

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE JIJEL
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE



Support de Cours

Master II Electrotechnique

Réalisé par

Tarik HACIB

Docteur en électrotechnique

Conception assistée par ordinateur des machines électriques

Année universitaire 2020-2021

Semestre: 3

UE Fondamentale Code : UEF 2.1.1

Matière: Conception assistée par ordinateur des machines électriques

VHS: 22h30 (Cours: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement

Le but de ce cours est de fournir aux étudiants une vue d'ensemble sur les étapes de la conception assistée par ordinateur avec des objectifs et contraintes dûment consignés dans le cahier de charges. L'optimisation des machines électriques est souvent consubstantielle à la conception.

Connaissances préalables recommandées

Machines électriques, Méthode des éléments finis, Méthodes d'optimisation.

Contenu de la matière :

1. Principe et étapes de la conception d'une machine électrique.
2. Méthodes et outils de conception.
3. Cahier des charges (spécification des performances, contraintes et limites de fonctionnement).
4. Caractérisation d'une machine électrique (principales relations, calcul électrique, calcul mécanique et calcul thermique).
5. Exemple paramétrique de conception de machines synchrone, asynchrone, ...etc.
(Détermination du champ électromagnétique à l'aide d'un logiciel basé sur la MEF et optimisation)

Mode d'évaluation ;

Control continu : 100%.

Référence:

Livres et polycopiés.

Semestre: 3

UE Méthodologique Code : UEM 2.1

Matière: TP - Conception assistée par ordinateur des machines électriques

VHS: 15h (TP: 1h)

Crédits: 1

Coefficient: 1

Objectifs :

L'objectif principal de ces travaux pratiques est d'approfondir les connaissances des étudiants sur la conception des différentes machines électriques.

Connaissances préalables recommandées :

Machines électriques ; Logiciel de simulation.

Contenu des travaux pratiques :

TP N°1: Introduction au logiciel utilisé pour la conception des machines électriques;

TP N°2: Conception d'une machine asynchrone assistée par ordinateur ;

TP N°3: Conception d'une machine synchrone assistée par ordinateur ;

TP N°4: Conception d'une machine à CC assistée par ordinateur ;

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références :

Brochure de TP, Notes de cours.

I. Principe et étapes de la conception

I.1. Introduction à la CAO des machines électriques

Le terme de «Conception assistée par ordinateur» ou bien CAO est aujourd'hui utilisée dans plusieurs disciplines. Cette appellation couvre l'ensemble des tâches qu'un ordinateur est capable d'effectuer lors du développement de produits techniques.

La CAO des machines électriques est une tâche difficile dans le sens où la géométrie de celles-ci est complexe et leurs modèles sont non-linéaires à cause des phénomènes électromagnétiques, mécaniques et thermiques qui interagissent. De plus, les caractéristiques et les performances requises doivent être optimisées, tout en respectant un ensemble de contraintes techniques et/ou économiques exigé par le cahier des charges.

La souplesse et la puissance des ordinateurs croissant de plus en plus, ont poussés les chercheurs chargés de la conception des machines électriques à développer des programmes de dimensionnement et d'optimisation de plus en plus performants. Ces outils permettent une CAO, basée essentiellement sur l'analyse, la simulation et l'exploitation automatique des ensembles de solutions possibles.

Afin de réaliser une CAO des machines électriques, on a besoin d'une modélisation analytique et/ou numérique des différents phénomènes qui régissent le fonctionnement de la machine. Un modèle aussi général et précis que possible, avec un minimum d'hypothèses simplificatrices et ne nécessitent pas un temps de traitement important, est préférable. D'autre part, un ensemble de techniques d'optimisations sous contraintes peut être employé pour rechercher la meilleure solution en terme d'une performance à améliorer tout en respectant un ensemble d'exigences (contraintes structurelles, physiques ou économiques...).

I.2. Définitions de la CAO

La CAO comprend l'ensemble des logiciels et algorithmes permettant de concevoir, de tester virtuellement, à l'aide d'un ordinateur et des techniques de calcul numériques, et de réaliser des produits.

Un outil de CAO est un moyen de simulation permettant la définition de la structure du dispositif à concevoir, son dimensionnement et la détermination de ces performances à partir de ces spécifications géométriques de construction et des conditions d'utilisations. En partant d'un cahier des charges donné, il permet d'explorer automatiquement l'ensemble des solutions possibles.

I.3. Etapes de la CAO

Un processus de conception peut être décomposé en deux étapes élémentaires, à savoir, le choix de la structure à concevoir, ensuite le dimensionnement de structure choisie.

La première étape de CAO est généralement assez délicate et exige de la créativité, du savoir-faire et/ou de l'expérience. Le choix définitif du dispositif ne se confirme qu'à la fin de la deuxième étape.

La deuxième étape de CAO est un problème de dimensionnement qui est généralement non linéaire et n'a pas une solution unique. En effet, on peut souvent trouver plusieurs conceptions d'une machine électrique, voir même une infinité, qui respectent le cahier des charges prédéfini.

I.3.1. Choix de la structure du dispositif

La première étape d'une méthodologie de conception, consiste à définir la structure du dispositif qui est apte à satisfaire les exigences dans le cahier des charges qui comprend généralement les performances à réaliser et les contraintes à respecter. Dans cette étape, il faut faire une collecte des contraintes nécessaires liées aux solutions possibles, existantes ou nouvelles et ensuite choisir la plus adaptée au cahier des charges, cette étape exige la créativité ou de l'expérience, le choix définitif du dispositif ne se confirme qu'à la fin de la deuxième étape.

I.3.2. Dimensionnement de la structure choisie

Une fois la structure est choisie selon la première étape, il s'agit dans cette deuxième étape de déterminer les paramètres géométriques et éventuellement physiques et de commande du dispositif, satisfaisant les performances et respectant les contraintes préalablement définies dans le cahier des charges. Dans cette étape, on utilise des modèles mathématiques très développés, permettant de relier quantitativement les paramètres descriptifs d'un système (paramètres géométriques, physiques et de commande) aux paramètres caractéristiques du dispositif (facteur de puissance, rendement, force de démarrage,...etc), notamment ceux qui apparaissent dans le cahier des charges. Cependant, dimensionner une structure correspond à l'opération inverse c'est-à-dire, il est question de déterminer les grandeurs descriptives du dispositif pour satisfaire aux caractéristiques et aux conditions de fonctionnement prédéfinies dans le cahier des charges.

L'existence d'une solution n'est pas toujours garantie, surtout si le cahier des charges est trop contraignant ou irréaliste ou si la structure choisie pour le dispositif n'est pas bien adaptée au cahier des charges. Dans un cas contraire, plusieurs solutions voire même une infinité, se présentent, ce qui correspond à un cahier des charges réalisable. Dans ce cas, il s'agit de tirer ces solutions et trier la meilleure en se basant sur un ou plusieurs critères choisis arbitrairement ou déduits naturellement du cahier des charges.

Donc pour dimensionner un dispositif, il est question de le modéliser, puis le développer ou de disposer d'une méthodologie pour réaliser l'inversion du modèle en question. La plupart des logiciels du génie électrique ne permettent qu'une simulation assistée par ordinateur des différents modèles des dispositifs électriques (Flux 2D, Flux 3D, MAXWELL, FEM, MATLAB...etc). quelques uns sont dédiés spécialement à un dimensionnement assistée par ordinateur en offrant ainsi une aide réelle à la CAO optimisée des dispositifs électrotechniques, on cite en particulier : le module "Optimization Toolbox" de MATLAB.

I.4. Nécessité de la CAO

Il est clair dès lors, que concevoir un dispositif de façon générale n'est pas une tâche facile à réaliser. En effet, il est question de manipuler des connaissances concernant les différentes structures du dispositif à concevoir et des modèles mathématiques complexes afin de choisir la meilleure structure et d'élaborer des stratégies de dimensionnement. C'est pourquoi, il est plus que nécessaire de développer des outils d'aide à la conception des dispositifs électrotechniques en particulier, permettant d'automatiser, de plus en plus, les deux étapes de conception présentées précédemment. L'objectif de ces outils est de gagner du temps, d'optimiser les solutions actuelles et de réduire le coût de production et le nombre de prototypes.

Il est incontestable que les ordinateurs permettent d'augmenter l'efficacité de la conception en manipulant des outils mathématiques et des algorithmes de plus en plus compliqués. Ils permettent aussi de traiter des connaissances de plus en plus diversifiées, qu'on ne peut gérer sans de telles machines, avec de plus en plus de rapidité d'exécution et de plus en plus de capacité de stockage de l'information.

I.5. CAO dans l'industrie

Les industries les plus impliquées dans les domaines de la CAO sont les suivantes :

- Industrie de l'automobile: La CAO intervient dans la fabrication des moteurs (problèmes couplés en mécanique et thermique) et de diverses pièces, jusqu'aux calculs aérodynamiques pour la forme de la voiture.
- Industrie aéronautique: Modélisation des turbines, conception et fabrication de pièces diverses, résistances des matériaux aux écoulements fluides,...etc.
- Industrie nucléaire: Calculs mécaniques et thermiques pour la conception des réacteurs nucléaires, calcul des écoulements de fluides, transferts de chaleur dans les échangeurs thermiques,...etc.
- Industrie sidérurgique: Conception de fours à chauffage par induction (phénomène couplé thermique et électrique),...etc.