



المملكة المغربية
المرکز
الوطن للتقويم
والإمتحانات
والتوجيه



المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي

الأطر المرجعية المكيفة الخاصة باختبارات الامتحان الوطني الموحد لنيل شهادة التقني العالي (BTS) - دورة 2020
الإطار المرجعي للاختبار الخاص بمكون دراسة المحولات الكهربائية - تخصص تقنيات الكهرباء

Composante : Association convertisseur machine et régulation

Filière : Electrotechnique

L'épreuve E1 : Association convertisseur-machine et régulation s'appuie sur l'étude d'un système technique industriel commun pour les parties E1.1, E1.2 et E1.3

1. Finalités :

Cette épreuve doit notamment permettre de vérifier les capacités du candidat à :

- analyser une solution technique dans son contexte ;
- mettre en œuvre des lois, principes et modèles appliqués à l'électrotechnique pour la compréhension d'un système technique industriel ;
- exploiter des notices et des documents techniques ;
- mener et justifier des calculs sur des modèles physiques équivalents ;
- justifier l'intérêt d'un procédé ou de l'agencement de procédés dans le système ou l'application.

2. Description de l'épreuve :

L'épreuve E1, Association convertisseur-machine et régulation, est une épreuve écrite de durée de 4 heures et de coefficient 30.

Le support de cette épreuve est un système technique industriel pluri technologique dans lequel le domaine d'électrotechnique a une place prépondérante. Cette épreuve est constituée de trois parties pouvant être traitées indépendamment les unes des autres. Cette épreuve peut porter sur tout ou partie du système.

L'élaboration et la correction du sujet est confiée à une équipe de professeurs de génie électrique.

L'évaluation porte sur :

Les savoirs et les savoir-faire listés dans le présent référentiel d'évaluation. Il pourra également être demandé aux candidats :

- de commenter et d'analyser des résultats d'expérimentation ou de simulation ;
- d'exploiter des données extraites de notices ou de documents scientifiques ou techniques ;
- de justifier le choix des méthodes et des appareils de contrôle, de mesure et d'instrumentation utilisés.

3. Descriptif du contenu des domaines principaux.

E1.1 : Machines électriques

A. Transformateurs :

A.1. Transformateur monophasé :

- Identifier les éléments constitutifs ;
- Expliquer le principe de fonctionnement ;
- Modéliser un transformateur réel ;
- Exploiter les données de la plaque signalétique ;
- Exploiter les résultats des essais (à vide, en court-circuit et en charge) :
 - o Représenter caractéristiques, modèles et diagrammes ;
 - o Déterminer les éléments du modèle équivalent ;
 - o Exploiter le diagramme de Kapp ;
 - o Prédéterminer la chute de tension au secondaire ;
 - o Déterminer le rendement (méthode directe et méthode des pertes séparées) ;



A.2. Transformateur triphasé :

- Identifier les éléments constitutifs ;
- Décoder et exploiter une plaque signalétique ;
- Déterminer le couplage et l'indice horaire ;
- Représenter le schéma électrique équivalent d'une phase ;
- Déterminer les éléments du modèle équivalent ;
- Déterminer le rendement ;
- Réaliser un couplage de transformateurs en respectant les conditions.

A.3. Transformateurs spéciaux :

Identifier et justifier le fonctionnement des transformateurs spéciaux :

- Transformateurs d'isolement ;
- Transformateurs de mesure (TC, TP);
- Autotransformateurs.

B. Machines à courant continu :

- Identifier et justifier les éléments constitutifs ;
- Expliquer le principe de fonctionnement (en moteur et en génératrice) ;
- Exprimer la f.é.m. (f.c.é.m.) en fonction des paramètres de la MCC ;
- Exprimer le moment du couple électromagnétique en fonction des paramètres de la MCC ;
- Représenter le schéma électrique équivalent en régime permanent (induit et inducteur) ;
- Citer les domaines d'utilisation.

B.1. Moteur à excitation séparée / Moteur à excitation série

- Expliquer le principe de fonctionnement ;
- Décoder et exploiter les données de la plaque signalétique ;
- Exploiter les résultats des essais (à vide et en charge) ;
- Déterminer les pertes et le rendement (méthode directe et méthode des pertes séparées) ;
- Représenter ou exploiter les caractéristiques de vitesse $\Omega(I)$, du couple $Tu(I)$ et

- la caractéristique mécanique $T_u(\Omega)$;
- Etablir le bilan de puissances ;
- Présenter les procédés de variation de vitesse (principe, avantages, inconvénients, mise en œuvre) ;
- Expliquer les différents procédés de freinage ;
- Citer et justifier les conditions de démarrage.



B.2. Moteur universel.

- Expliquer le principe de fonctionnement ;
- Citer les domaines d'utilisation.

C. Machine asynchrone triphasé :

- Expliquer la création du champ magnétique tournant et le principe de fonctionnement du moteur asynchrone triphasé ;
- Décoder et exploiter les données de la plaque signalétique ;
- Déterminer les éléments du schéma électrique monophasé équivalent en exploitant les résultats des essais (à vide, en synchronisme, à rotor calé et en charge) ;
- Déterminer les pertes, le rendement et établir le bilan de puissances ;
- Etablir les expressions du couple $T_{em}=f(g)$ ou $T_{em}=f(\Omega)$;
- Représenter ou exploiter la caractéristique mécanique $T_{em}(\Omega)$ pour différentes fréquences de tensions d'alimentation (pour un fonctionnement en moteur) ;
- Présenter les procédés de variation de vitesse du moteur asynchrone en utilisant la conversion de fréquence et la commande scalaire ($U/f = \text{cte}$) ;
- Expliquer les différents procédés de démarrage et de freinage ;
- Citer les domaines d'utilisation ;
- Exploiter un moteur asynchrone triphasé en monophasé ;

D. Machine synchrone :

D.1. Constitution :

- Expliquer le principe de fonctionnement et la réversibilité ;
- Déterminer les éléments du schéma équivalent de la machine synchrone à pôles lisses non saturée (diagramme à réactance synchrone) et diagramme de Fresnel ;
- Faire le Bilan de puissances.

D.2. Alternateur :

- Etudier le fonctionnement en alternateur autonome et représenter les grandeurs électriques sur un diagramme de Fresnel ;
- Calculer le courant d'excitation nécessaire pour un point de fonctionnement donné en utilisant les caractéristiques électriques $V(I)$ à J , n et ϕ constants et $J(I)$ à n et ϕ constants ;
- Etudier la machine fonctionnant en alternateur couplé au réseau électrique : transfert des puissances active et réactive.

E1.2 Convertisseurs statiques

A. Conversion alternatif-continu : Redresseurs en conduction continue

A1. Redresseurs à diodes : PD2 et PD3

- Analyser le fonctionnement pour une charge résistive / charge inductive ;
- Représenter les différents chronogrammes (courants & tensions) ;
- Montrer l'effet d'un filtrage de la tension redressée par condensateur ;
- Montrer l'effet d'un lissage du courant de sortie par inductance ;
- Etudier la tension redressée (valeur moyenne et facteur de forme) ;
- Choisir les diodes (tensions et courants) ;
- Etudier le(s) courant(s) dans le(s) enroulement(s) secondaire(s) (valeur efficace, harmoniques, TDH, spectre) ;
- Etablir un bilan de puissance en sortie et à l'entrée (facteur de puissance) ;
- Proposer une solution pour relever le facteur de puissance.



A.2. Redresseurs tout thyristor et mixte : PD2 et PD3

- Analyser le fonctionnement pour une charge résistive / charge inductive ;
- Représenter les différents chronogrammes des courants & tensions ;
- Etudier la tension redressée (valeur moyenne et facteur de forme) ;
- Choisir les thyristors (tensions, courants, temps de blocage inverse) ;
- Etudier les courants en entrée, en sortie, dans les semi-conducteurs et dans le(s) enroulement(s) secondaire(s) (valeur efficace, harmoniques, TDH, spectre) ;
- Etablir un bilan de puissance en sortie et à l'entrée (facteur de puissance) ;
- Calculer et comparer le facteur de puissance des redresseurs commandés et semi commandés et faire les critiques nécessaires ;
- Etudier la réversibilité en tension du redresseur commandé et les conditions nécessaires à ce type de fonctionnement ;
- Proposer des montages redresseurs réversibles en courant.

A.3. Association transformateur-redresseur

- Représenter les formes des courants au primaire et au secondaire du transformateur
- Calculer et dimensionner tous les éléments d'une alimentation AC-DC comprenant un transformateur et un redresseur.

A.4. Association redresseur-machine à courant continu

- Analyser le fonctionnement des différentes structures redresseurs (variateurs de vitesse) ;
- Représenter et justifier le trajet du point de fonctionnement dans 1, 2 ou 4 quadrants ;

B. Hacheurs en conduction continue

B.1. Hacheurs série, parallèle, 2 et 4 quadrants en conduction continue

- Expliquer le principe de fonctionnement ;
- Exprimer les différents courants et tensions en fonction du temps ;
- Représenter les différentes formes d'ondes (tensions et courants) ;
- Calculer les valeurs moyennes des différents courants et tensions ;
- Exprimer l'ondulation de courant et expliquer comment peut-on la réduire ;
- Déterminer les puissances en sortie et à l'entrée du hacheur ;

B.2. Association hacheur-machine à courant continu :

- Analyser le fonctionnement de l'association lors d'une variation de vitesse, contrôle de couple et contrôle de tension et/ou de courant ;
- Représenter et justifier le trajet du point de fonctionnement dans 1, 2 ou 4 quadrants

C. Conversion continu - alternatif : Onduleurs

C.1. Onduleur de tension monophasé :

Onduleurs en demi-pont :

- o Analyser le fonctionnement et modéliser les interrupteurs ;
- o Représenter les différents chronogrammes ;
- o Faire l'étude des tensions et des courants (valeur efficace, harmoniques, TDH, spectre) ;
- o Etablir le bilan des puissances.

Onduleurs en pont : Commande symétrique et décalée

- o Analyser le fonctionnement ;
- o Représenter les différents chronogrammes ;
- o Faire l'étude des tensions et des courants (valeur efficace, harmoniques, TDH, spectre) ;
- o Etablir le bilan des puissances.

C.2. Onduleur de tension triphasé :

- o Analyser le fonctionnement ;
- o Représenter les différents chronogrammes.

C.3. Onduleur à commande MLI (Modulation de largeur d'impulsion) :

- o Identifier et analyser une onde MLI unipolaire et MLI bipolaire ;
- o Représenter les chronogrammes et les spectres ;
- o Proposer un circuit de commande MLI ;

C.4. Applications des onduleurs :

C.4.1 : Variateurs de fréquence (varianteurs de vitesse pour moteur asynchrone triphasé) :

- Identifier les procédés de variation de vitesse du moteur asynchrone ;
- Identifier les blocs constituant un variateur industriel ;
- Etablir le schéma de raccordement d'un variateur industriel ;
- Distinguer les différentes stratégies de contrôle de la machine asynchrone :
 - o Principe de la commande scalaire (en V/f constante) ;
 - o Principe de la commande vectorielle (par orientation du flux).

C.4.2 : Autres applications des onduleurs :

- Alimentations de secours :
 - o Identifier la topologie ;
 - o Analyser le fonctionnement.
- Onduleur à résonance :
 - o Analyser le fonctionnement dans une application de chauffage à induction.



E1.3 Régulation et asservissement industriels

A. Conversion d'une grandeur physique en un signal électrique :

- Connaître les principes physiques des principaux types de capteurs (capteurs de courant, de tension, de déplacement, de vitesse, de position et de température...)

B. Régulation et asservissement analogique :

- Dresser le schéma fonctionnel d'une boucle de régulation ;
- Connaître les propriétés en boucle fermée ;
- Établir l'expression de la fonction de transfert d'une chaîne de commande ;
- Déterminer la précision, la stabilité et le temps de réponse d'un processus ;
- Vérifier les performances du système avec son correcteur ;
- Déterminer la marge de phase et la marge de gain pour en déduire la correction nécessaire ;
- Identifier un système par la méthode de Broïda ;
- Applications :
 - o Régulation de tension, de courant ou de couple ;
 - o Asservissement de vitesse et de position ;
 - o Variateur de vitesse réversible avec boucles de courant et de vitesse imbriquées
 - o Régulation de température.

C. Régulation et asservissement numérique :

- Comprendre la notion d'échantillonnage ;
- Connaître l'utilité de la conversion analogique numérique et numérique analogique ;
- Maîtriser l'outil mathématique : transformée en Z ;
- Analyser les boucles de régulation/asservissement numériques : régime transitoire, stabilité et précision ;
- Calculer la transmittance échantillonnée (fonction de transfert) ;
- Faire la synthèse de quelques régulateurs numériques : élaboration des lois de commandes ;
- Applications :
 - o Régulation numérique de vitesse d'une machine à courant continu ;
 - o Asservissement numérique du courant inducteur d'un alternateur ;
 - o Régulation numérique de température.

