Résoudre les défis CEM courants en respectant des contraintes de temps, d'encombrement et de coût

Par Derick Stevens, Directeur FAE Europe, KEMET Corporation
Claes Nender, Responsable R&D Activité Electronique, Film et Electrolythique, KEMET Electronics AB

Comprendre les réglementations CEM nécessite des connaissances spécialisées et les OEM peuvent avoir des difficultés à identifier les problèmes de conformité de nouveaux produits ; et encore plus les résoudre, lorsque le temps et le budget sont limités. Savoir utiliser des filtres, des écrans de protection ou des étrangleurs, facilite la recherche d'une solution rapide et rentable.

Introduction : Les défis CEM s'intensifient

Les réglementations CEM (compatibilité électromagnétique) visent à s'assurer que la multitude d'équipements électroniques et électriques utilisés dans les logements ou les lieux de travail, et de plus en plus dans les villes intelligentes, dans les infrastructures de transport ou dans les véhicules connectés, peuvent coexister lorsqu'on les utilise à proximité les uns des autres. Cette coexistence est essentielle pour que les systèmes fonctionnent sans perturber les autres équipements, ni être eux-mêmes affectés par les interférences extérieures.

Le but ultime, bien sûr, est d'éviter que les effets électromagnétiques ne soient à l'origine de défaillances d'équipements ou de processus. Les conséquences de telles défaillances peuvent aller depuis des inconvénients mineurs comme la non-réception d'un message provenant d'un réseau social ou le mauvais enregistrement d'un nombre de pas, jusqu'à des choses beaucoup plus graves où des vies peuvent être en jeu, comme le dysfonctionnement d'un dispositif médical tel qu'un pacemaker, ou d'un système de sécurité comme les freins d'un véhicule ou un dispositif de signalisation ferroviaire.

Sources d'interférence et normes de compatibilité

Les sources les plus courantes de parasites sont notamment les alimentations à découpage, les convertisseurs DC/DC (continu-continu), et les moteurs mono ou triphasés et leurs drivers. Généralement, les parasites aux fréquences jusqu'à 30 MHz se propagent par conduction dans les câbles et les chemins de courant, ou par couplage inductif ou capacitif entre les câbles.

Ces émissions par conduction peuvent interférer avec les différents sous-ensembles au sein du même équipement, ou avec les autres équipements à proximité. Les parasites au-dessus de 30 MHz se propagent habituellement par rayonnement de pièces

métalliques, de composants ou de câbles, qui se comportent comme des antennes. De telles pseudo-antennes peuvent aussi capter les parasites émis par d'autres sources.

Etant donné que les parasites sont eux-mêmes sujets à couplage par les mêmes voies, l'équipement à l'origine des parasites peut lui aussi souffrir d'une mauvaise immunité aux parasites externes.

En Europe, la législation applicable est la directive CEM 2014/30/EU. Les normes harmonisées sous cette directive regroupent deux catégories de produits, et comprennent les documents EN 55014 pour les appareils ménagers et les outils électriques, et EN 55015 pour l'éclairage électrique. Le champ de ces spécifications couvre l'intensité des signaux électromagnétiques émis par l'équipement, ainsi que son immunité aux parasites émis par les sources externes.

La conformité des nouveaux produits doit être testée avant que le produit ne puisse être commercialisé dans les pays de l'UE. Les produits à usage commercial, industriel ou entreprises sont classifiés en Classe A, alors que les produits à usage résidentiel sont classifiés en Classe B. Les règlementations destinées aux équipements Classe B ont tendance à être plus strictes.

Le Tableau 1 décrit les types de test servant à évaluer les performances en termes d'émissions et d'immunité des produits testés. Pour être conformes aux réglementations CEM, les équipements testés doivent démontrer que l'intensité du signal de toutes les émissions est en deçà des limites spécifiées dans les plages de fréquence de conduction et de rayonnement. En outre, ils doivent démontrer leur immunité aux parasites jusqu'aux niveaux spécifiés.

Tests d'émission	**Tests d'immunité**
Émission conduite 9 kHz à 30 MHz (32A triphasés)	Champ RF rayonné 80 MHz à 3 GHz
Champ magnétique rayonné 9 kHz à 30 MHz	Champ RF induit 150 kHz à 230 MHz (16A triphasé)
Émission rayonnée 30 MHz à 3 GHz	Pointe de tension 6,6 kV (32A triphasé)
Harmoniques (32A triphasé)	Transitoires rapides en rafale 6 kV sur réseau, 4 kV sur câbles signaux
Scintillement (32A triphasé)	Chutes ou interruptions de tension 10 ms à 5s (32A triphasé)
	Champ magnétique 50 Hz, 1 à 100 A/m
	Décharge ESD 8 kV par contact, décharge ESD 16,5 kV dans l'air

Tableau 1. Tests produit obligatoires pour les émissions et l'immunité électromagnétiques.

Conception pro-CEM

S'assurer que les émissions et l'immunité électromagnétiques sont dans les limites spécifiées commence par l'application des meilleures pratiques en matière de conception dès le niveau de la carte, afin d'éliminer les sources potentielles d'interférences. Ceci comprend le filtrage de la sortie de l'alimentation et le découplage des connexions Vcc des CI, la mise à la terre et le bon positionnement des plans de masse dans les circuits imprimés multicouches, et le fait d'éviter les pistes trop longues, qui peuvent se comporter comme des pseudo-antennes.

Les équipes de développement produit des fabricants ne sont pas toujours au fait des spécifications et des méthodes de test spécifiées dans certains documents comme la directive 2014/30/EU, et n'ont pas toujours la chance de disposer en interne d'une expertise en matière de conception pro-CEM. En outre, dans le cas de produits créés en intégrant des modules issus de fournisseurs externes, les ingénieurs du fabricant n'ont souvent pas le contrôle sur les choix de conception réalisés au niveau carte.

D'un autre côté, les équipes de conception peuvent aussi constater que même si les différents modules fonctionnels issus de fournisseurs externes sont individuellement conformes à la législation CEM, les émissions globales du système obtenu en intégrant tous ces modules sont finalement au-dessus des limites spécifiées à certaines fréquences. Des exemples courants sont notamment les éclairages à LED, qui peuvent intégrer plusieurs drivers et des modules d'alimentation à découpage, qui bien que conformes individuellement à EN 55015, ont besoin d'un filtrage supplémentaire au niveau système, pour garantir la conformité CEM du produit final.

En outre, si un produit final a été testé et certifié, les modifications ultérieures apportées à sa conception pour créer un produit dérivé ou une nouvelle version peuvent induire des émissions en hausse, qui sont susceptibles de faire échouer les tests CEM du nouveau produit.

Les équipes de conception peuvent aussi se faire surprendre par les différences entre les intensités de signaux IEM autorisées pour les équipements à usage résidentiel, et celles pour les équipements à usage industriel. Alors que les spécifications pour les équipements industriels peuvent autoriser des niveaux de bruit conduit ou rayonné jusqu'à 75 dB, ou 100 dB à 110 dB, dans certaines bandes de fréquence, les limites correspondantes pour les équipements résidentiels peuvent être abaissées de 10 dB voire plus. Il est important de garder cela en tête lorsque l'on choisit un module tel qu'un inverteur destiné à un système HVAC (Heating Ventlating and Air Conditioning, ou chaufage ventillation et climatisation) ou à un appareil ménager.

Résoudre… et certifier

Les fabricants de composants tels que KEMET proposent souvent des ressources de recherche et développement pour tester les systèmes de leurs clients selon des normes internationales. Ces services analysent les produits des clients au niveau émissions et

susceptibilité électromagnétiques, en identifiant les causes de non-conformité, et développent des solutions de test, ou recommandent des modifications de conception plus radicales, si nécessaire.

Des techniques éprouvées comme l'ajout de filtres ou l'installation d'écrans de protection de câbles ou d'étrangleurs ferrite, peuvent remédier aux problèmes que les clients OEM (Original Equipment Manufacturer, ou fabricant d'équipements) rencontrent souvent à un stade tardif de la conception de leurs produits. D'autres options sont notamment les écrans de protection métalliques, ou les matériaux suppresseurs souples, disponibles en feuilles ou sous forme d'éléments pré-découpés.

Il existe divers types de filtres CEM, qui sont optimisés pour certaines applications comme les commandes moteur monophasées ou triphasées, les générateurs photovoltaïques ou éoliens, les applications médicales, l'éclairage ou le militaire. Des filtres de différents formats, et avec différents styles de montage, sont également disponibles : "feed-through" (traversant), à monter en châssis ou en applique. En plus de l'application et du type de montage, les autres critères de sélection sont notamment la taille et le coût, ainsi que la conformité aux normes applicables aux filtres. Celles-ci sont notamment IEC/EN 60939 et UL 1283, ainsi que CSA, cUL, MIL et les normes de sécurité allemandes VDE.

- Fin -

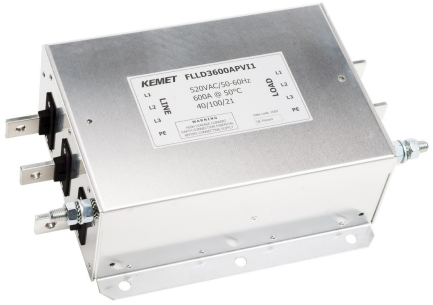


Figure 1 : Filtre EMI triphasé à courant élevé FLLD3600APVI1 de KEMET

(EXEMPLES EN ENCADRE A SELECTIONNER PAR LE MEDIA SELON LA PLACE DISPONIBLE)

Exemple "Problème et solution No 1" - Applications moteur / contrôleur

La Figure 2(a) montre comment le bruit conduit d'une combinaison moteur / contrôleur peut dépasser les limites spécifiées dans une certaine plage de fréquences, et faire échouer le test de certification du système dans son ensemble. L'exemple montre les performances d'un variateur de moteur triphasé destiné à une pompe à chaleur géothermique. En évaluant la magnitude des signaux d'interférence, et la plage de fréquence affectée, KEMET a conçu un filtre passe-haut pour atténuer les signaux parasites aux fréquences basses dans la plage 0 à 4 MHz. La Figure 2(b) illustre l'effet du filtre spécialement conçu pour cette application, qui garantit sur toute la plage de fréquence "conduction" que les émissions soient en deça des limites spécifiées dans la directive CEM.

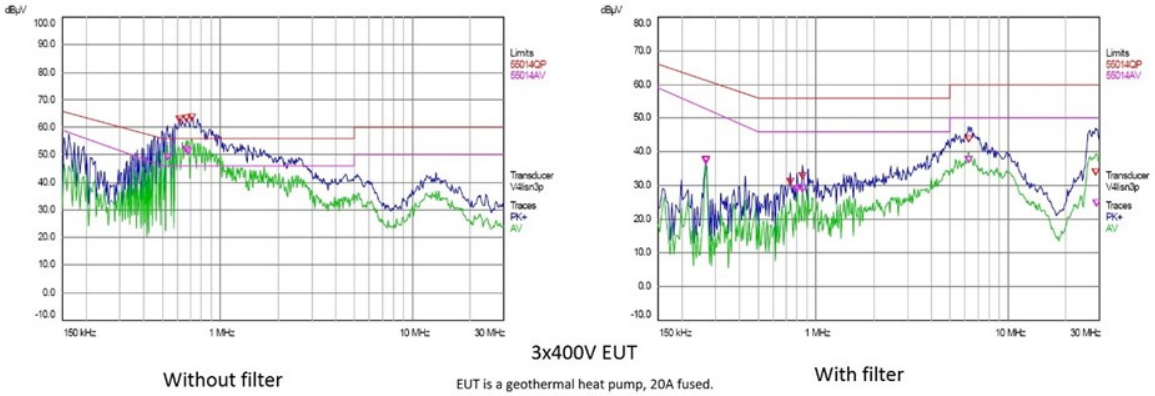


Figure 2(a) et 2(b). Effet du filtre avec condensateur X sur les émissions du variateur de pompe à chaleur.

Exemple "Problème et solution No 2" - Broyeur triphasé
Les contraintes de temps, de coût, ou d'encombrement auxquelles les concepteurs doivent souvent faire face, aident à orienter la recherche d'une solution. Un broyeur équipé d'un moteur 400V triphasé, qui est contrôlé par un inverteur séparé et connecté au moteur par câbles, s'est avéré dépasser les limites spécifiées pour les émissions conduites dans la plage de fréquence 4 à 10 MHz, comme le montre la Figure 3(a).

Sans disposer du temps nécessaire à revoir l'implantation physique de l'équipement, ou à remettre en question la conception du produit pour intégrer davantage de filtres EMI, KEMET a revu le câblage entre l'inverteur et le moteur avec des câbles blindés dotés d'une mise à la terre bien adaptée. Comme le montre la Figure 3(b), ceci a effectivement permis de réduire les émissions conduites au niveau de 55 dB maximum, ce qui est sensiblement en deça des 60 dB à 73/80 dB spécifiés dans la directive 2014/30/EU.

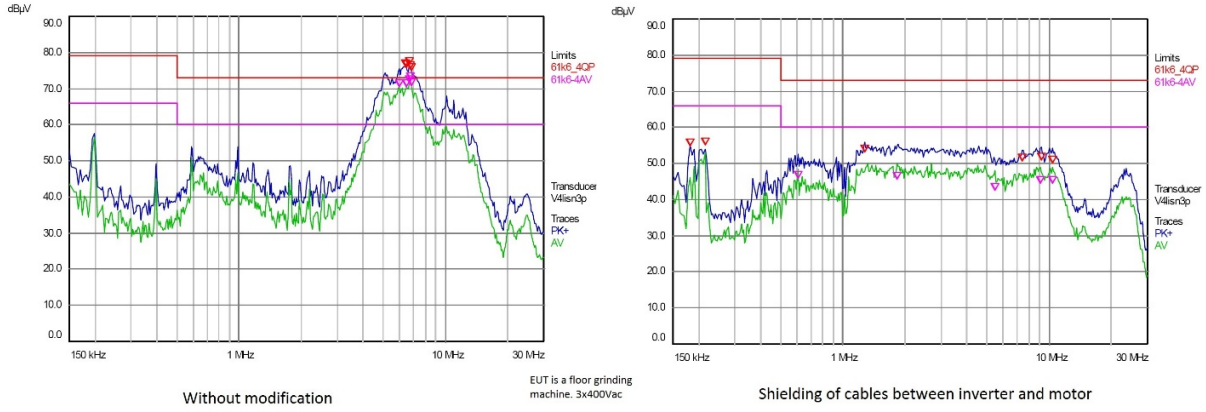


Figure 3(a) et 3(b). Utilisation d’un câble blindé pour minimiser l'effet des parasites conduits

Exemple "Problème et solution No 3" - Système à batterie de secours
Un autre client du Département R&D Filtres CEM de KEMET a récemment demander de l’aide pour faire passer les tests de certification CEM à son système de batterie de secours pour équipement médical. L'application nécessitait des câbles relativement longs pour relier la batterie, et aussi de longs câbles allant du circuit de gestion de batterie aux voyants à LED. Des convertisseurs DC/DC au sein du système se sont avérés être à l’origine des parasites, du fait de fronts de commutation très abrupts. Ces parasites étaient facilement captés par les câbles agissant comme des pseudo-antennes. La Figure 4(a) montre comment le bruit électromagnétique atteint un pic vers 57 MHz, supérieur aux 40 dB maximum autorisés dans cette plage de fréquence, ce fait échouer la certification CEM.

Etant donné que le fabricant était sur le point de lancer le produit, une solution devait être trouvée rapidement. Les contraintes dimensionnelles ne permettaient pas de raccourcir les câbles. Pour résoudre le problème en tenant compte de ces contraintes, l'équipe à appliqué des inducteurs mode commun simple-tour aux câbles de la batterie et des LED en faisant passer une fois chaque câble à travers un noyau de ferrite. Ceci a effectivement permis d’atténuer les signaux parasites dans la plage 30 à 200 MHz, de 40~50 dB jusqu’à moins de 30 dB, comme indiqué dans la Figure 4(b).

Les noyaux de ferrite existent en différentes formes et différentes tailles, pour câbles cylindriques de différentes jauges et pour d'autres types de câbles, plats ou ruban par exemple. Les ferrites constituent un moyen économique ne nécessitant qu’une révision de conception mineure, ce qui s’avère particulièrement intéressant lorsque le temps est compté ou que des unités ont déjà été produites avant que les problèmes CEM ne soient mis à jour.

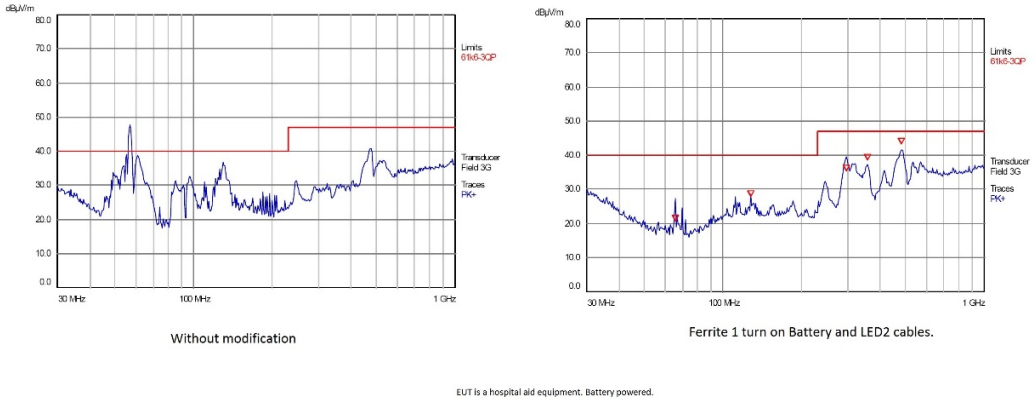


Figure 4(a) et 4(b). Utilisation de noyaux de ferrite pour combattre les effets pseudo-antenne des câbles.