Comment gérer les besoins électriques des systèmes électroniques embarqués fonctionnant sur batterie

Travis Williams, Manager senior, Marketing et gestion produits Vicor

Les équipements électroniques des voitures actuelles, en particulier les véhicules haut de gamme mais pas uniquement, représentent une proportion de plus en plus grande de leur coût de production. Des fonctions autrefois mécaniques ou hydrauliques fonctionnent désormais à l'électricité. Systèmes d'info-divertissement connectés extrêmement sophistiqués, systèmes d'aide à la conduite (ADAS, advanced driver assistance system), différents types de transmissions installés sur les véhicules électriques et hybrides : la liste est longue. Tous ces systèmes ayant besoin d'électricité, la traditionnelle batterie unique de 12 V a été remplacée par des réseaux interconnectés de 12, 24 ou 48 V. Des régulateurs, des convertisseurs et des chargeurs sont alors requis pour gérer les flux d'alimentation et leur fonctionnement doit également prendre en compte la réduction en taille, en poids et en puissance qui est systématiquement recherchée. (Barre latérale ; *Le 48 V fait son apparition dans les systèmes automobiles*)

Figure 1. Architecture type à double batterie mild hybrid

Régulation et charge des batteries DC-DC

Les tensions fournies par les batteries peuvent présenter de grandes variations selon la température, la charge et l'état de charge (SOC, state-of-charge). Cette large plage de tension nécessite un régulateur DC-DC extrêmement flexible, capable de basculer facilement et automatiquement entre le mode abaisseur (Buck) et le mode élévateur (Boost).

Par exemple, dans un scénario d'utilisation normale, une tension de sortie typique pour une batterie automobile 12 V peut en réalité se situer entre 8 et 16,5 V, comme le montrent les figures 2 (en cours de décharge) et 3 (en cours de charge) : les lignes tracées sur le graphique et annotées C/xx indiquent différents taux de charge/décharge. Les variations de tension sont également exacerbées par le froid ou lorsqu'elles sont mesurées sur des batteries vieillissantes.. Le régulateur de ligne est également confronté à des batteries chargées depuis un alternateur et doit être en mesure de supporter des scénarios de perte de charge entraînant d'importants transitoires de tension inductifs.

Figure 2. Tension de la batterie vs. état de charge, à divers taux de décharge

Figure 3. Tension de la batterie vs. état de charge, à divers taux de charge

S'ils ne sont pas surveillés, ces pics de tension peuvent monter jusqu'à 120 V. Des circuits d'écrêtage sont nécessaires pour empêcher les tensions de dépasser 40 V pour les batteries 12 V, et 60 V pour les systèmes 24 V. Ces larges variations d'entrée, qui peuvent atteindre jusque 60 V, dépassent les capacités de nombreux régulateurs, qui peuvent alors arrêter de fonctionner si la tension d'entrée dépasse 36 V. Très peu de solutions sont capables de gérer les variations de tension sur toute la gamme d'entrées (8 à 60 V) tout en maintenant une sortie stable et régulée.

Régulation à courant et tension constantes

En règle générale, les régulateurs de charge sont conçus pour fournir une régulation stable, avec une bande passante suffisamment large pour réagir rapidement aux transitoires de charge. Lorsqu'ils sont utilisés dans un système fonctionnant sur batterie, il faut également prendre en compte la nécessité de recharger cette dernière. Un régulateur en mesure de passer du mode courant constant au mode tension constante (CC/CV) est nécessaire pour mettre en place un procédé CC/CV typique, utilisé pour charger les batteries. Les régulateurs dotés de cette capacité rendent inutile l'ajout d'un régulateur supplémentaire dédié à la charge de la batterie. Ainsi, un seul appareil est nécessaire pour recharger une batterie, pré-charger/recharger un grand condensateur de maintien ou réguler la charge. À mesure que le nombre des systèmes électroniques présents à bord des véhicules augmente via le marché des accessoires automobiles, des régulateurs polyvalents, prenant en charge les procédés de charge de batterie, seront de plus en plus recherchés.

Rendement uniforme sur la plage de tensions d'entrée

Les régulateurs Buck-Boost de nouvelle génération peuvent également surpasser les régulateurs traditionnels en améliorant le rendement sur une large plage de tensions. Au premier abord, l'importance d'augmenter le rendement du régulateur de quelques points peut ne pas être évidente, mais si on la replace dans le contexte de son application, tout s'éclaircie. Le côté plat de la courbe de rendement sur l'intégralité de la plage de tensions revêt une grande importance pour l'évaluation des performances d'un régulateur Buck-Boost. De nombreux régulateurs peuvent offrir un grand rendement sur une toute petite plage, ce qui s'avère suffisant pour des applications à la tension d'entrée relativement stable. Lors de la régulation d'une alimentation par batterie affichant de grandes variations, le côté plat de la courbe de rendement du régulateur doit être examiné de plus près, car cela affecte la conception des systèmes thermiques. Une courbe de rendement plate indique au concepteur que la charge calorifique sera uniforme sur toute la plage de fonctionnement.

Impact du rendement sur la conception des systèmes thermiques et les coûts de production

Le rendement de la conversion impacte directement la conception des systèmes thermiques et la fiabilité du système, ce qui en retour impacte le coût total du système. La nouvelle génération de régulateurs DC-DC peut offrir un rendement améliorée de 2 à 3 points par rapport à leurs prédécesseurs. Dans une application automobile de 100 à 200 W, une amélioration de 2 à 3 points se traduit par une économie d'énergie de 2 à 6 W et une quantité de chaleur qui n'a pas besoin d'être dissipée. Ces améliorations différentielles en termes de rendement augmentent également la marge thermique du système, permettant de fournir une puissance maximale sur une large

gamme de température ambiante. Par conséquent, les coûts de production diminuent, la conception est plus solide et restauration de la charge de la batterie nécessite moins d'énergie.

Appareils petits et légers pour de meilleures solutions

D'un côté de l'équation des applications automobiles fonctionnant sur batterie, les équipementiers (fabricant d'équipement d'origine) sont tenus d'améliorer les économies de carburant. De l'autre, les consommateurs réclament davantage de systèmes électroniques embarqués. L'espace disponible dans l'habitacle est relativement constant : l'infrastructure d'alimentation doit être installée à son emplacement tout en n'ajoutant que peu de poids supplémentaire au véhicule, toujours dans un souci d'économie de carburant.

Si on se fie aux tendances de conception des convertisseurs sur l'ensemble du marché, le facteur clé du développement de régulateurs automobiles plus petits et légers, fournissant des niveaux de puissance supérieurs, est la vitesse de commutation. La nouvelle génération des régulateurs Buck-Boost emploient des fréquences plus été élevés permettant des composants de filtrage et de stockage (inductances et condensateurs) ainsi que des transformateurs, plus petits. Ces régulateurs, associés aux dissipateurs abordés plus haut, apportent la plus importante contribution aux éléments taille, poids et puissance d'un système d'alimentation

Nouvelle génération de régulateurs Buck-Boost

Les systèmes automobiles à double batterie répondent donc à la demande de nouvelles solutions de conversion DC-DC alimentées par batterie. Ce besoin est combiné à la prolifération continue des systèmes électroniques sur le marché des pièces détachées. Ces systèmes comprennent notamment les systèmes d'information et de divertissement audio/vidéo/connectés, la navigation, la surveillance vidéo et les systèmes d'enregistrement, de plus en plus présents dans les bus publics, les véhicules de livraison et les taxis.

Figure 4. Circuit d'alimentation pour un système automobile d'enregistrement vidéo numérique

À l'heure actuelle, les accessoires embarqués nécessitent une nouvelle génération de régulateurs Buck-Boost capables de réguler des tensions de ligne de large plage, tout en régulant à la fois la tension et le courant, en tant qu'élément d'une solution de charge de batterie. Grâce à la possibilité de soutenir à la fois la charge et la régulation avec un haut rendement sur la plage de tensions de ligne, les concepteurs système peuvent simplifier leur nomenclature et utiliser un seul régulateur DC-DC venant appuyer plusieurs conceptions produit. Flexibilité, taille, densité et rendement sont quelques-unes des caractéristiques importantes devant être sérieusement prises en compte lors du choix d'une solution d'alimentation pour les automobiles en constante évolution aujourd'hui et demain.

[a] Figure 1 et 2 extraites de Lead-Acid Battery State of Charge vs. Voltage (comparaison de l'état de charge et de la tension des batteries plomb-acide)
http://www.scubaengineer.com/documents/lead_acid_battery_charging_graphs.pdf

BARRE LATÉRALE

Le 48 V fait son apparition dans les systèmes automobiles

Les voitures à batterie double (une plomb-acide à 12 V et une lithium-ion à 48 V) sont en train de faire leur apparition, notamment pour appuyer l'utilisation des moteurs micros hybrides et mi-hybrid (moteurs à combustion interne avec Stop/Start). La batterie plomb-acide 12 V (ou parfois 24 V) est utilisée pour le démarrage du moteur ou tous les systèmes électroniques conventionnels situés dans les voitures traditionnelles (tableau de bord, systèmes de divertissement et feux de route). Certains des systèmes nouvellement électrifiés nécessitent une quantité d'électricité supérieure à celle fournie par une batterie 12 V. Ainsi, la batterie Li-ion 48 V alimente, par exemple, le compresseur électrique de la climatisation, les pompes à huile électriques ou les systèmes du châssis actifs (notamment la direction, le freinage régénératif et la gestion de la stabilité). Comme le montre la figure 1, les approches à batterie double reposent sur des technologies différentes fonctionnant à des tensions différentes pour se compléter. Par conséquent, les régulateurs doivent accepter des tensions d'entrée très variables et peuvent passer du mode Buck (abaisseur) au mode Boost (élévateur) tout en fournissant une sortie régulée et stable.

Cette architecture à tension mixte et double batterie devrait être remplacée rapidement par les systèmes automobiles complets 48V. Dans cette optique, on assistera peut-être au cours des 5 à 10 prochaines années au remplacement des traditionnels systèmes électroniques embarqués 12 V par les systèmes 48 V. Durant cette transition, il y aura un besoin supplémentaire en composants électriques prenant en charge à la fois les systèmes 12 V hérités et les systèmes 48 V du futur.

VA245fr