

L'électronique de puissance pour un réseau plus vert

Auteur : Ali Husain Directeur Senior, Marketing et Stratégie Groupe, Puissance industrielle et Cloud
ON Semiconductor



Alors que le monde tente de relever le défi de la prévention des changements climatiques catastrophiques, la production d'électricité est reconnue comme le secteur le plus important pour éliminer les émissions de carbone. Par conséquent, plus de la moitié des États américains ont des obligations en matière d'électricité renouvelable, y compris certains des plus importants comme la Californie, le Texas et New York, tandis que la Directive sur les énergies renouvelables de l'UE met en place des objectifs similaires. L'intégration de sources d'énergie renouvelables est un défi croissant pour les services publics, notamment à cause de la nature intermittente et variable de l'énergie éolienne et solaire.

Le coût des énergies éolienne et solaire a rapidement chuté ces dix dernières années, au point qu'elles sont compétitives par rapport aux combustibles fossiles, surtout lorsqu'elles sont déployées à l'échelle du réseau. Les installations à l'échelle commerciale et industrielle sont également très économiques, comme en témoigne le grand nombre de panneaux solaires que certaines entreprises comme Walmart, Target ou Amazon ont installés sur les toits de leurs entrepôts et de leurs points de vente. Les sites propices à la production d'énergie renouvelable sont également en expansion, alors que les technologies d'éoliennes en mer et de panneaux solaires flottants continuent de progresser.

En plus de l'augmentation de la capacité solaire résidentielle, un autre défi voit le jour pour les fournisseurs d'énergie, à savoir l'intégration de ressources énergétiques distribuées qui ne sont pas sous leur contrôle. Certains états ont adopté des règlements imposant des compteurs nets ou des tarifs de

rachat pour la production d'énergie en aval du compteur, ce qui rajoute de la complexité et a aussi une incidence sur les revenus des fournisseurs d'énergie.

Un autre défi majeur est lié au changement climatique et concerne la sécurité et la fiabilité des infrastructures réseau. Les récents incendies de forêt en Californie et la faillite de PG&E (Pacific Gas & Electric Corp.) sont un indicateur avancé de la manière dont les conditions météorologiques extrêmes et les changements climatiques vont affecter le réseau électrique. PG&E prévoit même désormais des coupures d'électricité pour protéger l'équipement, les clients et les forêts.

L'autre facteur à prendre en compte est le stockage de l'énergie. Le stockage d'énergie peut prendre plusieurs formes, notamment le relevage d'eau, les méga-volants inertiels, les vessies sous-marines pressurisées, ou même les grues servant à lever d'énormes blocs de béton. Plusieurs de ces solutions doivent être construites à très grande échelle pour être économiques, et peuvent nécessiter des caractéristiques géographiques très spécifiques.

La technologie de stockage d'énergie la plus répandue et dont la croissance est la plus rapide est celle des batteries. Les batteries sont très évolutives, ce qui permet une utilisation depuis l'échelle d'une maison jusqu'à l'échelle d'une centrale électrique. On peut aussi les déployer quasiment partout, sans qu'il faille procéder à une évaluation environnementale approfondie, ni mettre en place des infrastructures, ni prendre en compte la réglementation locale, comme c'est le cas pour les centrales électriques traditionnelles. Enfin, diverses entreprises ont démontré leur capacité à installer des batteries à grande échelle en seulement six mois, ce qui contraste fortement avec les décennies nécessaires pour planifier et rentabiliser la production d'électricité à partir de combustibles fossiles.

Le stockage d'énergie présente de nombreux avantages, en particulier lorsqu'il est associé à une énergie renouvelable intermittente. L'utilisation la plus évidente du stockage d'énergie est l'arbitrage énergétique. Lorsque les prix de l'électricité sont bas, l'énergie est stockée, puis on la ré-injecte dans le réseau lorsque les prix sont hauts. Lors d'une journée ensoleillée où il y a surproduction à partir des sources photovoltaïques, l'énergie peut être dirigée vers des composants de stockage, permettant ainsi une utilisation maximale de ces ressources "à consommer immédiatement". Le soir, lorsque l'énergie solaire diminue, les batteries fournissent la puissante manquante, tandis que la charge de base augmente. Par conséquent, beaucoup de grands parcs de batteries sont installés au sein de fermes solaires.

Pour revenir à PG&E qui coupe l'électricité de certains clients quand le risque d'incendie est élevé, les batteries et les panneaux solaires permettront aux maisons et aux entreprises de passer outre la coupure du réseau, ce qui évitera de gâcher de la nourriture dans les foyers et permettra aux processus industriels critiques de continuer à tourner. Par ailleurs, les acteurs du secteur de l'électricité contrôlent désormais les ressources énergétiques distribuées de manière coordonnée, un peu comme une "centrale électrique virtuelle", capable de produire, stocker et fournir de l'électricité en réponse à la demande. Dans certains cas, cela fait appel à une gestion de la demande, en déplaçant les charges en dehors des horaires de pointe par exemple.

L'interface clé reliant les ressources éoliennes, photovoltaïques et à batterie, au réseau électrique, est l'onduleur. En gros, un onduleur transforme du courant continu en courant alternatif, synchronisé à la fréquence du réseau, 60Hz ou 50Hz selon les cas. La Figure 1 montre un schéma simplifié de panneau solaire connecté au réseau, en mettant l'accent sur la construction de l'onduleur. Les onduleurs

peuvent se décliner en un certain nombre de types différents, notamment mono ou bidirectionnel, et avec différentes topologies multi-niveaux, chacune ayant des avantages et des inconvénients selon les scénarios spécifiques. Le composant clé de l'onduleur est le commutateur de puissance, représenté sur la figure sous la forme d'un IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

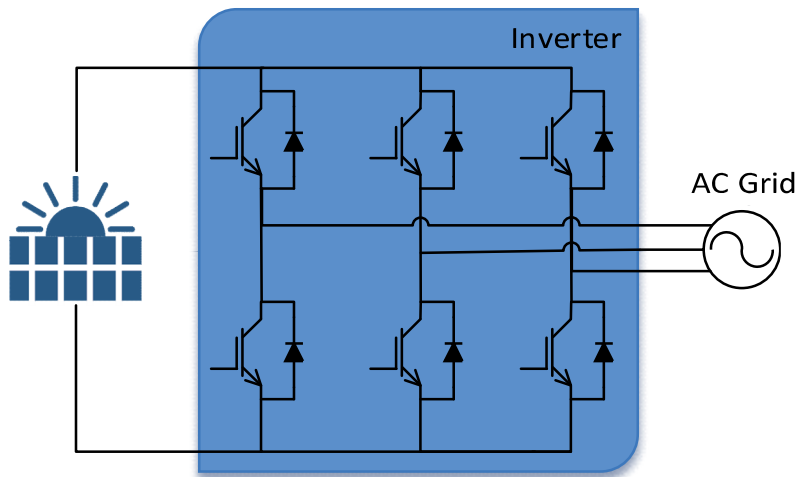


Figure 1

Avec un microprocesseur, des capteurs et des feedbacks appropriés, et le bon algorithme, l'onduleur peut fournir un certain nombre de services au réseau, au-delà du stockage et de la décharge d'énergie. Un exemple est le maintien de la qualité de l'énergie grâce au soutien de la tension, à la régulation de fréquence et à la réduction des harmoniques. Les ressources énergétiques distribuées peuvent réduire la charge des réseaux de transport et de distribution, puisque l'énergie électrique est utilisée près de l'endroit où elle est produite. Cela réduit la tension et la congestion sur le réseau et peut même différer la mise à niveau de lignes électriques.

Étant donné qu'une grande quantité d'énergie passe à travers l'onduleur, celui-ci doit offrir un très bon rendement pour convertir entre courant alternatif et courant continu. En pratique, les onduleurs disponibles sur le marché ont des rendements crête de 96 à 98%. Toutefois, les opérateurs de réseau souhaitent un rendement encore plus élevé, car à leur échelle, même une faible variation de rendement représente beaucoup d'énergie.

Pour atteindre ces niveaux de rendement, le composant de puissance doit avoir de très faibles pertes. Aujourd'hui, l'IGBT est l'outil de travail par excellence pour ces applications. Étonnamment, cet IGBT, qui conduit des centaines d'ampères et bloque des milliers de volts, est produit à partir de silicium grâce à des procédés similaires à ceux servant à la fabrication de puces informatiques hautes-performances pour les smartphones et les centres de données.

Cependant, de nouveaux matériaux promettent d'atteindre des performances, un rendement et une fiabilité supérieurs. Plus précisément, le carbure de silicium (SiC) est le matériau du futur. Les dispositifs électroniques de puissance SiC présentent des pertes de conduction et de commutation plus faibles que leurs homologues en silicium. La première étape de cette transition implique l'humble

diode, représentée en Figure 1, connectée en anti-parallèle à l'IGBT. Le remplacement des diodes en silicium par des diodes SiC permet de réduire les pertes et la surtension lors de la commutation, ce qui réduit les contraintes sur l'onduleur. Même si les diodes SiC coûtent plus chères que les diodes silicium, le coût global du système peut être réduit grâce à l'utilisation d'un dissipateur thermique plus petit et à la réduction de taille du système.

Les MOSFET SiC sont la prochaine étape de la migration. Les MOSFET SiC commutent beaucoup plus rapidement que les IGBT silicium, et apportent donc des avantages encore plus importants dans la phase de boost d'un système d'énergie solaire. En règle générale, la tension de sortie des panneaux solaires est augmentée à l'aide d'un convertisseur continu-continu. En commutant plus rapidement, les MOSFET SiC permettent de réduire la taille de certains composants passifs coûteux comme les inductances dans l'étage de boost, tout en augmentant le rendement.

ON Semiconductor propose une large gamme d'IGBT, de diodes SiC et de MOSFET SiC pour répondre aux différents besoins en tension et en courant des onduleurs. Les plus populaires sont les modules de puissance, dans lesquels un certain nombre de commutateurs et de diodes de puissance différents sont regroupés ensemble pour réduire la taille, faciliter la conception et permettre une dissipation thermique efficace. En plus des principaux composants électroniques de puissance, ON Semiconductor fournit des drivers de grille, des composants d'isolation galvanique et des amplificateurs opérationnels hautes-performances.

Conclusion

L'utilisation d'onduleurs du réseau électrique se poursuit à un rythme croissant à mesure que les technologies des énergies renouvelables et du stockage d'énergie s'améliorent et que les coûts diminuent. En plus d'éliminer les émissions de carbone et la pollution, l'onduleur permet d'obtenir un réseau plus résilient et plus participatif, dans lequel la frontière entre consommateurs et producteurs est floue. Avec un contrôle et une coordination appropriés, les fournisseurs d'énergie peuvent améliorer la qualité de l'électricité, réduire leurs coûts de mise à niveau, et offrir un service plus fiable à leurs clients. L'électronique de puissance est la technologie clé qui permettra de moderniser notre infrastructure critique.