



Livre électronique sur la robotique

Construisez de meilleurs robots en utilisant
conversion de puissance haute densité
dans les architectures 48 V

VICOR

Contenu

3 Introduction

4 études de cas

Robots logistiques

Robots de livraison

Robots de récolte

Robots de sécurité et d'inspection

Imprimante de terrain robotique OLogic

Saab Seaeye, ROV de classe ouvrière entièrement électrique

18 articles techniques

Pourquoi choisir des modules d'alimentation plutôt que des solutions d'alimentation discrètes ?

Attributs de l'emballage des modules de puissance hautes performances

Les réseaux de distribution d'énergie modulaires à haute densité optimisent les performances des robots mobiles

40 outils

Concepteur de systèmes électriques

tableau blanc

Introduction au livre électronique sur la robotique

Dans le monde en constante évolution de la robotique, l'alimentation électrique est devenue un facteur crucial pour la performance, l'efficacité et la fiabilité de ces machines. Les solutions d'alimentation discrètes traditionnelles ne répondent souvent pas aux exigences élevées de la robotique moderne, telles que la compacité, le rendement élevé et la gestion thermique.

Les modules de puissance haute performance Vicor offrent une solution révolutionnaire à ces défis.

En combinant une architecture d'alimentation avancée, une gestion thermique exceptionnelle et une efficacité inégalée, les modules d'alimentation Vicor permettent aux ingénieurs en robotique de concevoir et de construire des robots plus puissants, agiles et fiables en utilisant une conversion de puissance haute densité dans des architectures 48 V.

Ce livre numérique propose un guide pour développer de meilleurs PDN afin de répondre aux besoins des systèmes robotiques actuels. À partir d'études de cas, vous découvrirez comment d'autres entreprises ont exploité la technologie Vicor pour relever des défis de conception.

Ensuite, des articles approfondis et des livres blancs vous guideront à travers les principaux avantages des modules d'alimentation par rapport aux solutions d'alimentation discrètes traditionnelles, l'impact du packaging sur les PDN, les différentes approches des différentes exigences des systèmes d'alimentation robotiques et la manière dont les modules d'alimentation haute densité et hautes performances peuvent améliorer les délais de mise sur le marché.

Enfin, vous recevrez des liens vers une variété d'outils en ligne sophistiqués pour une adoption et une intégration faciles de ces modules d'alimentation innovants.

Que vous souhaitiez améliorer les fonctionnalités, évoluer vers l'avenir ou raccourcir votre délai de mise sur le marché, cet eBook vous aidera à identifier les moyens d'améliorer votre conception en adoptant une meilleure approche des réseaux de distribution d'énergie.

Vicor permet une meilleure façon
de fournir de l'énergie pour une portée
et une durée de fonctionnement
plus longues, une charge utile et des
fonctionnalités plus importantes, et
une mise sur le marché plus rapide.

Études de cas



Les modules d'alimentation à haut rendement maximisent la durée de fonctionnement du système et améliorent la productivité



Le défi du client

Les robots logistiques tels que les AMR et les AGV assurent la gestion des stocks et l'exécution des commandes dans les grands entrepôts. Leurs tailles et fonctionnalités sont variées. Alimentés par des batteries de 24 à 72 V, ils se rechargent selon les besoins. L'efficacité de la conversion d'énergie, ainsi que la taille et le poids, sont donc des critères essentiels.

La conversion d'énergie est plus complexe face aux exigences croissantes en matière de navigation, de détection et de sécurité. Les principaux objectifs étaient les suivants :

Puissance évolutive pour que la plateforme puisse être rapidement reconfigurée pour différents cas d'utilisation

Haute efficacité pour prolonger la durée de fonctionnement

Prise en charge d'une variété de tensions de point de charge sans poids supplémentaire

La mission d'un robot logistique est d'être productif et de se déplacer en toute sécurité dans des entrepôts semés d'embûches. Les modules d'alimentation haute performance Vicor permettent de gagner du poids et de l'espace à bord, permettant ainsi d'ajouter davantage d'accessoires pour un fonctionnement sûr. Le réseau d'alimentation peut être facilement reconfiguré et utilisé pour d'autres plateformes ayant des besoins énergétiques différents, par simple changement ou ajout de modules. Les principaux avantages étaient les suivants :

La topologie de commutation à tension nulle offre une efficacité de 97,4 %

Les modules d'alimentation peuvent être dimensionnés pour répondre à diverses exigences d'alimentation

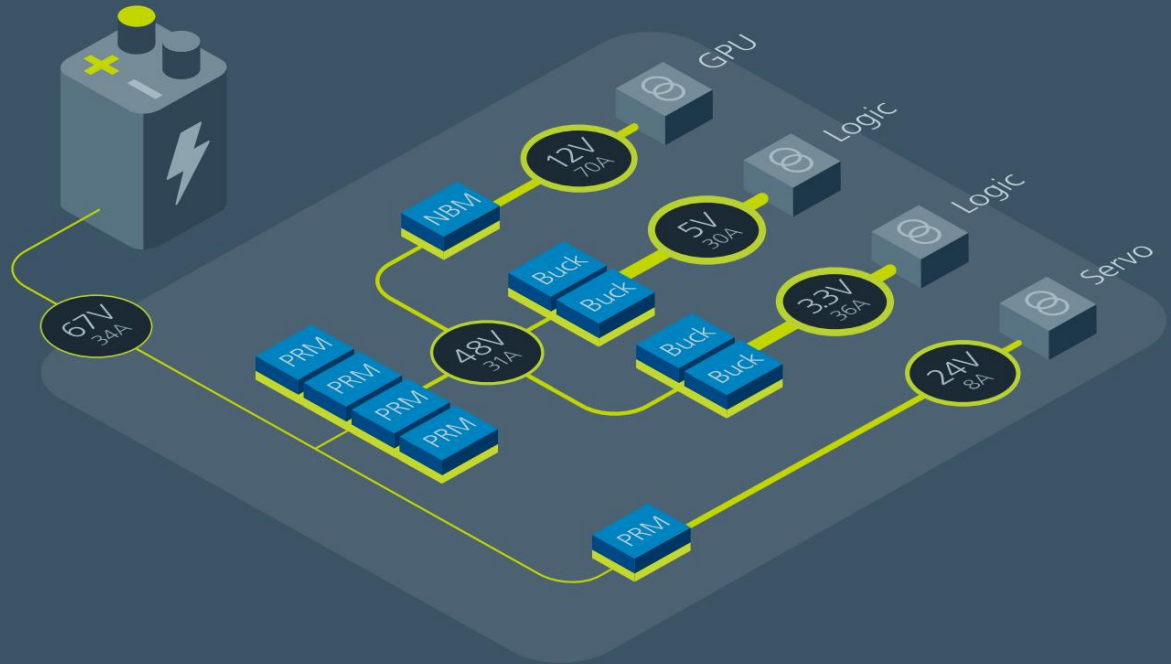
Les modules d'alimentation compacts et haute densité optimisent l'espace disponible



La solution Vicor

Réseau d'alimentation électrique pour robots utilisant une batterie de 67 V

Le module d'alimentation PRM™, un régulateur abaisseur-élevateur hautes performances, crée un bus intermédiaire de 24 V à 48 V avec un rendement de 96 à 98 % pour alimenter les servomoteurs et les modules d'alimentation supplémentaires en aval, notamment les NBM à rapport fixe, les régulateurs abaisseurs et abaisseurs-élevateurs ZVS. Tous les modules peuvent également être mis en parallèle pour une conversion de puissance supérieure.



Buck-Boost PRM
régulateurs

Entrée : 48 V (36 – 75 V)

Sortie : 48 V (5 – 55 V)

Puissance : jusqu'à 600 W

Efficacité : jusqu'à 97 %

Aussi petit que 22,0 x 16,5 x
6,73 mm

vicorpower.com/prm



Ratio fixe NBM
convertisseur DC-DC

Entrée : 36 – 60 V

Sortie : 7,2 – 15,3 V

Puissance : jusqu'à 2400 W

Efficacité : Plus de 98 %

Aussi petit que : 23 x 17 x 5,2 mm

vicorpower.com/nbm



ZVS buck
régulateurs

Entrées : 12 V (8 – 18 V), 24 V (8
– 42 V), 48 V (30 – 60 V)

Sortie : 2,2 – 16 V

Courant : jusqu'à 22 A

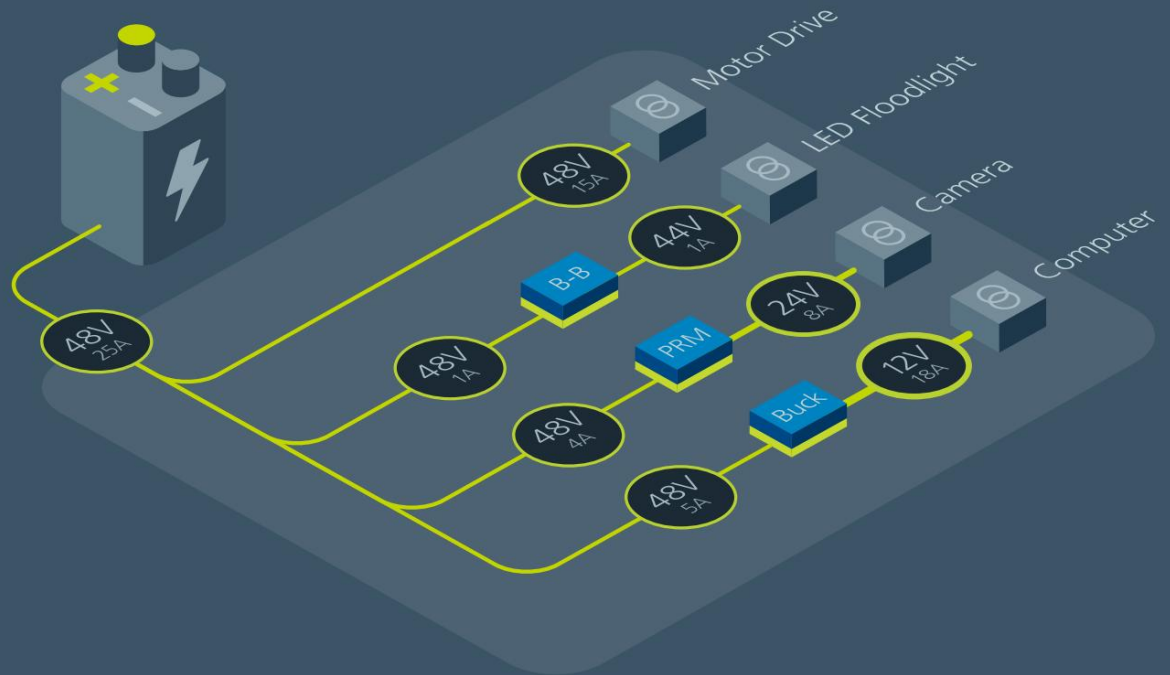
Efficacité maximale : jusqu'à 98 %

Aussi petit que 10,0 x 10,0 x
2,56 mm

vicorpower.com/zvs-buck

Réseau de distribution d'énergie pour robots utilisant une batterie de 24 à 48 V

La deuxième architecture du groupe motopropulseur met en avant la conversion directe de la batterie au point de charge. Les régulateurs PRM, ZVS Buck et ZVS Buck-Boost prennent en charge ces applications. Le régulateur ZVS Buck-Boost PI3740, par exemple, fournit plus de 100 W de puissance à partir d'un boîtier SiP de 10 x 14 x 2,5 mm, avec des rendements de pointe atteignant 96 %.



Régulateurs buck-boost ZVS

Entrée : 8 – 60 V

Sortie : 10 – 54 V

Puissance : jusqu'à 150 W continu

Efficacité : Plus de 98 %

10,5 x 14,5 x 3,05 mm

vicorpower.com/prm



ZVS buck régulateurs

Entrées : 12 V (8 – 18 V), 24 V (8 – 42 V), 48 V (30 – 60 V)

Sortie : 2,2 – 16 V

Courant : jusqu'à 22 A

Efficacité maximale : jusqu'à 98 %

Aussi petit que

10,0 x 10,0 x 2,56 mm

vicorpower.com/zvs-buck



PRM régulateurs

Entrée : 48 V (36 – 75 V)

Sortie : 48 V (5 – 55 V)

Puissance : jusqu'à 600 W

Efficacité : jusqu'à 97 %

Aussi petit que 22,0 x 16,5 x 6,73 mm

vicorpower.com/prm



Des modules d'alimentation légers et efficaces prolongent les itinéraires de livraison et économisent de l'espace pour transporter plus de marchandises



Le défi du client

La livraison au dernier kilomètre de produits d'épicerie, de plats à emporter et de produits de consommation en ligne est la mission essentielle de ces robots autonomes. Bien que leurs charges utiles varient en taille et en poids, ces robots ont généralement une longue autonomie et sont alimentés par des batteries de 48 V à 100 V. Ils sont équipés de divers capteurs, caméras et GPS pour naviguer efficacement et en toute sécurité. Ces robots dépendent de batteries, ce qui compromet leur autonomie. Les principaux objectifs étaient :

Prolonger la portée et la durée de fonctionnement

Solution compacte et légère pour gagner de la place

Prise en charge d'une variété de tensions de point de charge



La solution Vicor

Les modules d'alimentation haute performance Vicor réduisent l'espace et le poids à bord, augmentant ainsi l'espace pour les capteurs et les systèmes de navigation et permettant aux robots de livraison de transporter des charges et des objets plus volumineux. Leur rendement élevé augmente leur autonomie, leur permettant d'atteindre des destinations plus lointaines en toute sécurité. Principaux avantages :

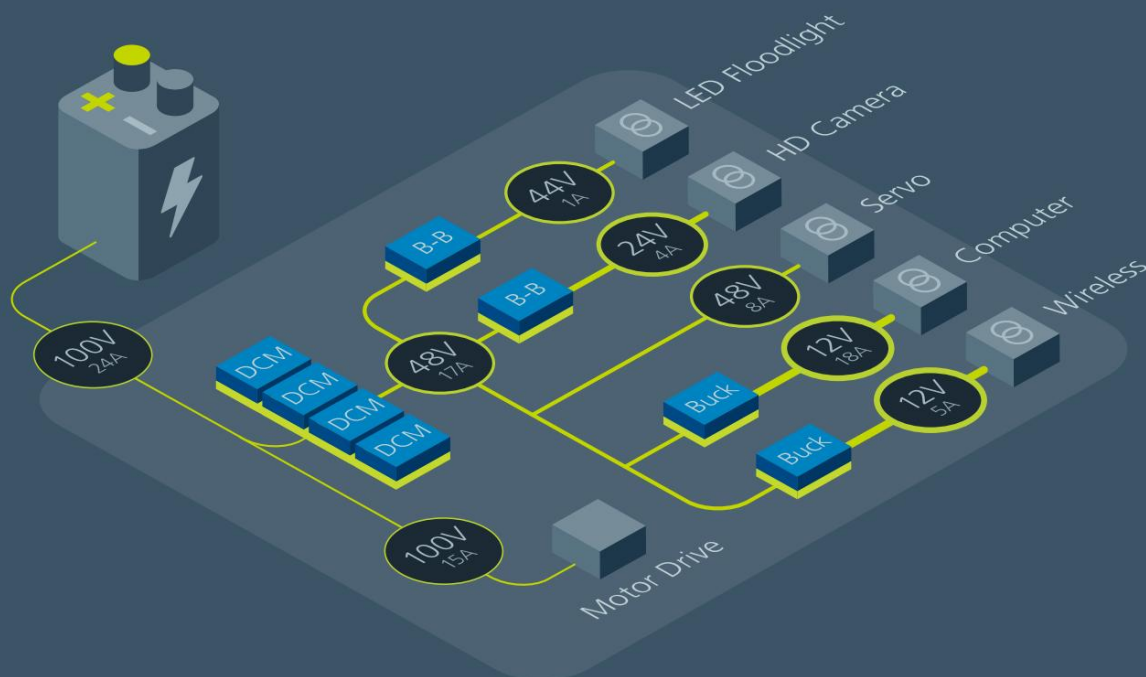
La conception modulaire prend en charge les exigences de conception flexibles

Les modules d'alimentation compacts à haute densité optimisent l'espace de conception disponible

Une solution à haute efficacité prolonge la durée de vie de la batterie disponible

Le réseau de distribution d'énergie

La série de convertisseurs DCM™ répond aux besoins de cette classe avec un fonctionnement à partir d'une entrée de 43 à 154 V. Le DCM3623 permet une distribution régulée de 24 ou 48 V depuis la batterie pour les servomoteurs, les autres charges utiles et les convertisseurs en aval. Le DCM3623 fournit 240 W de puissance avec un rendement de 90 % dans un boîtier de 36,38 x 22,8 x 7,26 mm. Avec un rail 24-48 V établi, des régulateurs abaisseurs ou abaisseurs-éleveurs ZVS peuvent généralement être utilisés pour alimenter les rails basse tension.



DCM CC-CC
convertisseurs

Entrée : 9 – 420 V

Sortie : 3,3, 5, 12, 13,8, 15, 24, 28,
36, 48 V

Puissance : jusqu'à 1300 W

Efficacité : jusqu'à 96 %

Aussi petit que 24,8 x 22,8 x
7,21 mm

vicorpower.com/dcm



Buck-Boost ZVS
régulateurs

Entrée : 8 – 60 V

Sortie : 10 – 54 V

Puissance : jusqu'à 150 W
continu

Efficacité : Plus de 98 %

10,5 x 14,5 x 3,05 mm

vicorpower.com/zvs-buck-boost



ZVS buck
régulateurs

Entrées : 12 V (8 – 18 V), 24 V (8
– 42 V), 48 V (30 – 60 V)

Sortie : 2,2 – 16 V

Courant : jusqu'à 22 A

Efficacité maximale : jusqu'à 98 %

Aussi petit que 10,0 x 10,0 x
2,56 mm

vicorpower.com/zvs-buck

VICOR

Étude de cas : Robots de récolte



Des modules d'alimentation robustes, fiables et efficaces maximisent la disponibilité dans les environnements difficiles



Le défi du client

Les robots de récolte sont des machines conçues pour effectuer diverses tâches dans les exploitations agricoles, souvent de manière autonome. Ils sont équipés de capteurs, de caméras et de systèmes GPS pour naviguer et comprendre leur environnement. Ces grands véhicules ou équipements robotisés sont généralement alimentés par une source de courant continu haute tension de 400 V ou plus. Les principaux objectifs étaient :

Augmenter la productivité

Densité de puissance élevée pour prendre en charge des entrées de tension plus élevées

Une conception robuste et fiable pour maintenir un fonctionnement continu



La solution Vicor

Les modules de puissance à rapport fixe Vicor permettent une conversion sécurisée des batteries 400 V ou 800 V, généralement utilisées dans ces applications, en 48 V SELV, atteignant plus de 1 600 W de puissance. Le rendement élevé de ces modules, associé aux convertisseurs et régulateurs PoL Vicor en aval, réduit considérablement les pertes de puissance et simplifie la gestion thermique, augmentant ainsi la productivité et la fiabilité. Principaux avantages :

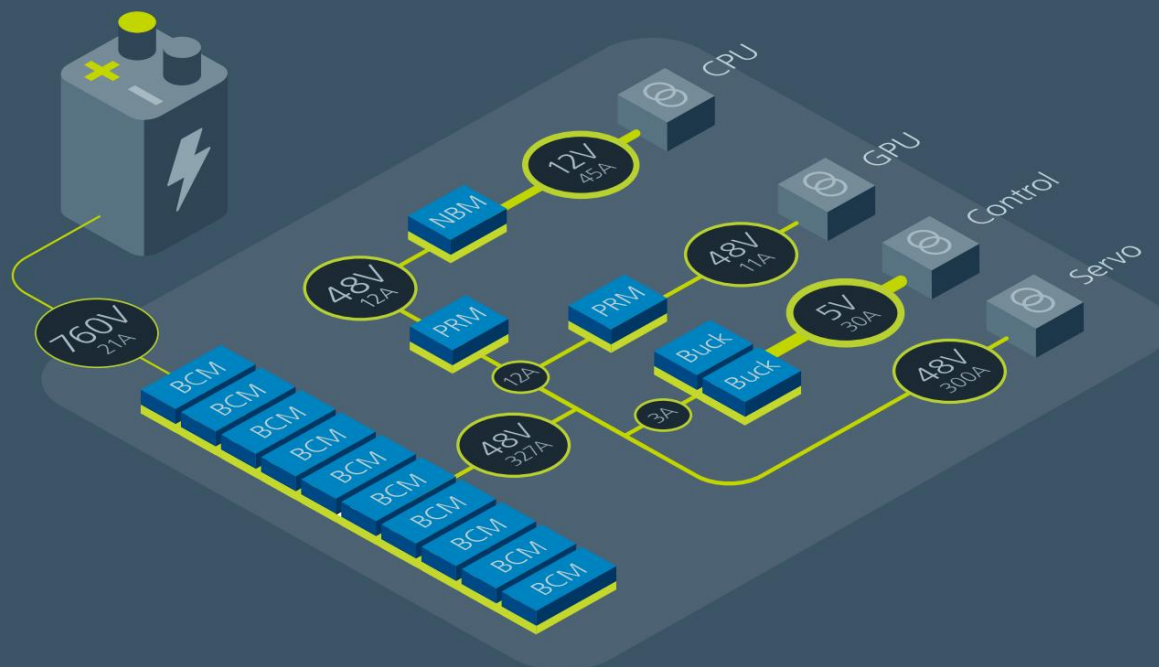
Convertissez en toute sécurité l'alimentation haute tension en SELV

Modules d'alimentation robustes et hautement intégrés pour une fiabilité élevée

Une efficacité supérieure réduit les pertes de puissance

Le réseau de distribution d'énergie

Dans ce type de conception, la série de convertisseurs Vicor BCM® permet de convertir une batterie haute tension en une tension nominale sûre de 48 V. Le BCM4414, par exemple, peut fournir plus de 1 600 W avec un rendement supérieur à 97 % grâce à son boîtier de 111 x 36 x 9 mm. Le BCM est un convertisseur à rapport fixe dont la tension de sortie est égale à 1/16 de la tension d'entrée. Les convertisseurs à rapport fixe ou régulés de point de charge, tels que les Vicor NBM™, PRM™, les régulateurs ZVS Buck et ZVS Buck-Boost, alimentent les rails de tension inférieurs individuels en aval, selon les besoins.



Convertisseur de bus BCM modules

Entrée : 800 – 48 V

Sortie : 2,4 – 55,0 V

Courant : jusqu'à 150 A

Efficacité : jusqu'à 98 %

Aussi petit que 22,0 x 16,5 x 6,7 mm

vicorpower.com/bcm



Buck-Boost PRM régulateurs

Entrée : 48 V (36 – 75 V)

Sortie : 48 V (5 – 55 V)

Puissance : jusqu'à 600 W

Efficacité : jusqu'à 97 %

Aussi petit que 22,0 x 16,5 x 6,73 mm

vicorpower.com/prm



Ratio fixe NBM convertisseur DC-DC

Entrée : 36 – 60 V

Sortie : 7,2 – 15,3 V

Puissance : jusqu'à 2400 W

Efficacité : Plus de 98 %

Aussi petit que : 23 x 17 x 5,2 mm

vicorpower.com/nbm



ZVS buck régulateurs

Entrées : 12 V (8 – 18 V), 24 V (8 – 42 V), 48 V (30 – 60 V)

Sortie : 2,2 – 16 V

Courant : jusqu'à 22 A

Efficacité maximale : jusqu'à 98 %

Aussi petit que 10,0 x 10,0 x 2,56 mm

vicorpower.com/zvs-buck



Les modules d'alimentation compacts offrent de l'espace pour des capteurs avancés qui améliorent la sécurité et les performances



Le défi du client

Les robots peuvent se déplacer là où les humains ne peuvent pas aller, les protégeant ainsi du danger tout en garantissant la sécurité. Les robots d'inspection peuvent surveiller les infrastructures plus fréquemment et intervenir rapidement avant que des problèmes ne surviennent, économisant ainsi des vies, du temps et de l'argent. Certains, équipés de câbles, fonctionnent à des tensions élevées de 400 V avec une conversion descendante à 12 V et 1,5 kW pour la propulsion. Les principaux objectifs étaient les suivants :

Très efficace pour prolonger la durée de fonctionnement

Capable de gérer des opérations à haute température

Prise en charge d'une variété de tensions de point de charge



La solution Vicor

Les robots de sécurité doivent prendre en charge une multitude de capteurs et d'actionneurs pour une surveillance efficace. Les modules d'alimentation Vicor DCM™ constituent une solution thermiquement performante et très dense en énergie, capable d'alimenter diverses tensions de point de charge. La densité de puissance du Vicor DCM facilite également le routage du câblage et de l'assemblage des câbles, augmentant ainsi l'efficacité, les performances et l'autonomie des batteries. Principaux avantages :

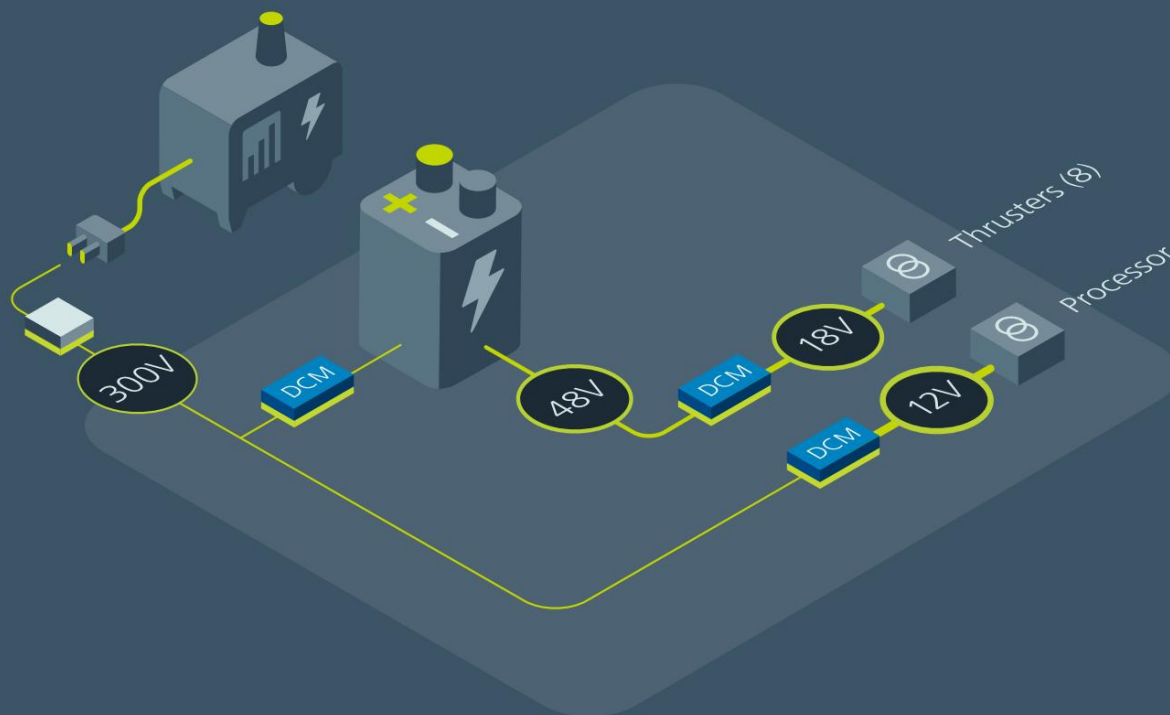
La densité de puissance et l'efficacité améliorées prolongent la durée de fonctionnement

Le DCM offre des packaging et des topologies avancés pour gérer les charges thermiques

Le DCM peut être facilement mis en parallèle pour permettre une extension supplémentaire du système

Le réseau de distribution d'énergie

Dans cet exemple, un module convertisseur CC-CC isolé et régulé DCM4623 convertit la tension d'attache de 300 V en 12 V pour alimenter le contrôleur, tandis qu'un autre fournit un bus de 48 V, lui-même converti en 18 V par les modules DCM3623 pour alimenter un ensemble de propulseurs destinés à propulser le robot. Ce PDN modulaire est plus petit que deux téléphones portables, mais fournit 1,5 kW avec un rendement de 92 %.



DCM CC-CC convertisseurs

Entrée : 9 – 420 V

Sortie : 3,3, 5, 12, 13,8, 15, 24, 28, 36,
48 V

Puissance : jusqu'à 1300 W

Efficacité : jusqu'à 96 %

Aussi petit que

24,8 x 22,8 x 7,21 mm

vicorpower.com/dcm

VICOR

Étude de cas : Imprimante de terrain
robotique OLogic



Permettre la prochaine génération d'innovation robotique



Le défi du client

Concevoir le prochain robot révolutionnaire requiert une expertise dans de nombreuses disciplines : électronique, mécanique, logiciel et ingénierie des systèmes d'alimentation. Une nouvelle classe de robots mobiles implique une charge utile plus importante, des durées de fonctionnement plus longues et une efficacité accrue, autant de spécifications essentielles et d'avantages concurrentiels. Or, pour les robots mobiles, la puissance est souvent le facteur limitant des innovations de nouvelle génération. La taille, le poids et l'efficacité énergétique sont essentiels à la conception de la puissance, permettant ou limitant les performances du robot. Les principaux objectifs d'OLogic étaient:

Augmentation du temps d'exécution pour augmenter la productivité

Précision améliorée pour éliminer les erreurs et les retouches coûteuses

Améliorer la sécurité sur les chantiers



Les robots mobiles nécessitent une alimentation compacte, légère et efficace pour optimiser leurs performances. Concevoir un réseau d'alimentation avec des modules d'alimentation est plus simple et plus évolutif que des conceptions d'alimentation discrètes. OLogic utilise les modules d'alimentation Vicor pour leur densité énergétique, leur efficacité et leur simplicité d'utilisation. Grâce à Vicor, ces robots imprimantes éliminent le processus traditionnel et fastidieux de transfert physique des plans de construction. Principaux avantages :

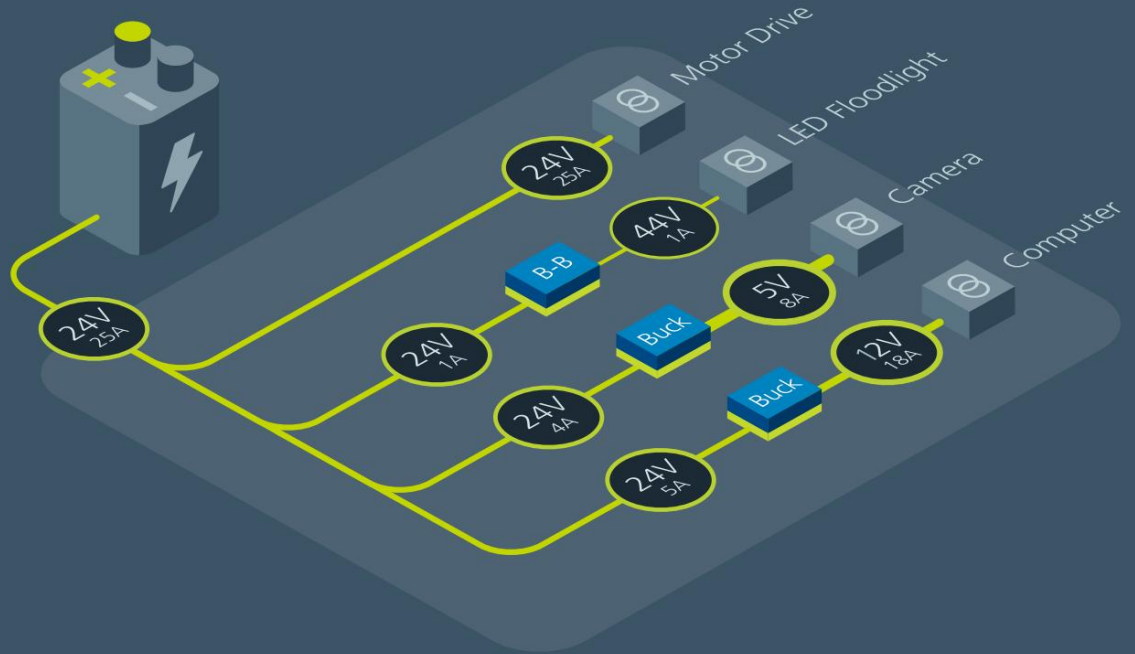
Les modules d'alimentation compacts à haute densité optimisent l'espace de conception disponible

Facilement utilisable en série et 5 fois plus rapide avec une précision quasi parfaite

Une solution à haute efficacité prolonge la durée de vie de la batterie disponible

La densité de puissance et l'efficacité sont essentielles au retour sur investissement des robots

OLogic se rend compte qu'ils ne peuvent concevoir que les réseaux de distribution d'énergie les plus efficaces sur le plan opérationnel et thermique, en exploitant la large plage de fonctionnement d'un module de puissance Vicor. Les modules Vicor, comme le régulateur abaisseur à commutation de tension nulle (ZVS), sont extrêmement rentables compte tenu de leur puissance de 200 à 300 watts et de leur rendement de 97 %.



ZVS buck
régulateurs

Entrées : 12 V (8 – 18 V),
24 V (8 – 42 V),
48 V (30 – 60 V)

Sortie : 2,2 – 16 V

Courant : jusqu'à 22 A

Aussi petit que
10,0 x 10,0 x 2,56 mm

vicorpower.com/zvs-buck



Buck-Boost ZVS
régulateurs

Entrée : 8 – 60 V

Sortie : 10 – 54 V

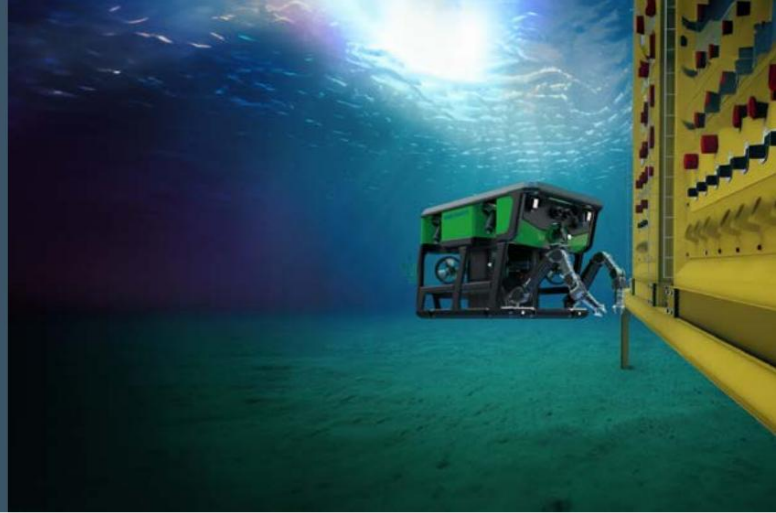
Puissance : jusqu'à 150 W
continu

10,5 x 14,5 x 3,05 mm

vicorpower.com/zvs-buck-boost

VICOR

Étude de cas : ROV 100 %
électrique de classe ouvrière Saab
Seaeeye (eWROV)



Une densité de puissance plus élevée améliore la capacité de charge utile et la maniabilité globale



Le défi du client

Il est difficile de concevoir des missions à distance telles que l'inspection d'oléoducs et de gazoducs sous-marins, de câbles électriques haute tension, d'éoliennes et d'autres infrastructures critiques. Pour qu'un ROV s'adapte à un large éventail de missions, il doit être très maniable et capable d'accueillir d'immenses charges utiles. De plus, l'alimentation des ROV pose des défis inhérents en matière de dissipation thermique, et le système doit conserver un encombrement réduit et léger. Les principaux objectifs du [Saab Seaeeye](#) étaient:

Maniabilité améliorée et contrôle précis

Augmentation de la capacité de charge utile pour étendre les capacités eWROV

Gestion thermique améliorée pour minimiser les pannes prématurées du système



La solution Vicor

La solution Vicor offre des performances équivalentes à celles d'un véhicule hydraulique sous-marin de 250 CV. Contrairement aux ROV hydrauliques traditionnels, le système 100 % électrique eWROV élimine le besoin de grands volumes de fluide hydraulique, réduisant ainsi les risques environnementaux. Les modules d'alimentation Vicor utilisent la température froide de l'eau de mer pour refroidir le système d'alimentation par convection dans un espace restreint et confiné. Principaux avantages :

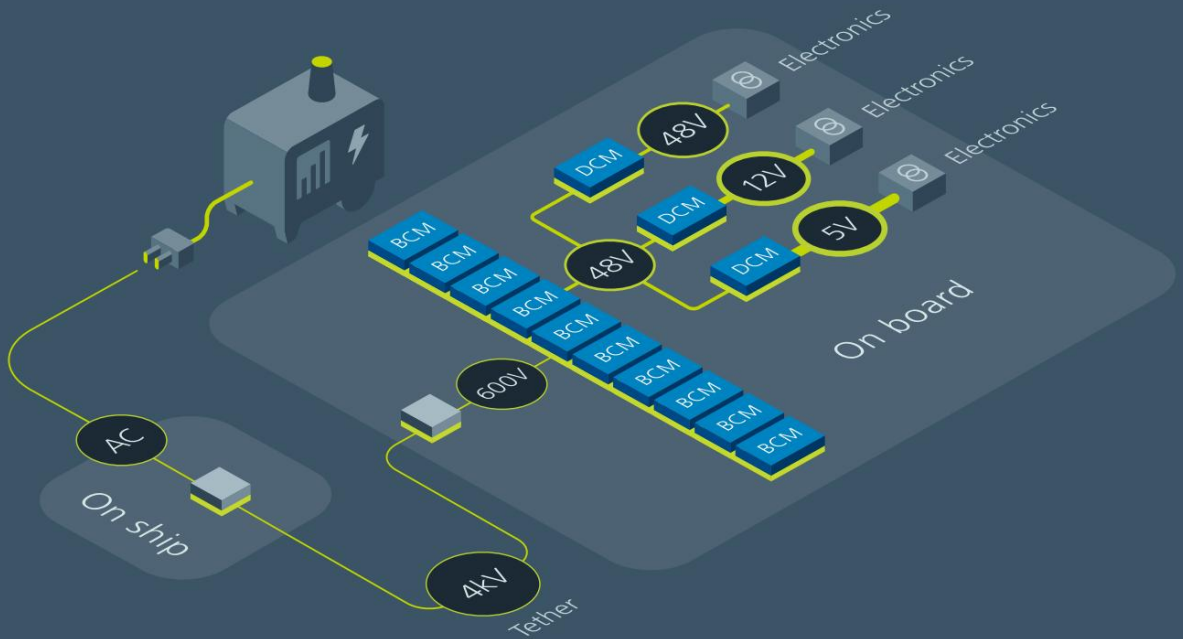
Les câbles à tension plus élevée permettent d'obtenir des attaches beaucoup plus légères et une agilité accrue

Une densité de puissance exceptionnellement élevée permet des fonctionnalités avancées

Les caractéristiques thermiques optimisées minimisent les effets de la chaleur excessive

Des solutions d'alimentation légères et à forte densité énergétique améliorent les capacités des ROV en haute mer

La large gamme de modules d'alimentation Vicor thermiquement adaptés permet à Saab de personnaliser les sous-systèmes PDN selon les normes industrielles de 24 V et 48 V requises par les ordinateurs de bord, les capteurs, les caméras vidéo, les éclairages et les équipements de navigation. La conception compacte de l'alimentation libère de l'espace dans l'eWROV, permettant l'intégration d'électronique supplémentaire et améliorant les performances globales et les débits de transmission de données.



Convertisseur de bus BCM modules

Entrée : 800 – 48 V

Sortie : 2,4 – 55,0 V

Courant : jusqu'à 150 A

Efficacité : jusqu'à 98 %

Aussi petit que 22,0 x 16,5 x 6,7 mm

vicorpower.com/bcm



DCM CC-CC convertisseurs

Entrée : 9 – 420 V

Sortie : 3,3, 5, 12, 13,8, 15, 24, 28, 36, 48 V

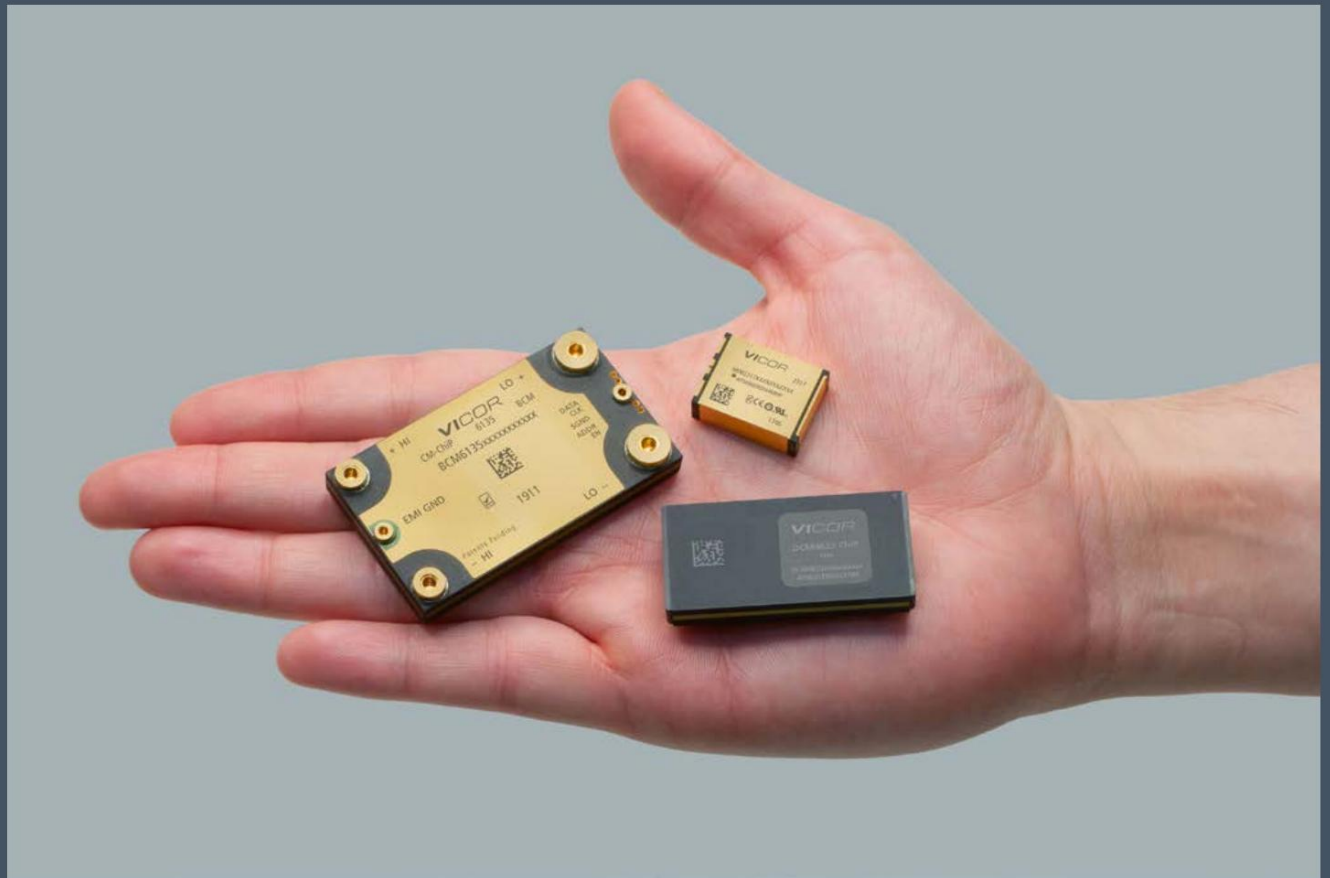
Puissance : jusqu'à 1300 W

Efficacité : jusqu'à 96 %

Aussi petit que 24,8 x 22,8 x 7,21 mm

vicorpower.com/dcm

Articles techniques



Article

Pourquoi choisir des modules d'alimentation
plutôt que des solutions d'alimentation discrètes ?

VICOR

Lors de la conception d'un réseau de distribution d'énergie (PDN), le choix entre modules de puissance et solutions d'alimentation discrètes nécessite une analyse approfondie des variables de conception. Il est important de comprendre les avantages des modules de puissance, notamment les modules haute densité proposés par Vicor, par rapport aux solutions discrètes développées en interne. En examinant des facteurs tels que la fiabilité, l'évolutivité, la taille, le poids et les exigences en matière d'expertise en conception d'énergie, nous définissons les différences entre les options de conception et analyserons les avantages d'une approche modulaire pour la conception de systèmes électriques.

Moins, c'est plus dans le développement des réseaux de distribution d'électricité

Les modules de puissance présentent moins de points de défaillance grâce à leur conception moins complexe. Comparés aux conceptions discrètes, ils nécessitent moins de connexions, ce qui réduit le risque de défauts de qualité lors de l'assemblage. De plus, grâce à la réduction des étapes d'assemblage, les opérateurs doivent moins manipuler les cartes, ce qui atténue le risque de décharge électrostatique (DES) pendant la fabrication. Ces facteurs contribuent à une fiabilité accrue, faisant des modules de puissance un choix plus sûr pour la conception de systèmes d'alimentation.

De la place pour grandir sans les difficultés de croissance

Les modules de puissance Vicor sont compacts et offrent une puissance élevée (figure 1). La plupart des conceptions d'alimentation devant s'adapter à des espaces très restreints, les petits modules offrent une flexibilité accrue. Leur conception compacte permet une évolutivité et une adaptation aux variations des besoins en puissance sans nécessiter de modifications coûteuses et chronophages. En réutilisant des modules préqualifiés, les concepteurs évitent les tests, la recertification et les efforts d'approvisionnement supplémentaires liés à une refonte complète. La flexibilité et l'évolutivité des modules d'alimentation permettent une mise en œuvre rapide et efficace des modifications de conception, ce qui raccourcit les cycles de développement et permet de réaliser des économies. Au final, cela se traduit par une mise sur le marché plus rapide.

Faciliter le dilemme du cycle de vie du produit

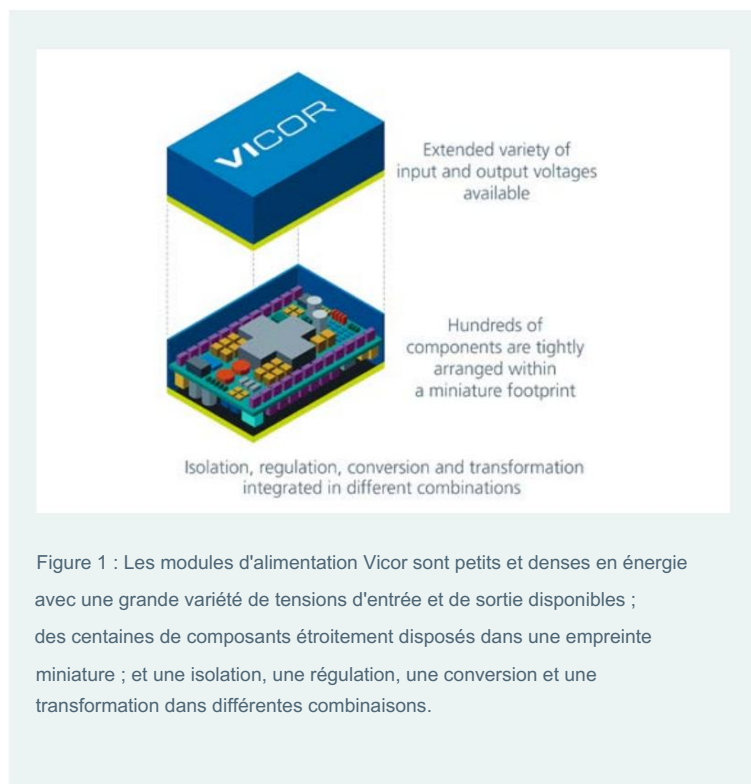


Figure 1 : Les modules d'alimentation Vicor sont petits et denses en énergie avec une grande variété de tensions d'entrée et de sortie disponibles ; des centaines de composants étroitement disposés dans une empreinte miniature ; et une isolation, une régulation, une conversion et une transformation dans différentes combinaisons.

Lors du choix entre modules de puissance et conceptions discrètes, il est crucial de prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du produit. Dans le cas d'une conception discrète, la conception, les tests et la validation incombent entièrement à l'équipe interne de conception de puissance. De plus, l'obtention des certifications nécessaires auprès d'organismes tiers et la gestion de processus complexes de fabrication et d'approvisionnement entraînent des risques importants et des retards potentiels. Toute exigence de mise à l'échelle peut nécessiter une refonte complète, ce qui allonge encore le délai de développement.

En revanche, l'utilisation de modules d'alimentation simplifie la logistique de la chaîne d'approvisionnement et réduit la pression sur l'organisation. Ces modules préqualifiés, comme ceux de Vicor, ont subi des tests et des contrôles qualité rigoureux, garantissant leur fiabilité et leur conformité.

De plus, à mesure que les besoins en énergie augmentent, la réutilisation des mêmes modules permet une évolutivité transparente, éliminant ainsi le besoin d'efforts de refonte importants.

Les modules d'alimentation offrent une approche simplifiée de la conception des systèmes d'alimentation, nécessitant moins d'expertise. Grâce à leur format miniaturisé et à leur densité de puissance élevée, ils occupent moins d'espace physique, libérant ainsi plus de place pour les autres composants du circuit imprimé (Figure 2). Leur rendement élevé simplifie également la gestion thermique, réduisant ainsi la complexité des solutions de refroidissement. Cette simplicité se traduit par des itérations de conception, des mises à jour et une maintenance globale du système plus rapides et plus faciles.

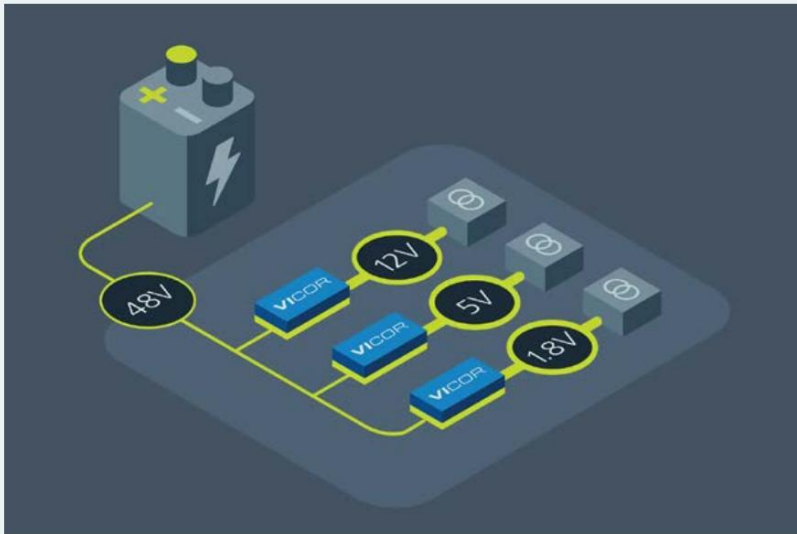


Figure 2 : Une approche simple et modulaire est flexible, facilement évolutive et nécessite moins d'expertise technique pour optimiser un réseau de distribution d'électricité



Figure 3 : Les solutions discrètes ont davantage de composants à gérer, ce qui augmente la complexité de la conception.

En revanche, les solutions d'énergie discrète présentent un environnement complexe qui exige une expertise approfondie, du temps et des efforts tout au long du processus de conception. Ces solutions impliquent l'approvisionnement, la validation et l'intégration de nombreux composants (figure 3). Même des modifications de conception mineures nécessitent une approche rigoureuse et peuvent perturber le calendrier du projet et engendrer des risques indésirables.

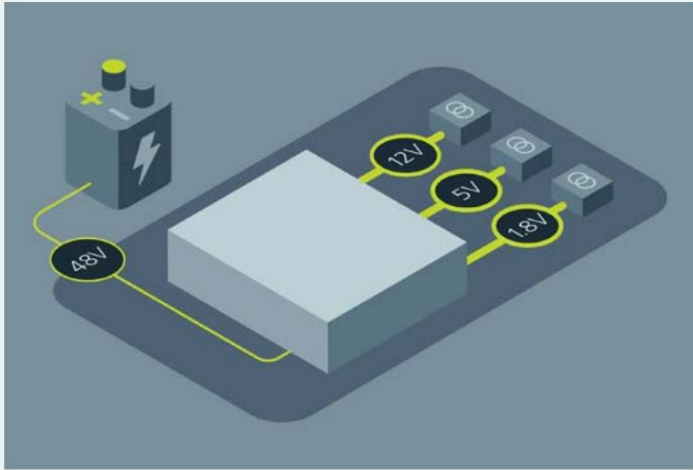


Figure 4 : Le boîtier argenté est une solution plug-and-play intéressante, mais il est souvent volumineux, lourd et peu flexible.

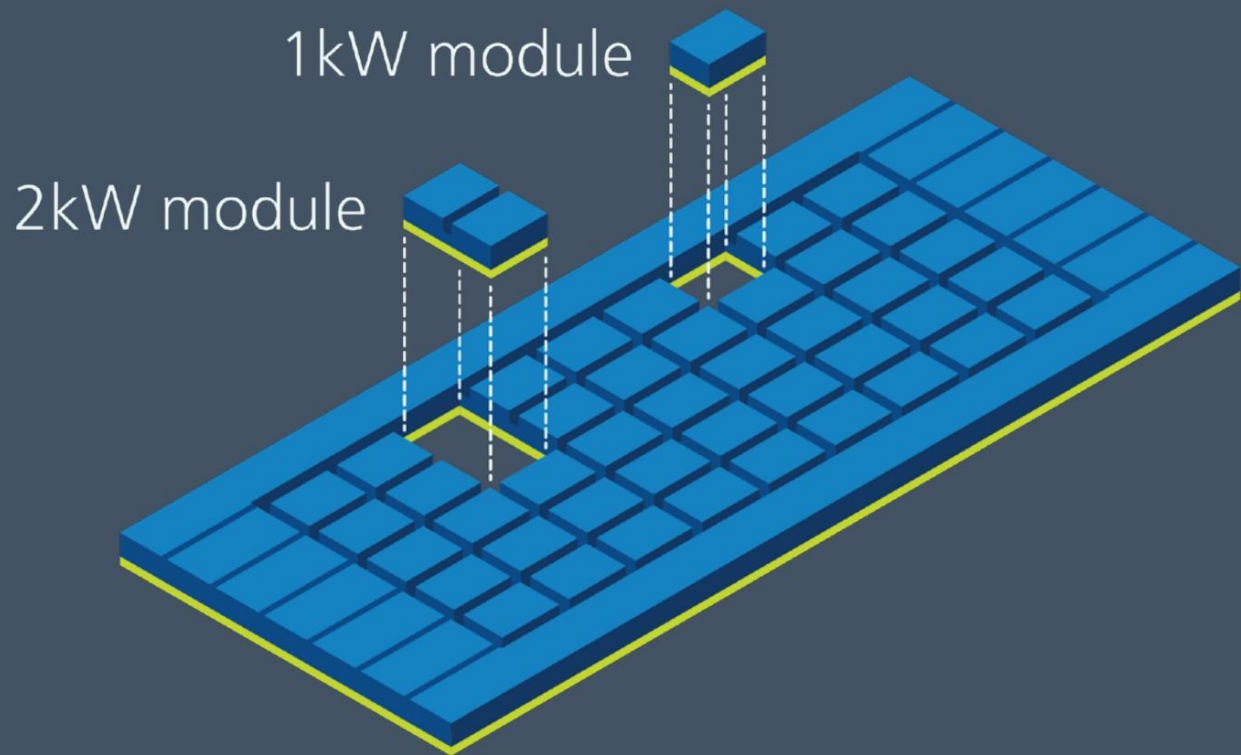
Les conceptions discrètes manquent également de flexibilité lorsqu'il s'agit d'ajouter des charges ou d'ajuster les niveaux de puissance et de tension (Figure 4). L'acheminement de tensions supplémentaires consomme un espace précieux et alourdit le système en raison des boîtiers et des câbles plus volumineux. De plus, ces solutions discrètes sont sensibles au bruit et aux interférences externes, ce qui affecte leurs performances et leur fiabilité globales.

Conclusion

En conclusion, lors de l'évaluation des options de conception de systèmes d'alimentation, les modules de puissance offrent plusieurs avantages significatifs par rapport aux solutions d'alimentation discrètes. Grâce à leurs topologies avancées, leur miniaturisation et leur conditionnement thermiquement performant, les modules de puissance Vicor offrent une densité de puissance, un rendement et une fiabilité supérieurs à ceux des autres conceptions discrètes ou des solutions de type « silver-box ».

L'utilisation de modules d'alimentation simplifie le processus de conception, réduit le nombre de composants et le risque d'erreurs de conception technique, et accélère la mise sur le marché des nouveaux produits. De plus, l'approche modulaire offre une évolutivité et une flexibilité optimales, éliminant ainsi les reconceptions fastidieuses lorsque les besoins en énergie évoluent.

Grâce à la garantie de modules préqualifiés, à une logistique simplifiée et à la possibilité de réutiliser facilement les modules et de faire évoluer rapidement les réseaux de distribution d'énergie, les concepteurs de systèmes électriques peuvent se concentrer sur l'innovation et l'optimisation plutôt que de se confronter aux complexités d'une solution discrète développée en interne. En choisissant les modules d'alimentation haute densité Vicor, les ingénieurs peuvent créer des réseaux de distribution d'énergie efficaces, fiables et évolutifs, tout en économisant un temps et des ressources précieux pour une commercialisation plus rapide.



Livre blanc de Phil Davies, vice-président de l'entreprise

Attributs de l'emballage des modules de puissance hautes performances

VICOR

De la première brique au ChiP™ (convertisseur intégré dans un boîtier) actuel, Vicor n'a cessé d'innover pour offrir des solutions plus performantes aux ingénieurs en systèmes électriques. Ces innovations sont le fruit d'une concentration constante sur quatre piliers technologiques essentiels : les architectures de distribution d'énergie, les systèmes de contrôle, les topologies et le conditionnement.

Le quatrième pilier, le conditionnement des modules de puissance, constitue un atout distinctif unique pour Vicor depuis sa création. Plusieurs caractéristiques permettent de concevoir un module de puissance haute performance, et Vicor est constamment à la pointe du secteur dans chacun de ces domaines :

Haute densité de puissance et de courant

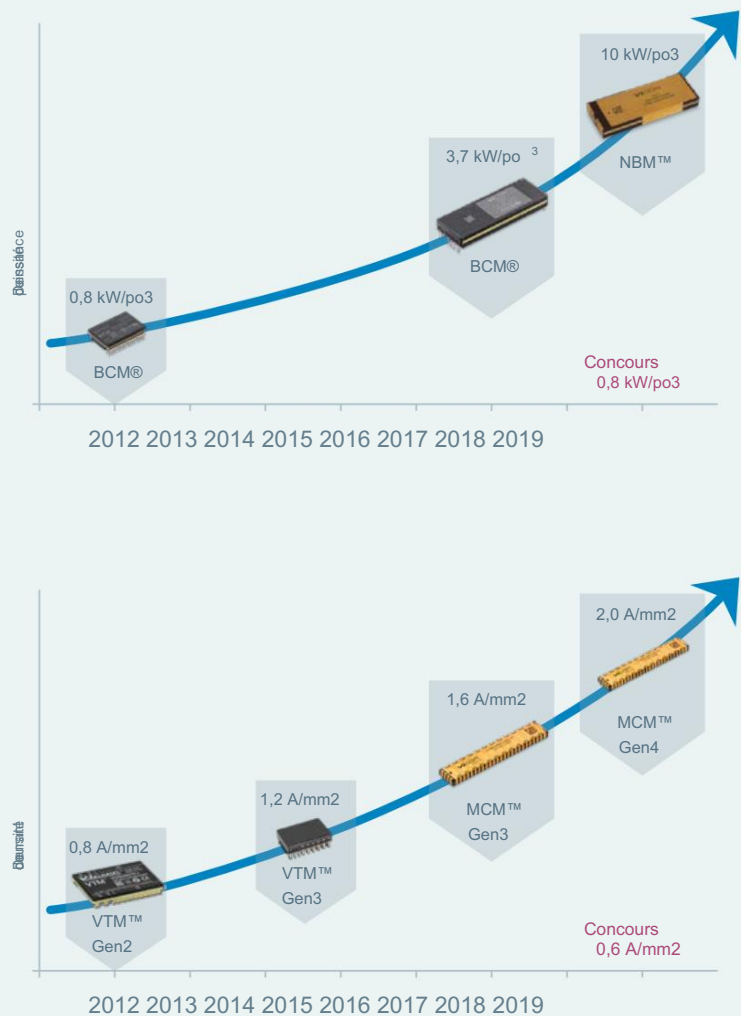
Aptitude thermique

Magnétique intégré

Compatibilité avec les techniques d'assemblage de circuits imprimés à grand volume

Fabrication automatisée et évolutive à haut volume

Figure 1 : Les progrès continus dans les quatre piliers de l'innovation ont réduit les pertes de puissance de 25 % tous les 2,5 ans, permettant des améliorations significatives de la densité de puissance et de courant.



Densité de courant et de puissance élevée

Chaque étape du développement des modules de puissance Vicor a fait appel à de nouveaux matériaux, composants actifs et passifs et, plus particulièrement, à des améliorations des structures magnétiques basées sur des fréquences de commutation plus élevées. Ces fréquences plus élevées sont rendues possibles par les améliorations de la topologie et du système de contrôle intégrées aux ASIC de contrôle propriétaires de Vicor.

Le lancement récent de la quatrième génération (Gen4) de ces ASIC a permis d'atteindre des densités de puissance et de courant de respectivement 10 kW/pouce³ et 2 A/mm², donnant naissance à une nouvelle famille de convertisseurs frontaux haute puissance CA et CC et de multiplicateurs de courant de point de charge (PoL). Ces dernières générations de solutions d'alimentation modulaires révolutionnent l'architecture et la conception des réseaux de distribution d'énergie (PDN) dans de nombreux secteurs.

Emballage thermiquement adapté

Les circuits imprimés multicouches du module de puissance, sur lesquels sont placés les composants, sont de conception complexe. Ils nécessitent des matériaux spécifiques pour une conduction thermique optimale et pour gérer les courants et tensions élevés dans des espaces restreints, tout en minimisant les pertes de puissance.

Les circuits imprimés jouent également un rôle essentiel dans l'assemblage des éléments magnétiques planaires, ce qui peut être une source de perte de puissance importante.

Au fil des ans, le développement des modules de puissance a connu des innovations significatives. En 2015, Vicor a lancé un nouveau boîtier ChiP™ qui optimise la densité de puissance grâce au placement intégral des composants sur les deux faces. Ce boîtier permet une extraction de chaleur des deux côtés du ChiP afin d'optimiser les performances et la puissance nominale. Deux ans plus tard, l'introduction du ChiP cuivré a permis d'améliorer encore davantage le boîtier ChiP, simplifiant considérablement la gestion thermique grâce à une gaine en cuivre enveloppante.

Convertisseurs à rapport fixe Vicor haute tension et haute puissance Tirez parti du package ChiP thermiquement adapté en utilisant à la fois des options de montage sur châssis et de montage sur carte traversante pour des matrices allant jusqu'à 50 kW de conversion bidirectionnelle de 800 V à 400 V avec une efficacité allant jusqu'à 98,8 %.

« **Convertisseurs à rapport fixe** Vicor « Tirez parti du package ChiP thermiquement adapté en utilisant à la fois des options de montage sur châssis et de montage sur carte traversante pour des matrices allant jusqu'à 50 kW de conversion bidirectionnelle de 800 V à 400 V avec une efficacité allant jusqu'à 98,8 % . »

Magnétique intégré

La science des matériaux joue un rôle essentiel dans l'amélioration des performances des modules d'alimentation, notamment lors de commutations à plusieurs MHz. Parmi les nombreux composants magnétiques d'un module d'alimentation, certains sont liés aux circuits de commande de grille des commutateurs principaux et constituent de très petits assemblages à faible consommation.

Les transformateurs de commande de grille jouent un rôle majeur dans la minimisation des pertes de commande de grille et ont été optimisés au fil de nombreuses années et cycles d'apprentissage.

Le cœur de stockage d'énergie principal du convertisseur ou du régulateur joue un rôle crucial dans les performances globales du module et peut être l'une des principales sources de pertes de puissance. Le cœur, ses enroulements et la composition des matériaux du circuit imprimé sont continuellement optimisés pour des fréquences de commutation plus élevées, des niveaux de puissance plus élevés et des résistances de sortie plus faibles, afin de réduire les pertes de puissance et d'accroître le rendement. En intégrant l'inductance ou le transformateur de stockage d'énergie au module de puissance et en optimisant ses performances, le concepteur du système d'alimentation est soulagé du processus souvent long et complexe d'optimisation des composants magnétiques du convertisseur de puissance, et peut ainsi réduire l'encombrement global du système. Le multiplicateur de courant est une famille de modules d'alimentation Vicor qui intègre tous ces éléments de conception essentiels. Il équipe désormais certains des GPU et processeurs d'IA les plus avancés dans les applications de calcul haute performance.

Vicor **VTM™**, **MCM™** et **GCM™** sont capables de fournir plus de 1 000 ampères, tout en convertissant directement 48 V en niveaux inférieurs à 1 V. Les aimants planaires intégrés à ces dispositifs ont été optimisés au cours des 20 dernières années et les multiplicateurs de courant atteignent désormais des densités de courant de 2 A/mm², avec des avancées encore plus importantes prévues prochainement.

Compatibilité avec les volumes élevés

Techniques d'assemblage de circuits imprimés

Le brasage par refusion pour montage en surface est utilisé par tous les fabricants sous contrat (CM) à haut volume du monde entier. Le nouveau Vicor SM-ChiP est un boîtier plaqué surmoulé, conçu pour un montage en surface sur un circuit imprimé. Il est compatible avec les techniques et équipements de fabrication des

CM. Les connexions électriques et thermiques du boîtier sont réalisées

par des connexions soudées aux bornes de créneaux plaquées le long du périmètre du module et aux surfaces plaquées continues du boîtier principal. Les SM-ChiP sont compatibles avec les alliages de soudure étain-plomb et sans plomb, ainsi qu'avec les flux hydrosolubles et sans nettoyage ; ils peuvent également être placés sur le circuit imprimé par simple prélèvement. Le boîtier a également été conçu pour résister à de multiples refusions pour les assemblages de circuits imprimés multifaces. [Recommandations détaillées pour le brasage par refusion SM-ChiP™](#) sont également fournis par Vicor pour assurer une mise en œuvre réussie.

« Le nouveau
Vicor SM-ChiP™
est un boîtier plaqué
et surmoulé destiné
à être monté en
surface sur une
carte de circuit imprimé
et est compatible avec les
techniques et
équipements de
fabrication CM. »

Fabrication automatisée de modules de puissance à haut volume

Le boîtier Vicor VI Chip® original était également surmoulé, mais fabriqué selon une construction à cavités individuelles. En revanche, le nouveau ChiP™ est fabriqué et découpé à partir d'un panneau de taille standard et exploite pleinement les deux faces du circuit imprimé interne du module pour les composants actifs et passifs.

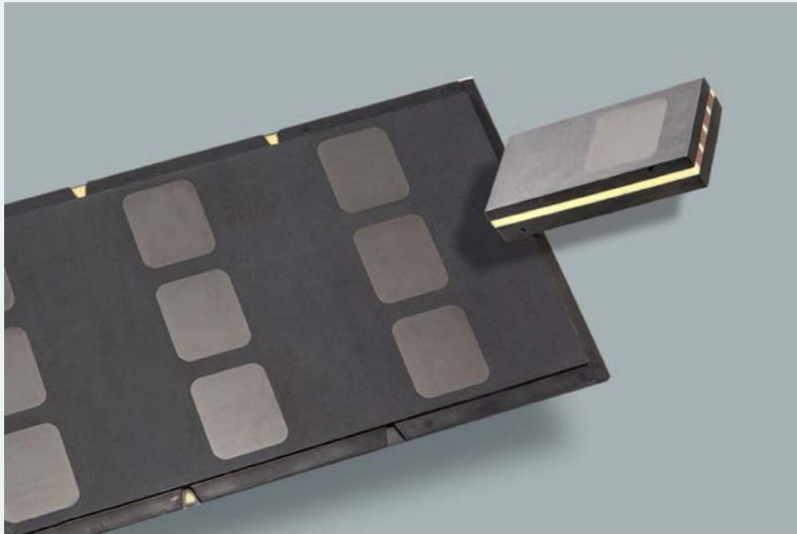
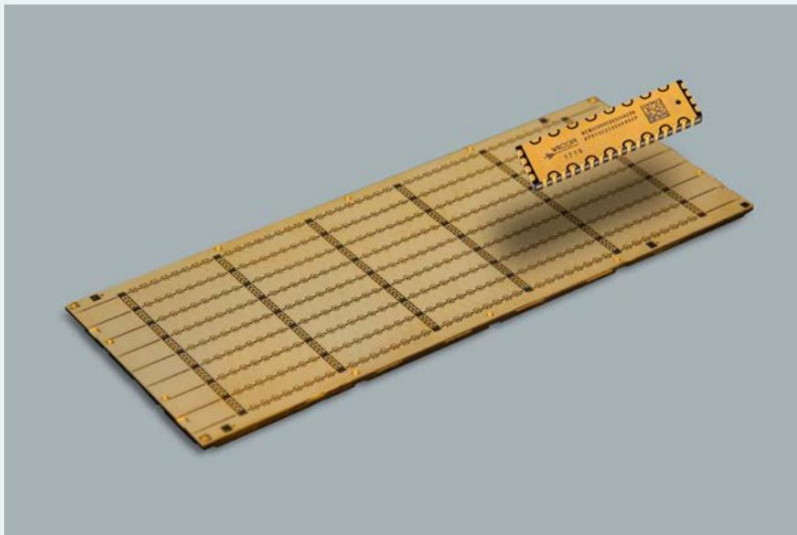


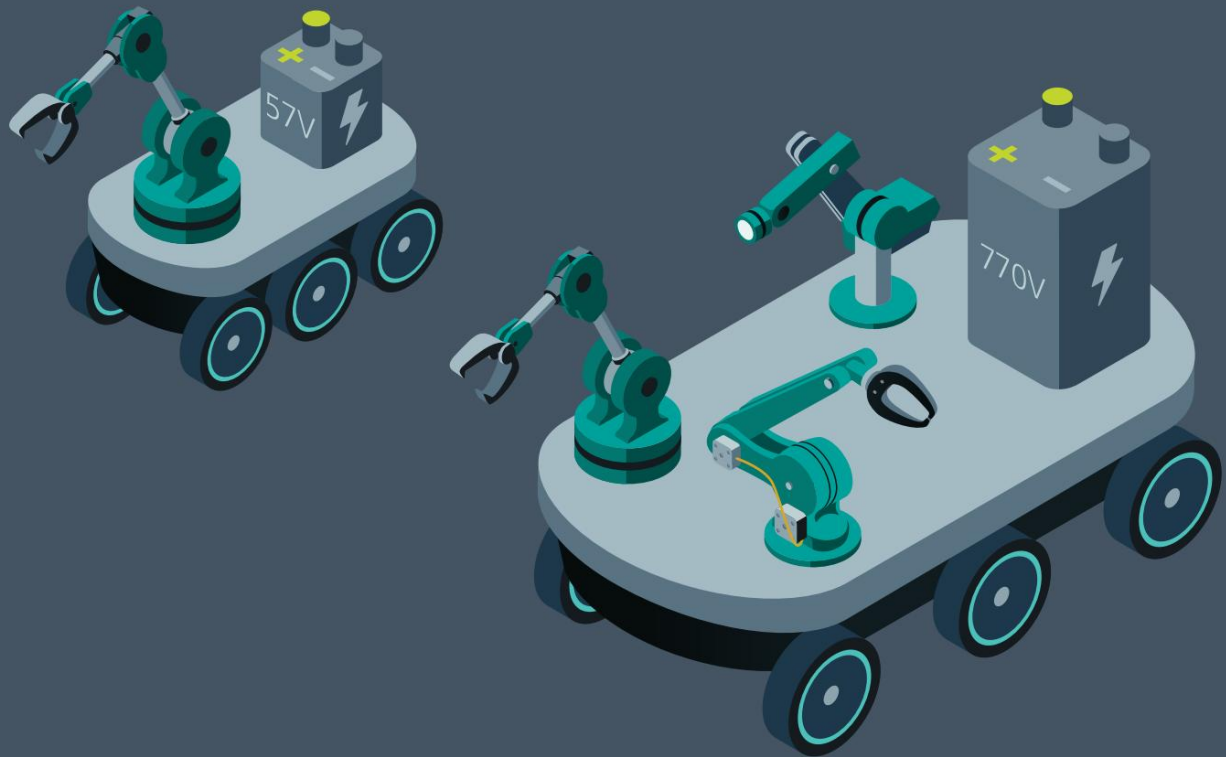
Figure 2 : Le nouveau procédé de fabrication des panneaux constitue une autre innovation pour l'industrie de l'énergie. Les puces sont toutes découpées dans un panneau de même taille, ce qui permet un processus de fabrication automatisé à haut volume.



La gestion thermique de ce boîtier nécessite un refroidissement double face pour optimiser les performances et la densité de puissance. La fabrication et la découpe des puces à partir de panneaux sont très similaires à celles des puces de silicium. Cependant, quels que soient la puissance, le courant ou la tension du module, les puces sont toutes découpées dans un panneau de même taille, ce qui permet une fabrication rationalisée, en grande série et très évolutive.

Conclusion

Vicor restera à l'avant-garde de la fourniture de réseaux de distribution d'énergie (PDN) modulaires hautes performances en développant continuellement ses quatre piliers technologiques d'innovation : les architectures de distribution d'énergie, les systèmes de contrôle, les topologies et le packaging. Chaque pilier est essentiel pour atteindre les performances exigées par les clients pour le développement de systèmes avancés dans les domaines du calcul haute performance, des véhicules électriques, des communications par satellite et des applications industrielles. Cependant, c'est dans le packaging des modules d'alimentation que tous les éléments d'innovation convergent, et où la science des matériaux et une grande ingéniosité permettent d'atteindre les indicateurs de performance critiques que sont la densité et le rendement.



Livre blanc

Les réseaux de distribution d'énergie
modulaires à haute densité optimisent
les performances des robots mobiles

VICOR

Les convertisseurs buck et buck-boost à rapport fixe et à haut rendement permettent une plus grande portée, une plus grande durée et une plus grande charge utile

La portée, la productivité et la flexibilité d'un robot mobile peuvent être améliorées par une conception optimale de son réseau d'alimentation (PDN). La conception et l'architecture de ces réseaux sont complexes, en raison des variations de tension de la batterie et de la grande variété de charges pouvant composer un système classique, telles que les systèmes d'IA haute puissance, les entraînements de moteurs, les capteurs, les systèmes de communication, les cartes logiques et les processeurs. Des considérations relatives aux interférences électromagnétiques (EMI) sont également inhérentes au développement de systèmes denses et compacts utilisant des régulateurs à découpage haute puissance. Il en résulte que [les systèmes d'alimentation robotisés](#) sont confrontés à de nombreux défis uniques et nécessitent de nouvelles approches pour les relever.

Une approche de conception PDN modulaire, utilisant des modules d'alimentation haute densité et hautes performances Vicor, permet de relever ces défis. Comprendre les principes d'ingénierie fondamentaux et l'expérience des applications de supercalcul permet d'explorer comment les performances et la flexibilité de conception des systèmes d'alimentation robotisés avancés peuvent être améliorées grâce aux [convertisseurs de puissance à rapport fixe Vicor](#), et des [régulateurs abaisseurs ou élévateurs à commutation zéro de tension \(ZVS\)](#) à large plage d'entrée et à haut rendement .

Deux approches à considérer :

Utilisation de régulateurs abaisseurs et abaisseurs-élévateurs avec de larges plages de tension d'entrée dans les réseaux d'alimentation électrique jusqu'à 75 V, dans les limites de la très basse tension de sécurité (TBTS) de 110 V CC selon la norme CEI. Cela permet aux étages de conversion de puissance robotisés basse tension d'être plus compacts que leurs homologues CC-CC isolés et/ou de s'adapter à des tensions de batterie plus ou moins élevées, utilisées sur des plateformes de plus ou moins grande taille.

L'utilisation de [convertisseurs à rapport fixe](#) pour augmenter ou diminuer efficacement la tension des sources ainsi que pour améliorer leurs capacités de réponse dynamique au sein du même PDN, ou pour l'adapter à une source de tension beaucoup plus élevée.

Les différentes [architectures de réseaux de distribution d'énergie](#) à partir de ces deux topologies d'alimentation, le concepteur dispose de multiples options pour obtenir un système mobile qui répond à ses objectifs de conception.

Avantages de taille, de poids et de performance d'une approche modulaire

Lors de la conception d'un système d'alimentation pour des robots avancés, il est tentant de simplement réutiliser un convertisseur CC-CC fiable pour chaque tension de charge requise lorsque le besoin apparaît sous la forme de nouvelles charges utiles, qu'il s'agisse d'alimenter un LIDAR, un GPU, un servomoteur ou même des charges à courant constant comme des projecteurs à LED.

Bien que pratique, la complexité croissante des systèmes souligne la nécessité d'une approche plus globale des besoins et de l'architecture énergétiques. La conception de systèmes d'alimentation intégrant les dernières technologies de conversion de puissance présente des avantages significatifs en termes de taille, de poids, de performances et de coût. Ces avantages augmentent avec des tolérances de charge étendues, des plages de tension de batterie étroites, un nombre réduit de barrières d'isolation et des systèmes présentant de courtes durées de puissance maximale et de longs temps d'inactivité. L'utilisation de convertisseurs abaisseurs ou abaisseurs-élévateurs non isolés plus récents et plus performants, même avec des tensions d'entrée supérieures à 24 V, peut améliorer les performances globales du système.

Les convertisseurs à rapport fixe présentent un chemin à faible impédance et une réponse transitoire rapide. Leur positionnement judicieux permet aux charges telles que les variateurs de vitesse de consommer rapidement du courant, sans le délai de réponse inhérent aux convertisseurs CC-CC régulés ni la chute de tension due aux longs câbles basse tension.

Les deux approches permettent de nouvelles solutions architecturales qui seront explorées ici.

Exploration des exigences typiques des systèmes robotiques

Considérons deux plateformes robotiques, leurs batteries et diverses charges haute puissance, comme illustré à la figure 1. Par souci de simplicité, la première est composée d'une batterie LiFePO4 15-S avec une tension de maintien de 57 V, comme celle utilisée sur un robot de livraison tout-terrain du dernier kilomètre équipé d'un manipulateur ou d'un autre servomoteur ; 57 V augmente la densité énergétique par rapport aux systèmes à 24 ou 48 V. Imaginez qu'on vous demande d'installer des composants identiques ou plus puissants sur une plateforme beaucoup plus grande, comme un camion autonome ou un robot moissonneur équipé d'une batterie 200-S avec une tension de maintien de 770 V, ou de concevoir cette dernière de toutes pièces.

Les exigences de charge comprennent les éléments suivants :

Servo-variateurs 48V et/ou 24V avec capacité de régénération

Carte(s) GPU et CPU 12 V, > 50 A

Rails 5V et 3,3V à plusieurs dizaines d'ampères

Toute tension auxiliaire de faible puissance nécessaire pour des périphériques supplémentaires

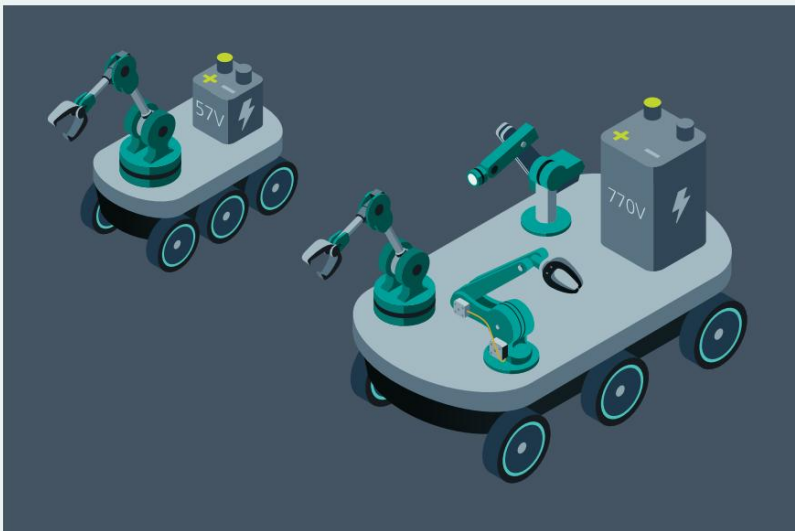


Figure 1 : Les deux plateformes robotiques sont de tailles très différentes, mais leurs réseaux d'alimentation électrique ont de nombreux points communs. Une approche modulaire offre une flexibilité dans les conceptions initiales et une mise en œuvre généralement plus rapide des systèmes d'alimentation ultérieurs.

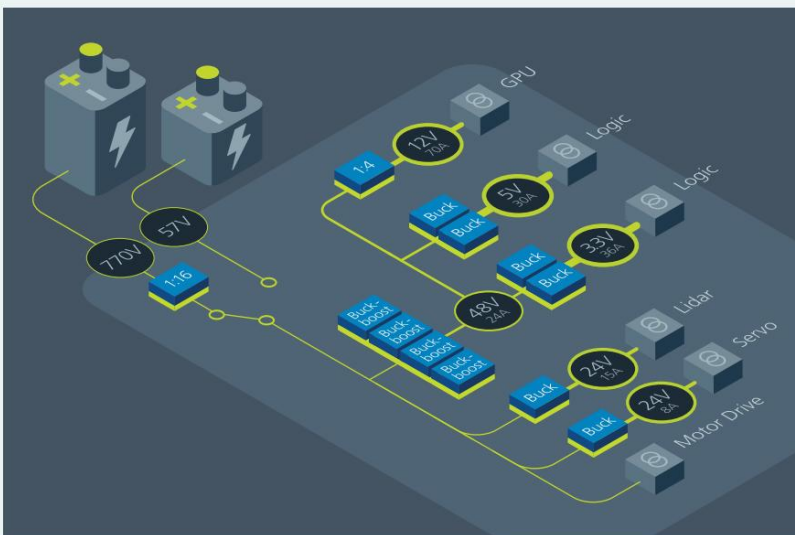


Figure 2 : Réseau de distribution d'énergie d'une alimentation basse tension alimentée par une batterie SELV (Safety Extra-Low Voltage) de 110 V CC ou par la batterie 770 V d'un véhicule plus grand transformée à environ 48 V.

En partant des exigences de charge, il est possible de construire un arbre de puissance montrant comment produire chacune des tensions requises (Figure 2). Cette méthodologie permet au concepteur d'optimiser le nombre d'étages de régulation, d'isolation et de transformation dans la conception. Cela permet de réduire les pertes associées à une architecture inutilement complexe, le bruit, les problèmes de stabilité et les chutes de tension indésirables, offrant ainsi une solution d'alimentation évolutive et polyvalente, tout en étant simple et efficace.

Sources basse tension : convertisseurs abaisseurs et élévateurs à large plage d'entrée à haut rendement

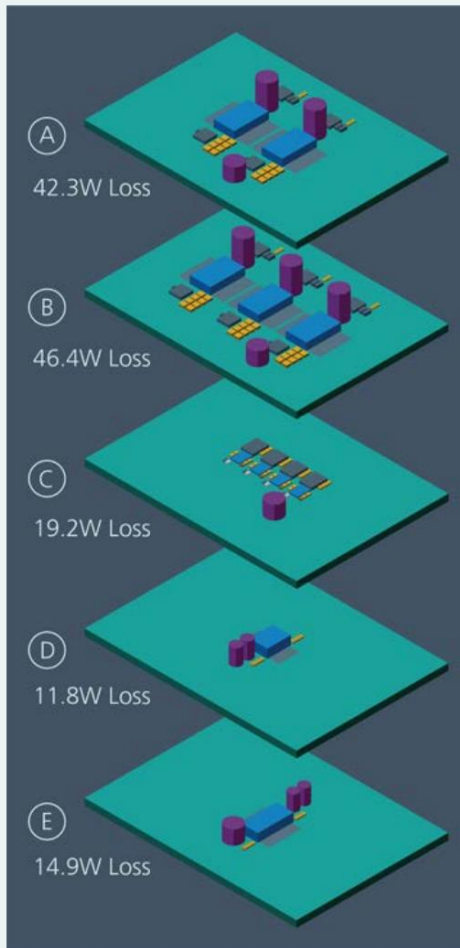


Figure 3 : Solutions 600 W, 48 à 12 V à grande échelle, incluant les composants externes requis.

(A) Modules isolés et régulés de 36 à 75 V, 320 W x2. (B)

43 – 154 V, 240 W, modules isolés et régulés à large plage x3. (C) 30 – 60 V, 216 W, 18 A, convertisseur abaisseur x4. (D) 40 – 60 V, 750 W, convertisseur à rapport fixe x1. (E)

40 – 60 V, 750 W buck-boost + rapport fixe x1.

Dissipation de puissance mesurée à partir d'unités de production.

Lorsqu'il est alimenté par une source de tension très basse, telle qu'une batterie de 24 ou 57 V (figure 2), toutes les charges sont souvent reliées au négatif de la batterie, ce qui rend inutile l'utilisation de convertisseurs CC-CC isolés. Une conception bien plus performante consisterait à utiliser un convertisseur abaisseur haute tension moderne offrant un rendement de 96 à 97 % avec une faible consommation en veille, ce qui prolongerait la durée de vie de la batterie. Si le rapport tension entrée/sortie permettait au convertisseur abaisseur de fonctionner près de son point idéal en termes de rapport cyclique, le bruit électromagnétique en mode commun serait très faible. Dans cet exemple, un fonctionnement optimal du convertisseur abaisseur nécessiterait de réduire la tension de la batterie d'environ 57 V à environ 12 V.

De nombreux convertisseurs abaisseurs basés sur des MOSFET à commutation dure surchauffent lorsqu'ils sont alimentés à partir de > 24 V, par opposition au VIN inférieur auquel leur « efficacité de 97 % » est spécifiée en raison des pertes de commutation.

Les pertes de commutation évoluent de manière exponentielle et proportionnelle au VIN. La génération de chaleur est significativement plus importante lors du passage d'une plateforme 24 V à une plateforme 48 ou 57 V, par exemple. La réduction de la fréquence de commutation réduit les pertes et les problèmes de temps de fonctionnement minimal ; cependant, elle augmente la taille des inductances et des condensateurs de sortie.

Ici, l'adoption rapide des cartes mères 48 V dans d'autres applications informatiques haute puissance et automobiles fournit un modèle pour améliorer de manière similaire les systèmes robotiques. Ainsi, certains fabricants ont amélioré le rendement des convertisseurs abaisseurs de tension jusqu'à 96-97 % pour les sorties > 48 à 12 V, avec des résultats similaires pour des sorties aussi basses que 2,5 V.

Pour avoir une idée des choix disponibles, la figure 3 montre les rendements, les pertes et les tailles typiques de plusieurs convertisseurs 600 W, 12 V utilisant une entrée de 40 à 60 V mesurée dans les mêmes conditions à 80 % de charge :

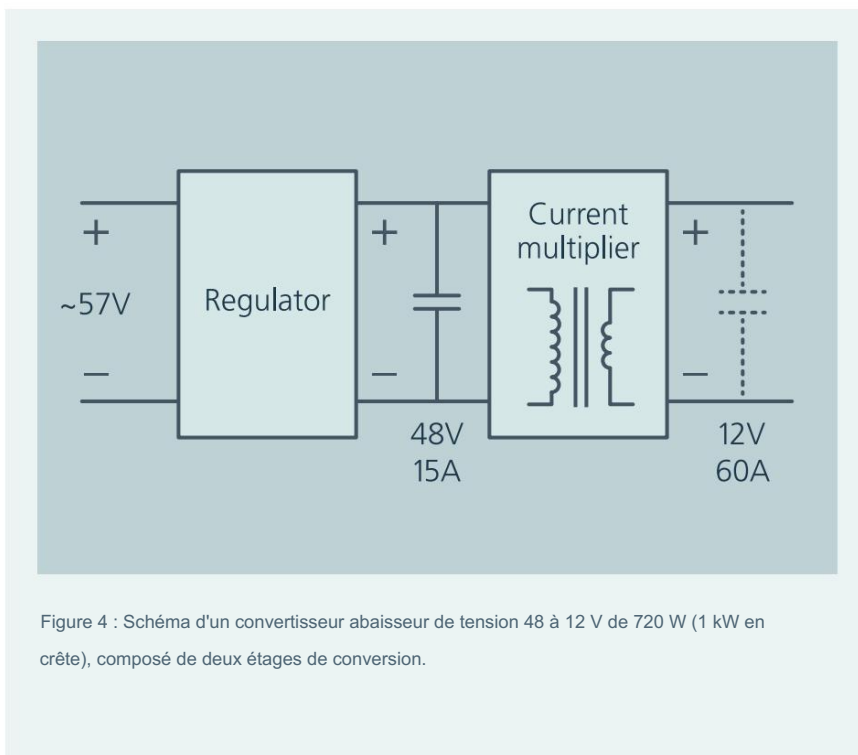
Solution A : un convertisseur flyback isolé ZVS, une première courante choix pour de nombreux concepteurs lors du développement

Solution B : un autre convertisseur flyback isolé ZVS mais avec transistors à tension plus élevée pour une plage de tension d'entrée plus large. peut être utile pour couvrir plusieurs plates-formes de tension d'entrée

Solution C : un convertisseur abaisseur ZVS synchrone à faible pertes de commutation et aucune perte de transformateur

Solution D : un convertisseur d'amplitude sinusoïdale (SAC™) (un type de convertisseur CC-CC à rapport fixe) **réduisant** le VIN d'un facteur ¼. Cette solution nécessite très peu d'éléments de stockage grâce à sa bande passante élevée et à l'absence de régulation.

Solution E : un SAC comme dans la solution D co-emballé avec un convertisseur buck-boost ajoutant les pertes d'un régulateur mais rivalisant toujours avec un DC-DC quart de brique en termes d'efficacité avec 1/16 de la taille, bien qu'avec une entrée plus étroite de 40 à 60 V



Pour des échelons de tension plus importants que ceux que les convertisseurs abaisseurs classiques peuvent gérer sans réduire leur fréquence de commutation, augmenter leur taille ou compromettre trop les performances, une approche modulaire CC-CC en deux étapes est couramment utilisée dans les applications de centre de données (**Power Factorized**) peut être utilisé (Figure 4). Un régulateur abaisseur-élévateur de 36 à 75 V règle une tension précise de 48 V avec un rendement de 96 à 98 % à l'entrée d'un multiplicateur de courant 4:1 à 97,8 % (convertisseur à rapport fixe présenté ci-dessous), ce qui permet un encombrement réduit et des performances dynamiques, une fiabilité et un rendement élevés. Pour une meilleure régulation de la tension, la

rétroaction du régulateur peut être obtenue à partir de la sortie du multiplicateur de courant. La tension nominale de 75 V a été choisie plutôt que 60 V, car la tension source peut présenter des pics au-dessus de 60 V dans les environnements de commande de moteur, comme indiqué ci-dessous.

Convertisseurs à rapport fixe : transformation de tension plus performante/ isolement

Convertisseurs à rapport fixe tels que le **convertisseur d'amplitude sinusoïdale (SAC™)** (Figure 3D) représentent le meilleur rendement par rapport aux convertisseurs abaisseurs ou aux convertisseurs CC-CC isolés. Comme leur nom l'indique, ils convertissent une tension d'entrée (VIN) en tension de sortie (VOUT) selon un rapport fixe de $K = VOUT/VIN$, sans régulation. Toute fluctuation de la tension d'entrée entraîne une fluctuation de la tension de sortie, proportionnelle à K, sans retard de la boucle de régulation.

Conceptuellement, le fonctionnement interne du convertisseur SAC comporte trois étapes :

1. Un étage de commutation côté entrée qui convertit l'entrée CC en une sinusoïde.
2. Un étage de transformateur idéal qui adapte la tension/le courant alternatif en fonction du rapport des tours entre le côté entrée et le côté sortie.
3. Un redresseur synchrone côté sortie qui reconvertit la sortie du transformateur sinusoïdal en courant continu.

Des rendements allant jusqu'à 98 % dans les convertisseurs à rapport fixe sont possibles grâce à l'utilisation de la commutation à courant nul et à tension nulle (ZCS/ZVS) dans les étages de commutation, minimisant les pertes de commutation et permettant des fréquences de commutation beaucoup plus élevées, généralement de l'ordre de quelques MHz, que les convertisseurs à commutation dure. La réduction proportionnelle ultérieure des composants réactifs et des filtres EMI se traduit par un faible encombrement et une densité de puissance beaucoup plus élevée.

Les convertisseurs à rapport fixe sont analogues aux transformateurs CA, eux-mêmes essentiellement des convertisseurs à rapport fixe pour la distribution d'électricité sur le réseau. Les transformateurs jouent un rôle essentiel dans la distribution pratique de l'électricité à travers le monde. La transmission d'énergie à distance, à de multiples tensions de source et de charge, produit un courant beaucoup plus faible à ces hautes tensions, ce qui permet de disposer de lignes de transmission légères et peu coûteuses, et de courts câbles basse tension à proximité des points de charge. L'analogie est multiple, car les convertisseurs à rapport fixe sont également capables de fonctionner/régénérer bidirectionnellement et d'augmenter efficacement la tension de la batterie pour alimenter des charges à tension beaucoup plus élevée, créant ainsi une batterie et/ou une ligne de transmission virtuelles à haute tension. Ils permettent également aux applications de régénérer l'énergie de freinage dans la batterie ou le bus haute tension. Les convertisseurs à rapport fixe peuvent être facilement mis en parallèle et partagent le courant de manière inhérente selon une méthode de partage de chute de tension, la précision du partage de courant étant fonction de l'impédance de chaque branche parallèle.

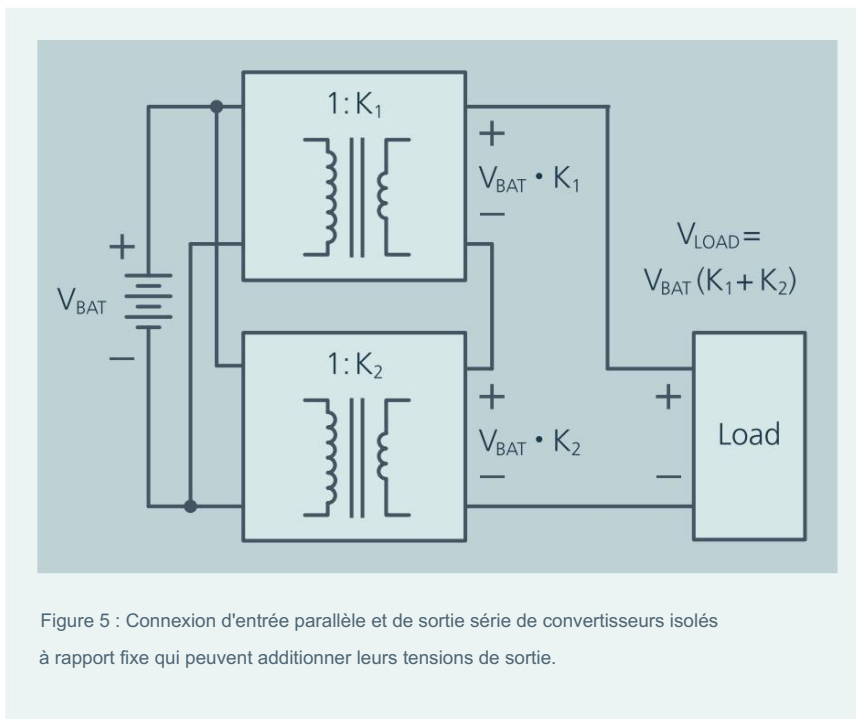


Figure 5 : Connexion d'entrée parallèle et de sortie série de convertisseurs isolés à rapport fixe qui peuvent additionner leurs tensions de sortie.

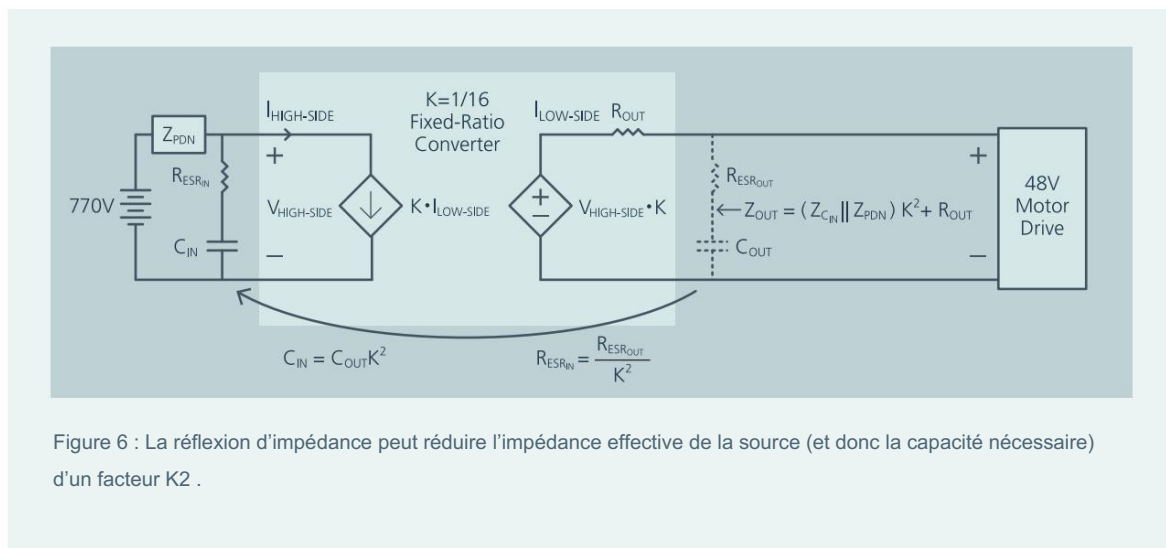
Les convertisseurs isolés à rapport fixe, comme de nombreux convertisseurs CC-CC, peuvent être connectés en série (figure 5) pour produire plusieurs sorties isolées à partir d'une batterie. Cela élimine le besoin de batteries auxiliaires dans le véhicule et réduit le nombre de convertisseurs et le poids du système, tout en simplifiant la conception du châssis robotique. Prenons l'exemple d'un système de 400 V nécessitant des rails basse impédance de 12 V et 24 V. Deux sorties isolées

Les convertisseurs 1:32 avec sorties en série peuvent créer les deux bus en exploitant la connexion série ou leur point médian. Les possibilités sont infinies.

La réflexion d'impédance peut réduire l'impédance effective de la source

Les convertisseurs à rapport fixe réfléchissent l'impédance du primaire au secondaire, à l'instar des transformateurs CA raccordés au réseau. Ceci est avantageux dans les applications robotiques, car lorsque les impédances sont réfléchies à travers le transformateur, leur amplitude est proportionnelle au carré de leur rapport de conversion.

L'effet de réflexion d'impédance peut être exploité pour maximiser l'utilité des éléments de stockage tels que les condensateurs de dérivation, les filtres EMI et d'autres paramètres de circuit, même dans des systèmes basse tension comme les deux robots mobiles de l'exemple initial. Prenons l'exemple d'un véhicule autonome de 770 V qui distribue la haute tension sur un grand châssis robotique avant de la convertir en basse tension pour des charges hautement dynamiques telles que des servomoteurs ou des processeurs d'IA : du point de vue de la charge tournée vers la source, l'impédance de la batterie, en plus de toutes les impédances de distribution, semble nettement inférieure à l'impédance réelle.



Lorsque la tension de la batterie de 770 V est convertie en ~ 48 V à l'aide d'un convertisseur à rapport fixe $K = 1/16$ (BCM4414), il en résulte une réduction de l'impédance de la source, et donc de la capacité d'entrée, d'un facteur 256, comme illustré à la figure 6. La taille physique d'un tel condensateur d'entrée serait une petite fraction de la taille d'un condensateur de sortie équivalent, compte tenu du RESR, de la tension nominale, de la longévité et des performances, tandis que le condensateur de sortie équivalent rivalise avec la taille du convertisseur lui-même. Avec les convertisseurs CC-CC régulés, cela est possible dans une certaine mesure. Les boucles de régulation de ces convertisseurs ont une bande passante bien inférieure à celle d'un convertisseur à rapport fixe. Ces retards associés, ajoutés aux retards liés au mode de conduction discontinu de nombreux convertisseurs, augmentent effectivement leur impédance, limitant ainsi l'effet.

Pour des charges puissantes et hautement dynamiques comme celles-ci, la réduction des impédances résistives et inductives peut améliorer les performances dynamiques et statiques. Les moteurs étant généralement pilotés par des impulsions haute fréquence avec d'importantes variations instantanées de courant, une impédance de source importante faussera la tension et le courant présents à leurs bornes. De même, les inductances parasites au sein d'un réseau de distribution d'énergie étendu peuvent limiter le courant disponible aux enroulements du moteur, limitant ainsi le couple.

Considérations d'application en robotique

Harnais léger à faible impédance, stabilité du réseau de distribution d'énergie

Ce qui précède nous amène à appliquer des principes simples pour le routage et les faisceaux de câbles de distribution d'énergie à mesure que les besoins augmentent. Nous explorons la distribution de tension plus élevée, convertie à la tension de charge proche de la charge, avec les convertisseurs mentionnés. Ainsi, des courants plus faibles réduisent les pertes de distribution, les chutes de tension (dynamiques) et les interférences électromagnétiques. De plus, une configuration à faible inductance et un câblage utilisant l'annulation de champ avec des boucles serrées, des fils torsadés ou un routage sur des plans de circuit imprimé adjacents peuvent également être utiles. Les convertisseurs nécessitent généralement

L'impédance CA de leur source est dix fois inférieure à l'impédance de charge jusqu'à la largeur de bande de leur boucle de régulation, notamment avec des charges dynamiques, afin de limiter les chutes de tension, comme illustré dans l'exemple de la figure 8, conformément au critère de stabilité de Middlebrook. Ainsi, tout en optimisant le calibre des fils pour l'intensité admissible, l'impédance CA peut être réduite grâce à des condensateurs de taille appropriée à l'entrée des convertisseurs, ce qui réduit également les pertes de courant CA et les interférences sur les câbles plus longs.

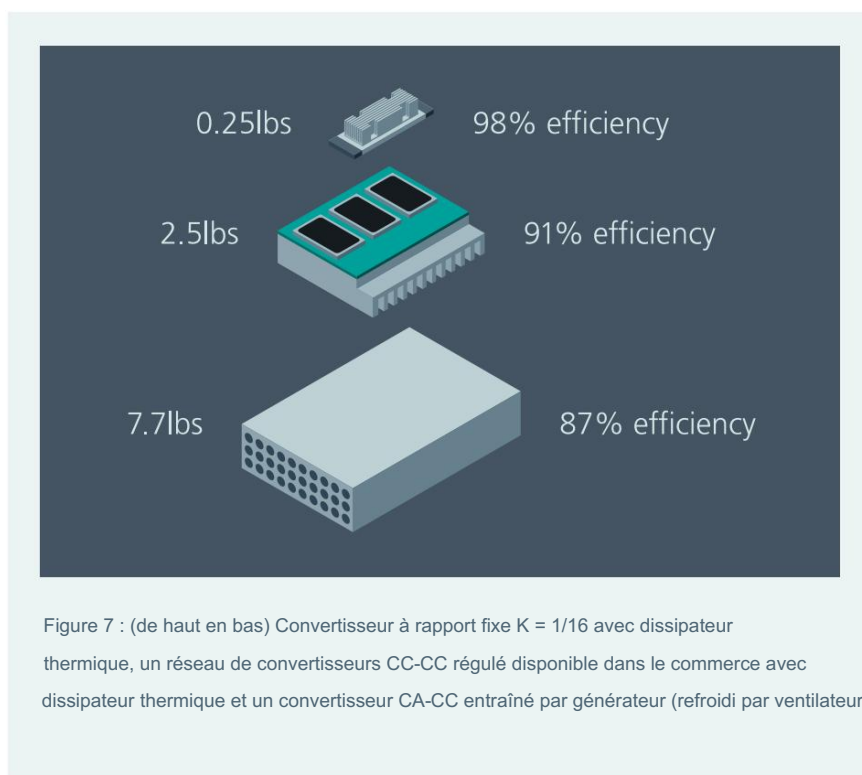
Efficacité et autonomie de la batterie

Les pertes des convertisseurs CC-CC peuvent paraître négligeables en termes d'autonomie, car elles sont généralement inférieures d'un ordre de grandeur à celles de leurs charges. Cependant, elles peuvent s'accumuler de manière trompeuse sous forme de pertes à vide lorsque la charge associée est en mode veille. Comme le révèle toute analyse de fiche technique, les convertisseurs CC-CC à transformateur ont tendance à consommer une énergie considérable lorsqu'ils sont activés pour actionner leurs commandes et magnétiser/démagnétiser le transformateur de commutation principal ; ils peuvent facilement augmenter leur consommation jusqu'à 0,5 à 1 % de leur pleine puissance. Certains convertisseurs régulés consomment encore plus d'énergie à vide, nécessitant ou intégrant une précharge de quelques pour cent de la charge maximale pour stabiliser la sortie.

Désactiver ces convertisseurs ainsi que leurs charges lorsqu'ils ne sont pas nécessaires peut être une bonne option, mais même désactivés, la dissipation de puissance peut être substantielle.

Choisir le moins de convertisseurs basés sur transformateur possible, idéalement un par barrière d'isolation nécessaire, suivi de convertisseurs buck ou buck-boost pour des sorties supplémentaires vers le même retour peut réduire proportionnellement les pertes au ralenti.

Le courant de repos de nombreux convertisseurs buck ou buck-boost est exprimé en milliampères en raison de l'utilisation de techniques telles que le saut d'impulsion ou de techniques plus avancées.



Conversion à taux fixe ou régulée ?

Si la plage de tension d'entrée de la charge est égale ou plus large que celle de la source, un convertisseur à rapport fixe peut être la meilleure option en raison de sa taille, de son efficacité et de ses performances.

Un convertisseur à rapport fixe de 770 à 48 V et 1,5 kW (Figure 7) présente environ la moitié à un tiers des pertes d'un convertisseur direct CC-CC régulé, car ce dernier présente des pertes supplémentaires au niveau du transformateur et de l'étage de régulation. Une comparaison moins juste, mais pratique, est celle du convertisseur CA-CC qui alimentait auparavant le même entraînement depuis le générateur CA du véhicule, avec des pertes supplémentaires générées par le redresseur et l'étage de suralimentation PFC classique. Cela illustre les avantages de l'utilisation des réseaux CC, que ce soit dans les bâtiments, les gros équipements ou les véhicules robotisés. Pour ces deux derniers développements récents,

peut atteindre respectivement 94% et 91% dans des conditions comparables, le convertisseur à rapport fixe n'a pas la même fonction de régulation ni les pertes associées.

Charges hautement dynamiques

Lorsqu'un variateur de vitesse est alimenté directement par une batterie, des chutes de tension se produisent en raison des impédances de la batterie et des câbles, et ces impédances limitent également le courant. Les chutes de tension et les limites de courant dépendent du calibre des fils et de la distance de la charge par rapport à la source.

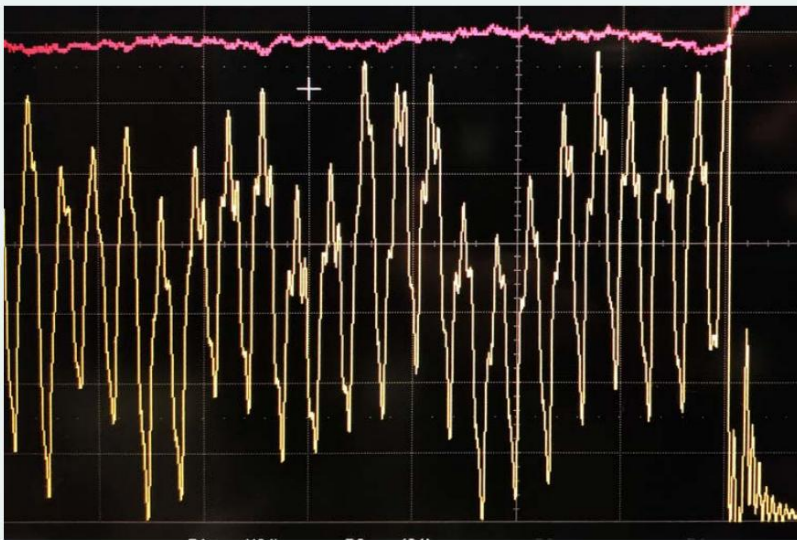
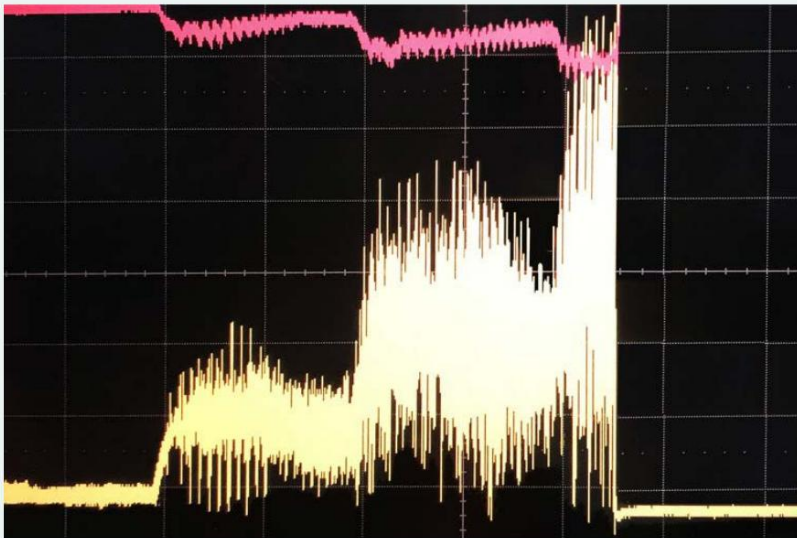


Figure 8 : (en haut) Image d'oscilloscope à 20 ms/div de l'entrée 770 V [rouge] à 100 V/div et du courant [jaune] à 2 A/div accélérant un moteur 48 V via un convertisseur à rapport fixe de 6 kW [8 kW crête] montrant les étapes d'accélération et les impulsions PWM, (en bas) détail de crête à 100 μ s/div.

L'utilisation d'un convertisseur à rapport fixe diminue l'impédance effective de la source perçue par la charge, mais augmente également les courants de crête perçus par le convertisseur et, in fine, par la source. Les protections intégrées au convertisseur contre les surintensités et les courts-circuits peuvent être déclenchées par des charges très dynamiques et doivent être prises en compte dès la conception.

La figure 8 illustre par exemple la tension et le courant d'entrée de 770 V alimentant quatre convertisseurs à rapport fixe de 35 A, $K = 1/16$ (comme ceux de la figure 7). En utilisant la figure 6 comme schéma fonctionnel, $R_{OUT} = 3,5 \text{ m}\Omega$ et $Z_{PDN} = 10 \Omega$ (avec une impédance de batterie négligeable) pour alimenter un variateur de vitesse de 48 V.

En plaçant le convertisseur à proximité du variateur, il perçoit la source de 10Ω comme seulement $10/256 =$ environ $40 \text{ m}\Omega$, soit un total de $43,5 \text{ m}\Omega$, y compris la sortie réseau (ROUT) sans câble 48 V. Le courant de crête généré est de 14,7 A, car le convertisseur basse impédance fournit les pics de courant PWM en plus du courant moyen, ce qui nécessite une spécification pour une capacité de courant de crête supérieure de 4 à 5 A.

La figure 9 illustre la réflexion d'impédance en action. Un condensateur d'entrée RESR de $10 \mu\text{F}$ et $30 \text{ m}\Omega$ est utilisé à la place d'un condensateur RESR volumineux de 10 mF et $3 \text{ m}\Omega$. Condensateur en sortie. Cela a réduit le courant d'ondulation d'entrée sur le câble source de 11 à 1AP-P, réduisant ainsi considérablement les pertes dues à la réduction de l'impédance CA de 10Ω à $\sim 1 \Omega$. Le courant de crête est tombé à 9,75 A avec un petit filtre LC de sortie, ce qui est supérieur à la limite de courant continu de 8,75 A du convertisseur, mais largement inférieur à la limite de courant à court terme de 14 A.

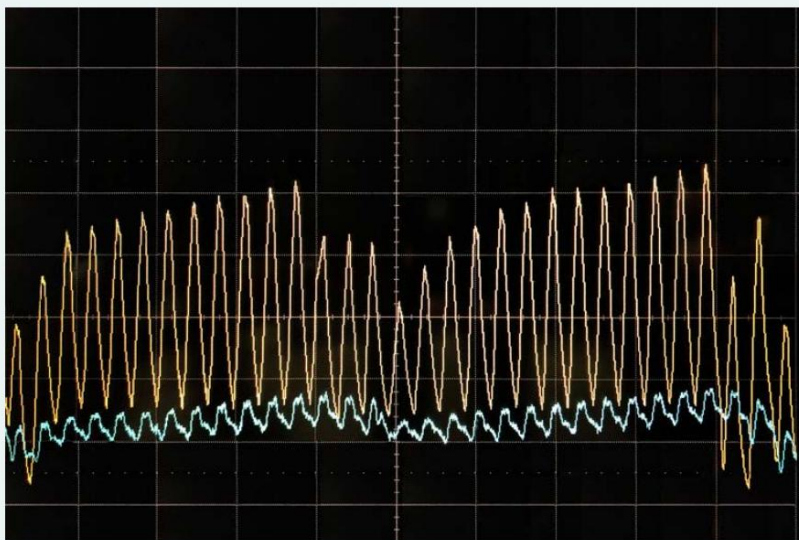
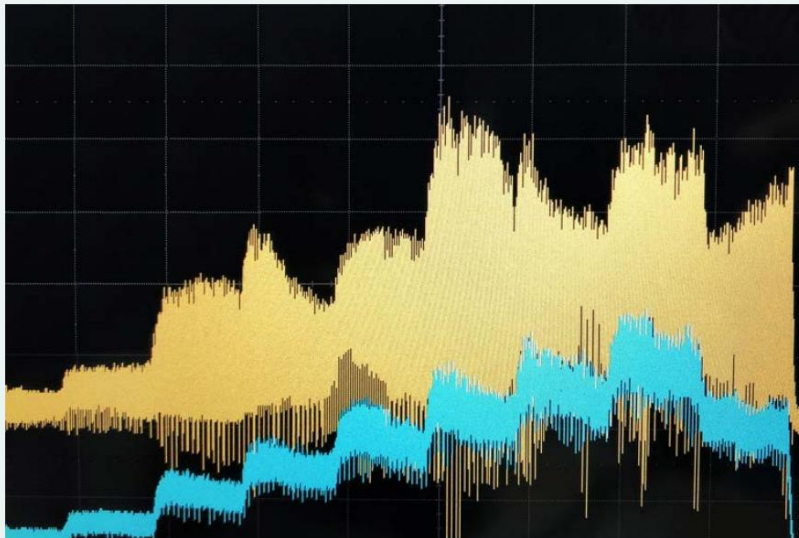


Figure 9 : Sortie du convertisseur 180APK (jaune) à 40 A/div, courant d'entrée (bleu) à 2 A/div. L'ondulation est réduite par la capacité placée à l'entrée. (à gauche) 20 ms/div (en bas) 0,1 ms/div.

charges capacitives

Au démarrage, les variateurs de vitesse et les cartes de calcul agissent comme d'importantes charges capacitives. Les cartes de calcul peuvent intégrer un large éventail de convertisseurs abaisseurs de tension, chacun équipé de condensateurs d'entrée, ou des filtres LC supplémentaires. Le convertisseur CC-CC qui les alimente doit posséder une capacité de charge externe autorisée largement spécifiée ou être suivi d'un circuit de précharge pour fonctionner avec des charges capacitives importantes, comme c'est souvent le cas pour les variateurs de vitesse équipés de convertisseurs à rapport fixe.

Il s'agit d'un élément souvent négligé jusqu'à la fin de la conception. Certains régulateurs, notamment les abaisseurs-élevateurs, sont également conçus pour la charge de batteries et permettent une boucle de régulation de courant séparée et/ou un temps de démarrage progressif réglable, ce qui permet de les utiliser avec des capacités de charge importantes.

Considérations relatives à la régénération de puissance et à la tension d'entrée

En fonctionnement dynamique ou en freinage, un moteur d'entraînement peut faire office de générateur. Dans notre exemple de 57 V, le courant inverse du moteur d'entraînement primaire régénératif charge la batterie via le faisceau de câbles,

augmentant sa tension le long du trajet proportionnellement aux impédances associées, potentiellement jusqu'à plus de 60 V. Tout convertisseur CC-CC alimenté par ce moteur devrait alors être calibré non pas à la tension courante de 60 V, mais à une tension supérieure.

Le schéma de la figure 6 s'applique également aux réseaux de distribution d'énergie où un variateur de vitesse est alimenté par un convertisseur bidirectionnel, comme dans l'exemple de la figure 8. L'énergie régénératrice peut augmenter la tension aux bornes basse et haute tension proportionnellement à ZOUT via le convertisseur. Si le convertisseur est unidirectionnel, cette énergie régénératrice est bloquée et seul le condensateur de sortie COUT est chargé. Par conséquent, l'énergie régénératrice et les augmentations de tension qui en résultent doivent être limitées si possible afin de respecter la tension de sortie maximale spécifiée par les convertisseurs et COUT, ou un circuit de freinage peut être mis en œuvre pour absorber l'énergie.

Résumé

Pour optimiser les performances et augmenter l'autonomie, la productivité et la flexibilité, les concepteurs de systèmes robotiques sont encouragés à cartographier l'arbre de puissance de leur application et à évaluer différents types de combinaisons de convertisseurs et stratégies de conception de PDN. Il est avantageux de distribuer une tension plus élevée sur une plateforme et de la transformer à proximité du point de charge pour obtenir la tension requise.

Utilisation créative des modules convertisseurs à rapport fixe haute densité et haute performance Vicor et des buck et/ Les modules régulateurs abaisseurs-élevateurs ou abaisseurs-élevateurs atteindront probablement des performances optimales pour chaque charge, avec une alimentation efficace et légère. Leur combinaison permet de standardiser des étages de puissance finaux non isolés à haut rendement, dotés d'une plage d'entrée relativement large. Ceux-ci peuvent être connectés à des architectures de batteries haute tension grâce à des convertisseurs à rapport fixe déployés avec des rapports de transfert appropriés.

Précédemment publié dans IEEE Power Electronics, décembre 2020, sous le titre « Repenser les réseaux de distribution d'énergie des robots mobiles ».

Outils

Cette section décrit les outils Vicor qui offrent aux ingénieurs novices et expérimentés un espace de travail numérique où ils peuvent concevoir et tester des solutions de modules d'alimentation adaptées aux besoins de leur application.

Concepteur de systèmes électriques

Power System Designer est un logiciel convivial, utilisable par les concepteurs de systèmes novices comme expérimentés, pour concevoir des réseaux de distribution d'énergie de bout en bout. Cet outil exploite la méthodologie de conception de composants électriques Vicor pour produire des solutions optimisées sans tâtonnements chronophages. Power System Designer offre également un service jusqu'à 75 % plus rapide que les méthodes traditionnelles et permet aux utilisateurs d'exporter la nomenclature finale.

tableau blanc

Whiteboard est un outil en ligne offrant un espace de travail convivial permettant aux utilisateurs d'analyser et d'optimiser les performances de différentes chaînes d'alimentation. Grâce aux modules d'alimentation Vicor haute densité et haut rendement, ils peuvent trouver la solution la mieux adaptée à leurs besoins. De plus, ils peuvent définir les conditions de fonctionnement de chaque composant de la conception d'alimentation et obtenir une analyse des pertes pour chaque composant et pour le système dans son ensemble.



www.vicorpower.com Service client : custserv@vicorpower.com Support technique : apps@vicorpower.com

©2021 – 2024 Vicor Corporation. Tous droits réservés. Le nom Vicor est une marque déposée de Vicor Corporation. Toutes les autres marques, noms de produits, logos et marques appartiennent à leurs propriétaires respectifs. Rév. 1.3 12/2024