



Stage 7

Compatibilité Electromagnétique

THEORIE ET CONCEPTION DES FILTRES POUR LA CEM : FILTRES DE LIGNES D'ALIMENTATION ET DE SIGNAUX

But du stage : Etudier les différentes techniques de conception de filtres.

Personnes concernées : Ingénieurs et techniciens ayant suivi le stage 1 ou le stage 4, ou des formations équivalentes.

Observations : Ce stage d'approfondissement traite principalement de la conception des filtres connectés à des impédances mal définies, spécifiés à des fréquences inférieures à 1 GHz. Ce sujet, propre à la CEM, est différent de la conception classique des filtres de signaux entre impédances définies. Il est particulièrement pertinent pour les filtres de lignes d'alimentation (FLA) à hautes performances. Ce stage utilise la transformée de Laplace et le calcul matriciel, après quelques rappels.

Durée : 24 heures en trois journées consécutives.

PROGRAMME DU STAGE

Notions élémentaires sur le filtrage passif

définition et cellules élémentaires
complexité et performance d'un passe-bas
spécifications d'un filtre passe-bas de signal
spécifications d'un filtre passe-bas d'alimentation
transformation passe-bas/passe-haut
transformation passe-bas/passe-bande
influence des terminaisons d'un filtre

Temps, fréquence et transformées

mesures dans le domaine temporel
mesures dans le domaine fréquentiel
présentation physique des distributions
distributions tempérées
principales propriétés des distributions tempérées
spectre et transformée de Fourier
quelques signaux remarquables
réponse d'un système
transformation de Laplace
transformée de Fourier et transformée de Laplace
facteur de réponse

Impédance des réseaux d'alimentation et leurs charges

définition des impédances considérées
résultats attendus pour les modes différentiels
résultats attendus pour les modes communs
résultats expérimentaux pour les réseaux
synthèse sur l'impédance des réseaux
discussion de l'impédance des charges, en MD
discussion de l'impédance des charges, en MC
résultats sur l'impédance des charges

Réseaux linéaires

le modèle des réseaux de Kirchhoff
multipôles et multiportes
fonction de réponse
réciprocité
bipôle causal
bipôle linéaire et causal
bipôle linéaire, passif et causal
synthèse du bipôle linéaire passif

Réduction des courants de mode commun

mode commun et mode commun filaire
causes du mode commun filaire
réduction de l'émission et de la susceptibilité en mode commun filaire
causes du (vrai) mode commun
réduction de l'émission et de la susceptibilité en (vrai) mode commun

Biporte

tripôles, quadripôles et biportes
biporte linéaire
biporte linéaire passif et réciproque
propagation dans un milieu homogène
ondes incidentes et réfléchies sur une ligne
bipôle passif connecté à une ligne
source connectée à une ligne
biporte sans source connecté à deux lignes
conversion entre les matrices caractérisant le biporte

Conception par la méthode des paramètres images

présentation de la théorie image
adaptation image d'un biporte
chaîne image
cellule à k constant
cellules en m dérivé
constitution d'une chaîne image passe-bas
définitions et propriétés relatives aux filtres de Zobel
formule de décomposition de Zobel
bande coupée d'un filtre de Zobel
bande passante d'un filtre de Zobel
conception d'un filtre passe-bas
conception d'un FLA par la méthode des paramètres image

Composants pour le filtrage

condensateurs : tangente delta - facteur de qualité
condensateurs réels
structure des condensateurs pour filtre d'alimentation
choix des technologies des condensateurs
classes d'isolement
courant de fuite
bobines : tangente delta - facteur de qualité
composants inductifs réels
types de bobines pour filtres d'alimentation

Conception par la méthode des paramètres effectifs

présentation de la méthode
spécification
approximation
synthèse
filtres de Butterworth, de Tchebycheff, de Cauer
conception d'un FLA par la méthode des paramètres effectifs

Affaiblissement d'insertion et atténuations

- notations
- l'affaiblissement d'insertion I
- expression de I en fonction de la matrice de chaîne
- expression de I à l'aide des paramètres de propagation
- atténuation totale
- atténuation d'absorption
- atténuation de désadaptation
- atténuation de tension
- atténuation de courant
- atténuation en théorie classique du filtrage
- utilisation des différentes atténuations

Pire cas

- impédances vues par un filtre de ligne d'alimentation
- pire cas
- pire cas restreint à un domaine
- calcul des pires cas
- affaiblissement d'insertion dans un pire cas à la sortie
- affaiblissement d'insertion dans un pire cas à l'entrée
- atténuation totale dans un pire cas à la sortie
- atténuation totale dans un pire cas à l'entrée
- atténuation minimale
- atténuation en tension dans le pire cas à la sortie
- atténuation en courant dans le pire cas à la sortie
- domaine d'impédance d'entrée
- atténuation de désadaptation dans un pire cas à la sortie
- atténuation de désadaptation dans le pire cas à l'entrée
- filtres réactifs dans un pire cas
- filtres dissipatifs dans un pire cas

Filtres d'alimentation pour plusieurs lignes

- filtres de ligne d'alimentation à 3 pôles
- FLA à 4 pôles
- FLA à 5 pôles
- cas général - décomposition en modes
- orthogonalité des modes
- réalisation d'un mode

Caractérisation des filtres de ligne d'alimentation

- historique
- méthodes de mesure d'affaiblissement d'insertion
- mesure par recherche directe du pire cas
- mesure par l'atténuation en tension minimale
- méthode approchée du C.I.S.P.R.

Constitution et mise en oeuvre des filtres

- filtres à 3 bornes
- filtres multilignes
- structures dissipatives localisées
- exemples de schémas de filtres utiles
- exemples de filtres dissipatifs
- inductances absorbantes
- rôle et emploi des parasurtenseurs
- filtres passe-bas à éléments répartis
- FLA actifs à liaison galvanique
- FLA actifs à isolation galvanique
- FLA à dépolarisation
- Couplages parasites entre l'entrée et la sortie d'un filtre
- Guide d'implantation et de connexion des FLA

EXCEM

on a (pour un filtre réciproque)

$$A = \frac{|a_{11} Z_s + a_{22} Z_L - a_{21} Z_L Z_s - a_{12}|}{2 \sqrt{\text{Re}}}$$

Pour un filtre donné, on r fonction de deux variabl

$A = P$

grandeur physique

Il est pos

A_{WF}

L'affa

Page P - 20

REPRODUCTION, MISE PARTIELLE, INTERDITE.

EXCEM

Si $Z_L = \bar{Z}_s$ on a $P_{MAX} = P_{WF}$

d'où $A = I$

Ceci est particulièrement le cas pour

$Z_s = 50 \Omega$

$Z_L = Z_s \in \mathbb{R}_+$

Deux feuilles extraites du support du stage 07