Formation - Compatibilité électromagnétique des convertisseurs statiques d'énergie

ECEM-FR-P | Présentiel | 5 jours

Cette formation a pour objectif de former les participants à la maîtrise des principes de compatibilité électromagnétique (CEM) dans la conception et la validation de convertisseurs statiques d'énergie. Il couvre les méthodes pour minimiser les perturbations électromagnétiques et assurer la conformité aux normes CEM dans des applications industrielles et de transport

Niveau

Expertise

Public

Ingénieurs et techniciens impliqués dans la conception, le développement, et la validation des convertisseurs d'énergie, particulièrement pour des applications automobiles, aéronautiques et industrielles (Ingénieurs en R&D - Techniciens de test et de validation - Ingénieurs systèmes et architectes - Ingénieurs et techniciens en reconversion vers l'électronique de puissance)

Objectifs

Les apprenants seront capables de mettre en œuvre les compétences suivantes :

- Comprendre les fondamentaux de la CEM et les sources de perturbations électromagnétiques.
- Intégrer les contraintes de CEM dans la conception des convertisseurs en prenant en compte les couplages électromagnétiques et les effets de blindage.
- Appliquer des techniques de réduction des émissions électromagnétiques dans la conception d'onduleurs, convertisseurs DC-DC et chargeurs embarqués.
- Mettre en place des solutions de blindage et de filtrage pour des dispositifs complexes, y compris les applications dans les systèmes industriels et automobiles.
- Réaliser des tests de conformité CEM et analyser les résultats pour optimiser les performances des convertisseurs.
- Travailler sur un mini-projet de conception CEM, en appliquant les concepts étudiés pour développer un convertisseur compatible CEM.

Pédagogie & ressources techniques

- Formation intégrée, combinant cours théoriques et mini-projets pratiques pour une application concrète des concepts.
- Utilisation de logiciels de simulation pour le calcul des performances électromagnétiques et le dimensionnement des filtres.
- Ateliers pratiques avec instruments de mesure avancés (analyseurs de spectre, oscilloscopes) pour analyser les émissions électromagnétiques et mettre en œuvre des solutions de réduction.
- Analyse de composants et circuits de pointe dans le domaine des convertisseurs statiques d'énergie et de la CEM.

Évaluation des acquis

- Les stagiaires sont évalués au long de la formation au travers de phases applicatives et d'échanges avec le formateur
- Une évaluation à chaud peut également être effectuée en fin de formation et/ou en fin de module par des

© IFPTraining

tests visant à vérifier la compréhension et l'intégration par les apprenants des connaissances correspondant aux objectifs de la formation

Prérequis

Aucun prérequis n'est nécessaire pour suivre cette formation

Informations complémentaires

Une grande partie des concepts théoriques sera appliquée dans le cadre des mini-projets sous forme d'exercices de conception, d'essais et de validation.

Responsable

Formateur IFP Training, ayant une expertise dans le domaine et formé à des méthodes pédagogiques modernes adaptées aux besoins spécifiques des apprenants issus du milieu professionnel

Programme

INTRODUCTION À LA COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE (CEM) (PARTIE 1) — 0,25 jour

Ce cours introduit les principes de la compatibilité électromagnétique (CEM), en abordant les notions de perturbations électromagnétiques et leurs impacts sur les systèmes électroniques. Les participants découvriront les bases de la CEM et les enjeux pour le développement de systèmes fiables.
Origines des émissions conduites et rayonnées. Effet des perturbations électromagnétiques. Normes. Introduction aux couplages : les six couplages électromagnétiques, mode différentiel et mode commun, couplage par impédance commune, couplage capacitif carte à châssis, couplage par diaphonie inductive, couplage par diaphonie capacitive, Couplage champ à fil, couplage champ à boucle. Les sources de perturbations : perturbations à basses fréquences, perturbations à hautes fréquences, circuits numériques, évaluation désordres de grandeur, perturbation des oscillateurs, conversions d'unités.

INTRODUCTION À LA CEM (PARTIE 2) — 0,25 jour

Suite de l'introduction, cette deuxième partie approfondit les sources de perturbations électromagnétiques et les méthodes de réduction des interférences dans les dispositifs électroniques. Les participants exploreront les normes et réglementations CEM.
Effets sur les victimes : effets biologiques, perturbations des circuits analogiques, perturbations des récepteurs optiques, perturbations sur les circuits numériques, perturbations des liaisons radioélectriques. Les masses : le réseau de masse, les masses des signaux et maillage des masses. Liaisons filaires et leurs protections : symétriseurs et isolation galvanique, les filtres, les limiteurs de surtensions, protections en conduction. Effets réducteurs et câbles blindés, définition d'un effet réducteur, routage des câbles, protection étagée, raccordement des câbles blindés, choix du câble blindé, l'effet des inductances mutuelles. Blindages électromagnétiques, notion d'écran électromagnétique, calcul des blindages en BF et HF, la corrosion des blindages. Qualité de l'alimentation électrique. Protection du réseau basse tension ; interfaces d'alimentation des convertisseurs statiques d'énergie. Protection contre les effets et le rayonnement de la foudre.

TD/TP CEM : FONDAMENTAUX — 0,25 jour

Ce travail dirigé/pratique permet aux participants de mettre en pratique les concepts de base de la CEM, en réalisant des mesures et des tests pour identifier et atténuer les perturbations électromagnétiques.

TD/TP CEM : FONDAMENTAUX — 0,25 jour

Poursuite de la séance précédente, ce module pratique approfondit les méthodes de mesure et d'analyse des phénomènes électromagnétiques dans des circuits électroniques.

CONCEPTION DES CONVERTISSEURS STATIQUES D'ÉNERGIE INTÉGRANT LES CONTRAINTES CEM (PARTIE 1) — 0,25 jour

Ce cours explore la conception de convertisseurs statiques d'énergie en tenant compte des contraintes de CEM.

© IFPTraining

Les participants apprendront les stratégies de design pour limiter les émissions électromagnétiques des convertisseurs. Origines des émissions conduites et rayonnées. Effet des perturbations électromagnétiques. Normes.
Intégration de l'impact des couplages CEM dans le design des convertisseurs : les six couplages électromagnétiques, mode différentiel et mode commun, couplage par impédance commune, couplage capacitif carte à châssis, couplage par diaphonie inductive, couplage par diaphonie capacitive, Couplage champ à fil, couplage champ à boucle.
Prise en compte des sources de perturbations dans le design des convertisseurs : perturbations à basses fréquences, perturbations à hautes fréquences, circuits numériques, évaluation désordres de grandeur, perturbation des oscillateurs, conversions d'unités.
Prise en compte des effets sur les victimes dans le design des convertisseurs : effets biologiques, perturbations des circuits analogiques, perturbations des récepteurs optiques, perturbations sur les circuits numériques, perturbations des liaisons radioélectriques.
Design des masses : le réseau de masse, les masses des signaux et maillage des masses. Liaisons filaires et leurs protections dans le design des convertisseurs : symétriseurs et isolation galvanique, les filtres, les limiteurs de surtensions, protections en conduction.
Effets réducteurs et câbles blindés dans le design, définition d'un effet réducteur, routage des câbles, protection étagée, raccordement des câbles blindés, choix du câble blindé, l effets des inductances mutuelles.
Blindages électromagnétiques dans le design des convertisseurs, notion d'écran électromagnétique, calcul des blindages en BF et HF, la corrosion des blindages.
Qualité de l'alimentation électrique. Protection du réseau basse tension - Interfaces d'alimentation des convertisseurs statiques d'énergie. Protection contre les effets et le rayonnement de la foudre.

CONCEPTION DES CONVERTISSEURS STATIQUES D'ÉNERGIE INTÉGRANT LES CONTRAINTES CEM (PARTIE 2) — 0,25 jour

Suite du cours précédent, cette partie se concentre sur les méthodes de blindage et de filtrage pour les convertisseurs, en vue de minimiser les interférences avec d'autres équipements électroniques.

CONCEPTION DES CONVERTISSEURS STATIQUES D'ÉNERGIE INTÉGRANT LES CONTRAINTES CEM (PARTIE 3) — 0,25 jour

Ce cours approfondit les techniques de réduction des perturbations électromagnétiques au niveau des composants et des circuits, avec des études de cas sur des convertisseurs spécifiques.

CONCEPTION DES CONVERTISSEURS STATIQUES D'ÉNERGIE INTÉGRANT LES CONTRAINTES CEM (PARTIE 4) — 0,25 jour

Dernière partie de la série, ce cours finalise l'intégration des contraintes CEM dans la conception des convertisseurs, en analysant l'optimisation de la disposition des composants et les méthodes de validation.

CEM DES ONDULEURS (PARTIE 1) — 0,25 jour

Description : Ce cours traite des problématiques spécifiques de compatibilité électromagnétique pour les onduleurs. Les participants étudieront les sources de perturbation dans les onduleurs et les méthodes de contrôle des interférences. Circuits de protection, optimisation de la commande bas niveau. Compatibilité électromagnétique dans le dimensionnement. Schémas électroniques et exemples réalisation du circuit imprimé en intégrant les contraintes CEM. Réalisation pratique : câblage et soudure des composants, intégration. Essais de validation, analyse des formes d'onde de tension et de courant, comportement en statique et dynamique des cellules de commutation des bras de pont, des composants actifs et passifs du convertisseur. Mesures des émissions conduites CEM sur réseau RSIL. Mesures de températures. Premier niveau de validation.

CEM DES ONDULEURS (PARTIE 2) — 0,25 jour

Suite de la première partie, ce module approfondit les techniques de blindage et de filtrage adaptées aux onduleurs, avec un focus sur les applications industrielles.

TD/TP CEM DES ONDULEURS — 0,25 jour

© IFPTraining

Ce travail dirigé/pratique permet aux participants de tester les performances CEM des onduleurs et d'appliquer les techniques de réduction des perturbations dans des environnements de test.

TD/TP CEM DES ONDULEURS — 0,25 jour

Poursuite du travail pratique sur la CEM des onduleurs, avec une analyse des résultats et des ajustements pour atteindre les niveaux de conformité requis.

CEM DES CONVERTISSEURS DC-DC & CHARGEURS OBC (PARTIE 1) — 0,25 jour

Ce cours explore les défis de compatibilité électromagnétique pour les convertisseurs DC-DC et les chargeurs embarqués (OBC). Les participants apprendront les méthodes de réduction des émissions pour ces équipements spécifiques.

CEM DES CONVERTISSEURS DC-DC & CHARGEURS OBC (PARTIE 2) — 0,25 jour

Suite de la première partie, cette section se concentre sur les techniques de blindage et de filtrage pour les convertisseurs DC-DC et les OBC, en vue de limiter les perturbations électromagnétiques. Technologie des chargeurs. Circuits de puissance : pertes par conduction et par commutation des électroniques de puissance, performance du circuit. Circuit de refroidissement. Circuit de commande bas niveau. Circuits de protection, optimisation de la commande bas niveau. Compatibilité électromagnétique dans le dimensionnement. Schémas électroniques et exemples réalisation du circuit imprimé en intégrant les contraintes CEM. Réalisation pratique : câblage et soudure des composants, intégration. Essais de validation, analyse des formes d'onde de tension et de courant, comportement en statique et dynamique des cellules de commutation des bras de pont, des composants actifs et passifs du convertisseur. Mesures des émissions conduites CEM sur réseau RSIL. Mesures de températures. Premier niveau de validation.

TD/TP CEM DES CONVERTISSEURS DC-DC — 0,25 jour

Ce travail pratique permet aux participants de tester la conformité CEM des convertisseurs DC-DC en effectuant des mesures et en ajustant les paramètres de conception pour réduire les interférences.

TD/TP CEM DES CONVERTISSEURS DC-DC — 0,25 jour

Poursuite de la session précédente, cette pratique approfondit les tests de conformité CEM pour les convertisseurs DC-DC, avec une analyse détaillée des résultats.

MINI-PROJET DE CEM (PARTIE 1) — 0,25 jour

Dans ce mini-projet, les participants travailleront sur un projet complet de compatibilité électromagnétique, de la conception à l'optimisation de la CEM pour un dispositif spécifique. Compatibilité électromagnétique par la pratique : prise en compte des contraintes de CEM dès la phase de conception. Limitations liées aux technologies des composants. Dimensionnement des filtres en mode différentiel et en mode commun. Dimensionnement du blindage et des câbles blindés. Intégration des contraintes de rayonnement dès la phase de conception, estimation du niveau des perturbations, mise en place de contre-mesures. Méthodes de mesures pratiques à réaliser en laboratoire pour dégrossir et identifier les problèmes.

MINI-PROJET DE CEM (PARTIE 2) — 0,25 jour

Suite du mini-projet, cette session permet aux participants de finaliser le projet CEM, d'effectuer des tests de conformité et de documenter les solutions appliquées pour réduire les perturbations.
Méthodes de mesure en CEM. Accompagnement CEM d'un projet de conception. Les dépannages CEM. Analyse des problèmes. Tests d'immunité. Problèmes les plus fréquents, remèdes, poids des idées reçues et conseils pratiques. Analyse d'un schéma numérique, analyse d'un schéma analogique et analyse d'un convertisseur d'énergie. Synthèse sur les sources de perturbations, les couplages électromagnétiques, les effets des perturbations, le rôle des masses et terres, sur l'équipotentialité, les liaisons filaires et l'isolation galvanique, les câbles blindés et leur utilisation, les écrans électromagnétiques appliquée aux convertisseurs d'énergie. Dimensionnement du filtre en mode commun et mode différentiel : calcul, dimensionnement et mise en

© IFPTraining

œuvre. Développement d'outils de mesure et de calcul simple et pratique des perturbations CEM. Mise en place des contre-mesures.

EXAMEN & TRAVAUX DIRIGÉS — 0,25 jour

Cette session finale est consacrée à l'évaluation des connaissances acquises au cours de la semaine et aux travaux dirigés pour valider la compréhension des concepts CEM. Origines des émissions conduites et rayonnées. Effet des perturbations électromagnétiques. Normes.
Introduction aux couplages : les six couplages électromagnétiques, mode différentiel et mode commun, couplage par impédance commune, couplage.
Étude de cas : la prise en compte des contraintes CEM se fera progressivement pour les 3 mini projets du parcours de la formation dans les semaines qui suivent ce module de formation : Convertisseur dc-dc, Onduleur et Chargeur.
Une grande partie (la partie la plus significative) des cours théoriques de ce module fera l'objet d'application dans le cadre du mini-projet sous forme d'exercices de conception ou d'essais d'analyse et de validation.

Sessions

Rueil-Malmaison - Du 12/10/2026 au 16/10/2026 — **3040 €/HT**

IFP Training est référencé au DataDock. Rapprochez-vous de votre OPCO pour connaître les possibilités de financement de cette formation.
Pour vérifier l'accessibilité de cette formation à une personne en situation de handicap, contactez notre référent à l'adresse suivante : referent.handicap@ifptraining.com

© IFPTraining