

# CEM des convertisseurs de faible puissance

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de maîtriser les points CEM critiques lors de la conception et la mise au point d'un convertisseur.

## Le but de cette formation est de :

- Comprendre comment les perturbations conduites et rayonnées sont émises par les convertisseurs
- Comprendre, concevoir et optimiser les différentes topologies de filtrage
- Identifier et faire les meilleurs choix de topologies et de composants
- Diagnostiquer les limites et «défauts» des composants critiques
- Appliquer des astuces de conception visant à réduire les problèmes en CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens concepteurs en électronique

### Postulats

- Bac +2 en électronique ou électrotechnique

### Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques ou retours d'expérience
- Évaluation des acquis :
  - QCM en fin de session

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel
- Programme adaptable en durée et contenu en intra entreprise
- Attestation de fin de formation

### Intervenant

- Formateur et consultant terrain de plus de 10 ans d'expérience

### Informations pratiques

- Durée : 2 jours soit 14 h
- Paris, du 14 au 15 septembre 2022

### Tarif

1 110 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Caractérisation CEM des équipements
- Directive européenne CEM - Normes harmonisées
- Mode Commun / Mode Différentiel
- Pourquoi les décibels ?
- Buck
- Boost
- Flyback
- PFC
- Les 5 perturbations d'un convertisseur
- Enveloppe spectrale d'impulsions répétitives
- Densité spectrale d'une impulsion

### 2 – STRUCTURE

- Positionnement dans le plan U. I
- Comparaison conduction continue / discontinue
- Mode discontinu et mode critique (de transition)
- Attention à la topologie des hacheurs
- Réponse en fréquence d'un passe-bas d'ordre 2
- Impédance d'une piste
- Impédance d'un plan
- Réduction de l'inductance d'un conducteur
- Choix de la structure d'un filtre
- La meilleure structure est celle qui désadapte le plus

### 3 – PERTURBATIONS CONDUITES EN MODE COMMUN

- Harmonique
- Réseau de Stabilisation d'Impédance de Ligne
- Séparateur monophasé MC - MD
- Mesure des perturbations conduites
- Limites en conceptions de normes européennes
- Perturbations conduites en mode commun
- Calcul d'une perturbation en mode commun
- Réduction de capacité transistor à radiateur
- Mode commun d'une alimentation à découpage
- Mode commun d'entrée à sortie
- Les 3 cas de mode commun entrée à sortie
- Mesure du courant entrée à sortie
- Écrans internes aux transformateurs
- Écran bobiné anti - M.C. primaire à secondaire
- Faut-il faire flotter les sorties ?
- Spectre en Mode Commun avant filtrage
- Filtrage du mode commun
- Sels de mode commun
- Proposition pour mesurer un filtre en MC
- Résonance d'un filtre de M.C.
- Self minimale de mode commun
- Le champ magnétique génère l'induction
- Saturation d'un tore magnétique
- Séparateur monophasé MC - MD
- Analyse de relevé d'émission conduite en MC

### 4 – PERTURBATION DE MODE DIFFÉRENTIEL

- Perturbation conduite en mode différentiel
- Recouvrement des diodes
- Impédance d'un condensateur chimique
- Calcul d'une perturbation en mode différentiel
- Impédance des condensateurs non polarisés
- Spectre en Mode Différentiel avant filtrage
- Filtrage du mode différentiel
- Montage de mesure d'un filtre en MD
- Résonance de la perte d'insertion en MD
- Capacité minimale en mode différentiel
- Amortissement de la résonance d'un L - C
- Filtrage en M.D. sur le bus continu
- Différences entre RSIL 5 µH et 50 µH
- Réduction du bruit par opposition de phase
- Analyse de relevé d'émission conduite en MD
- Superposition des structures de M.C. et M.D.
- Amortissement de la résonance d'un L - C
- Comparaison du filtrage DC-DC / AC-DC

### 5 – ÉMISSION RAYONNÉE

- Propagation des champs électromagnétiques
- Champ proche / champ lointain
- Rayonnement d'une petite boucle
- Rayonnement d'un petit fouet ou de dipôle court
- Perturbations rayonnées par un convertisseur
- Sources des problèmes en émission rayonnée
- Rôle et calcul des « snubbers »
- Mise au point pratique d'un « damper » (R - C)
- Rayonnement du câble d'alimentation
- Réalisation d'une pince courant HF sensible
- Évaluation de l'émission rayonnée en VHF
- Méthode de réduction de l'émission rayonnée

### 6 – IMMUNITÉ

- Surtension à la mise sous tension
- Suppression de la surtension à l'enclenchement
- Protection contre l'inversion de tension continue
- Immunité aux variations et creux de tension
- Instabilité d'un convertisseur DC - DC
- Deux normes d'immunité aux surtensions
- Limiteurs de surtensions
- Dimensionnement d'une varistance
- Protection des surtensions par varistance
- Où installer une varistance en M.D. ?
- Dimensionnement d'un Transzorb
- Immunité aux surtensions de longue durée
- Les 3 méthodes de protection en MC HF
- Câbles blindés et coaxiaux
- Terminaison des blindages
- Raccordement des connecteurs blindés

### 7 – CONCLUSION

- La « Bible » de la simulation pratique
- Bibliographie CEM française
- Bibliographie CEM en langue anglaise