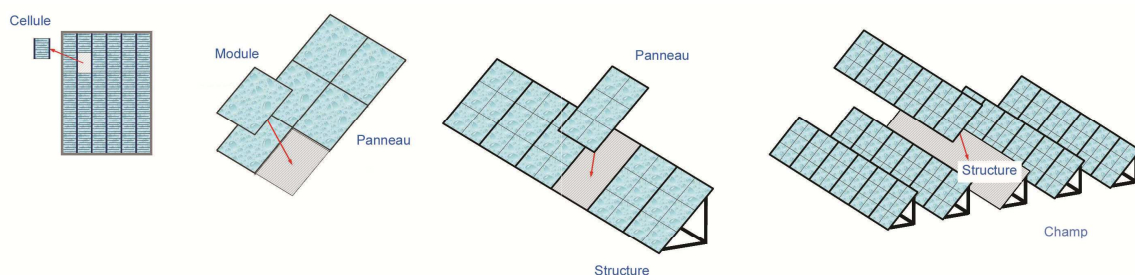


Produire de l'électricité quand le soleil brille

Giacomo Mazzullo, Responsable régional, TDK-Lambda Italie

Le déploiement permanent de vastes champs consacrés à l'énergie solaire en Europe assure la progression continue de l'efficacité des technologies photovoltaïques. Ceux qui décident d'investir dans un champ maximisent donc leurs profits et réalisent un retour sur investissement rapide. Giacomo Mazzullo, de TDK-Lambda Italie, fait remarquer que la plus grande marge d'amélioration en termes de rendement réside au niveau du panneau photovoltaïque.

De manière générale, un champ photovoltaïque est un ensemble de panneaux PV correctement raccordés en série et en parallèle pour obtenir les conditions de fonctionnement souhaitées. Lors de l'étude d'un champ PV, certaines décisions qui doivent être prises tôt peuvent influencer considérablement l'exploitation ultérieure. Cela concerne notamment la configuration série-parallèle des panneaux : dans un système en série, la puissance est limitée par le panneau qui délivre le plus faible courant, tandis qu'en configuration parallèle, la tension constitue le facteur limitant. Le choix de la tension de service affecte également l'exploitation finale, sans parler du choix des structures de montage, ni de la distance minimale entre les rangées de panneaux afin d'éviter les ombres portées.

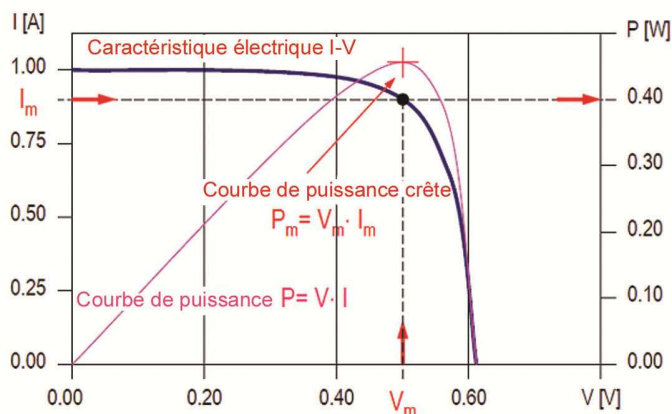


De la cellule au champ – l'électricité à partir de lumière.

Du point de vue des structures de montage des panneaux, il existe deux types de systèmes. Les systèmes à châssis fixe sont conçus, comme leur nom l'indique, avec une inclinaison fixe. Cependant, pour améliorer

la quantité de rayonnement solaire qui frappe le panneau solaire quand l'angle du soleil varie au cours de la journée et de l'année, des systèmes à simple/double axe ont été mis au point. Ces systèmes utilisent des moteurs pas à pas et une commande électronique. Dans un système de suivi à axe double décentralisé, par exemple, le principal avantage est que le boîtier de commande peut être placé à proximité de la structure du panneau, ce qui évite des câblages longs et coûteux qui, dans une grande installation, peuvent peser de manière importante sur le coût total de la centrale. Cet avantage est dû aux convertisseurs d'entrée DC-DC haute-tension isolés, comme la série PH de TDK-Lambda, qui permettent d'alimenter les commandes et les moteurs pas à pas directement depuis la sortie du panneau solaire.

Pour améliorer encore les performances électriques des différentes cellules contenues dans les modules du panneau, une technique spéciale optimise le fonctionnement du panneau et veille à ce qu'il fonctionne le plus longtemps possible à son point de puissance maximale. Cette technique a été baptisée MPPT (Maximum Power Point Tracker). Pour mieux comprendre le fonctionnement d'un panneau photovoltaïque, la figure montre la relation exponentielle entre le courant (I) et la tension (V) d'une cellule PV. Dans cet exemple, on a supposé que l'irradiation est constante. On voit que le point de puissance maximale (MPP) est situé au niveau de la chute (ou coude) de la courbe, là où la résistance est égale à l'opposé de la résistance différentielle ($V/I = -dV/dI$).



Caractéristique électrique (I/V) et courbe de puissance pour une cellule photovoltaïque isolée.

Comme le montre le graphique, la probabilité est faible que le panneau fonctionne à ce point, ce qui signifie qu'il délivre rarement sa puissance maximale (et le rendement de conversion énergétique est donc fatalement inférieur). Pour travailler au point de puissance maximale (MPP), on utilise des systèmes de

suivi actif du MPP baptisés MPPT (Maximum Power Point Tracker). Il ne faut pas confondre avec les suiveurs de panneaux, qui suivent la position du soleil pour profiter d'un rayonnement maximal, alors que le MPPT instaure un niveau de tension ou de courant qui convient mieux à la charge pour laquelle le panneau est conçu, quelle qu'elle soit.

Les suiveurs de point de puissance maximale MPPT utilisent un type particulier de circuit ou de logique de commande pour rechercher ce point et permettent donc au circuit convertisseur d'extraire la puissance maximale d'une cellule. Le principe de fonctionnement d'un suiveur MPPT est simple : une cellule fonctionne à sa puissance maximale (pour un rayonnement donné) s'il fonctionne à ses V_m et I_m . Le circuit MPPT adapte l'impédance que le panneau voit à sa sortie, de sorte que toutes les cellules fonctionnent à leur point de puissance maximale (MPP).

Actuellement, les systèmes MPPT sont intégrés à l'onduleur et vérifient que le champ PV fonctionne à son point de puissance maximale. Malheureusement, ce type de solution ne tient pas compte de l'état de chaque panneau et, dans les très grandes installations, ceux-ci peuvent être exposés à des niveaux de rayonnement qui varient sensiblement. La présence de zones d'ombre dans le champ, due à des arbres ou des nuages, l'accumulation de poussière sur la surface des panneaux et la fluctuation des températures sur ces panneaux ont toutes un effet sur la puissance globale – dans ces circonstances, l'onduleur central ne peut compenser la faible puissance d'un ou plusieurs panneaux isolés.

Une solution MPPT alternative consiste à adopter une approche plus distribuée. Cette technique utilise un convertisseur DC-DC entre le panneau et l'onduleur – la logique de commande est le point d'entrée (V/I) depuis le panneau photovoltaïque immédiat. Le concept est simple : si le panneau délivre une tension et un courant différents des valeurs du MPP, la logique de commande pilote le convertisseur DC-DC pour ramener le panneau à son MPP.

Bien que simple sur le principe, l'algorithme de commande est très complexe : il existe une courbe et un point MPP pour chaque valeur de l'irradiation et le système de commande ne connaît pas la valeur de l'irradiation du panneau concerné. Il doit donc être entièrement indépendant et stable, même pendant des variations rapides de la luminosité.

Les systèmes MPP peuvent être aussi bien analogiques que numériques, chacun ayant ses avantages et ses inconvénients. Le système MPP numérique présente ainsi des propriétés de flexibilité et d'adaptabilité, mais le système analogique est nettement plus rapide.

Comment garantir la rentabilité d'un système MPPT ? Les recherches actuelles se concentrent sur la réduction du coût du panneau et l'amélioration du couplage entre le panneau et les onduleurs. À l'avenir, si l'on parvient à réduire le coût du convertisseur DC-DC et de la logique de commande, le circuit MPPT sera intégré à chaque panneau et celui-ci délivrera donc automatiquement une puissance maximale.

Références :

N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo et M. Vitelli, "Perturb and Observe MPPT Technique Robustness Improved," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, vol. 2, mai 2004, pp. 845-850.

N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo et M. Vitelli, "Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method," *IEEE Transactions On Power Electron.*, vol. 20, juillet 2005, pp. 963-973.