Des condensateurs de ligne DC pour l'ère des microgénérateurs

par Andrew Bellavia, directeur du marketing produits Film & Electrolytic Capacitors, KEMET

L'Union européenne s'est fixé pour objectif de couvrir 20% de ses besoins énergétiques à partir de sources renouvelables d'ici 2020. Et ce n'est là que l'un des nombreux engagements en faveur de l'énergie verte dans le monde, qui tirent non seulement les installations de production d'énergie renouvelable construites par les grands énergéticiens mais encouragent aussi la génération d'énergie domestique, ou microgénération. La naissance de schémas de protection de consommateurs pour les produits et les installateurs, par exemple le Solar Keymark ou encore le Microgeneration Certification Scheme (MCS) au Royaume-Uni, confirme la maturation de ce nouveau marché. De fait, plus de 7500 types de panneaux photovoltaïques (PV) sont désormais certifiés MCS, ainsi que plus de 20 petites éoliennes avec des puissances de 6 kW à 22 kW.

Pour les équipementiers, le succès sur les marchés du grand public et des centrales électriques utilitaires dépend d'efforts constants dans l'innovation afin de réduire les dimensions et les coûts des générateurs tout en permettant d'augmenter les rendements énergétiques. Ces impératifs s'appliquent aussi bien aux composants de puissance comme les convertisseurs DC/DC et onduleurs DC/AC qu'aux équipements de récolte d'énergie comme les panneaux solaires et les éoliennes.

Circuit de mise en forme de la puissance

Dans un générateur solaire ou éolien, la mise en forme de la puissance sert à aplanir les fluctuations typiquement présentes sur la sortie brute des panneaux PV et des turbines afin de produire un signal de sortie AC sinusoïdal pour piloter les charges locales ou l'injecter sur le réseau électrique. Dans une éolienne, le générateur commandé par la turbine produit une tension alternative qui comprend des harmoniques variant constamment à cause du changement fréquent de la vitesse du vent. Ce bruit est en grande partie éliminé par filtrage sur l'entrée d'un convertisseur AC/DC qui alimente la ligne DC d'un onduleur.

L'onduleur fournit un signal de sortie AC sinusoïdal de haute qualité à la tension de ligne souhaitée, mais un filtre AC est souvent installé aussi sur la sortie de l'onduleur (figure 1).

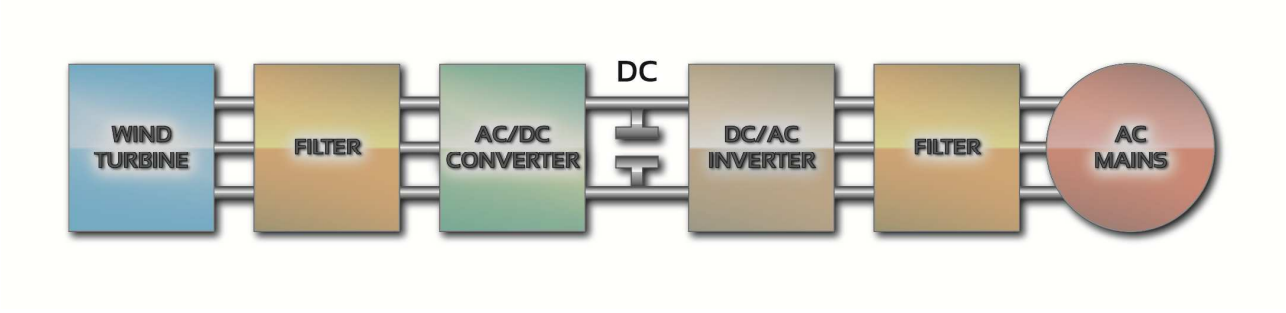


Figure 1. Architecture générique de la conversion d'énergie dans la génération d'énergie verte par une éolienne.

Dans une installation solaire, les cellules photovoltaïques individuelles produisant une tension typique de l'ordre de 0,5-0,6V sont reliées en série afin de fournir une tension plus élevée. La chaîne de cellules peut ensuite être connectée à un convertisseur DC/DC alimentant un micro-onduleur monté directement sur chaque panneau PV, ou un onduleur central au travers d'une ligne DC avec une tension typiquement située entre 450V et 1500V selon l'application.

Le convertisseur DC/DC peut être configuré en demi-pont ou pont complet, typiquement construit à l'aide d'une commutation par IGBT à une fréquence fixe de l'ordre de 20 kHz. Bien que capables de commuter à des fréquences plus élevées, les MOSFET classiques, qui peuvent contribuer à améliorer le rendement et à réduire les dimensions d'un sous-ensemble, ne supportent pas les tensions opérationnelles DC élevées normalement requises. Des dispositifs réalisés dans des technologies avec des substrats plus sophistiqués, de type super-jonction ou en carbure de silicium (SiC), tiennent des tensions opérationnelles plus fortes aux alentours de 600-1200V, conditionnés dans des boîtiers de taille standard dans l'industrie et offrant ainsi aux ingénieurs des options précieuses pour les nouvelles conceptions.

Une commutation rapide des IGBT ou MOSFET dans le pont peut produire des pics de tension jusqu'à des valeurs de pointe de 4000V. Ces pics sont éliminables à l'aide d'un condensateur connecté à la sortie du pont. Des condensateurs à film polypropylène ou polyester avec une double métallisation ou avec un film métallisé/feuille d'aluminium peuvent jouer ce rôle.

Des courants d'ondulation sont présents sur la ligne de connexion DC après la sortie du pont. Cette ligne est en effet reliée à l'onduleur du système, et les courants sont par la commutation de tension et les fluctuations de tension dues à des effets d'induction et de non filtrage sur la ligne en provenance des panneaux PV ou de la sortie de la turbine éolienne. Une série de condensateurs est généralement présente afin d'absorber les courants d'ondulation, susceptibles d'endommager le signal, et afin de garantir une tension stable sur la liaison DC. Cette tâche est souvent du ressort de condensateurs à électrolyte aluminium ou à film haute tension.

Condensateurs pour la liaison DC
Bien que l'utilisation de condensateurs augmente le poids et les coûts, cette approche a été nécessaire afin d'amortir les effets des courants d'ondulation passant sur la liaison puisque les condensateurs ont un rôle de stabilisateur de tension sur la liaison DC. Ces courants d'ondulation causent en effet un échauffement I^2R interne du fait de la résistance parasite de chaque condensateur (soit la résistance équivalente en série, ou ESR).

Des sociétés comme KEMET introduisent aujourd'hui de nouvelles générations de condensateurs qui sont spécialement conçus pour effectuer ces tâches sur les liaisons DC dans des applications telles que la production d'énergie renouvelable ou d'autres applications de forte puissance comme les mécanismes des élévateurs électriques ou les commandes de moteur pour les véhicules électriques. Le design de condensateurs optimisés pour la liaison DC vise à améliorer le traitement des courants d'ondulation en réduisant les ESR, en augmentant la résistance aux températures opérationnelles élevées et en garantissant des modes de fonctionnement sécurisé en cas d'exposition prolongée à un courant d'ondulation excessif.

De telles améliorations dans le design permettent aux concepteurs d'équipements d'utiliser moins de condensateurs pour aboutir au traitement des courants d'ondulation souhaité. Une approche qui controbue à réduire aussi bien la taille des systèmes que le coût des matériaux. En diminuant l'échauffement interne des condensateurs de liaison DC, les designers simplifieront la gestion thermique et le refroidissement, par exemple en spécifiant des radiateurs plus petits ou moins coûteux.

Amélioration de gamme
Les plus récents dispositifs font appel à des matériaux et à des procédés de fabrication novateurs comme, par exemple, des électrolytes, développés en interne et affichant une conductivité élevée. Mis en œuvre dans des condensateurs à électrolyte comme ceux fabriqués par KEMET, ils sont connus pour réduire l'ESR et donc diminuer efficacement l'échauffement interne. KEMET dispose en outre d'un historique de records dans la fabrication de condensateurs à faible ESR grâce à l'optimisation de la surface des électrodes, de l'épaisseur et de la densité du séparateur papier, et des connexions aux terminaisons métalliques.

Outre les améliorations dans la conception et dans la fabrication des composants, l'utilisation de machines sophistiqués pour la production permet de contrôler avec précision le procédé de bobinage mis en œuvre dans l'assemblage des condensateurs à électrolyte. Une précision spécifique lors de cette étape aboutit à des tensions opérationnelles plus élevées pour une épaisseur de diélectrique donnée. Des machines de soudage automatique de haute précision à guidage par système de vision sont en outre capables de réaliser des terminaisons avec une précision élevée et avec une grande répétabilité, le tout contribuant aussi à diminuer l'ESR.

Parmi les autres voies de recherche figurent aussi des techniques de métallisation des électrodes brevetées par KEMET, qui améliorent efficacement le traitement des courants d'ondulation dans les condensateurs à film, ainsi qu'une coopération avec les fournisseurs de films pour développer de nouveaux types de condensateurs à film capables d'opérer en toute sécurité à long terme et à haute température.

Les nouvelles familles de composants optimisés pour les tâches sur la liaison DC, par exemple dans des générateurs pour le solaire/éolien, incluent les condensateurs à film C4AE de KEMET (figure 2). Ce sont des condensateurs à film polypropylène métallisés (MKP), qui apportent des avantages à des tensions DC élevées de 450V à 1100V et la possibilité d'opérer à des températures ambiantes jusqu'à 105°C. Ces dispositifs sont en outre adaptés au montage direct sur les cartes électroniques, ce qui permet leur utilisation dans des générateurs domestiques.

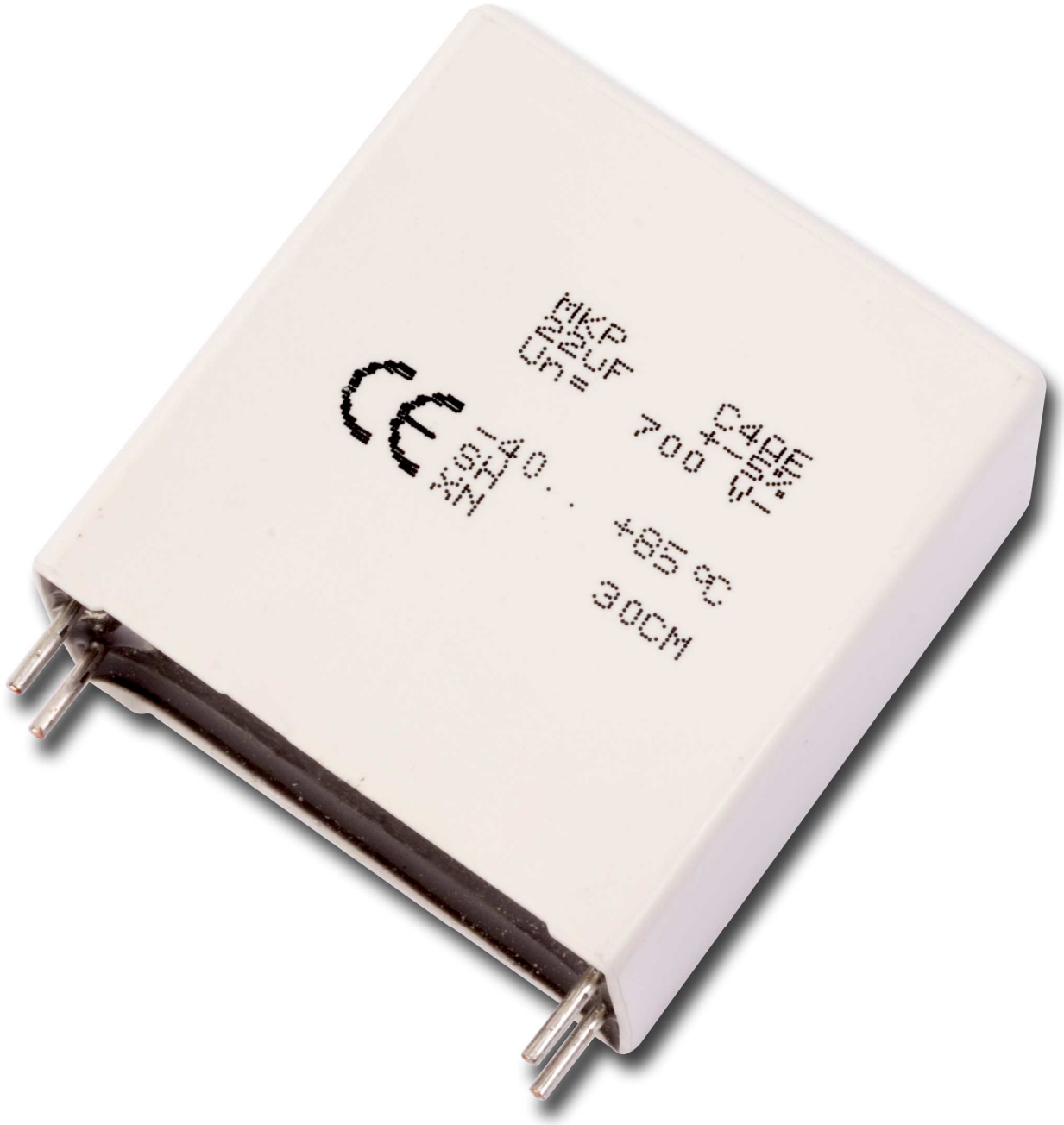


Figure 2. Des condensateurs montables sur cartes électroniques comme les solutions radiales à film C4AE de KEMET pour des systèmes de faible à moyenne puissance sont parfaits pour les applications de type microgénération domestique.

Pour les applications de moyenne à haute puissance, les condensateurs à polypropylène métallisé C44U en boîtier aluminium avec des terminaisons à vis affichent des caractéristiques de courant d'ondulation élevées, une forte densité capacitive et une excellente longévité opérationnelle. Cette famille de composants couvre la gamme de tension de 700V à 1300V. Les modèles offrent une valeur capacitive élevée pour leurs dimensions externes. S'il y a une contrainte critique d'espace en hauteur dans l'application, la gamme de condensateurs à film

polypropylène métallisé à faible profil C4DE offrent des capacités de 380µF/400V ou 100µF/1000V avec un boîtier d'une hauteur maximale de seulement 64mm. Des configurations personnalisées sont également possibles si des exigences particulières au niveau de la capacité, de la tension, de la taille ou d'autres caractéristiques empêchent de recourir à des composants standards.

Conclusion

L'émergence de marchés pour des équipements de génération d'électricité domestique ouvre la voie à l'arrivée massive de l'énergie verte dans la consommation électrique du grand public. L'utilisation des condensateurs les plus performants dans des domaines clés comme la liaison DC permet, d'une part, de simplifier le design thermique et d'augmenter le rendement énergétique et, d'autre part, de réduire les dimensions des solutions et d'atteindre un prix global compétitif.

http://www.kemet.com.