

**Tous sujets confondus (en environnement spatial).....**

**>1 - Senseur de courant (large bande, filtrage numérique)**

- La majorité des équipements de conditionnement de puissance font appel à une mesure de courant (ex: dispositifs permettant de réguler une tension, de protéger un utilisateur ou encore d'informer un système qui contrôle la distribution d'énergie).
- Les performances électriques générales demandées à ces dispositifs sont:
  - Isolation entre ligne de puissance (mesure du courant) et électronique bas-niveau (signal)
  - Fidélité de la mesure dans une bande de fréquence la plus large possible (bande passante: qqes MHz; rotation de phase: qqes degrés).
  - Résister à différents environnements: température, électromagnétique, ...
- Après avoir passé en revue les différentes techniques de mesure de courant existantes, il s'agira de proposer et de réaliser un dispositif capable de tendre vers les performances telles qu'énoncées ci-dessus. Exemple: senseur de courant à effet GMR.

**>2 – Topologie de conversion DC/DC de type boost « modifiée »**

- Par l'ajout d'enroulement(s) couplés sur l'inductance principale, un convertisseur de type boost classique peut retrouver un comportement à minimum de phase.
- Analyses théoriques et modélisations sont d'abord nécessaires, ensuite une phase « hardware » de validation peut s'envisager

**>4 - Cellule de commutation de puissance résonante (série/shunt, CALC)**

- La réduction de taille des convertisseurs Dc-Dc ou l'augmentation de leur densité énergétique, passe par l'accroissement de la fréquence de découpage. Comme effet secondaire, on notera une augmentation des pertes en commutation des interrupteurs de puissance et par conséquent un impact négatif sur le rendement global de conversion.
- L'utilisation de la résonance à chaque commutation permet de soulager l'élément commutant en recyclant l'énergie vers la source ou vers l'utilisateur. C'est le rôle des CALCs (Circuits d'Aide à La Commutation).

**>5 - Circuit de commande de grille (isolation, résonance, high dV/dt immunity)**

- La description donnée au point 4 ci-dessus peut s'étendre aux circuits de commande des interrupteurs de puissance.
- Il s'agit donc ici d'utiliser la résonance pour charger et décharger la grille de MOSFETs par voie résonante et de soulager, en termes de puissance dissipée et de rendement, les circuits de commande.

**>7 - Convertisseur DC/DC de type SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter)**

- Convertisseur dérivé de la famille « Flyback » de type « Cük », il possède de nombreux attraits comme: élévateur et abaisseur de tension, pas de commande flottante, peu de composants, faible ondulation du courant d'entrée,...
- Un peu mal aimé de par sa caractéristique dynamique à non minimum de phase, il reste cependant un choix très intéressant si les performances dynamiques ne sont pas requises.
- L'étude de cette topologie passe par une analyse détaillée des caractéristiques statiques, du comportement dynamique, etc. pour aboutir finalement à la définition de règles de conception.
- L'ajout de boucles de régulation auxiliaires pour rendre la topologie à minimum de phase est à explorer.

**>8 - Topologie DC/DC utilisant les CPI (Composants Passifs Intégrés)**

- Le principe de base développé dans ces composants est d'assigner plusieurs fonctions électriques à un composant magnétique unique.
- Ces fonctions peuvent être par exemple : stockage d'énergie (inductance réalisée dans la partie du circuit magnétique qui présente la plus grande réluctance) et élévateur/abaaisseur de tension (transformateur dans la partie du circuit magnétique à faible réluctance).
- Outre l'intérêt de réduire le nombre de composants par convertisseur et d'améliorer les performances globales d'un équipement, cette technique permet également de supprimer d'autres composants actifs (p.ex: diode de roue libre d'un convertisseur de type SMART).

### >9 - Blindage des noyaux magnétiques

- Les effets parasites des transformateurs (inductance de fuite et couplage capacitif "primaire-secondaire", pour ne citer qu'eux) représentent aujourd'hui un frein au développement des convertisseurs d'énergie statiques. En effet, si beaucoup de solutions techniques et technologiques ont permis d'accroître la densité de puissance des systèmes de conditionnement de puissance, les composants magnétiques restent pourtant à la traîne et n'ont guère évolué depuis plusieurs dizaines d'années. Leurs formes traditionnelles limitent tantôt les performances électriques et thermiques, tantôt les aspects de mise en œuvre (fabrication) et de compatibilité avec d'autres composants et technologies qui évoluent beaucoup plus vite.
  - Les objectifs visés sont: augmentation densité énergétique (tous types de transformateurs) et augmentation de la fréquence de découpage
  - Nous envisageons un plan en deux étapes :
    - d'abord concevoir des noyaux magnétiques dont la forme peut rendre les opérations de bobinage plus facile et compatible de nos technologies CMS et hybride
    - métalliser ensuite ces noyaux magnétiques, cela permettra de confiner le flux magnétique dans un canal « électromagnétiquement étanche ». La réduction du flux de fuite permet alors de dissocier enroulements primaires et secondaires (aspects mise en œuvre), elle entraîne par conséquent la réduction des inductances parasites, tout en diminuant le couplage capacitif « entrée-sortie » (réduction des émissions de bruit de mode commun). La fréquence de découpage peut alors augmenter et la taille de ces composants diminuer.
- De plus, la métallisation du noyau peut également servir de drain thermique et permettre ainsi un refroidissement plus efficace du transformateur.

5 Thales Alenia Space ETCA

Ref : R&D\_Grepes / Fabrice WALLECAN  
Date : 14.03.2008

THALES

All rights reserved © 2007, Thales Alenia Space

### >10 - Dispositif anti-saturation pour transformateur de puissance

- Tout type de transformateur où le flux magnétisant parcourt les quatre quadrants du cycle d'hystérésis du matériau magnétique risque d'entrer en saturation. En effet, un déséquilibre si petit soit-il dans la commande par exemple se voit intégré cycle après cycle et entraîne finalement la saturation du noyau si aucun mécanisme de compensation ne vient y remédier.
- Cette compensation peut se produire via les résistances de câblage ou résistances drain-source des Mosfets, mais ce n'est pas toujours suffisant.
- Le but sera ici d'envisager l'utilisation de circuits passifs ou actifs qui stabiliseront le point de fonctionnement du transformateur en l'empêchant d'entrer dans la zone de saturation.

### >11 - Filtres EMC actifs - Techniques d'annulation ou de réduction de ripple des convertisseurs DC/DC

- Les convertisseurs DC/DC à découpage génèrent des ondulations (ou ripple) de tension ou courant aux interfaces « sources » et « utilisateurs ». Ces signaux électriques indésirables sont sources d'interférences électromagnétiques (EMI) pour le système utilisateur.
- La réduction de ces effets parasites passe par l'utilisation de filtres électriques (passe-bas) qui ne sont efficaces que dans une bande relativement réduite du spectre de fréquences.
- On se propose donc d'améliorer l'efficacité de filtrage des topologies actuelles et extension de leurs bandes de rejet par l'utilisation de techniques d'annulation actives ou passives. On peut s'attendre alors, à atténuation équivalente, à une réduction de masse embarquée (idem pour l'encombrement).

6 Thales Alenia Space ETCA

Ref : R&D\_Grepes / Fabrice WALLECAN  
Date : 14.03.2008

THALES

All rights reserved © 2007, Thales Alenia Space

>13 - Dispositif de détection de température fiable « Thermal lockout »

- De nombreux circuits de protection équipent les convertisseurs Dc-Dc. On peut trouver ainsi des protections: de sous-tension, de sur-tension, de courant, etc. Certaines d'entre elles pourraient être remplacées avantageusement par une protection de température (c'est souvent le cas pour les convertisseurs utilisés dans l'industrie).
- L'utilisation de ces circuits pour applications spatiales pose le problème de la fiabilité et fidélité de la mesure et de la testabilité.
- Il s'agira ici de concevoir un tel circuit répondant aux exigences électriques et environnementales.

>14 - Elimination de « RHP zero » par modulation du flanc montant

- Par cette technique, et dans certaines conditions, un système à non minimum de phase peut retrouver un comportement à minimum de phase.
- Analyses théoriques et modélisations sont d'abord nécessaires, ensuite une phase « hardware » de validation peut s'envisager

>15 - Amortissement des filtres EMI par compensation « feedforward »

- L'amortissement des filtres EMI par voie passive pénalise fortement en termes de masse et de volume les convertisseurs (plusieurs fois la taille du filtre non amorti est bien souvent nécessaire pour ramener le facteur de qualité à une valeur raisonnable).
- L'ajout d'une boucle de régulation sur la tension de source permettrait de faire fondre la taille des filtres...

>16 - Optimisation des topologies de convertisseurs DC/DC ou DC/AC à haut rendement et "coreless"

- Choisir la topologie d'un convertisseur DC/DC n'est pas chose évidente. De nombreux facteurs, tant électriques qu'électromécaniques (ou encore thermiques), en guident le choix.
- Des bobinages imprimés sur PCB (Printed Circuit Board) ou un bobinage filaire sans noyau magnétique peuvent réduire les coûts de fabrication et réduire la dispersion des caractéristiques de leurs éléments parasites.
- L'objectif poursuivi est de tirer des lignes conductrices qui pourraient simplifier le choix. Aussi, il convient de « borner » chaque topologie de convertisseur (associée à une certaine technologie des composants magnétiques) à certains paramètres électriques. Par exemple: gamme de tension d'entrée ou de sortie, de puissance min et max, de rendement, etc.
- Le facteur rendement reste toujours très important dans le domaine spatial. En effet, tout watt gaspillé peut engendrer un surdimensionnement du système de contrôle thermique du satellite. Il convient donc de sélectionner les topologies de convertisseurs qui minimisent les pertes et de les promouvoir.

>17 - Optimisation des performances dynamiques des convertisseurs DC/DC par contrôle multi boucles

- Beaucoup de convertisseurs DC/DC utilisent deux boucles d'asservissement: une pour réguler la ou les tensions de sortie et une autre pour le courant. Cette dernière permet d'une part d'accroître les performances dynamiques de réjection entrée-sortie et d'autre part la mise en parallèle de module pour augmenter la puissance globale.
- D'autres types d'asservissement permettraient de gagner en performances à plusieurs niveaux.
- L'ajout d'une boucle supplémentaire au niveau de la tension d'entrée « Feedforward » peut avoir un effet favorable sur l'amortissement des filtres EMI. En effet, conventionnellement, l'amortissent par voie passive pénalise fortement en termes de masse et de volume les convertisseurs (plusieurs fois la taille du filtre non amorti est bien souvent nécessaire pour ramener le facteur de qualité à une valeur raisonnable).
- Avec la même logique, on pourrait améliorer l'efficacité de filtrage EMI des topologies DC/DC actuelles et étendre leurs bandes de rejet par l'utilisation de techniques d'annulation actives. On peut s'attendre alors, à atténuation équivalente, à une réduction de masse embarquée (idem pour l'encombrement).
- D'autres méthodes (à évaluer), peuvent dans certaines conditions, rendre un système à minimum de phase à partir d'un système qui ne l'était pas de par sa topologie de base.