

# Minimiser l'interférence CEM des selfs de stockage

Ranjith Bramanpalli, Würth Elektronik

De nombreux régulateurs à découpage stockent l'énergie dans une inductance de puissance. Cependant, si vous souhaitez renforcer leur influence sur le comportement CEM, il y a plusieurs points de départ, notamment l'efficacité du blindage, le début de l'enroulement et les transitoires de commutation.

Les régulateurs à découpage CC/CC sont essentiels dans la gestion de l'énergie, car ils permettent d'augmenter l'efficacité énergétique (rendement) d'une alimentation à découpage. Dans ce contexte, les inductances de stockage sont des composants critiques de ces régulateurs à découpage, même si le processus de développement se concentre souvent uniquement sur les propriétés électriques pures, telles que la  $R_{DC}$ , la  $R_{AC}$  ou les pertes dans le noyau. En revanche, les propriétés du rayonnement électromagnétique sont souvent négligées. La **figure 1** représente un convertisseur CC/CC à découpage typique avec des commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ .

## Inductances de puissance dans les alimentations à découpage

Dans les alimentations à découpage, les inductances de puissance peuvent être conçues et assemblées en utilisant de nombreux matériaux de noyau et types d'enroulement. En outre, les inductances de puissance peuvent être classées comme non-blindées, semi-blindées ou blindées. Chaque type de blindage présente des avantages et des inconvénients distincts qui déterminent ses domaines d'application. Le processus de commutation intrinsèque aux alimentations à découpage génère un courant alternatif dans l'inductance. Dans la pratique, l'inductance peut se comporter comme une antenne cadre ; son rayonnement électromagnétique dépend de plusieurs paramètres, tels que le matériau du noyau, le matériau du blindage ainsi que le début de l'enroulement.

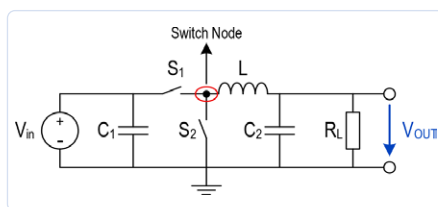


Figure 1. Convertisseur CC/CC à découpage typique avec des commutateurs  $S_1$  et  $S_2$ .

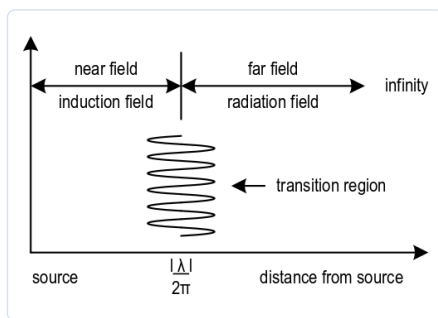


Figure 2. Spectre de propagation en champ proche et lointain avec une transition à  $\lambda/2\pi$ .

Le rayonnement électromagnétique émis par une inductance de puissance en raison de la fréquence de commutation et de ses ondes harmoniques dans la gamme des basses fréquences de 100 kHz à 30 MHz ne dépend pas seulement du blindage de la bobine, mais aussi des propriétés de l'enroulement. En revanche, la dépendance du rayonnement électromagnétique par rapport à la fréquence dans la gamme supérieure (30 MHz à 1 GHz), où les émissions sont causées par les harmo-

niques et leurs ondes harmoniques, dépend davantage des propriétés de blindage du matériau du noyau, de la fréquence de commutation et de la conception de base.

## Effets du champ électromagnétique

Lorsque les inductances de puissance fonctionnent dans les convertisseurs CC/CC, elles produisent des effets secondaires indésirables similaires à ceux d'une antenne cadre. La tension CA et le courant dans l'inducteur génèrent un champ électrique (champ E) et un champ magnétique (champ H). Ces deux champs se propagent à partir de la source à angle droit dans des directions opposées.

Les propriétés des champs E et H à proximité de cette antenne cadre (source) sont dictées par les caractéristiques de la source (fréquence de commutation, transitions, etc.). Cependant, à mesure qu'on s'éloigne de la source le milieu de transition détermine les attributs du champ. Par conséquent, ces phénomènes distincts mais liés peuvent être classés en deux domaines : le champ proche et le champ lointain (**fig. 2**). Le champ proche est défini comme la zone située à moins de  $\lambda/2\pi$  de la source, et le champ lointain est défini comme les émissions situées au-delà de cette zone. Les champs E et H doivent être évalués séparément dans le champ proche car leur rapport, appelé impédance caractéristique E/H, n'est pas constant. Cependant, dans le champ lointain, ces champs se combinent pour former une onde plane. Par conséquent, le champ électrique E et le champ

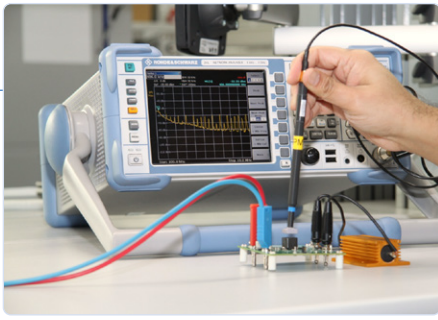


Figure 3. Configuration de test pour la mesure du champ électrique dans un régulateur à découpage CC/CC (DUT).

magnétique H sont décrits uniquement en termes de champ proche. Lorsqu'une source fonctionne avec un courant élevé et une faible tension, le champ magnétique est dominant, tandis que lorsqu'une source fonctionne avec un courant faible et une tension élevée, le champ électrique est dominant.

Lorsqu'une antenne cadre est utilisée, le champ magnétique est très fort à proximité de la source, ce qui entraîne une faible impédance caractéristique dans cette région. Avec l'augmentation de la distance par rapport à la source, le champ magnétique s'affaiblit et génère simultanément un champ électrique perpendiculaire à la direction de propagation du champ H. Lorsqu'on s'éloigne de la source, le champ magnétique s'affaiblit d'un facteur  $1/r^3$  et le champ électrique d'un facteur  $1/r^2$  (où r (rayon) désigne la distance).

L'impédance caractéristique d'une antenne à fil droit est élevée en raison de l'intensité du champ électrique dans la région de la source. Les propriétés d'atténuation sont l'opposé polaire de celles d'une antenne cadre..

### Rayonnement des inductances

Comme indiqué précédemment, le rayonnement du champ électromagnétique provenant des inductances de stockage dans les convertisseurs DC/DC n'est pas négligeable. Cela est particulièrement vrai lorsque le type et l'espacement des composants adjacents sont pris en compte, ainsi que leur susceptibilité au couplage magnétique. Les ingénieurs étant de plus en plus conscients de ce problème potentiel de CEM, les fabricants de composants ont réagi en élargissant leur gamme pour inclure des bobines blindées et semi-blindées en plus des bobines standard non blindées. Les bobines blindées sont fabriquées de telle sorte que l'enroulement est totalement enveloppé dans une pièce moulée entièrement constituée de matériau de blindage

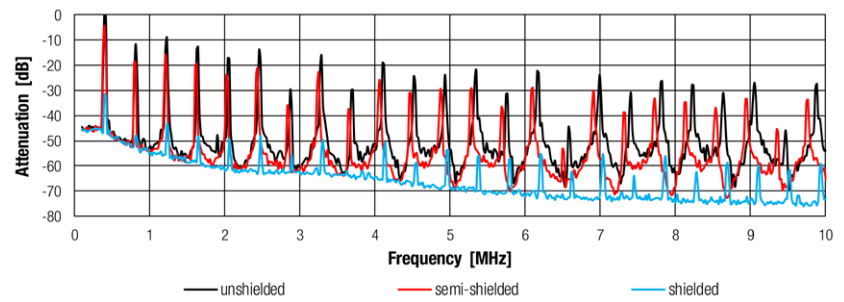


Figure 4. Résultats des mesures du champ H des bobines non blindées, semi-blindées et blindées.

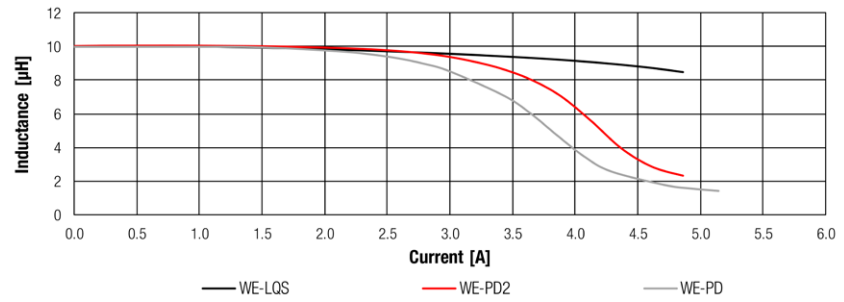


Figure 5. Comparaison du comportement de saturation d'une bobine blindée (gris), semi-blindée (noir) et non blindée (rouge).

magnétique. Dans les bobines non blindées, les enroulements de la bobine sont généralement exposés et il n'y a pas non plus de blindage magnétique. En raison de la propagation illimitée des champs électromagnétiques, ce sont généralement les sources les plus puissantes d'interférences électromagnétiques. Les matériaux magnétiques sont souvent appliqués sur les enroulements exposés des bobines semi-blindées à l'aide de résine époxy. La configuration de test pour mesurer le champ électromagnétique dans un régulateur à découpage DC/DC (DUT) est représentée sur la **figure 3**. Comme indiqué précédemment, chaque type de bobine présente des avantages et des inconvénients. Le principal avantage d'une bobine blindée est que ses émissions électromagnétiques sont relativement faibles par rapport aux bobines semi-blindées et non blindées. La **figure 4** illustre le comportement de base des émissions de ces trois types fondamentaux.

Comme de nombreux ingénieurs électriciens le savent, la conception d'un nouveau circuit est toujours un exercice d'équilibre délicat. L'exacerbation d'une qualité souhaitable peut souvent entraîner l'amplification de caractéristiques indésirables, dont les valeurs maximales sont finalement limitées par les exigences globales du projet. Inévitablement, l'une de ces contraintes est la taille. Les bobines blindées ont une valeur

d'inductance et une saturation magnétique plus faibles, ainsi que des coûts de fabrication plus élevés, par rapport aux exemplaires non blindés de dimensions comparables. De toute évidence, les concepteurs moins expérimentés seront tentés d'utiliser une bobine non blindée en raison de sa taille réduite, de son coût moindre et de ses courants de saturation plus élevés. Cependant, ce choix entraîne une série de problèmes de CEM difficiles à résoudre après la phase de conception.

Würth Elektronik est l'un des rares fabricants à proposer des bobines semi-blindées capables de combler avec succès l'écart entre les exigences d'espace, les propriétés électriques et la CEM. Elles sont particulièrement bien adaptées aux applications pour lesquelles les composants adjacents aux bobines ne sont pas très sensibles aux rayonnements.

Les propriétés de saturation exceptionnelles de l'inductance de stockage semi-blindée WE-LQS, format 8040 (744 040 841 00), sont illustrées sur la **figure 5** en comparaison avec une bobine blindée de la série WE-PD, format 7345 (744 777 10) et une bobine non blindée de la série WE-PD2, format 7850 (744 775 10).

### Effet du début de l'enroulement

Une caractéristique essentielle de la CEM, qui est souvent négligée, est l'orientation



Figure 6. Bobines de type WE-XHMI et WE-PD2 montrant le « point » qui indique le début de l'enroulement.

du début de l'enroulement, qui est indiquée par un « point » sur la bobine (fig. 6). Il est important de connecter le côté de la bobine marqué de ce point aussi près que possible du nœud de commutation, car ce côté a la valeur  $dU/dt$  la plus élevée et donc le plus d'interférences. De cette façon, les enroulements extérieurs protègent le flux de courant alternatif du nœud de commutation pendant la commutation. Si l'extrémité non marquée est connectée au nœud du commutateur, les tensions directes du courant alternatif apparaissent au niveau de l'enroulement extérieur. Cela peut entraîner des connexions électriques ou capacitatives d'une force inacceptable.

Les bobines à blindage magnétique protègent efficacement du rayonnement où domine le champ H, mais ne sont pas toujours capables de protéger du rayonnement où domine le champ E. L'efficacité du blindage du champ électrique dépend des propriétés du matériau et de la perméabilité magnétique du matériau du noyau : plus le matériau du noyau est résistant et magnétiquement conducteur, plus le blindage du champ électrique de la bobine est efficace. Les émissions de champ E d'une inductance de puissance blindée fabriquée par Würth Elektronik ont été mesurées à titre d'exemple. Le transistor du régulateur découpe à une fréquence de 400 kHz, générant la résonance fondamentale et les harmoniques subséquentes. Le spectre montre clairement que lorsque l'extrémité marquée d'un point de la bobine est connectée au nœud de commutation, les émissions de champ E sont considérablement réduites (fig. 7). L'inductance est donc orientée correctement. En revanche, l'orientation de l'inductance n'a pratique-

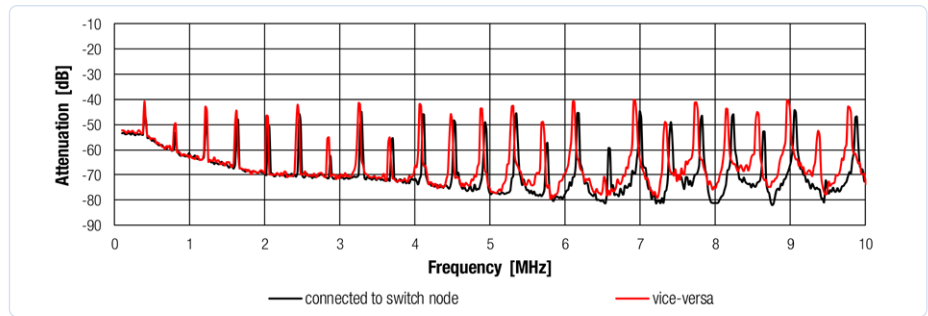


Figure 7. Le champ E du début de l'enroulement est connecté au nœud du commutateur, et vice versa.

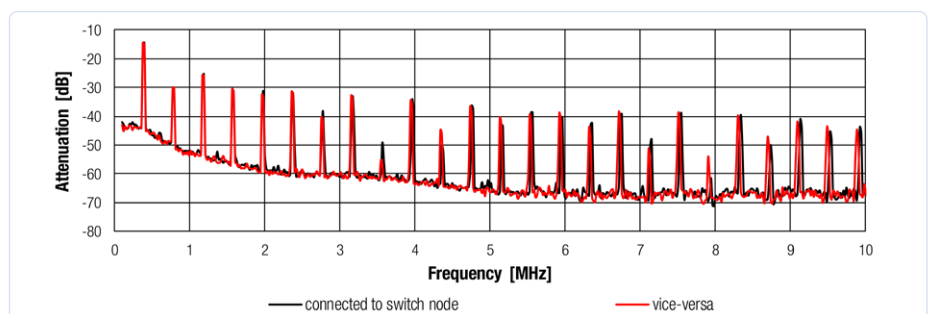


Figure 8. Le champ H du début de l'enroulement est connecté au nœud du commutateur, et vice versa.

ment aucun effet sur les émissions du champ H (fig. 8).

Un examen détaillé des signaux d'interférence électromagnétique causés par les transitions de commutation et l'effet de blindage de divers matériaux dans les champs proches et lointains est fourni dans l'article intitulé « The behavior of electro-

magnetic radiation of power inductors in power management » (Le comportement du rayonnement électromagnétique des inductances de puissance dans la gestion de la puissance) [1]. ◀

220295-01

### Ranjith Bramanpalli

Ranjith a obtenu deux maîtrises en génie électrique et en informatique de l'université du Massachusetts à Lowell en 2008. Il a depuis travaillé dans le domaine de l'électronique de puissance, en mettant l'accent sur la recherche, le développement et les applications. Il est actuellement employé par Würth Elektronik eiSos en tant qu'ingénieur d'application produit.



### LIEN

[1] [www.we-online.com/ANP047](http://www.we-online.com/ANP047)