

Modélisation des systèmes électroniques de conversion d'énergie pour la compatibilité électromagnétique :

La CEM en électronique de puissance

La CEM possède l'un des plus vastes domaines d'applications et naturellement les travaux de recherche que j'ai engagés ne peuvent couvrir tous les champs de ce secteur multidisciplinaire. Mes activités au sein du groupe EPI du SATIE se focalisent essentiellement sur la CEM des systèmes intégrant des structures électroniques de conversion d'énergie plus communément appelées électronique de puissance et les quelques lignes qui suivent s'attachent à présenter très succinctement l'activité de recherche que j'ai menée et mène dans ce domaine.

Une partie des recherches menées ont concerné l'optimisation des filtres dédiés à l'atténuation des émissions conduites hautes fréquences des convertisseurs. Ces travaux visés à définir les filtres optimaux vis-à-vis de contraintes volumes tout en assurant les performances justes requises pour respecter les normes CEI en vigueur. Toutefois ce type d'approche suscite toujours un certain nombre de questions. A titre d'exemple, si l'on se focalise uniquement sur les étages de filtrage, la démarche la plus rapide et classique consiste à considérer le reste de la structure comme un sous-ensemble invariant dans sa topologie et générateur d'émissions conduites. Ne serait-ce qu'en acceptant cette hypothèse discutable, il reste à définir ce sous-ensemble, de modéliser et identifier ses éléments. C'est cette réflexion menée en parallèle qui a conduit à un travail plus conséquent sur la modélisation haute fréquence des structures de puissance. Concernant les techniques de réduction des émissions conduites, qu'elles soient classiques par filtrage passif ou plus évoluées avec des étages actifs, elles restent indispensables mais toutefois limitées. Les travaux engagés tentent justement de comprendre certaines de ces limites en se penchant sur des interactions inter-composants en champs proches. De la structure du filtre à son dimensionnement les techniques peuvent variées et les approches sont finalement peu nombreuse. Elles se déclinent selon la stratégie de conception soit a priori si la conception est dématérialisée ou virtuelle soit à posteriori si l'étage de filtrage est conçu en fin de processus une fois les équipements principaux réalisés.

Le noyau central des actions menées sur la CEM des systèmes de puissance se focalise sur la modélisation des structures de conversion et la classification des modèles développés. Comme je l'ai évoqué quelques lignes plus amont, la modélisation des structures de conversion bien que très développées nécessite encore quelques efforts de synthèse. Il apparaît maintenant nécessaire de classer les familles de ces modèles. Pour certain, la mise en équation avec son lot d'hypothèses reste inévitable alors que pour d'autre, il s'agit surtout de protocole de mesure. On parle alors de modèle de type boîte blanche, exhaustif ou de connaissance ou à contrario de modèle de type boîte noire ou comportemental. Ces techniques souvent se rejoignent et la couleur se fait alors grise. L'uniformisation de la structure du modèle est parfaitement possible si l'on s'intéresse aux émissions en amont ou en aval du système étudié. Ce dernier point constitue l'un des objectifs de ce travail de synthèse.

Enfin, tout acteur dans le domaine de l'électronique de puissance peut facilement témoigner de la constante évolution de cette discipline. Que ce soit par le biais des architectures de puissance pour des applications de très forte puissance ou des applications qui visent à diminuer de façon drastique les volumes ou par le développement et l'utilisation de nouveaux composants (sachant que ces deux voies sont liées), cette électronique de conversion n'est finalement pas si « statique ». L'un des volets de ce travail vise justement à mettre en évidence l'adéquation possible de la topologie du convertisseur avec la contrainte CEM. Les techniques de modulations des convertisseurs sont également fortement liées aux performances désirées et les études présentées permettent de l'illustrer.