l'on permutte R_1 et R' .



Nota :

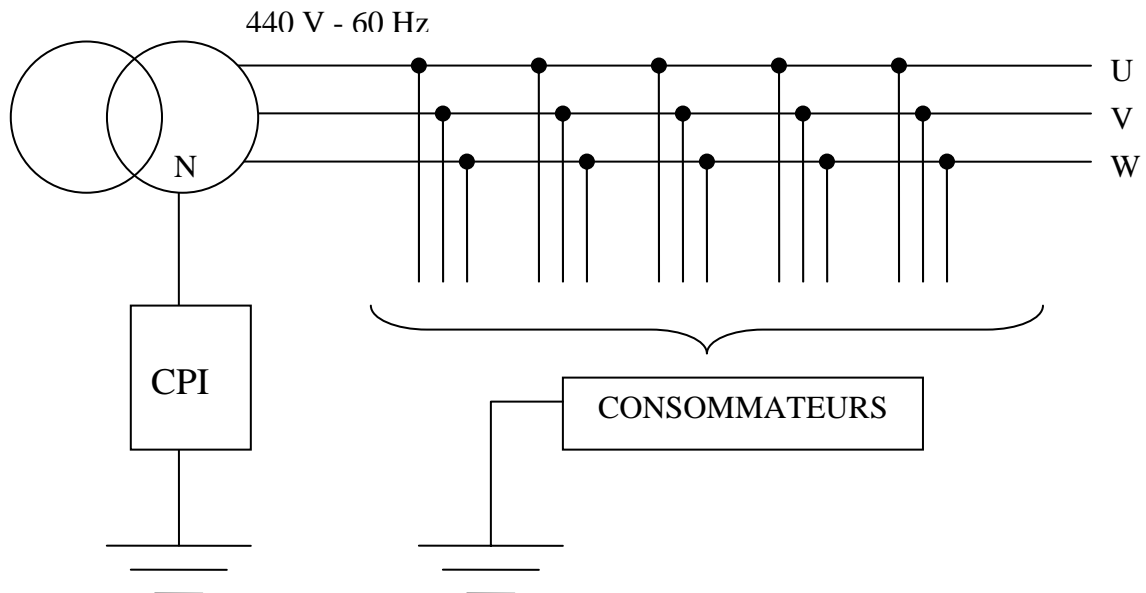
- Aucun document n'est autorisé.
- Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE
(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 6)

Distribution électrique.

Le schéma ci-dessous représente le principe d'une distribution électrique en 440 V à bord d'un navire. Ce réseau est équipé d'un contrôleur permanent d'isolement (CPI) à injection de courant continu, branché comme indiqué sur le schéma.



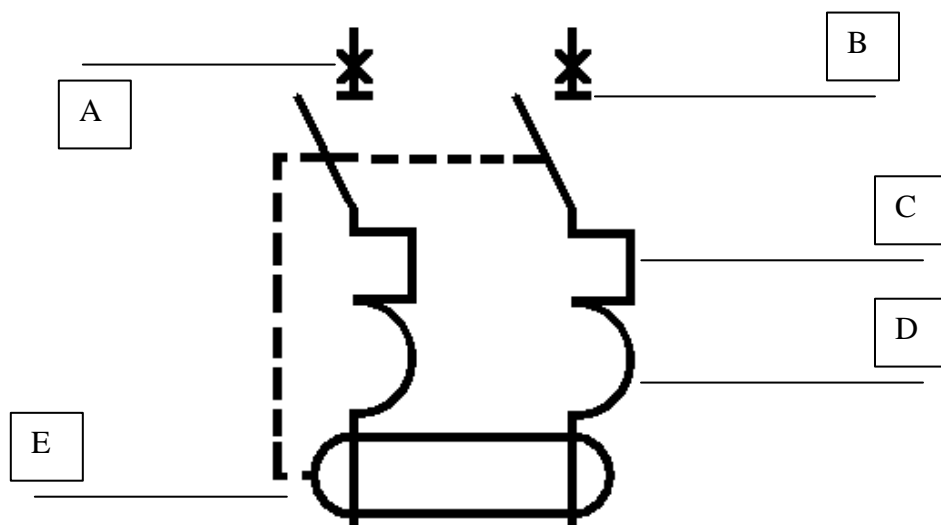
1. Indiquer le type de schéma de liaison à la terre (SLT) utilisé en justifiant votre réponse.
2. Présenter le rôle et le fonctionnement du CPI.
3. Présenter le fonctionnement du SLT lorsqu'un premier défaut d'isolement affecte un consommateur. Préciser la méthode de localisation du défaut.
4. Présenter le fonctionnement du SLT lorsqu'un deuxième défaut d'isolement intervient.

Tournez la page S.V.P.

2^e QUESTION (valeur = 6)

Appareillage électrique.

Sur un appareil électrique du bord, vous apercevez le symbole suivant :

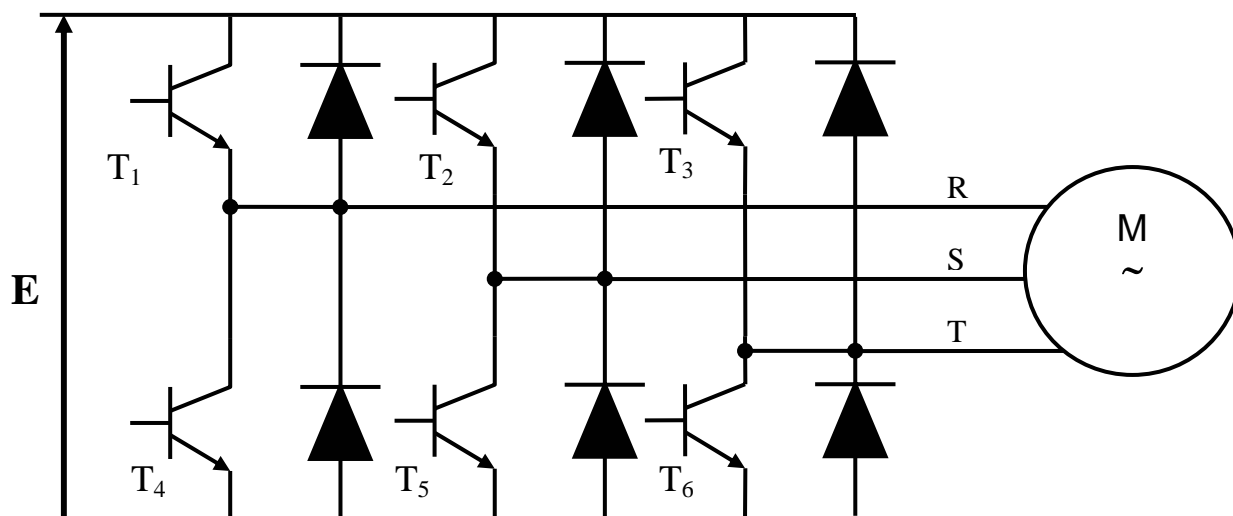


1. Donner le nom et la fonction de cet appareil.
2. Expliquer le rôle et le fonctionnement des éléments repérés par les lettres A, B, C, D et E

3^e QUESTION (valeur = 8)

Variateur de vitesse pour moteur asynchrone triphasé.

1. On donne sur la figure ci-dessous le schéma de principe d'un onduleur de tension triphasée alimentant un moteur asynchrone.



E représente une tension continue réglable, f est la fréquence réglable de l'onduleur et ω la pulsation correspondante.

On commande de façon périodique, à la pulsation ω :

- le transistor T_1 lorsque $\omega t = 0^\circ$ puis 360° , etc. ;
- le transistor T_4 lorsque $\omega t = 180^\circ$ puis 540° , etc. ;
- le transistor T_2 avec un retard de 120° par rapport à la commande de T_1 ;
- le transistor T_5 avec un retard de 120° par rapport à la commande de T_4 ;
- le transistor T_3 avec un retard de 240° par rapport à la commande de T_1 ;
- le transistor T_6 avec un retard de 240° par rapport à la commande de T_4 .

Les commandes de T_1 , T_2 et T_3 entraînent respectivement l'arrêt de la commande de T_4 , T_5 et T_6 et réciproquement, à l'aide de dispositifs non représentés sur le schéma.

- 2.1. Tracer le graphe de conduction des six transistors pour ωt compris entre 0° et 540° .
 - 2.2. A l'aide de celui-ci, construire les chronogrammes des tensions U_{RS} , U_{ST} et U_{TR} .
 - 2.3. En supposant que la tension continue E appliquée à l'onduleur est de 600 V et en négligeant toutes les pertes, calculer la valeur efficace de la tension appliquée entre les bornes du moteur.
 - 2.4. Expliquer succinctement le rôle des diodes.
 - 2.5. Présenter succinctement des composants de l'électronique de puissance qui peuvent remplacer les transistors.
2. La tension continue E est fournie par un redresseur en pont à six thyristors alimenté par un réseau triphasé délivrant une tension efficace de 440 V entre phase.
- 2.1. Représenter le schéma de principe de ce redresseur.
 - 2.2. Sur la feuille jointe en annexe (à rendre avec la copie) :
 - représenter les périodes de conduction des thyristors sachant qu'on les commande avec un angle de retard à l'amorçage $\alpha = 0^\circ$ (on rappelle que α se compte à partir du point où le thyristor peut conduire);
 - tracer la valeur instantanée de la tension en sortie de ce redresseur pour $\alpha = 0^\circ$.
3. V étant la tension efficace d'alimentation du moteur et f sa fréquence, préciser l'intérêt de conserver le rapport $\frac{V}{f}$ constant, puis justifier l'emploi du redresseur en pont à six thyristors et de l'onduleur dans le variateur de vitesse présenté.
4. Donner les autres montages (de l'électronique de puissance) pouvant remplacer l'association du redresseur commandé et de l'onduleur décrits par les questions 1 et 2.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

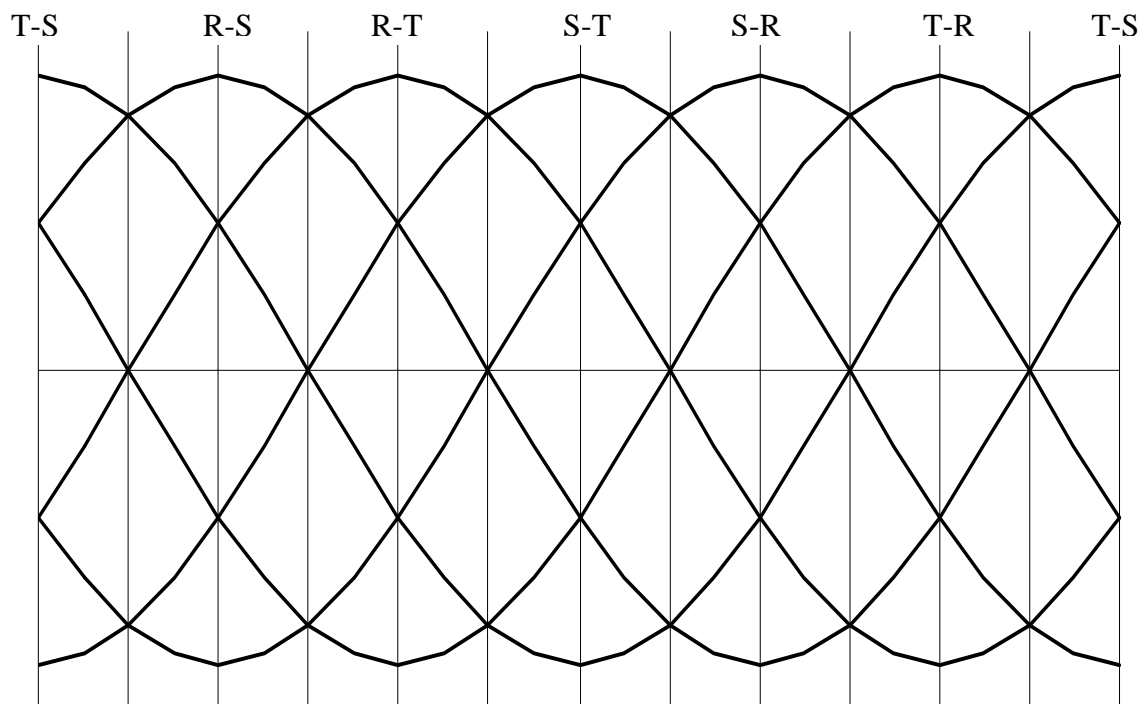
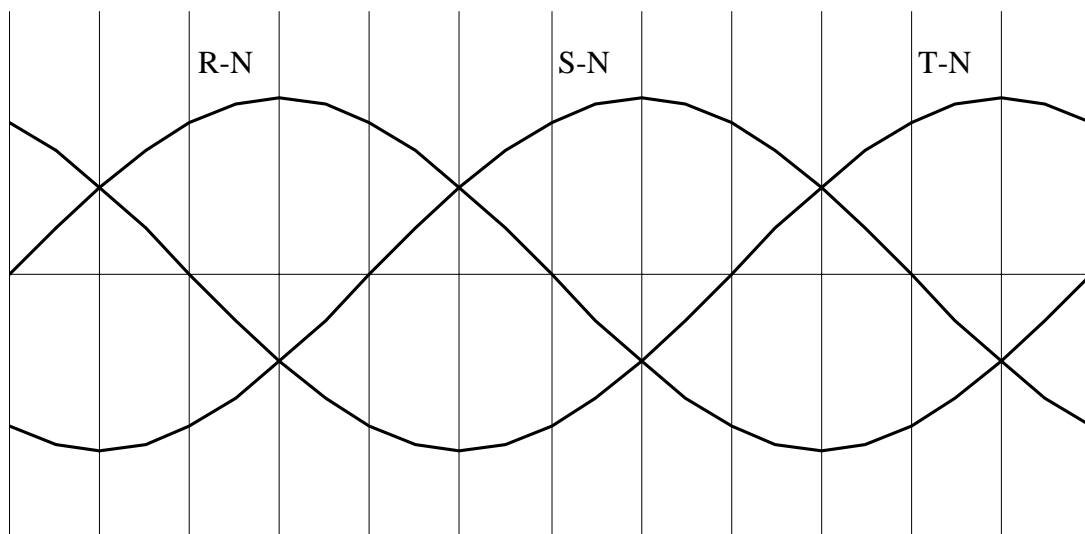
NOM DU CENTRE :

(à rendre avec la copie)

NUMERO
DUCANDIDAT :

NE RIEN INSCRIRE AU-DESSUS DE CETTE LIGNE.

ANNEXE



DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{re} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE**ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE****(Durée : 3 heures)**

Un porte conteneurs de 8000 EVP est armé comme suit :

Propulsion : moteur lent de 14 cylindres, 65000 kW.

Production électrique principale : un réseau 440 V et 220 V, fréquence 60 hertz produit par 1 turbo alternateur de 1500 kVA, 3 diesel alternateurs semi-rapides (900 tr.min^{-1}) de 1000 kV.A. chacun.

Production électrique de secours : 1 groupe de secours de 350 kV.A. avec tableau de secours 440 V et 220 V ainsi qu'une source transitoire de 300 ampères-heures.

Production de vapeur : une chaudière de mouillage et une chaudière de récupération sur MP.

La production de vapeur de la chaudière de mouillage ne permet pas de faire tourner le TA. Ce dernier ne sera donc utilisé qu'en route libre.

Appareils de manutention : 4 grues électriques de 40 tonnes de charge utile.

1^{re} QUESTION (valeur = 2)

Représenter, d'après les éléments qui vous sont fournis, le schéma unifilaire de la distribution électrique du bord. Le navire devra pouvoir être alimenté par la terre lors d'un arrêt technique.

2^e QUESTION (valeur = 3)

Le schéma de liaison à la terre choisi pour ce navire est le régime IT.

1. Expliquer ce que signifient ces deux lettres.
2. Représenter schématiquement le principe d'un tel régime.
3. Indiquer les autres types de régimes que vous connaissez.
4. Expliquer pourquoi il est préférable de choisir le régime IT. Citer les avantages et inconvénients de ce type de régime.
5. Préciser comment s'opère la détection des défauts d'isolement dans ce régime. Porter sur le schéma de la question 1, le ou les appareils qui permettent cette fonction et expliquer leur fonctionnement.

3^e QUESTION (valeur = 6)

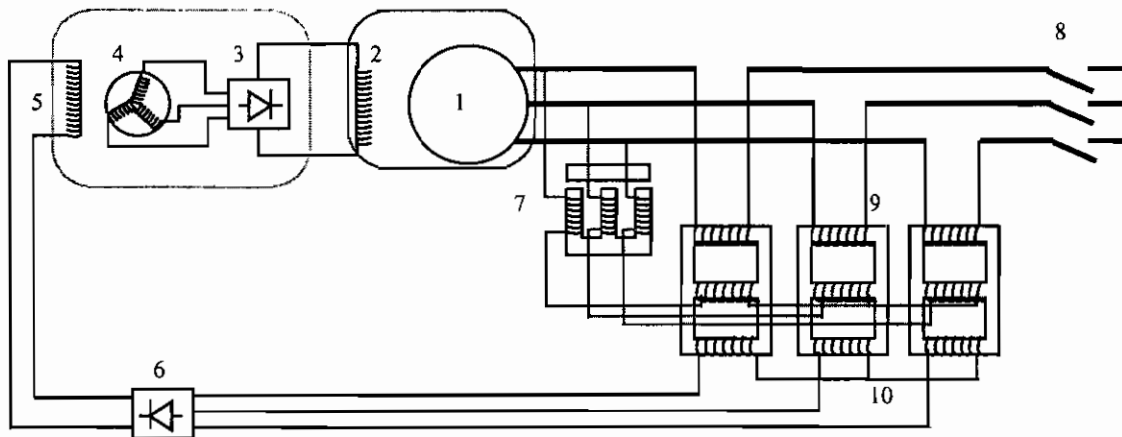
Les diesel alternateurs assurent seuls la production à quai.

1. Indiquer le nombre de pôles des alternateurs.

Le facteur de puissance du réseau est approximativement constant et égal à 0,75 :

2. Préciser les paramètres qui influent sur cette valeur.
3. Donner l'allure représentative du diagramme de fonctionnement d'un alternateur (une phase) lorsqu'il alimente seul le réseau électrique du bord. Faites apparaître la puissance active et réactive.
4. Indiquer comment on produit la puissance active.
5. Indiquer comment on produit la puissance réactive.
6. Préciser l'influence de la charge du réseau sur la tension de sortie de l'alternateur.
7. Indiquer les appareils qui permettent d'éviter cette situation.

Le système d'excitation équipant les groupes est basé sur ce modèle :



8. Donner la nomenclature et expliquer le rôle de chaque élément.

Pendant les opérations commerciales, les grues créent énormément de régimes transitoires, ce qui provoque une variation de la tension d'environ 10 % :

9. Préciser les améliorations à effectuer sur ce système pour éviter ce problème.

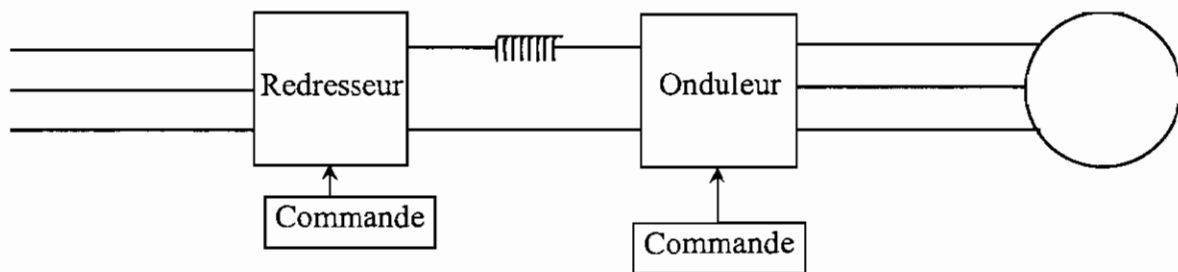
4^e QUESTION (valeur = 3)

En mer le TA fonctionne mais il peut être nécessaire de le coupler à un DA. La répartition de charge doit alors se faire en proportion de leur puissance apparente.

En vous aidant d'un schéma précis, expliquer comment on s'assure que chaque nouvelle demande (consommation) de puissance active soit répartie au prorata de la puissance apparente de chaque alternateur.

5^e QUESTION (Valeur = 6)

Sur les grues, les moteurs électriques sont asynchrones. La commande de vitesse se fait par conversion indirecte de la fréquence selon le schéma de principe suivant :



1. Donner l'allure de la caractéristique mécanique d'un moteur asynchrone.
2. Représenter sur le même diagramme la caractéristique résistante de la grue (du type $k.n^2$). Faites apparaître les zones où le point de fonctionnement ne doit pas se situer pour une stabilité optimale.

Les mouvements d'apiquage et de rotation sont à commande scalaire à U/f constant :

3. Représenter le schéma du dispositif de commande en le détaillant (cf figure ci-dessus).
4. Justifier mathématiquement l'intérêt d'une telle commande.
5. Représenter les évolutions de la caractéristique mécanique quand $U/f = \text{constant}$ et expliquer ce qu'est le surfluxage et le défluxage.
6. Proposer une ou plusieurs solutions techniques pour assurer l'inversion du sens de rotation du moteur.
7. Préciser si l'on peut freiner le moteur en restituant l'énergie au réseau. Justifier la réponse sur la caractéristique mécanique.

Le mouvement de hissage est à commande vectorielle.

8. Indiquer les différences avec la commande précédente.
9. Représenter le schéma fonctionnel d'une commande vectorielle.
10. Préciser les avantages de cette commande au niveau de la conduite.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{ère} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE**ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE****(Durée : 3 heures)**

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

On considère un moteur à courant continu à excitation séparée et constante.
Ce moteur est alimenté par l'intermédiaire d'un convertisseur de l'électronique de puissance.

Pour chacun des convertisseurs suivants :

- A. hacheur série ;
- B. hacheur réversible en courant et tension ;
- C. pont redresseur mixte monophasé ;
- D. pont redresseur tout thyristor monophasé ;

1. Tracer le montage de principe.
2. Tracer le (ou les) chronogramme(s) de la tension aux bornes du moteur en justifiant votre réponse. Pour les tracés, on considère que le moteur absorbe un courant qui ne s'annule pas.
3. Déterminer l' (ou les) expression(s) de la tension moyenne aux bornes du moteur en fonction des paramètres du montage.
4. Déterminer le (ou les) quadrant(s) de fonctionnement du moteur en justifiant votre réponse.

2^e QUESTION (valeur = 3)

En matière de protection des installations, présenter (en vous appuyant sur un exemple) la sélectivité. Présenter les méthodes pour obtenir cette sélectivité.

3^e QUESTION (valeur = 7)

Le paquebot produit son énergie grâce à quatre groupes électrogènes de 16,3 MVA chacun et deux turbines à gaz de 25 MVA chacune qui alimentent sous 11 kV, 60 Hz le tableau électrique principal. Un tableau électrique secondaire est alimenté à partir du tableau électrique principal par deux transformateurs 11 kV/440 V, 60 Hz.

Un tableau « éclairage de secours » 440 V, 60 Hz est alimenté soit par le groupe électrogène de secours d'une puissance de 1,3 MVA qui peut assurer 35 heures d'autonomie soit par la source transitoire de secours constituée d'une batterie d'accumulateurs qui peut assurer 30 minutes d'autonomie.

4.1. Réaliser un schéma unifilaire simplifié de cette installation électrique.

4.2. Si vous aviez été chargé de concevoir l'installation électrique de ce navire, quel SLT (schéma des liaisons à la terre ou régime de neutre) auriez vous choisi vous pour ce navire ? Justifiez brièvement.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

2010

DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{ère} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

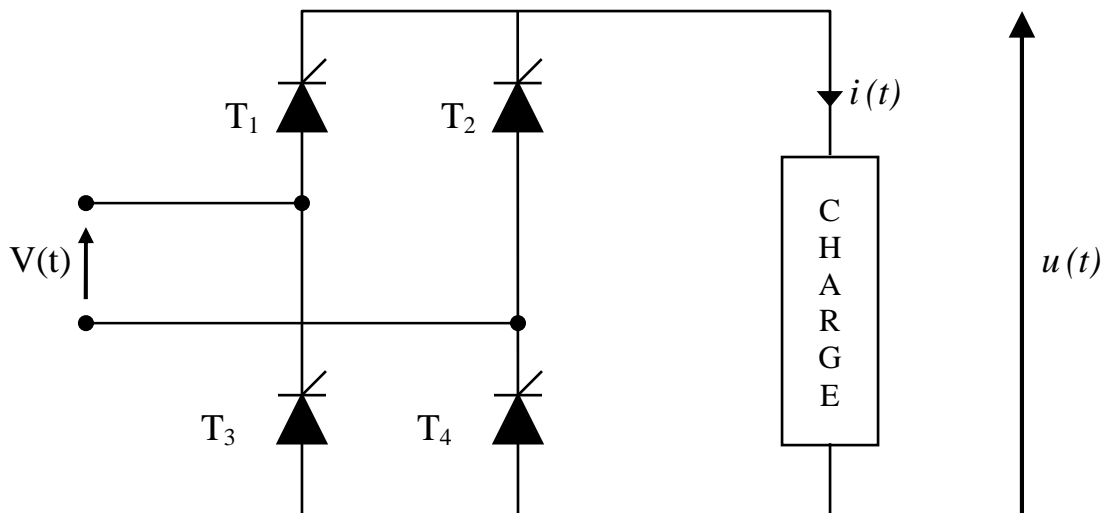
(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 4)

1. Représenter le schéma de principe d'un gradateur monophasé alimentant une charge résistive. Le gradateur est alimenté par une tension alternative $V(t) = V_m \sin(\omega t)$.
2. Tracer le chronogramme de la tension $U(t)$ aux bornes de la charge, sachant que le retard à l'amorçage des thyristors est $\alpha = \pi/4$. Justifier votre tracé.
3. Calculer l'expression de la valeur efficace U aux bornes de la charge en fonction de α .
4. Représenter, en justifiant votre réponse, la forme de la tension $U(t)$ lorsque la charge est inductive.

2^e QUESTION (valeur = 4)

Soit le montage suivant :



L'alimentation de ce montage est réalisée par un réseau 230 V - 50 Hz ; $V(t) = V_m \sin(\omega t)$. On nomme φ l'angle de retard à l'amorçage des thyristors. On considère que $i(t) > 0$.

1. Donner le nom de ce montage et préciser son rôle.
2. Représenter le chronogramme de $u(t)$ pour $\varphi = \pi/3$.
3. Déterminer l'expression de la valeur moyenne $U_{moy.}$ de $u(t)$ en fonction de φ .
4. Indiquer ce que l'on peut dire sur le fonctionnement du redresseur lorsque $\varphi > 90^\circ$. Justifier votre réponse.

Tournez la page SVP

3^e QUESTION (valeur = 12)

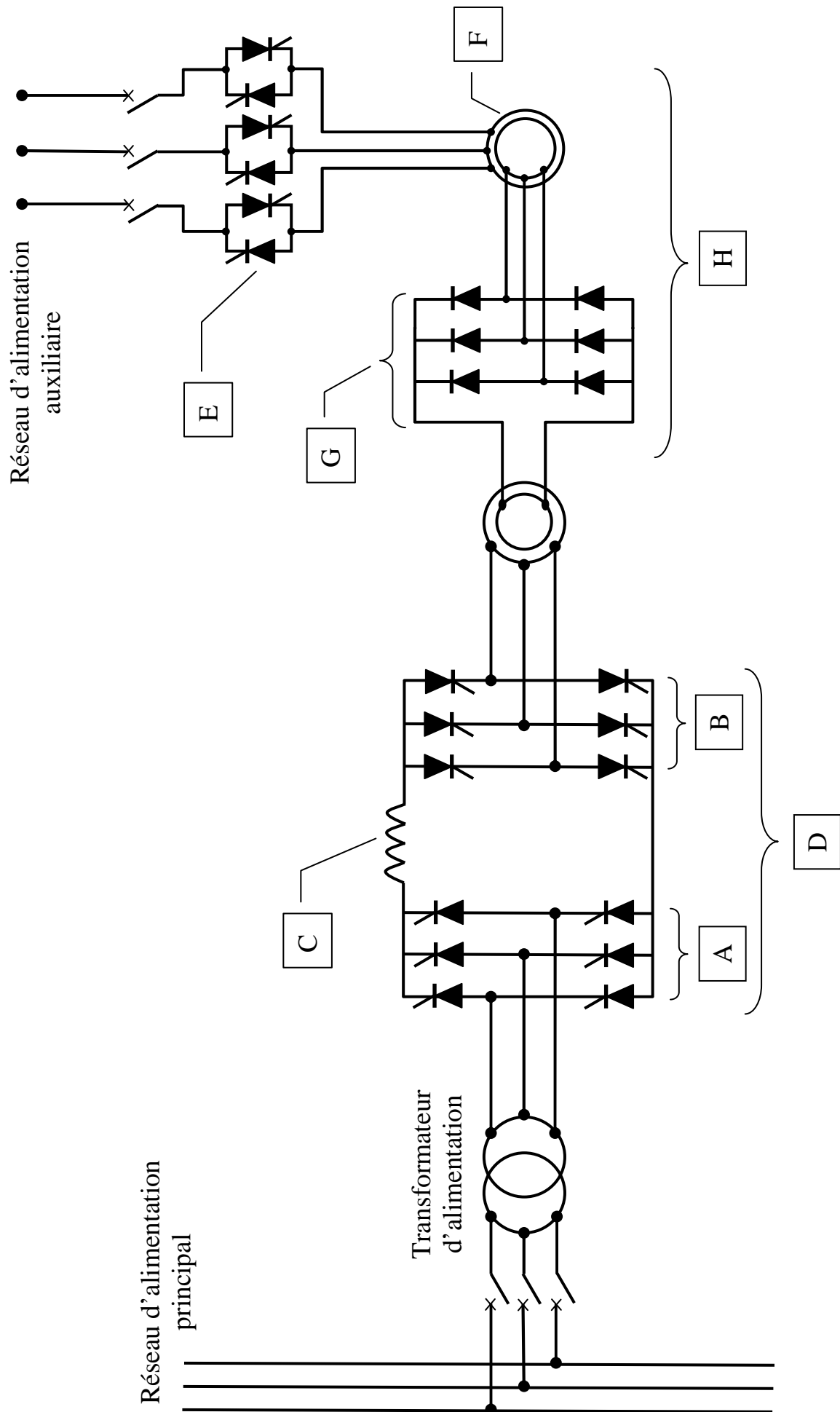
On considère le schéma de principe de l'alimentation électrique d'un moteur synchrone triphasé donné en annexe.

1. Donner une description synthétique d'un moteur synchrone triphasé, en présentant notamment son modèle électrique.
2. Présenter l'allure de la caractéristique mécanique de ce moteur. Indiquer, en justifiant votre réponse, la zone de stabilité de ce moteur.
3. Expliquer le rôle des éléments repérés par les lettres A, B, C, sur le schéma en annexe.
4. Présenter le rôle et le fonctionnement du montage électronique repéré par la lettre D associé au moteur synchrone. Préciser le (ou les) quadrant(s) de fonctionnement du moteur.
5. Présenter le fonctionnement en mode cadencé et en mode auto-synchrone du montage électronique repéré par la lettre D associé au moteur synchrone.
6. Présenter le rôle et le fonctionnement du dispositif repéré par la lettre H, en indiquant le rôle des éléments repérés par les lettres E, F et G.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

ANNEXE



DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{re} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 4)

Appareillage et équipement.

1. Indiquer les différences de caractéristiques et de règles d'utilisation entre les trois appareils suivants:

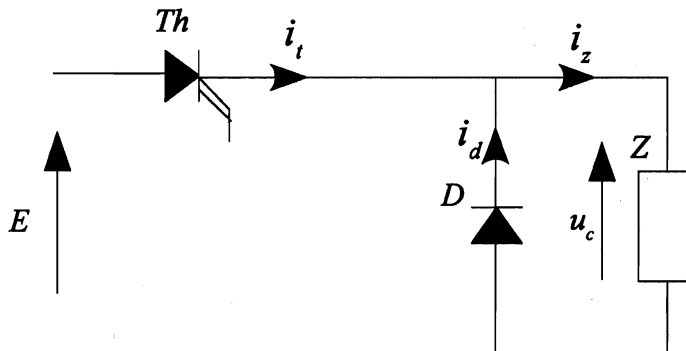
- sectionneur ;
- interrupteur ;
- disjoncteur.

2. Expliquer en quelques lignes le but et le principe du délestage.

2^e QUESTION (valeur = 6)

Electronique de puissance

On donne ci-après le schéma de base d'électronique de puissance dans lequel E est une source de tension continue constante, Th un thyristor GTO, D une diode et Z une charge inductive. Les caractéristiques du thyristor et de la diode sont supposées parfaites.

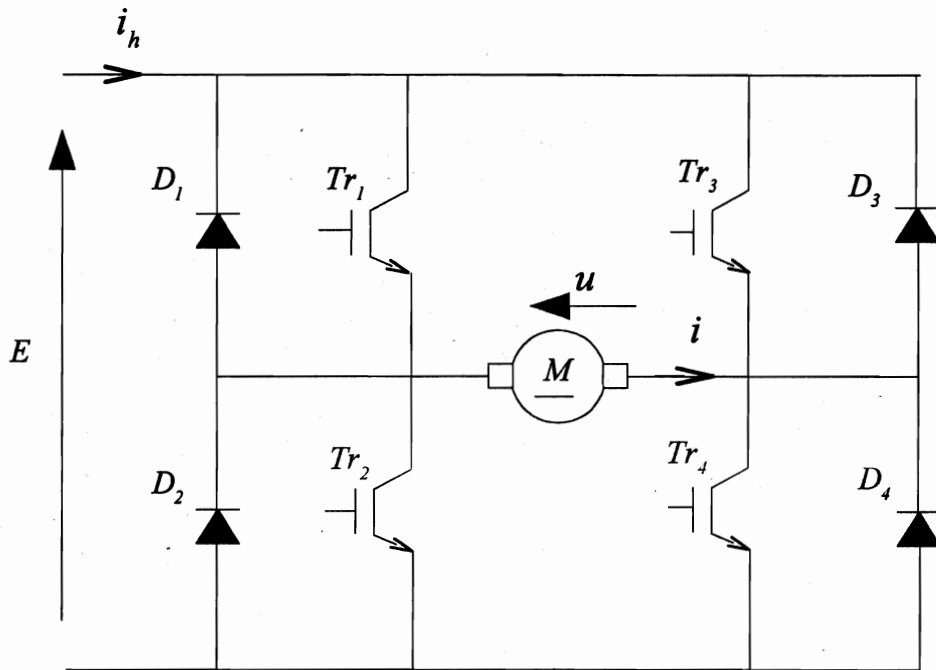


1. Donner le nom de ce montage.
2. Expliquer le fonctionnement de ce montage.
3. Préciser l'utilité de la diode.
4. Sur deux graphes ayant le même axe des temps en abscisse, représenter la tension u_c sur le premier graphe et le courant i_z dans la charge sur le deuxième graphe.
5. On appelle α le rapport cyclique. Calculer la valeur moyenne de la tension u_c avec $E = 150$ V et $\alpha = 0,2$.

3^e QUESTION (valeur = 10)

Electrotechnique

On donne le montage suivant dans lequel M est une machine à courant continu à excitation séparée et E une source de tension continue constante. Chaque transistor de type IGBT est repéré par Tr et chaque diode par D . Les transistors fonctionnent en commutation. On désigne par α_1 , α_2 , α_3 et α_4 les rapports cycliques respectifs des transistors Tr_1 , Tr_2 , Tr_3 et Tr_4 . Les composants sont supposés parfaits.



1. Pour chacun des cas **a)** à **e)** suivants, expliquer le fonctionnement du montage en précisant :

- le sens de rotation de la machine ;
 - le signe de la valeur moyenne de la tension u ;
 - le signe des courants i et i_h ;
 - si la machine fonctionne en moteur ou en générateur ;
 - le quadrant de fonctionnement de la machine
- et en représentant sur des graphes ayant même axe de temps en abscisse :
- la tension u , le courant i , les composants qui conduisent.

a) $\alpha_1 > 0,5$ et $\alpha_1 = \alpha_4$ avec $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$;

b) $\alpha_1 < 0,5$ et $\alpha_1 = \alpha_4$ avec $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$;

c) $\alpha_2 > 0,5$ et $\alpha_2 = \alpha_3$ avec $\alpha_1 = \alpha_4 = 0$;

d) $\alpha_2 < 0,5$ et $\alpha_2 = \alpha_3$ avec $\alpha_1 = \alpha_4 = 0$;

e) $\alpha_1 > 0,5$ et $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$ et $\alpha_4 = 1$.

2. Donner le nom du montage.

3. Le transistor Tr_1 est défectueux et ne conduit plus : indiquer, en utilisant vos réponses à la question 1., dans quel(s) quadrant(s) le fonctionnement reste possible.

4. Indiquer, en justifiant, si le fonctionnement dans les quatre quadrants serait possible si la machine à excitation séparée était remplacé par une machine à excitation série.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.

2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{RE} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 10)

On considère le montage de la figure 1 qui permet de faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu à excitation séparée.

L'amplificateur opérationnel sera considéré comme parfait. $R_2 = R_3$.

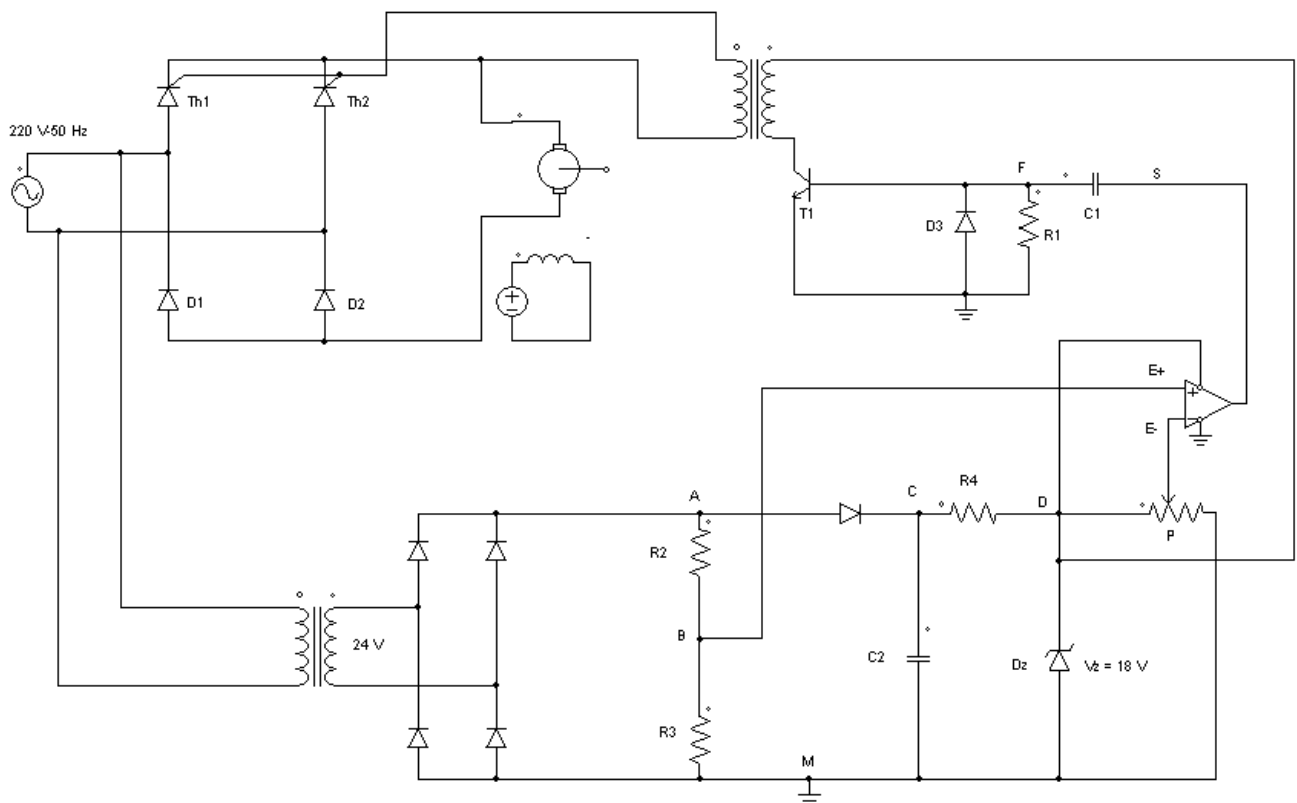


Figure 1

1. Etude de la partie puissance.

Dire ce que réalise l'ensemble (D1, D2, Th1, Th2). Indiquer les quadrants de fonctionnement accessibles à l'aide de ce montage. Représenter la forme de la tension aux bornes du moteur pour un angle de retard à l'amorçage des thyristors de 45° .

Tournez la page SVP

2. Etude de la partie commande.

Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions V_{AM} , V_{BM} , V_{CM} , V_{DM} .

3. Indiquer le montage réalisé par l'amplificateur opérationnel en le justifiant succinctement. Indiquer la fonction réalisée par l'ensemble (C1, R1, D3). Tracer en synchronisme les chronogrammes des tensions V_{E+} , V_{E-} , V_S , V_F .

4. Indiquer l'utilité du transistor T1. Indiquer le rôle du transformateur au collecteur de T1.

5. Résumer le fonctionnement général du variateur de vitesse.

2^e QUESTION (valeur = 5)

La plaque signalétique d'un moteur asynchrone triphasé porte les indications suivantes :

Stator Δ , 2840 tr/min, 440 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 0,8$, 2 pôles, puissance utile 20 kW, rendement 0,8 à pleine charge.

Pour un fonctionnement à pleine charge :

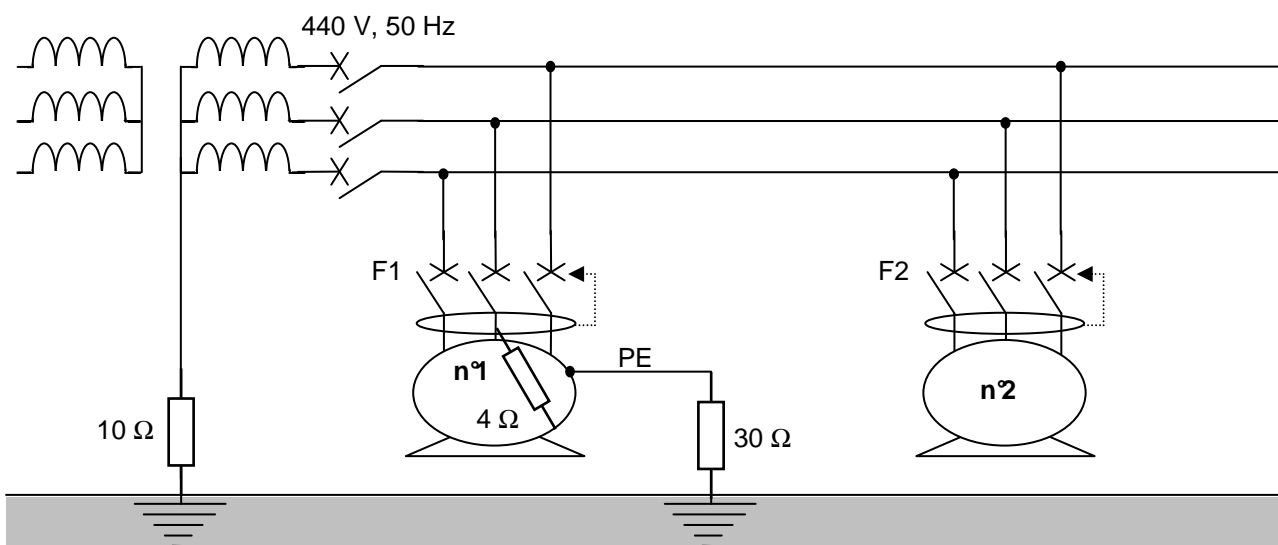
1. Calculer le glissement.
2. Calculer le couple utile.
3. Calculer la puissance électrique absorbée par le moteur.
4. Calculer l'intensité absorbée en ligne puis celle absorbée par chaque enroulement du moteur.

3^e QUESTION (valeur = 5)

Schéma des liaisons à la terre :

On considère une installation électrique théorique dont le régime de neutre correspond au schéma de liaison à la terre T T. Cette installation est alimentée en 440 V. Les protections sont des disjoncteurs dont le courant maximum est réglé à 30 A, et des disjoncteurs différentiels de sensibilité 500 mA.

1. Une phase de la machine n°1 touche la masse avec une résistance de contact de 4Ω .
 - 1.1. Calculer le courant de fuite.
 - 1.2. Calculer la tension de contact.
 - 1.3. Indiquer si le disjoncteur F1 s'ouvre et pourquoi.



2. La masse de la machine n°2 n'est pas reliée à la terre, le fil de phase entre en contact accidentellement avec la masse de la machine.
 - 2.1. Calculer le courant de fuite.
 - 2.2. Calculer la tension de contact.
 - 2.3. Indiquer ce qui se passe si une personne touche la carcasse de l'appareil n° 2.

Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

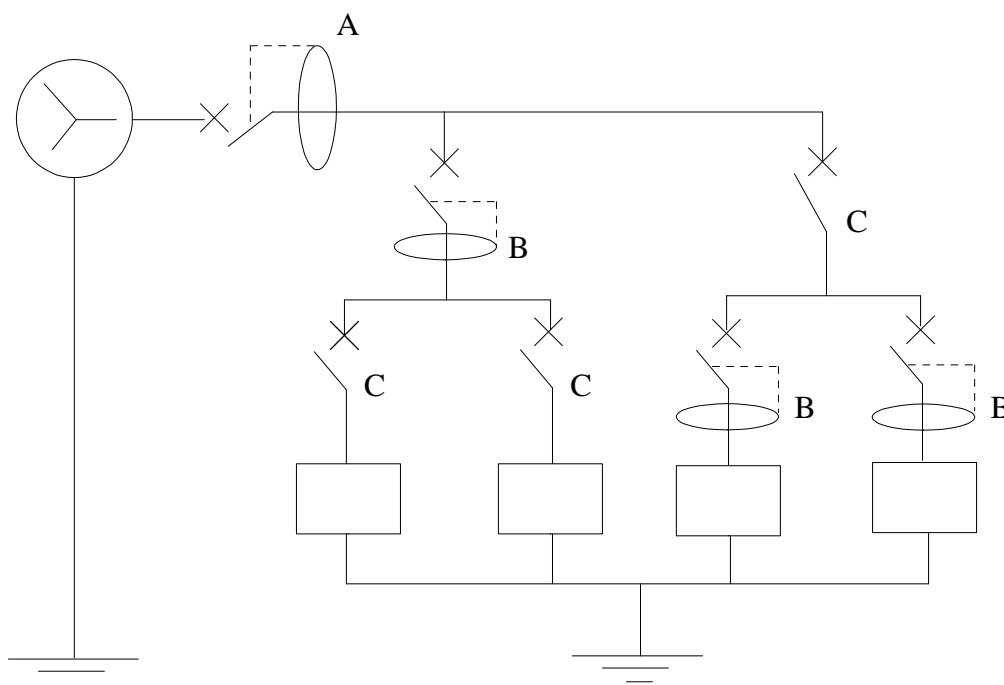
DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{re} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 7)

1. On donne le schéma unifilaire incomplet d'une installation dont le SLT (schéma de liaison à la terre) est du type TT. A et B sont des protections différentielles.



1.1. Indiquer ce que signifient « TT » et « unifilaire ».

1.2. Indiquer le critère à respecter pour obtenir une sélectivité entre A et B.

1.3. Donner la valeur de réglage d'un disjoncteur différentiel permettant d'assurer la protection des personnes contre l'électrocution.

1.4. Indiquer les protections assurées par les disjoncteurs C.

2. Les indications suivantes ont été lues sur un catalogue de disjoncteurs :

calibre = 40 A ; tension = 230/415 V ; pouvoir de coupure = 20 kA.

Préciser ce que ces valeurs signifient.

3. La protection du matériel électrique contre les agressions extérieures est indiquée par un code IP. Indiquer la signification des deux premiers chiffres de ce code.

Tournez la page SVP

4. Une installation électrique est réalisée avec un schéma de liaison à la terre de type IT. Expliquer les avantages et les inconvénients de cette installation du point de vue de la protection du personnel et de celui des installations (préciser notamment le besoin en matériel spécifique à ce régime et si les masses des appareils doivent être reliées à la coque ou isolées de celle-ci dans le cas d'un navire).

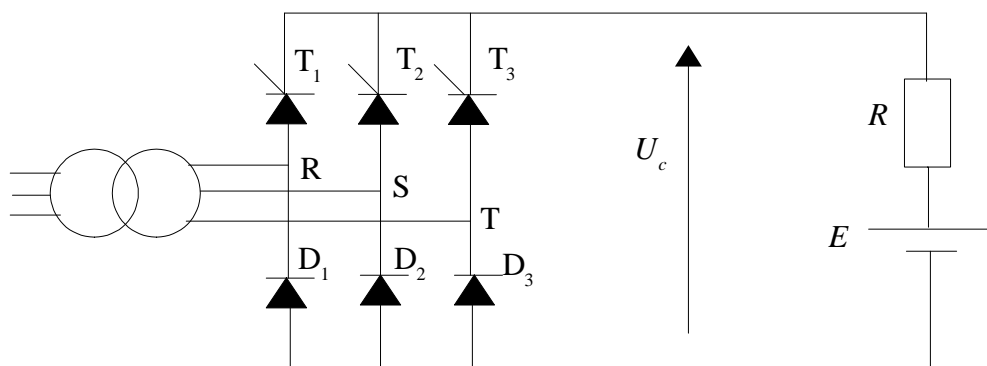
2^e QUESTION (valeur = 7)

On envisage d'installer un variateur de vitesse pour un moteur triphasé asynchrone à cage. Le moteur doit alors pouvoir fonctionner dans les quatre quadrants.

1. Expliquer, en vous aidant d'un graphique, ce que signifie « fonctionnement dans les quatre quadrants ».
2. Indiquer, en justifiant, si la régulation de vitesse peut se faire avec ce moteur par action sur la résistance rotorique.
3. Représenter sur un graphique l'allure du couple T et celle du courant I en fonction de la vitesse n du moteur en l'absence de toute régulation.
4. On utilise un montage type onduleur autonome piloté par le courant comprenant un pont générateur redresseur et un pont moteur onduleur.
 - 4.1. Représenter schématiquement ce montage.
 - 4.2. Expliquer le fonctionnement dans les quatre quadrants.
 - 4.3. Indiquer, en justifiant, si ce montage permet de faire varier la fréquence dans de grandes proportions.
 - 4.4. Indiquer pourquoi la tension U alimentant le moteur doit être limitée lorsque la fréquence f délivrée au moteur est également faible.

3^e QUESTION (valeur = 6)

Pour charger une batterie de tension à ses bornes $E = 48 \text{ V}$ à travers une résistance R , on utilise un pont mixte triphasé comme représenté ci-après.



La tension simple d'alimentation du pont mixte a pour valeur maximale $V_m = 40 \text{ V}$, α est l'angle de retard à l'amorçage commun aux trois thyristors. On rappelle que α est compté à partir du moment où le thyristor considéré peut conduire.

1. Sur l'annexe jointe représentant les tensions simples et les tensions composées :
 - 1.1. Indiquer, après calcul, la valeur maximale des tensions composées et porter la valeur de E ;
 - 1.2. Représenter par un trait plus épais la tension U_c lorsque l'angle d'amorçage a pour valeur $\alpha = 45^\circ$. Justifier le tracé.
 - 1.3. Indiquer les périodes pendant lesquelles les composants conduisent.
2. Indiquer l'intérêt que présente ce montage par rapport à un redresseur tout diode.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

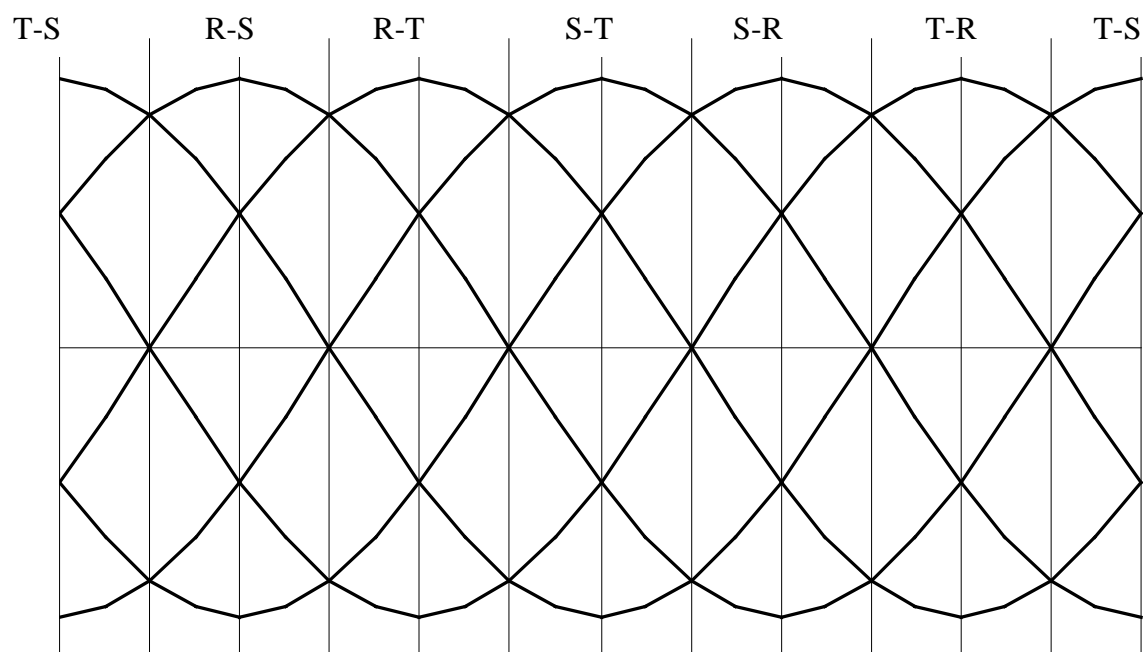
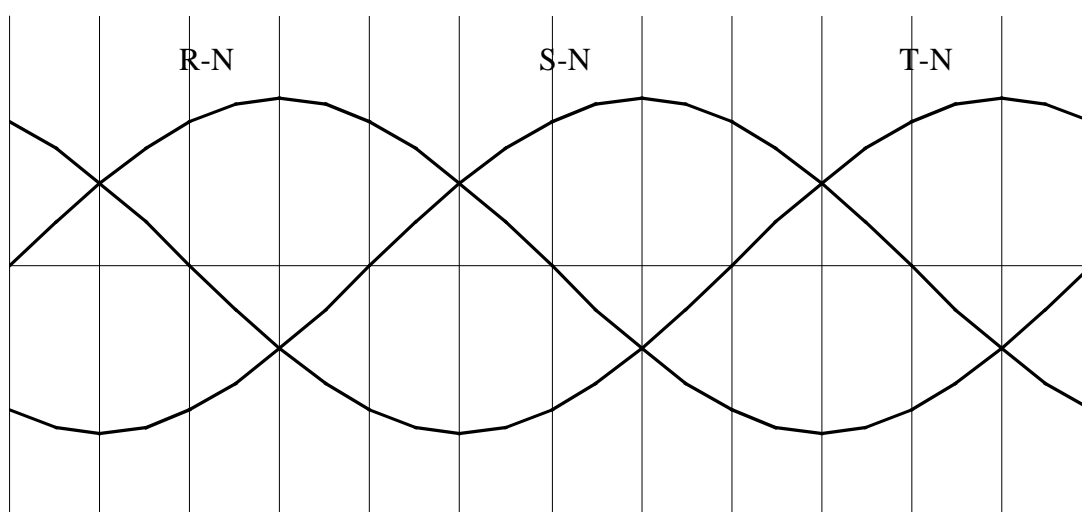
NUMERO DE PLACE :

ANNEXE

NE RIEN INSCRIRE AU DESSUS DE CETTE LIGNE.

ANNEXE

TENSIONS TRIPHASEES SIMPLES ET COMPOSEES



DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{RE} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 4)**Entraînement électrique à vitesse variable, le cycloconvertisseur.**

1. Décrire la fonction de base réalisée par un cycloconvertisseur. Dans la marine, citer le domaine d'application du cycloconvertisseur.
2. On considère le schéma de la figure 1, représentant un cycloconvertisseur élémentaire monophasé alimenté en 50 Hz.

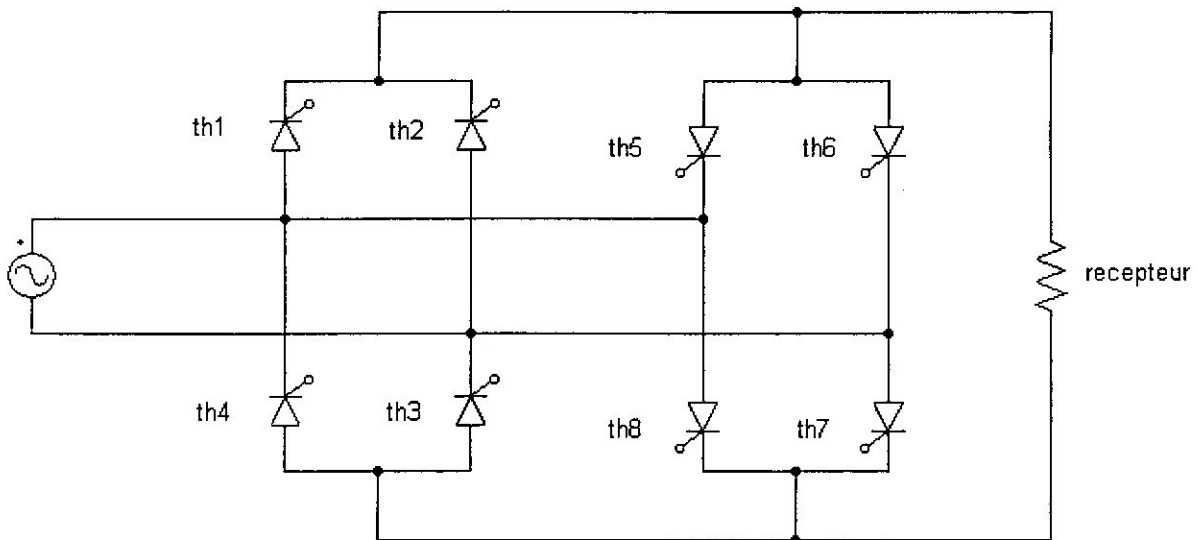


Figure 1

Fonctionnement en ondes pleines.

2.1. Expliquer succinctement ce fonctionnement.

2.2. Dessiner les ondes de tension alimentant le récepteur pour des fréquences de 25 Hz et 12,5 Hz.

Fonctionnement en réglage de phase.

2.3. Montrer l'intérêt d'introduire des retards à l'amorçage judicieusement calculés pour améliorer son fonctionnement.

2.4. Dessiner les tensions obtenues aux bornes du récepteur pour une fréquence de 16,666 Hz, soit une période de 60 ms.

Tournez la page SVP

2° QUESTION (valeur = 8)

Etude d'une machine synchrone autopilotée.

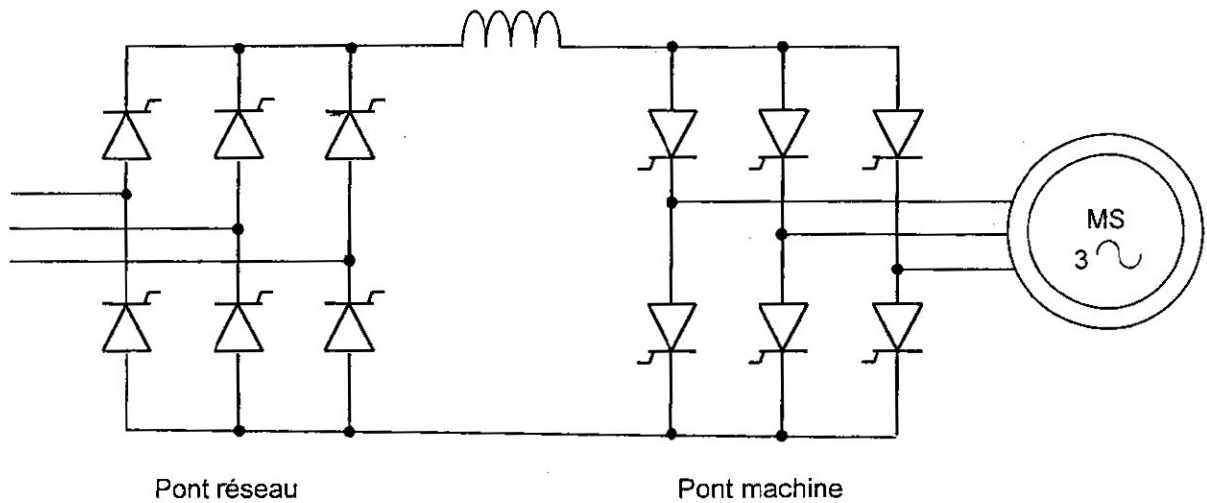


Figure 2

1. Lors du fonctionnement de la machine synchrone autopilotée en moteur (voir figure 2), préciser le rôle du pont « réseau » d'une part, du pont « machine » d'autre part.
Calculer l'angle α de retard à l'amorçage des thyristors du pont « réseau », sachant que la tension efficace entre phases au niveau de l'entrée du pont est de 3000 V et que la tension moyenne délivrée par le pont « réseau » est de 2000 V.
2. Pour cette même valeur de α , la machine fournit une puissance mécanique de 8 MW, la ligne d'arbre tournant à 90 tr/min. Calculer le couple mécanique délivré par la machine.
Calculer le courant moyen débité par le pont « réseau » en négligeant toutes les pertes.
3. Le navire étant en avant, on le freine en changeant de quadrant. Préciser le rôle du pont « réseau » et celui du pont « machine », indiquer le sens de circulation de l'énergie électrique.
On souhaite obtenir un freinage maximum : α et α' sont respectivement les angles de retard à l'amorçage du pont « réseau » et du pont « machine ». On prendra un angle de garde en onduleur de 15° et on supposera que le bord peut absorber toute l'énergie produite.
Donner les valeurs de α et α' .
4. Les lignes d'arbres étant stoppées, on désire battre en arrière. Indiquer si le dispositif de la figure 2 permet à la machine synchrone de tourner en arrière. Justifier la réponse.
Indiquer le rôle des ponts « réseau » et « machine » ainsi que la différence éventuelle par rapport au fonctionnement en marche avant.

3^e QUESTION (valeur = 4)

Disjoncteur magnéto-thermique.

1. Dessiner le symbole normalisé de ce disjoncteur.
2. Donner ses rôles.
3. Dessiner sa courbe de fonctionnement.
4. Donner les critères de choix d'un disjoncteur.
5. Expliquer ce qu'est la sélectivité industrielle d'une installation.

4^e QUESTION (valeur = 4)

Un Diesel alternateur couplé en étoile fonctionne en autonomie. Ce groupe alimente un réseau triphasé 380V/50Hz, qui absorbe une intensité en ligne de 540A avec un $\cos\phi$ de 0,768. La résistance d'un enroulement statorique vaut 0,13 Ω et l'inductance 0,986 mH.

1. Tracer le diagramme vectoriel de l'alternateur en choisissant une échelle appropriée et donner la valeur de la force électromotrice E.
2. La caractéristique mécanique du diesel avec son régulateur de vitesse a l'allure suivante :



Justifier la nécessité d'avoir un régulateur de vitesse sur le moteur Diesel.

3. Expliquer en quoi consiste le statisme du régulateur et justifier son utilité.
4. Etablir une procédure de relevé de la caractéristique (vitesse, puissance) du diesel alternateur.

Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{ère} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE

MACHINES, AUTOMATIQUE ET LECTURE DE PLANS

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 8)

MACHINES.

Un navire est équipé de 2 pompes, à caractéristiques identiques, montées en parallèle sur le circuit de ballastage.

On donne la caractéristique $Hm = f(q_v)$ d'une pompe en **annexe 1** (cette caractéristique tient compte de la variation de vitesse du moteur d'entraînement liée à la variation du débit).

Le schéma du navire et de l'implantation des pompes est donné en **annexe 2**.

Les pertes de charge du circuit de ballastage sont de la forme $h_c = a.q_v^2$ a étant un coefficient constant.

Au tout début du remplissage des ballasts, une seule pompe permet un débit de 700 m³/h d'eau de mer de masse volumique 1025 kg/m³.

Le ballastage s'accompagne du déchargement du navire : dans tout le problème, on admettra que le tirant d'eau du navire reste constant.

On pourra prendre le niveau de la mer comme référence du niveau du « réservoir d'aspiration ».

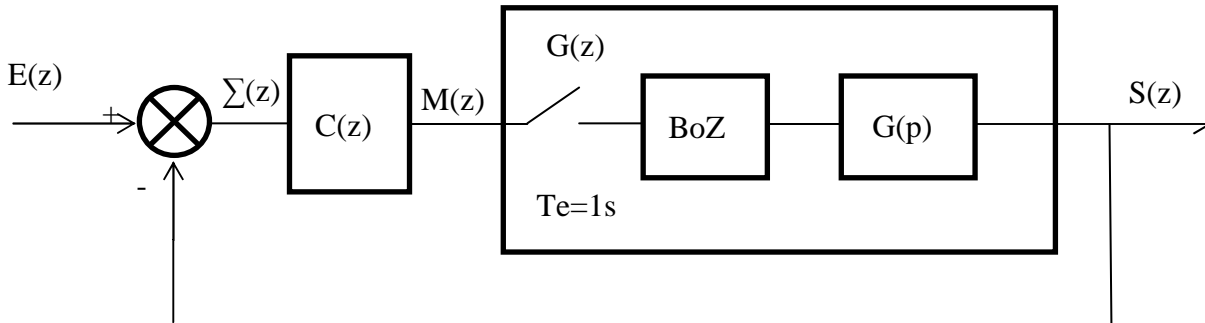
1. Calculer la valeur de la hauteur statique H_s du circuit au tout début du remplissage des ballasts.
2. Placer le point de fonctionnement P sur la caractéristique $Hm=f(q_v)$ correspondant au tout début du remplissage avec une seule pompe en service. En déduire la valeur de la hauteur résistante Hr_1 du circuit en ce point.
3. Calculer la valeur des pertes de charge h_c du circuit pour ce point de fonctionnement, puis calculer la valeur du coefficient a de la formule $h_c = a.q_v^2$.
4. Tracer sur le graphique de l'**annexe 1** (à rendre avec votre copie), les courbes $Hr = f(q_v)$ représentatives des hauteurs résistantes du circuit :
 - a. lorsque les ballasts sont au tout début du remplissage : $Hr_1 = f(q_v)$;
 - b. lorsque les ballasts sont presque pleins : $Hr_2 = f(q_v)$.
5. Déduire du tracé $Hr_2 = f(q_v)$ la valeur du débit d'une pompe lorsque les ballasts sont presque pleins.
6. Tracer sur le graphique de l'**annexe 1** la courbe $Hm_{II} = f(q_v)$ représentative de la hauteur manométrique en fonction du débit lorsque les 2 pompes sont en service.
7. Déduire des tracés précédents le débit de ballastage lorsque les 2 pompes sont en service, les ballasts étant presque pleins.

Tournez la page SVP

2^e QUESTION (valeur = 4)

AUTOMATIQUE.

Soit l'asservissement numérique à retour unitaire ci-dessous :



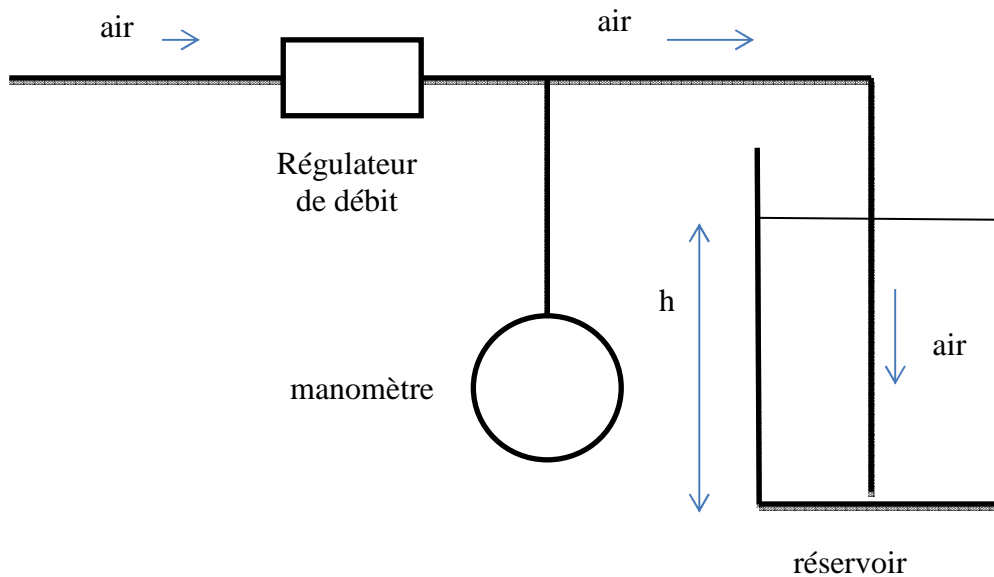
Où $C(z) = \frac{2z+1}{5z-1}$ et $G(z) = \frac{1}{2z-1}$

1. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée de l'asservissement $F(z) = \frac{S(z)}{E(z)}$
2. Indiquer si cet asservissement est stable en utilisant le critère de Jury.
Rappel : si $D(z)$ est le dénominateur de $F(z)$, avec $D(z) = a_2.z^2 + a_1.z + a_0$,
Le critère de Jury est vérifié si : $D(1) > 0$ et si $D(-1) > 0$ et si $|a_0| < a_2$.
3. Le correcteur $C(z)$ est en boucle ouverte.
Calculer la valeur des 4 premiers échantillons de $m(k)$ en réponse à un échelon unitaire échantillonné.
4. Montrer que la valeur finale de $C(z)$ tend vers 0,75.

3^e QUESTION (valeur = 3)

AUTOMATIQUE.

Soit le schéma de principe d'un capteur de niveau par bullage ci-après :



1. Exprimer la pression P mesurée par le manomètre en fonction de la hauteur h de liquide dans le réservoir.
2. Montrer que la valeur lue sur le manomètre dépend de la masse volumique du liquide.
3. Donner l'utilité du régulateur de débit d'air.

Tournez la page SVP

4^e QUESTION (valeur = 5)

LECTURE DE PLAN.

On donne en **annexe 3** le schéma du circuit de commande d'un compresseur frigorifique. L'installation comprend une seule chambre froide. L'électrovanne Y est placée juste avant le détendeur. L'horloge P programme les dégivrages.

A la mise en service de l'installation, l'opérateur ferme les interrupteurs rotatifs S1 et S2.

1. Indiquer le rôle de chacune des lampes H1 à H6. Préciser la fonction de F1 et F2.
2. La chambre froide demandant du froid, indiquer quels relais sont alimentés et quelles lampes sont allumées.
3. La chambre froide ne demande plus de froid. Expliquer le déroulement de la séquence qui en découle. Préciser quel peut être l'intérêt de cette séquence.
4. La chambre froide demande du froid, mais l'horloge démarre une séquence de dégivrage. Expliquer le déroulement de la séquence de stoppage du compresseur.
5. Indiquer les appareils qui sont en service lorsque le compresseur est stoppé par déclenchement du pressostat BP.

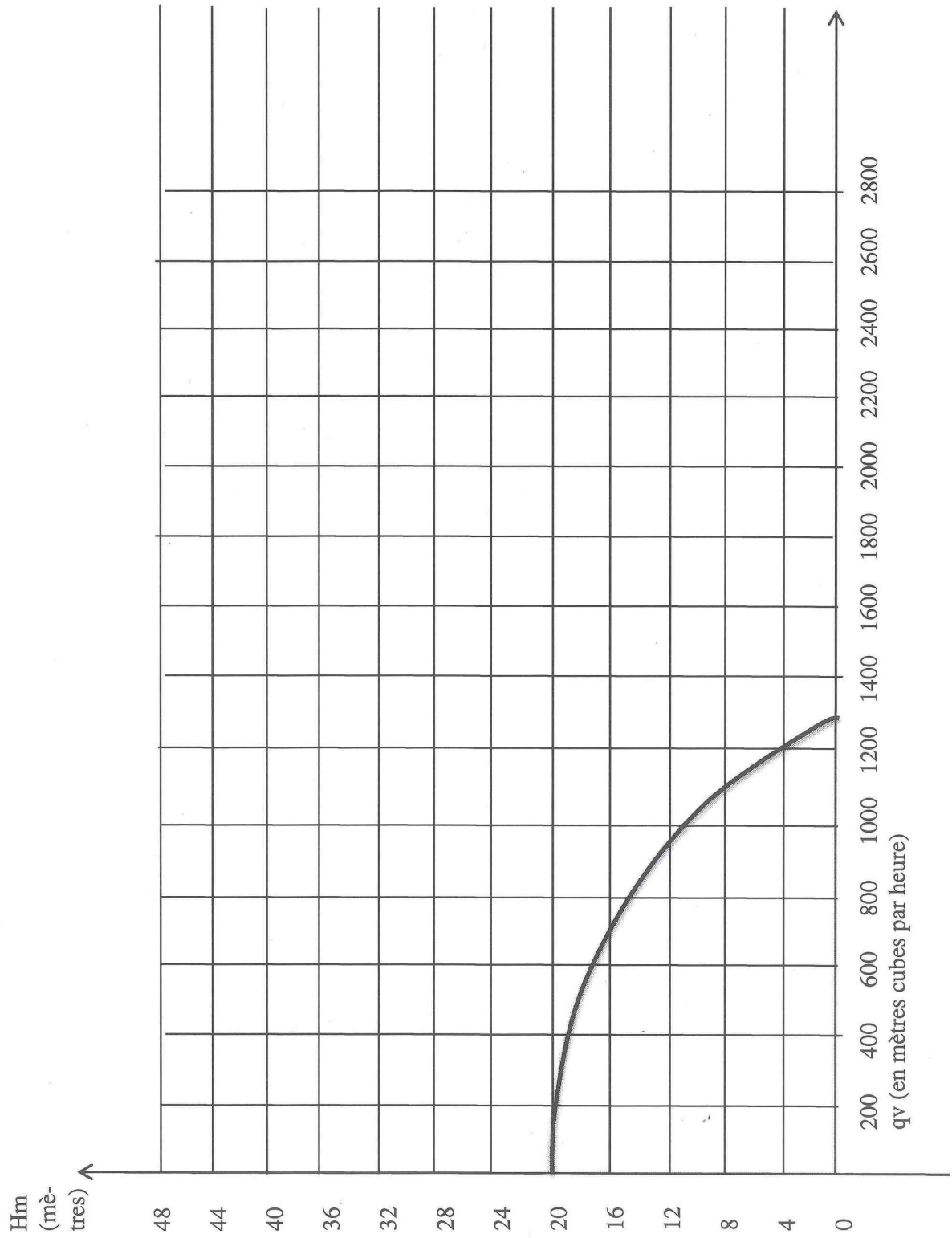
Nota :

1. Aucun document n'est autorisé.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

Centre de :

N° de place :

ANNEXE 1
(A rendre avec la copie)



ANNEXE 2

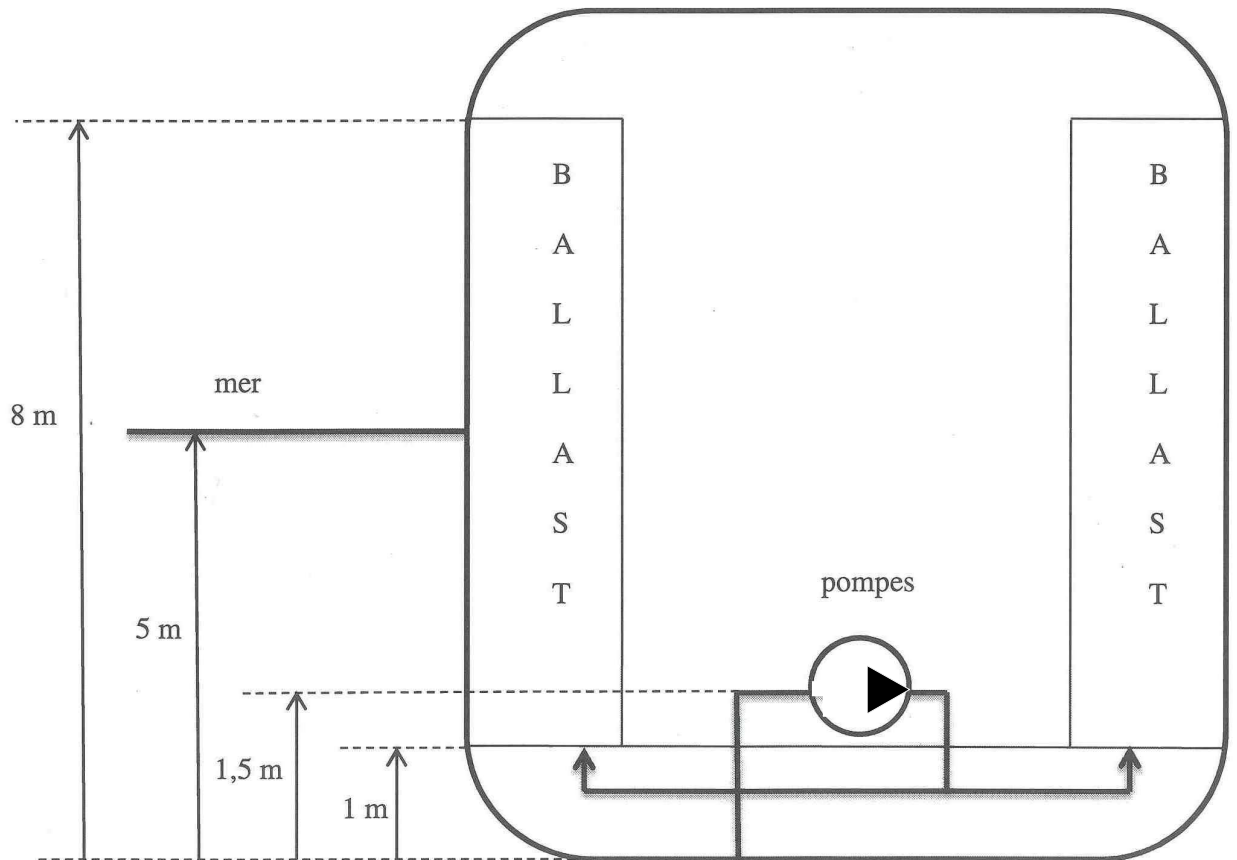
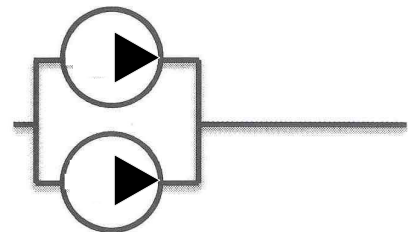


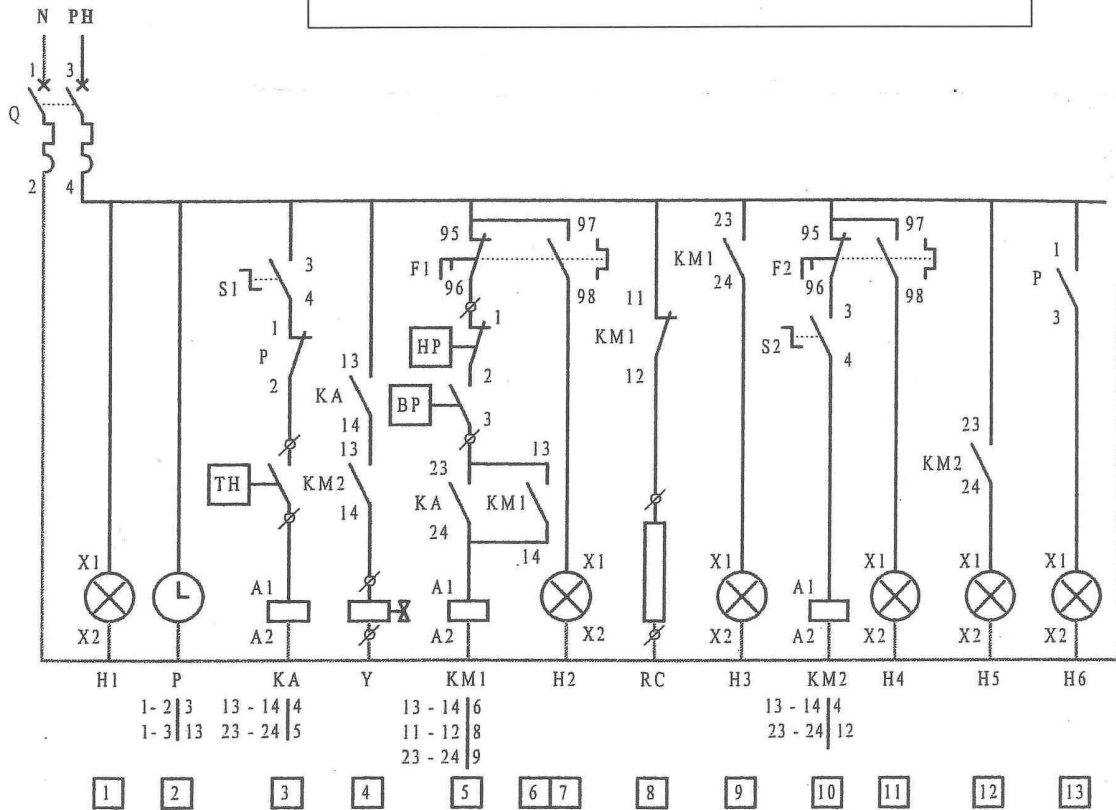
Schéma des pompes vues de dessus



Les 2 pompes sont au même niveau. La longueur des tuyaux qui permet leur mise en parallèle est négligée

ANNEXE 3

Extrait de « ABC du Froid – Editions PYC Livres »



S1 = Interrupteur rotatif M/A du compresseur

TH = Thermostat de régulation

KA = Relais de commande

Y = Electrovanne sur la ligne liquide

HP = Pressostat HP

BP = Pressostat BP

KM1= Contacteur du compresseur

RC = Résistance de carter du compresseur

S2 = Interrupteur rotatif M/A du ventilateur de l'évaporateur

KM2= Contacteur du ventilateur de l'évaporateur

⊗ = L'appareillage entre 2 de ces bornes est à l'extérieur de l'armoire électrique

DIPLOME D'ELEVE OFFICIER DE 1^{ère} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE**ELECTROTECHNIQUE ET ELECTRONIQUE**

(Durée : 3 heures)

1^{re} QUESTION (valeur = 7)**Schéma de liaison à la terre**

On considère le schéma de liaison à la terre donné en **annexe 1 (à rendre avec la copie)**.

La résistance de terre du neutre du transformateur est de 5Ω . La résistance de terre de la machine 1 est de 2Ω et celle de la machine 2 est de 3Ω .

1. En utilisant les symboles normalisés, compléter le schéma de liaison à la terre pour qu'il soit du type TT. Représenter sur ce schéma les appareils de protections et de commandes permettant de protéger les personnes et le matériel.
2. On envisage trois cas.
 - 2.1. Une pièce métallique vient toucher en contact franc la borne de connexion entre la phase R de la machine 1 et la phase R de la machine 2. Les deux machines sont en fonctionnement.
Indiquer les conséquences électriques et les protections susceptibles de se déclencher.
 - 2.2. Une pièce métallique vient toucher la borne de connexion entre la phase R et la phase S de la machine 1 avec une résistance de contact de 1Ω .
Indiquer les conséquences électriques et les protections susceptibles de se déclencher.
 - 2.3. Un défaut d'isolement sur la phase T de la machine 1 et la carcasse se produit. Le contact a une résistance de 200Ω .
Indiquer les conséquences électriques et les protections susceptibles de se déclencher.
3. Déterminer la tension de contact dans la question 2.3. si la protection ne se déclenche pas.
4. Indiquer si cette tension est dangereuse pour une personne dans un local humide. Justifier.
5. Donner la valeur seuil du courant de non lâché en courant alternatif.
6. Proposer un autre schéma de liaison à la terre sur **l'annexe 2 (à rendre avec la copie)** permettant d'assurer la continuité de fonctionnement lorsqu'un seul défaut survient.
7. Donner la signification du code IP15 lu sur la machine 1.

2^e QUESTION (valeur = 13)

Chauffage d'une cuve d'huile.

On se propose d'étudier un dispositif de chauffage d'une cuve d'huile à 80°C (annexe 3).

Équipement 1 : (Gradateur)

1. Donner le rôle de l'équipement 1.
2. Faire le schéma de principe de cet équipement.
3. On utilise pour cet équipement une commande à retard de l'angle d'amorçage
Décrire qualitativement la valeur du facteur de puissance pour cette commande.
4. Donner la courbe de tension de sortie pour un retard à l'amorçage de 30°: utiliser la figure 1 de l'**annexe 4 (à rendre avec la copie)**.
5. Exprimer la tension efficace de sortie en fonction du retard à l'amorçage et de la tension d'entrée efficace.
6. Citer un autre type de commande utilisable.
7. Indiquer si ce type de commande est adapté pour cette installation.

Équipement 2 :

8. Donner le nom de l'équipement 2.
9. Faire le schéma de principe de cet équipement.
10. On suppose que le condensateur lisse parfaitement la tension de sortie et que les diodes à l'état passant ont une tension de 0,7 V.
Calculer le rapport de transformation du transformateur, considéré parfait, pour que la tension de sortie côté continu soit de 12 V.

Équipement 3 (comparateur) :

La sortie de l'équipement 3 pilote l'amorçage de l'équipement 1.

11. Donner le schéma de principe d'un comparateur à base d'AOP.
12. Indiquer le régime de fonctionnement de cet AOP.
13. L'entrée (+) du comparateur est alimentée par une tension en dent de scie (figure 2 de l'annexe 4). Cette tension en dent de scie est synchrone avec la sinusoïde de la figure 1 de l'annexe 4 (**à rendre avec la copie**).
On applique une tension de 4 V sur l'entrée (-) du comparateur.
Donner l'angle de retard à l'amorçage en degré appliqué sur l'équipement 1.

Sonde de température PT100

Les caractéristiques de la sonde de température PT100 sont données en annexe 5.

14. Donner la valeur de la résistance de la sonde lorsque la cuve d'huile sera à 80°C.
15. Le potentiomètre P de 1000 Ω est réglé à mi-course.
Calculer la tension à l'entrée (-) du comparateur.
16. Expliquer le rôle de ce potentiomètre sur l'installation.

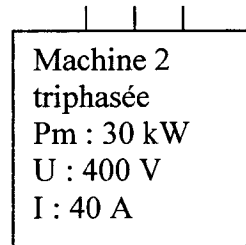
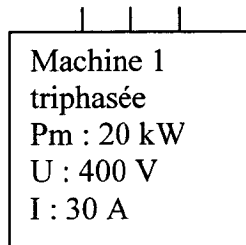
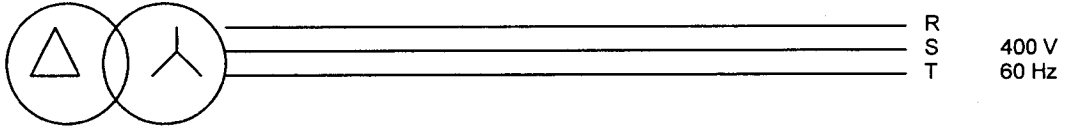
Nota :

1. Documents autorisés : aide-mémoire de dessin industriel.
2. Délits de fraude : "Tout candidat pris en flagrant délit de fraude ou convaincu de tentative de fraude sera immédiatement exclu de la salle d'examen et risque l'exclusion temporaire ou définitive de toute école et d'une ou plusieurs sessions d'examens sans préjudice de l'application des sanctions prévues par les lois et règlements en vigueur réprimant les fraudes dans les examens et concours publics".

Centre de :

N° de place :

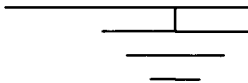
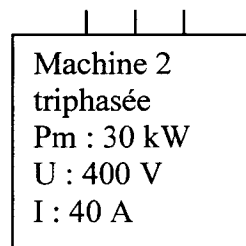
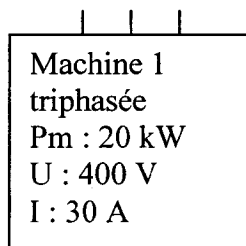
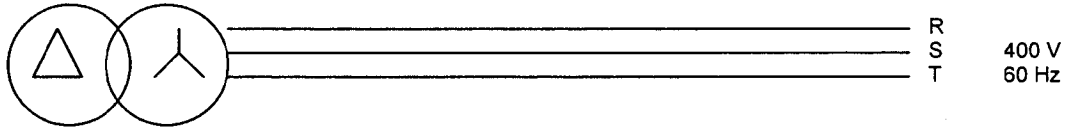
ANNEXE 1



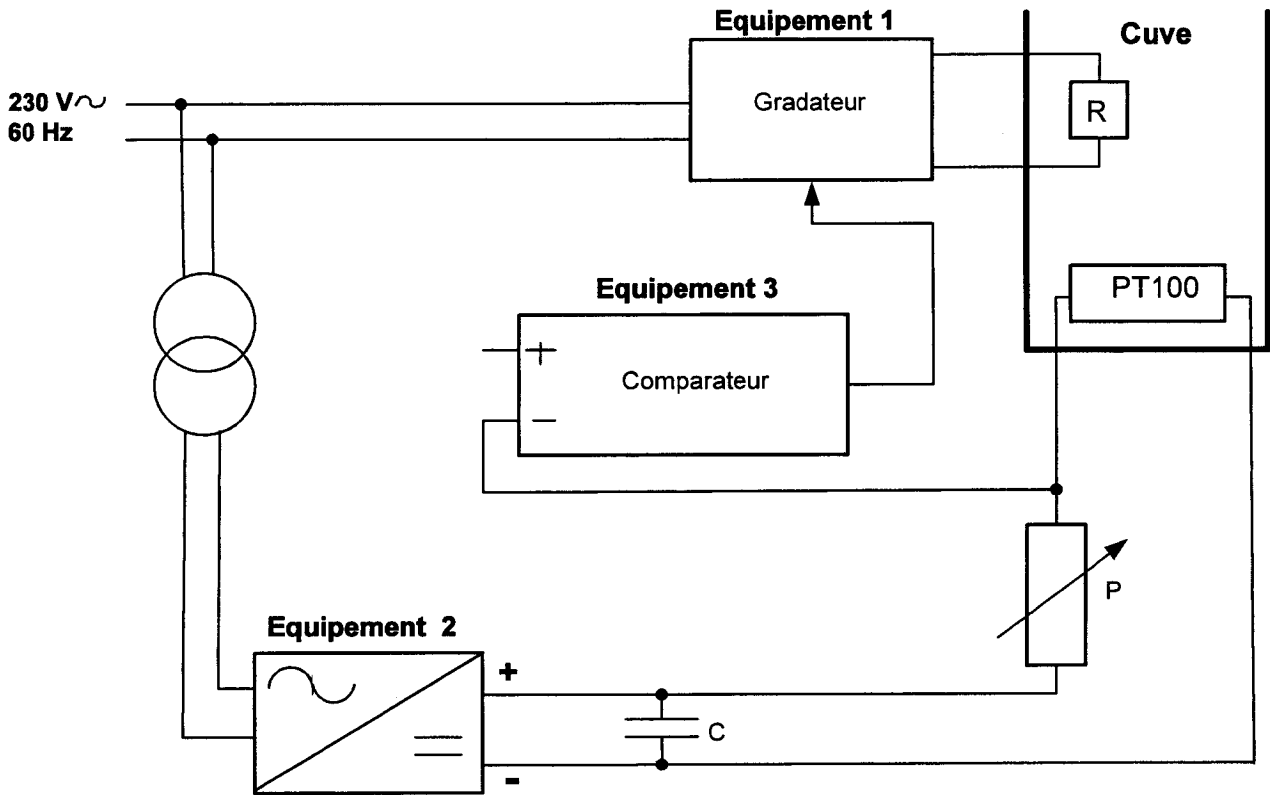
Centre de :

N° de place :

ANNEXE 2



ANNEXE 3



ANNEXE 4

FIGURE N°1

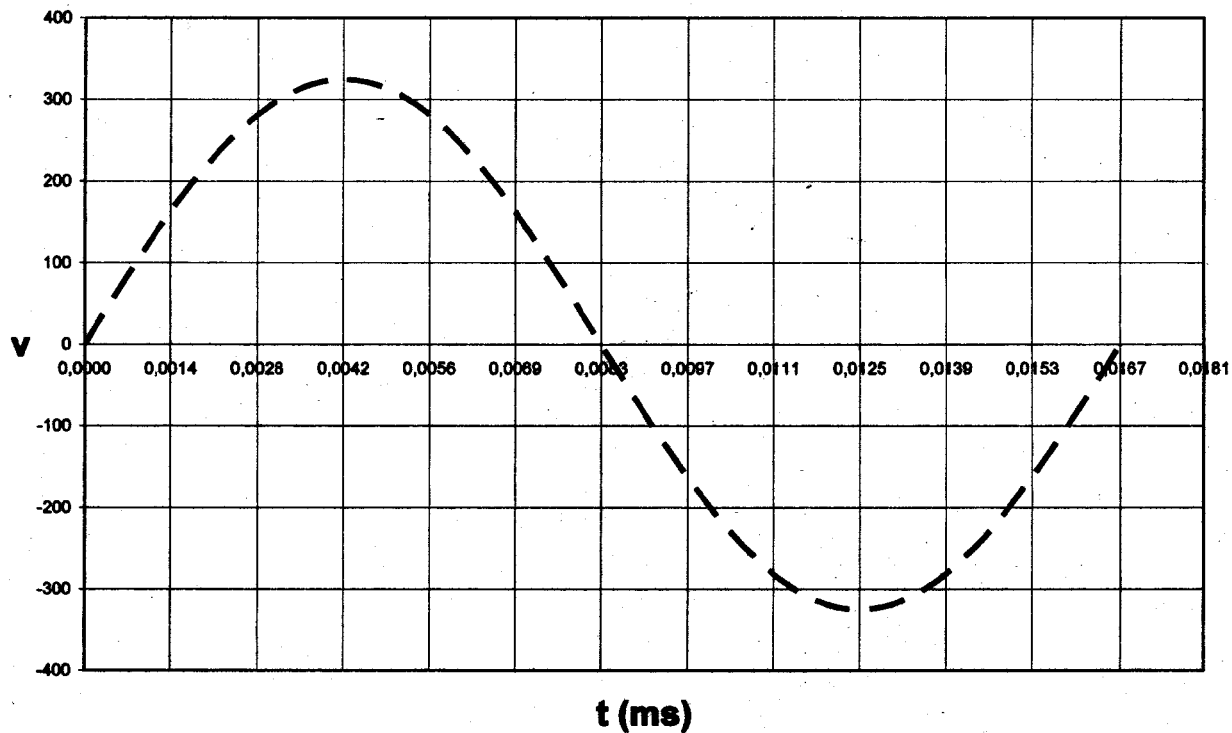
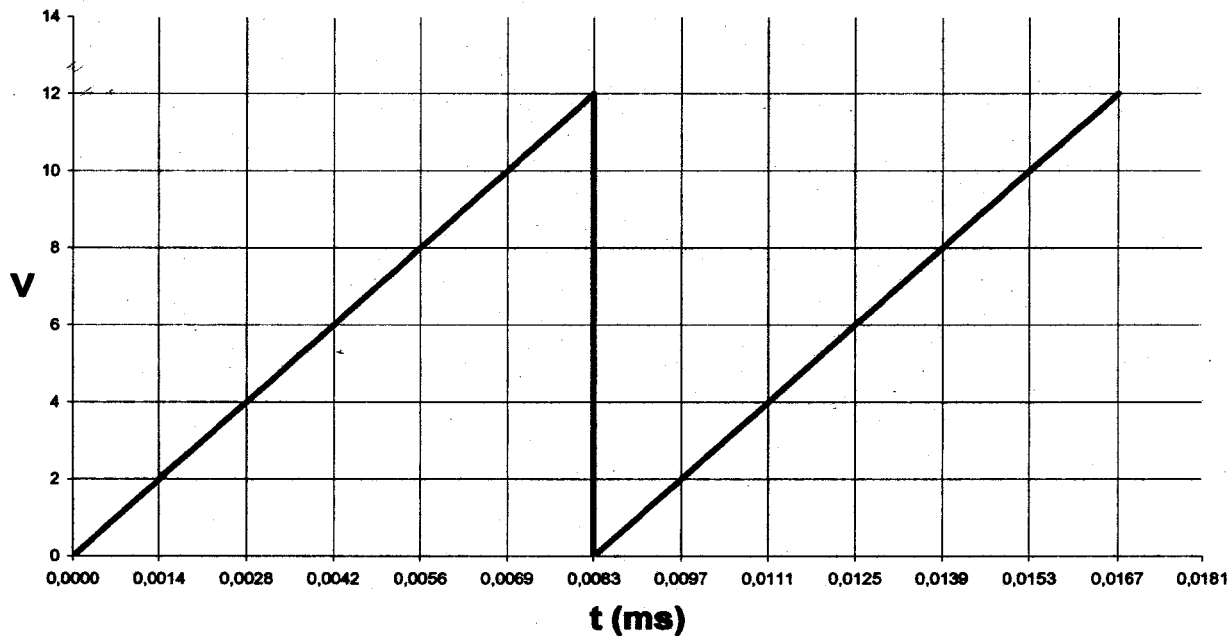


FIGURE N°2



ANNEXE 5

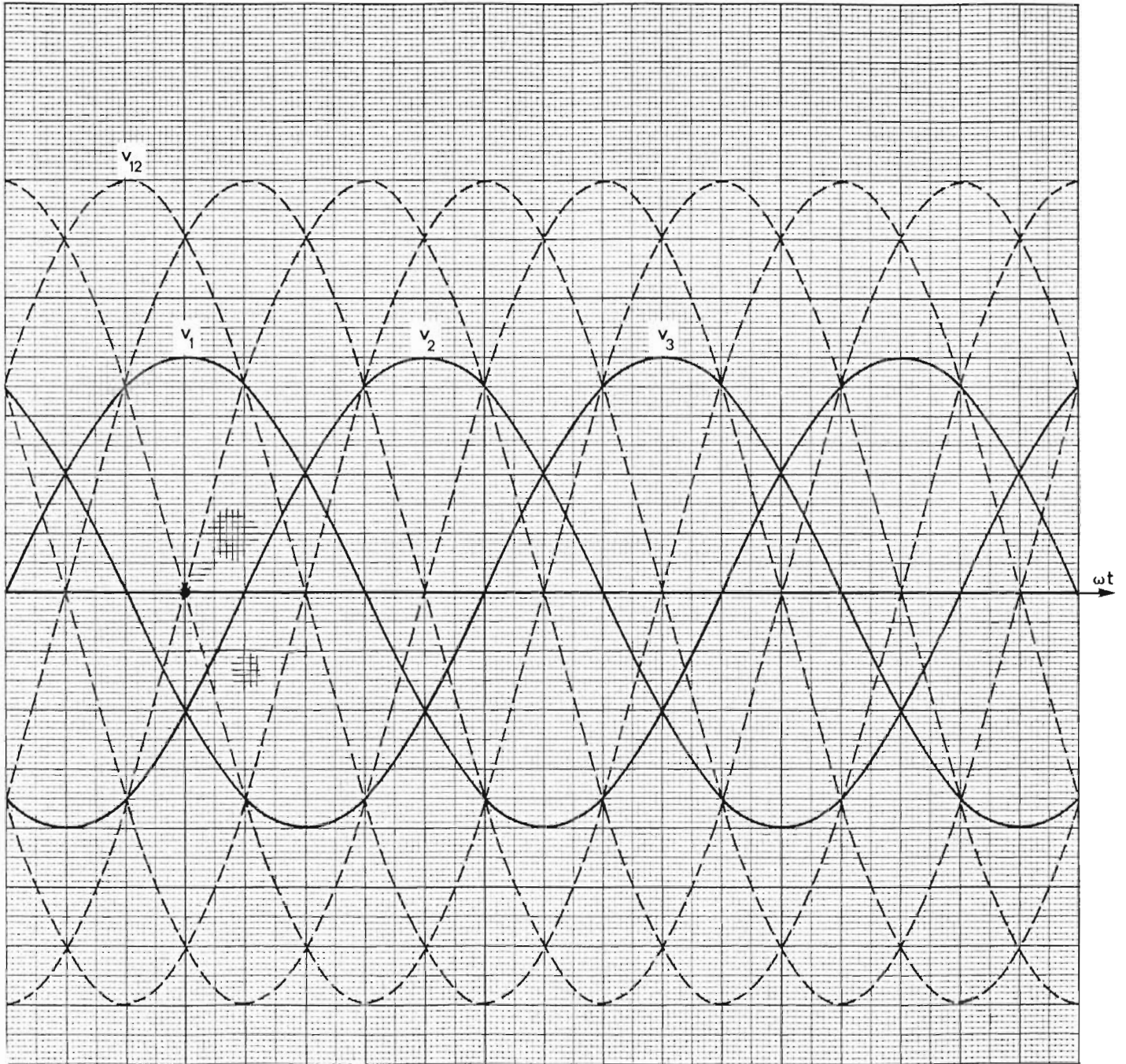
5. Pt100 selon ITS-90 / DIN EN 60751

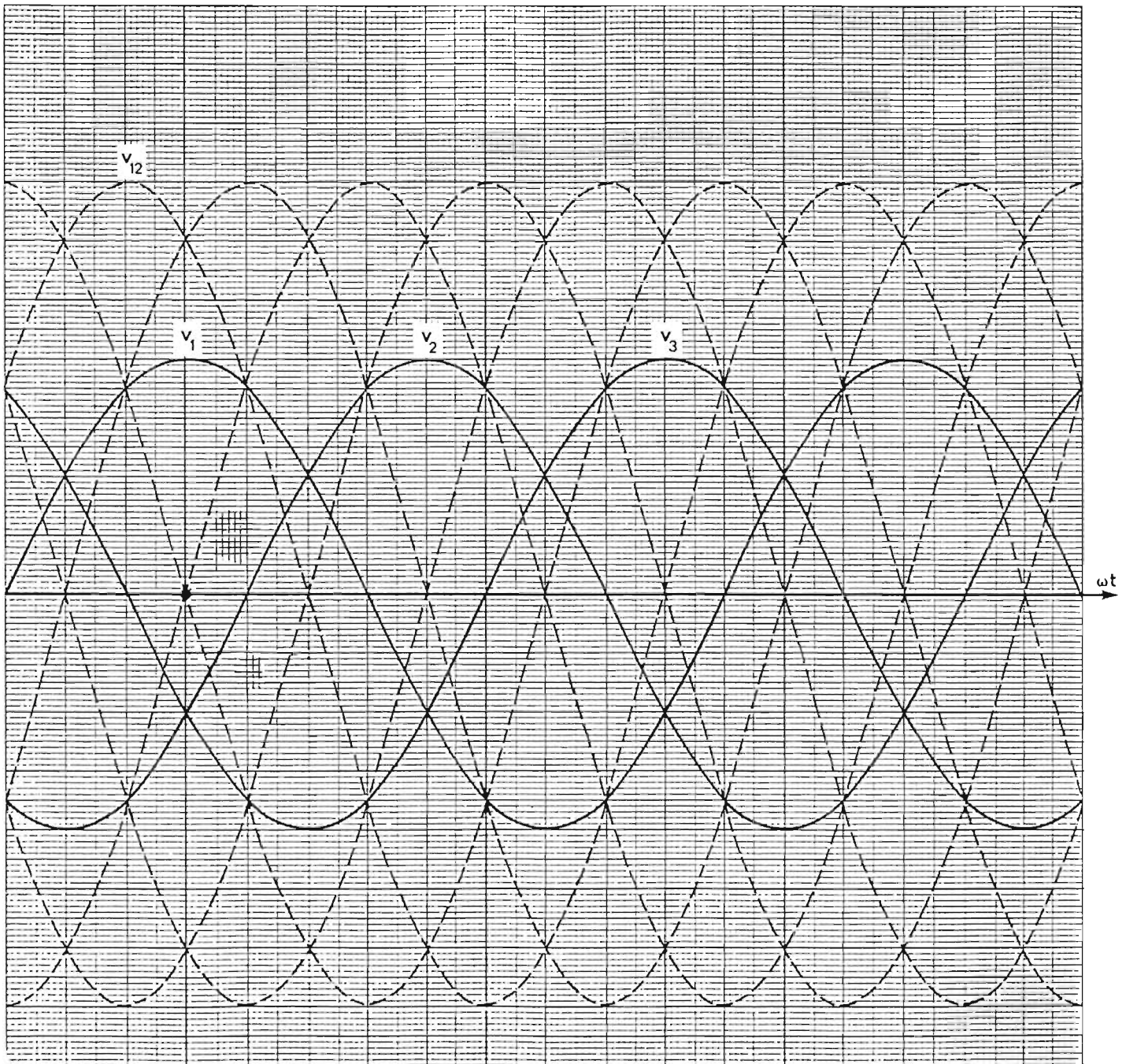
Unités : T [°C] -> R [Ω]

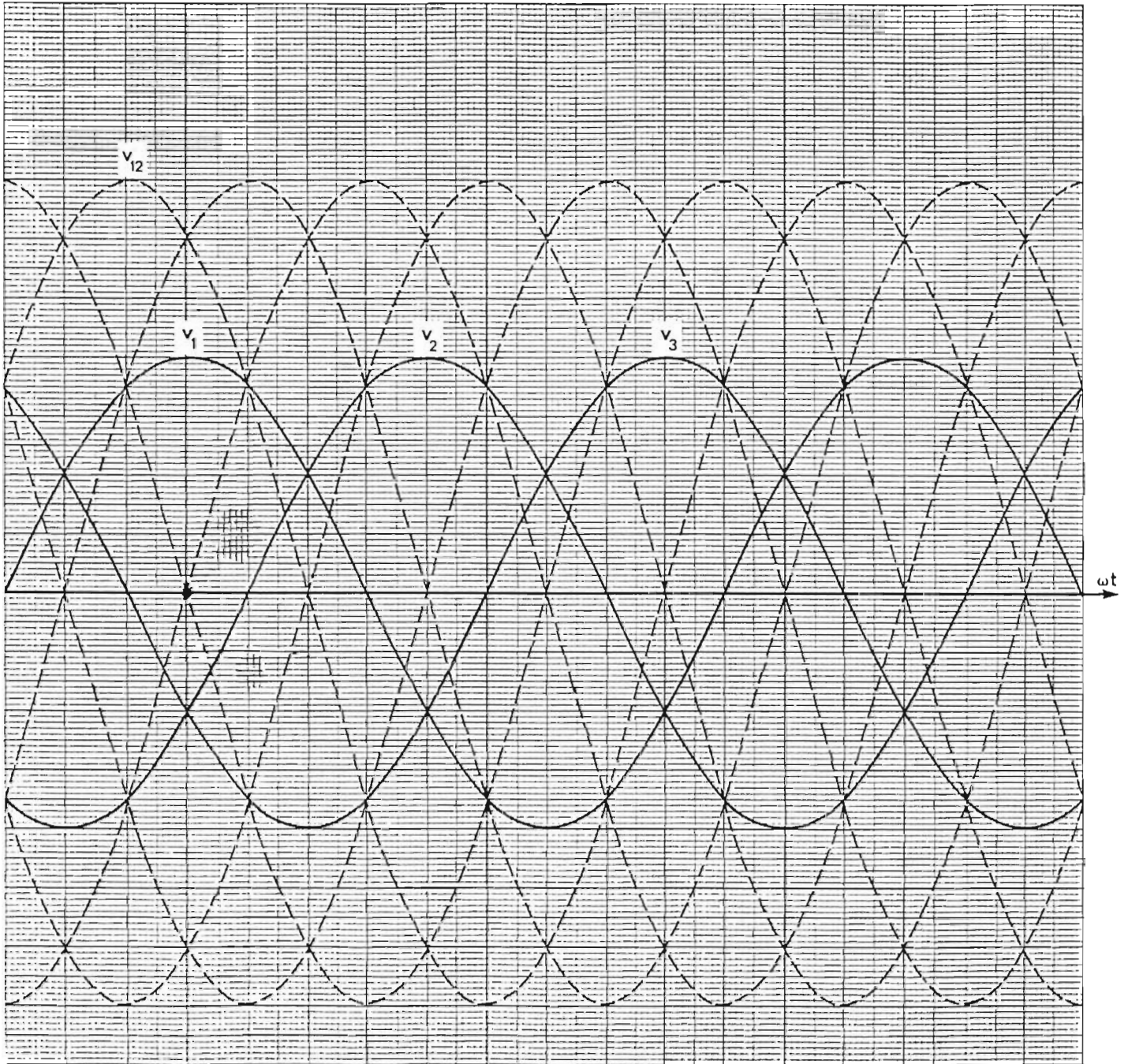
T	0	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9	±10	T
-200	18.52											-200
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95	18.52	-190
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25	22.83	-180
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52	27.10	-170
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76	31.34	-160
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96	35.54	-150
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14	39.72	-140
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29	43.88	-130
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42	48.00	-120
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52	52.11	-110
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60	56.19	-100
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66	60.26	-90
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.92	65.51	65.11	64.70	64.30	-80
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	68.33	-70
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	72.33	-60
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	76.33	-50
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	80.31	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	84.27	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	88.22	-20
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.16	-10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09	0
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40	40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	123.24	50
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	127.08	60
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	130.90	70
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	134.71	80
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	138.51	90
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	142.29	100
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	146.07	110
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	149.83	120
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	153.58	130
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	157.33	140
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	161.05	150

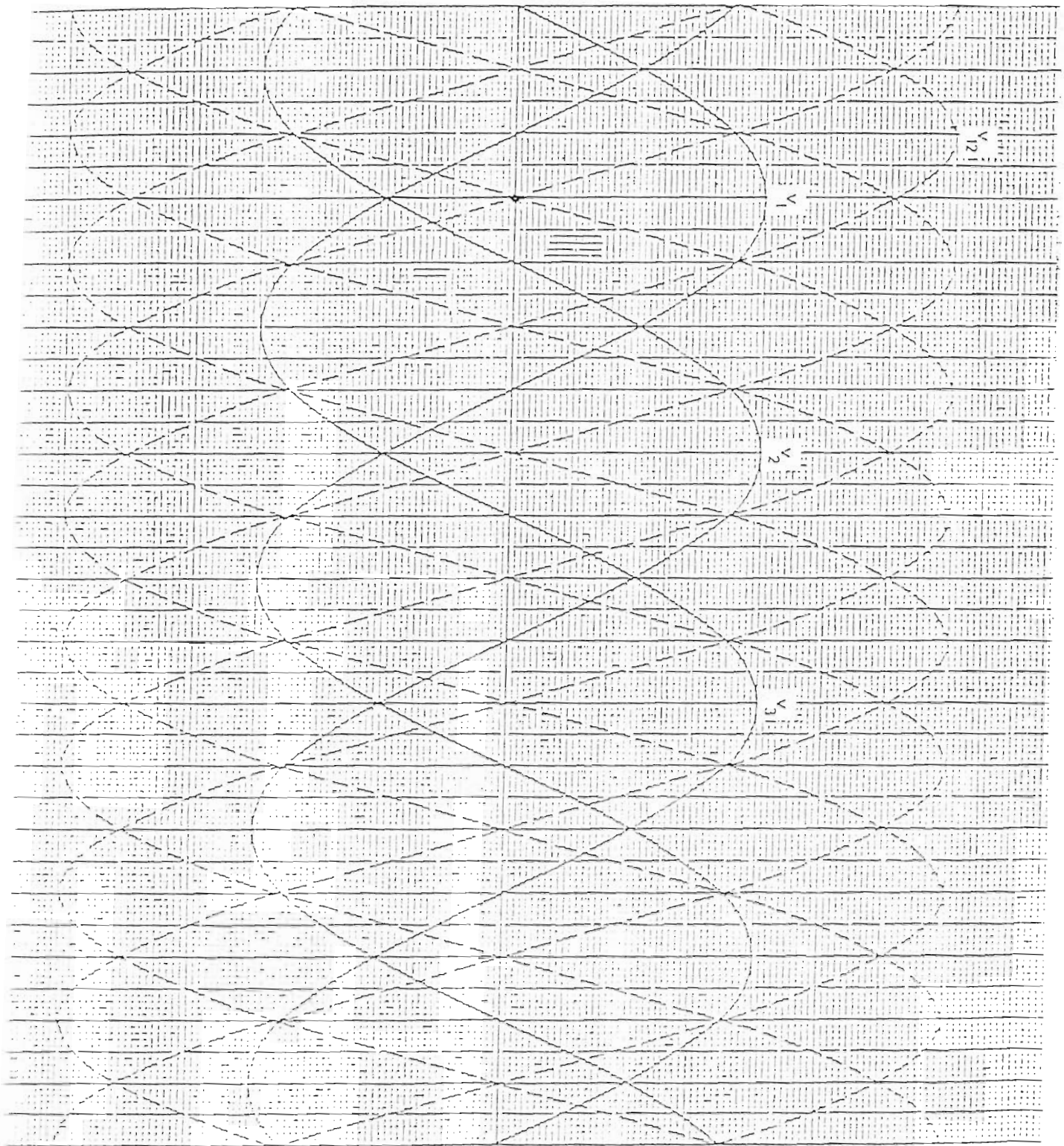
IPR - INSTITUT DE PRODUCTION & ROBOTIQUE

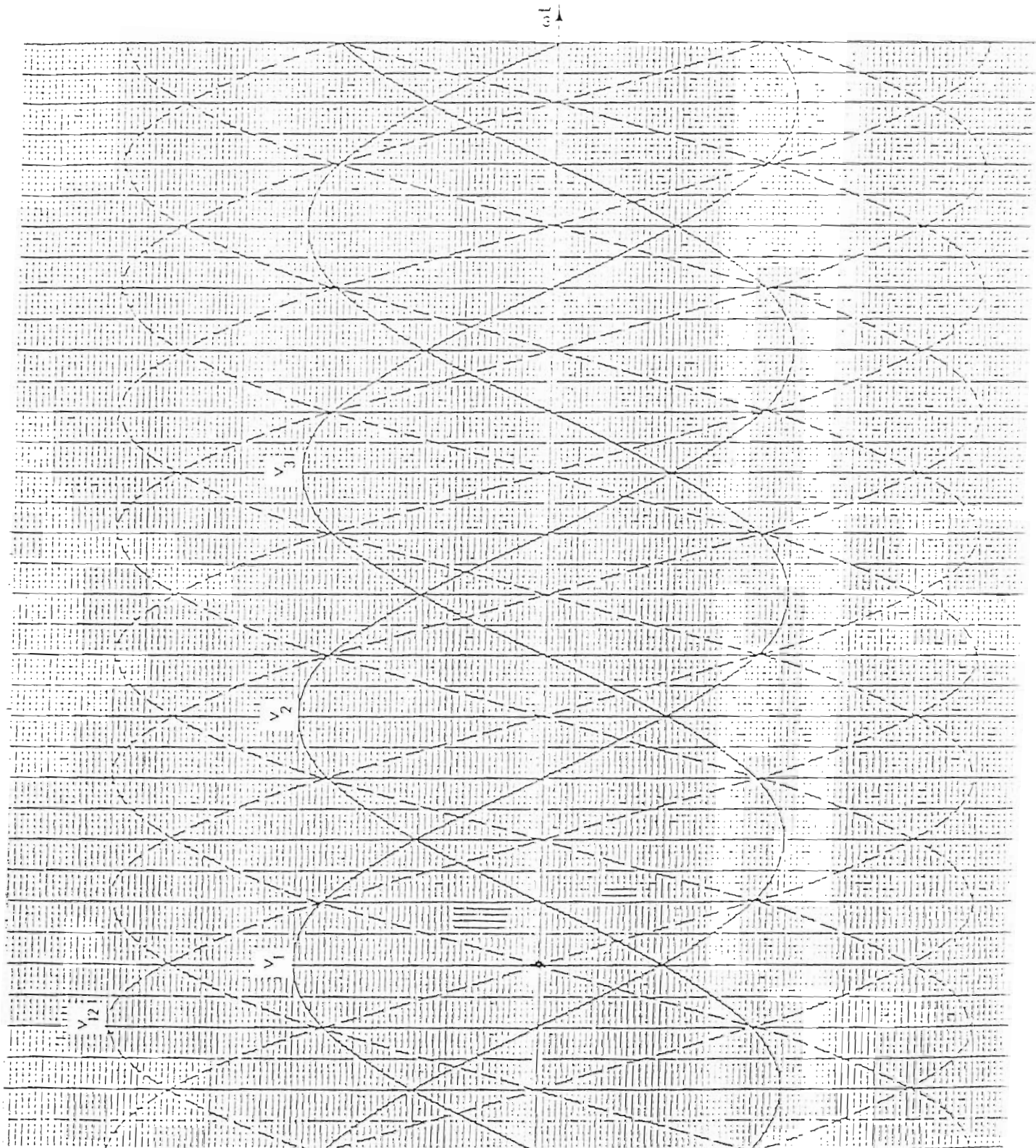
LABORATOIRE DE PRODUCTION MICROTECHNIQUE (LPM)



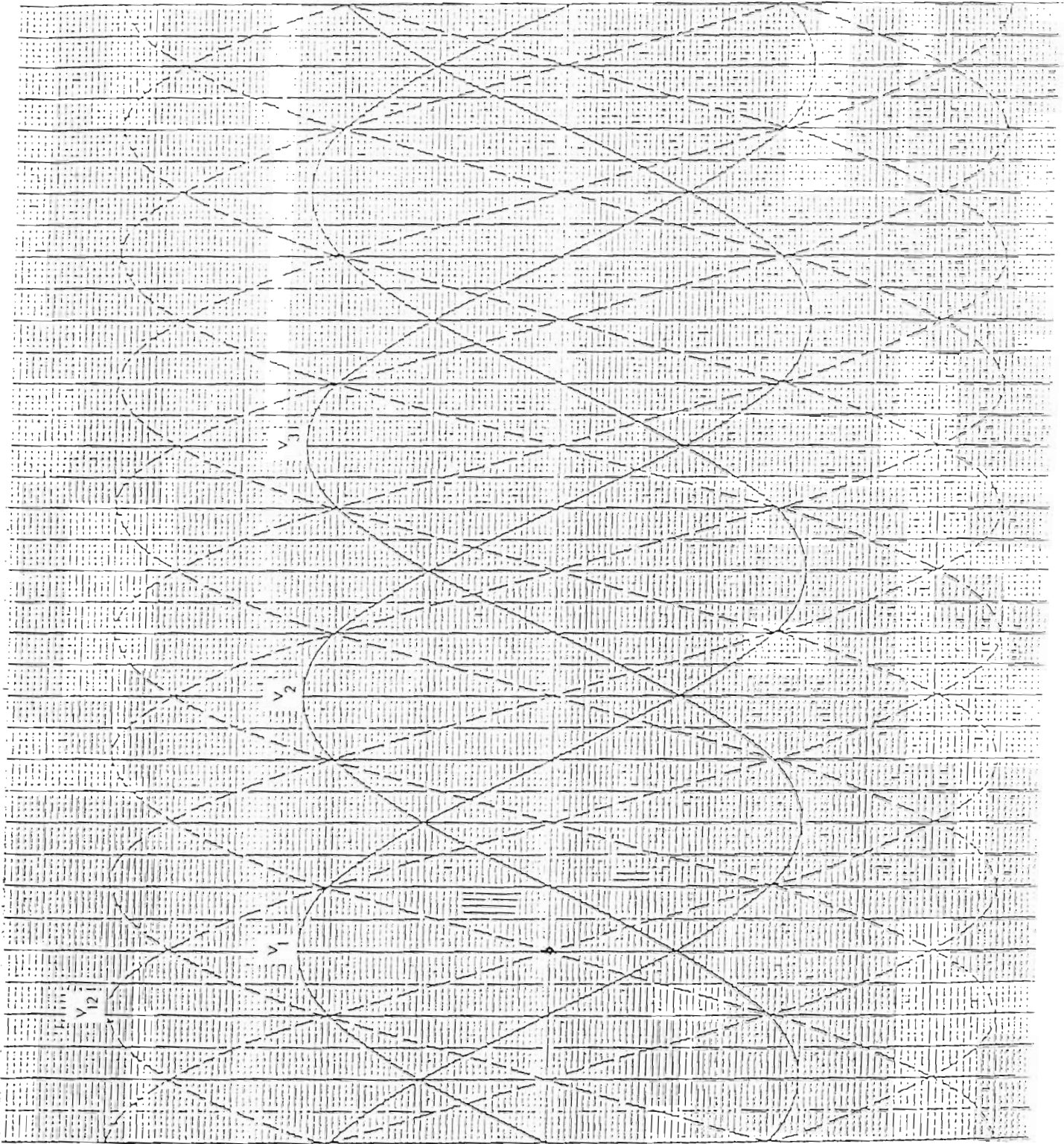


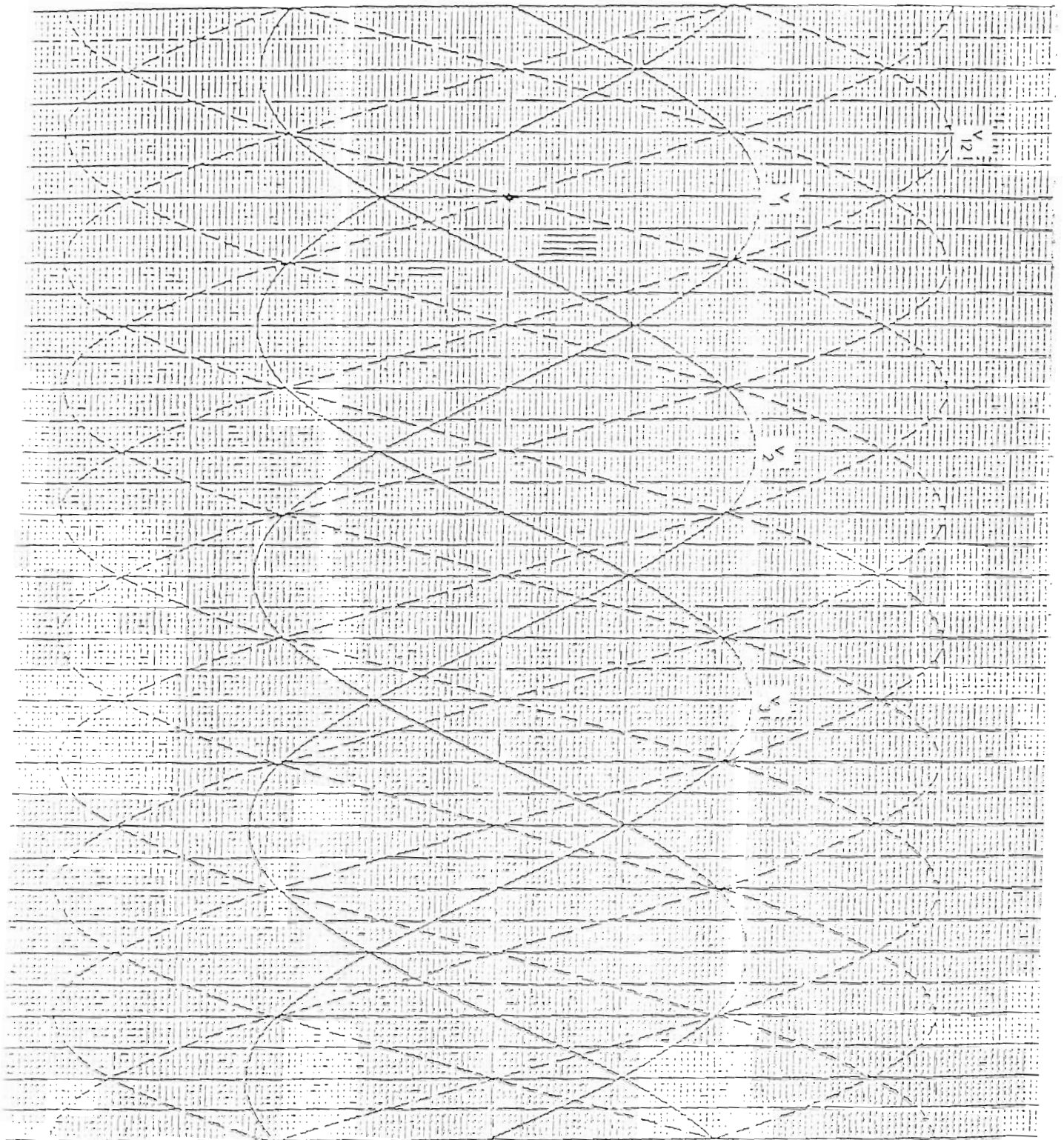


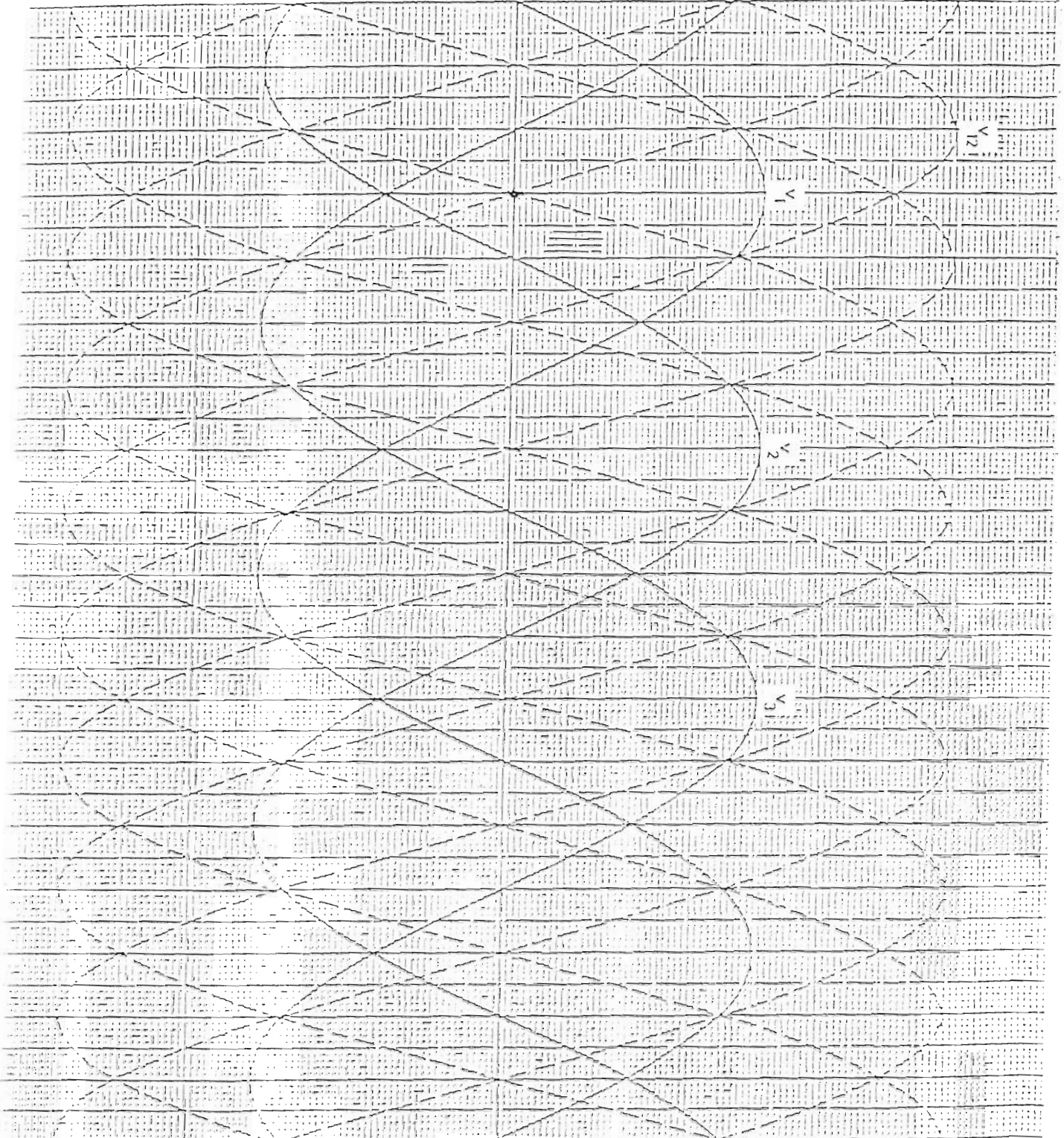




13







at

