



Stage 8

Compatibilité Electromagnétique

AGRESSIONS ELECTROMAGNETIQUES

But du stage : Etudier les principales menaces électromagnétiques, leur couplage et les techniques de protection.

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

Observations : Il s'agit d'un stage d'approfondissement, sans difficultés mathématiques.

Durée : 24 heures en trois journées consécutives.

PROGRAMME DU STAGE

Agressions externes et DRAM

- agression externe
- le spectre radio-fréquence
- couplage d'une agression externe
- effet de l'agression
- DEP et DRAM
- CEM, agression externe, DRAM

Rappels sur les écrans et masses

- écran électromagnétique et masse
- régimes de fonctionnement
- écrans fermés en régime quasi-statique
- écrans plans en régime quasi-optique
- couplage à travers un orifice
- champ au voisinage des objets conducteurs
- masse et terre
- couplage par impédance commune

Rappels sur les couplages

- action des champs extérieurs et émission
- diaphonie sur les liaisons
- liaisons torsadées
- liaisons équilibrées et flottantes
- écranage : respect de la topologie
- réduction des effets du mode commun
- 8 principes pour la compatibilité des liaisons
- quelques compromis et astuces

Agressions intenses entretenues

- sources intenses entretenues
- caractéristiques des antennes
- différents types d'antennes
- dipôle et monopôle linéaires courts
- dipôle magnétique court
- antenne doublet
- antennes à ondes stationnaires
- antennes à ondes progressives
- antenne à réflecteur
- champs forts

Agressions intenses impulsives

- impulsions usuelles
- décharges d'électricité statique
- foudre
- impulsion électromagnétique nucléaire
- impulsion EM de claquage et de manoeuvre

Réponse aux agressions impulsives

- détermination de la réponse à une impulsion
- petits collecteurs filaires
- grands collecteurs - mode différentiel
- couplage avec les cavités
- grands collecteurs - mode commun

Vulnérabilité des composants et DEP

- comparaison des vulnérabilités
- vulnérabilité des semi-conducteurs
- vulnérabilité des DEP
- vulnérabilité des dispositifs à DEP

Essais et normes sur l'immunité aux agressions

- normes françaises concernant la CEM
- essais des fascicules 63 à 65 de la GAM EG 13
- normes américaines concernant la CEM
- présentation de la norme MIL STD 461F
- essais d'immunité de la MIL STD 461F
- normes DRAM
- essais foudre de la DO160F
- simulation approximative des DES sur missiles

Programme DRAM

- étapes d'un programme DRAM
- caractériser les initiateurs
- définir les environnements
- signaux au niveau du DEP
- critères d'acceptation
- consignes de sécurité

Durcissement d'un équipement

- efficacité de blindage d'une enveloppe
- résonances dans les cages de Faraday
- exemples de performances d'écran
- mesures de Z_T et ζ_R : principes
- exemples de performances de câbles et connecteurs
- connecteurs
- efficacité de blindage des câbles
- récapitulation des techniques de durcissement
- vieillessement et dégradation

Méthodes de travail en CEM

- les trois approches de la CEM
- organisation du projet
- schéma topologique des écrans
- schéma des connexions de masse
- étapes du travail de l'IRC

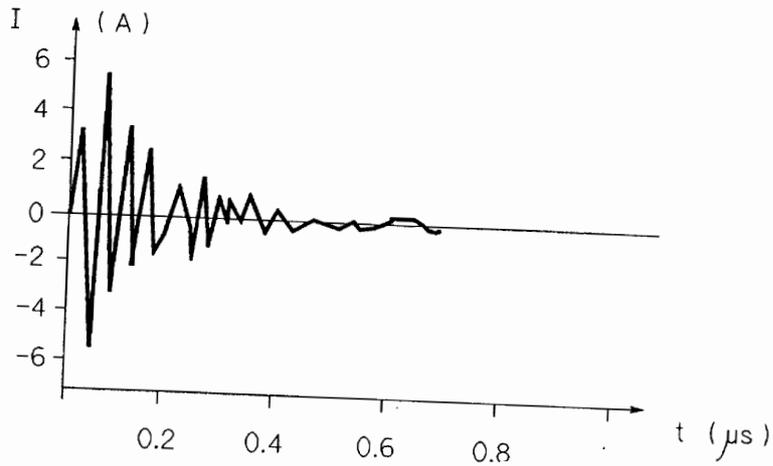
Présentation de quelques cas de durcissement

- durcissement d'une locomotive à l'IEMN
- durcissement d'une installation fixe
- injection de courant dans un câble long
- immunité à l'IEM par l'immunité à la foudre ?
- durcissement d'un autocommutateur privé

Programme de durcissement

- phases de conception du système
- découpage
- spécification et contrôle des approvisionnements
- essais de qualification
- maintenance du durcissement

Réponse typique du câblage interne du F-106



→ Pour le coup de foudre direct :

$2 \cdot 10^{11}$ A/s n'est pas exceptionnel
 10^{12} A/s est documenté

→ Sur une coque de rayon 1 m, la dérivée du champ résultante vaut :

• pour $\frac{dI}{dt} = 10^{12}$ A/s



$$\frac{dH}{dt} = \frac{10^{12} \text{ A/s}}{2\pi r} = 159 \cdot 10^9 \text{ A/m/s}$$

• MAIS les coups les plus probables sont de l'ordre de $2 \cdot 10^{10}$ A/s
 d'où $\frac{dH}{dt} \approx 3 \cdot 10^9$ A/m/s

→ Pour l'EMP arrivant sur un plan de masse

$$\frac{dH}{dt} \approx \frac{2E}{\eta_0 \cdot 5 \text{ ns}} = 2 \frac{133 \text{ A/s}}{5 \cdot 10^{-9}} = 53 \cdot 10^9 \text{ A/m/s}$$

f (MHz)

e X - 17

INTERDITE.

MEME PARTIELLE.

REPRODUCTION.

EXCEM s.a.

MODULE PRODUIT PAGE 15

NOTES :