EEP202 - Réseaux électriques du futur

Présentation

Prérequis

Pré-requis :

EEP101, EEP102, EEP103, EEP127, EEP128, EEP137, AUT104

Nombres complexes et représentation vectorielle

Eléments de calcul matriciel

Transformée de Fourier

Détermination de circuits électriques élémentaires

Fonctions de transfert / Analyse fréquentielle / Stabilité des systèmes asservis

Avoir le niveau Bac + 4 dans la spécialité et être agréé par l'enseignant.

Objectifs pédagogiques

Maîtriser la technologie des systèmes flexibles de transport et de distribution dans la cadre de l'ouverture des marchés de l'électricité.

Maîtriser les interconnexions des réseaux électriques en DC ou AC. Appréhender les structures de commandes des réseaux électriques dans le cadre de la gestion des flux de puissance et de la gestion de la qualité de l'électricité aux points de raccordements.

Etre capable d'intervenir sur des systèmes de production décentralisée, e.g. fermes éoliennes, centrales photovoltaïques, hydroliennes, prenant en compte les règlementations concernant les contraintes du raccordement aux réseaux électriques (Grid-Codes).

Appréhender les architectures de réseaux électriques de type Smart Grids, Micro Grids et Nano Grids.

Connaître les principes de recharge des véhicules électriques et l'impact sur les réseaux électriques

Compétences

- Comprendre les problématiques de la gestion des flux de puissance dans les réseaux électriques AC et DC

- Comprendre les problématiques de contrôle de la qualité de l'énergie électrique dans les réseaux AC

- Comprendre les problématiques de stockage de l'énergie dans les réseaux électriques AC et DC

- Savoir analyser et maîtriser la commande des convertisseurs de puissance raccordés aux réseaux électriques de transport et de distribution

- Savoir interpréter les perturbations sur un réseau électrique AC et DC en présence de sources de production EnR

- Savoir analyser et maîtriser les problématiques de recharge des véhicules électriques et leur impact sur le réseau électrique

Mis à jour le 18-02-2025

Code : EEP202

Unité d'enseignement de type cours

6 crédits

Volume horaire de référence (+/- 10%) : **50 heures**

Responsabilité nationale :
EPN03 - Electroniques, électrotechnique, automatique et mesure (EEAM) / Jean-Luc THOMAS

Contact national :

Equipe pédagogique Systèmes éco-électriques

292 rue Saint-Martin
21-0-41
75003 Paris
01 58 80 85 01
Alexandre Pigot
alexandre.pigot@lecnam.net

Programme

Contenu

Introduction :

- Analogies entre la commande des machines électriques et la commande des réseaux électriques

- Conversion de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution

- Gestion technique et valorisation du stockage de l'énergie dans les réseaux électriques

FACTS :

- Principes fondamentaux des systèmes flexibles de transport et de distribution – Familles de FACTS

- Compensation parallèle (SVC, STATCOM) / Compensation série (TCSC, SSSC)

- Compensation série / parallèle (UPLC, UPFC, UPQC, IPFC)

- Technologies et topologies des convertisseurs de puissance pour les réseaux électriques

- Objectifs de commande, Contraintes, Degrés de liberté – Augmentation de la capacité de transit de P

- Architectures de contrôle : synchronisation robuste au réseau, commande vectorielle, commande DPC

- Structures de commande en régime de réseau déséquilibré en tension – Référentiels (d+,q+) / (d-,q-)

- Filtrage actif des harmoniques – Régime équilibré / déséquilibré – Contrôle du Flicker Pst / Plt

HVDC :

- Modélisation d'une liaison LCC-HVDC - Modélisation d'une liaison VSC-HVDC – Deux terminaux

- Approche « p-q » et « p-q-r » - Analogie : « P, Q » réseaux et « C, Phi » machines

- Architectures de commande des liaisons LCC-HVDC et des liaisons VSC-HVDC : Contrôle P, Q, Udc

- Problématique de gestion de flux de puissance dans une structure multi-terminaux VSC-HVDC

Architectures de réseaux de type « Micro / Nano Grids » :

- Introduction aux différentes architectures de Micro / Nano grids

- Les fondamentaux techniques des Micro / Nano grids

- Autoproduction et autoconsommation sur un réseau raccordé à des sources d'énergie renouvelable

- La problématique spécifique de la gestion des réseaux électriques en zone insulaire (ZNI)

MTDC / DC micro-Grids:

- Architectures de commande tension / fréquence : « droop control », « adaptive droop control »

- Structures de commande de type « droop control » pour les systèmes MTDC et DC micro-grids

Stockage :

- Technologies de stockage de l'énergie : hydraulique, électrochimique, cinétique, magnétique …

- Principes du stockage centralisé / distribué

- Gestion des flux de puissance dans un réseau électrique intégrant du stockage et des sources EnR / EmR

Infrastructures de Recharge de Véhicules Electriques :

- Structures de recharge AC – Structures de recharge DC

- Impacts sur le réseau électrique de distribution

- Gestion optimisée de recharge / résidentiel

- Véhicule to Grid (V2G)

Introduction à la cyber-sécurité des réseaux électriques

- Réseaux électriques T&D - Smart Grids - Network Code on Cybersecurity (NCCS) ENTSO-e

Etudes de cas :

- Four à arc électrique,

- Réseau d'éclairage public : impact sur la qualité de l'énergie électrique

- Gestion de la pointe dans un réseau de transport,

- Exemples de FACTS dans les réseaux électriques internationaux

- Renforcement d'une ligne AC par une liaison à courant continu,

- Aérogénérateur interconnecté sur une réseau en régime déséquilibré,

- Exemple d'apport du stockage pour le traitement des congestions,

- Sources d'énergie renouvelables associées à un système de stockage centralisé / décentralisé,

- Parc éoliens « off-shore » interconnectés sur un réseau DC – Exemples internationaux,

- Sources de production solaire photovoltaïque et stockage électrochimique dans les micro-grids,

- Infrastructure de recharge des véhicules électriques (IRVE)

Modalités de validation

- Examen final

Description des modalités de validation

Deux sessions d'examen sur table.