

Die Kleinen mit den großen Vorteilen

MODULWECHSELRICHTER BRINGEN FLEXIBLE SOLARANLAGEN UND MEHR ERTRAG Modulwechselrichter für Photovoltaikanlagen kommen bei der Suche nach noch vorhandenen Montageorten immer häufiger zum Einsatz. Sie können bei komplizierten Dachgeometrien punkten, bei denen Module unterschiedlich bestrahlt oder auch zeitweise verschattet werden.

Nicht immer stehen optimale Dachflächen für die Installation einer PV-Anlage zur Verfügung. Denn der starke Zubau der letzten Jahre machte Süddächer zu begehrten Standorten, so dass mittlerweile auch verstärkt Konzepte für Anlagen auf Dachflächen entwickelt werden müssen, die auf den ersten Blick weniger günstig erscheinen. Insbesondere sind dies Dächer und Fassaden, die zeitweise verschattet werden oder auch kleinere Teilflächen auf unterschiedlichen Dach- und Fassadenflächen, die für eine Gesamtanlage genutzt werden sollen. Stark diskutiert kommt nun auch noch das Konzept der medienwirksam als »Guerilla-PV« bezeichneten Mikroanlagen hinzu. Das sind besonders kleine Anlagen ohne Solarspeicher, die zwar netzgekoppelt sind, deren Aufgabe aber vorrangig die Ersparnis von teurem Netzstrom durch solaren Eigenverbrauch ist. Für all diese Einsatzzwecke sind die modernen Modul-Wechselrichter (WR) sehr interessant.

INFOS

Fachbeiträge zum Thema

Zentral, stringweise oder modulnah?
»de« 8.2012 → S. 54

Modulwechselrichter für
mehr Wirtschaftlichkeit
pv-praxis.de 3.2012 → S. 28



AUF EINEN BLICK

MODULWECHSELRICHTER ermöglichen häufig den Einsatz von Photovoltaik an dafür eigentlich ungeeigneten Standorten

DER NÄCHSTE SCHRITT dieser Miniaturisierung ist die Integration der Wechselrichter in die Solarmodule, was zu noch größeren Freiheitsgraden in der Systemarchitektur führen wird

Fachbetrieb und Anlagenbetreiber werden beim Einsatz von Modul-WR mit mehr Flexibilität bei der Anlagenauslegung, fortgeschrittenen Diagnose- und Regelungsmöglichkeiten, hohem Ertrag und einem Mehr an Sicherheit belohnt (**Bild 1**).

Renaissance der Microinverter

Der Markt für Modul-WR wächst deshalb seit einigen Jahren wieder. Die Studie »Microinverter-and-Power-Optimizer-Report« von IMS-Research geht bis zum Jahr 2015 weltweit von einem Volumen von 1,3 Mrd. installierten Modul-WR aus. Bis 2015 werden laut ISM

bereits 45% der Modul-WR und 40% der Leistungsoptimierer in Kombination mit den PV-Modulen geliefert. Die größeren Margen werden sinkende Preise zur Folge haben. In der Entwicklung bereits weit fortgeschritten ist auch schon der nächste Schritt, die Integration der Wechselrichter in das Modul selbst, so dass vermehrt Wechselstrommodule auf den Markt kommen werden.

Schon einmal, Mitte der 1990er Jahre, waren die Modul-WR sehr populär. Die PV-Module waren damals noch teuer und der beginnende Boom wurde vor allem von privaten Hausbesitzern getragen, die noch vorrangig das Ziel der Selbstversorgung verfolgten. Mit



Quelle: SMA Solar Technology AG

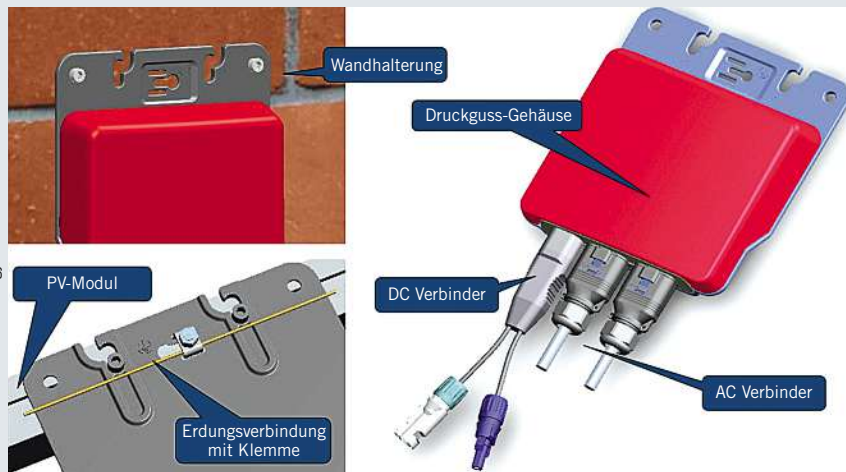


Bild 1: SMA hat seinen Modulwechselrichter Sunny Boy 240 flexibel für ganz unterschiedliche Montagesituationen ausgelegt, so ist die Befestigung am Modul selbst, an der Aufständerung oder auch getrennt vom Modul möglich

der Einführung der Einspeisevergütung verlangte der Markt dann jedoch zunächst wieder nach stärkeren, zentralen Wechselrichtern. Die erste Generation der Modul-WR hatte auch noch mit hohen Ausfallraten und

niedrigen Wirkungsgraden zu kämpfen. Diese Kinderkrankheiten gehören nun der Vergangenheit an, so dass technisch ausgereifte Modul-WR bei der Nutzung komplexer Anlagenstandorte zum Einsatz kommen können.

Mehrere bekannte Unternehmen sind deshalb wieder auf dem Markt der Modul-WR präsent. Dazu gehören u.a. Enecsys, Solarbridge Technologies, Enphase Energy, Dorf-müller. Auch SMA ist wieder in den Markt der kleinen Modul-WR eingestiegen.

Anlagenkonzepte

Bei PV-Anlagen mit netzgekoppelten Wechselrichtern kommen prinzipiell drei verschiedene Konzepte in Frage: Zentral-WR, Strang-WR, Modul-WR. Vor allem bei Teilabschattungen oder einzelnen leistungsschwachen Modulen erweist sich das Zentralwechselrichterkonzept als nachteilig. Wenn Teilabschattungen zu erwarten oder die Module unterschiedlich ausgerichtet sind, empfiehlt es sich die Stränge zu kleineren Einheiten zu entkoppeln. Die bessere Lösung bei Teilabschattungen sind jedoch Modul-WR. So hat jedes einzelne PV-Modul seinen eigenen Wechselrichter, der flexibel auf die jeweilige Leistung des Moduls reagieren und an jedem Modul eine unterschiedliche Spannung einstellen kann. Die Ausgänge der Modul-WR werden parallel geschaltet und mit dem Netz verbunden. Die Verkabelung ist somit deutlich einfacher, da auf längere Gleichstromleitungen verzichtet werden kann. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Erweiterbarkeit einer bestehenden PV-Anlage. Damit werden die noch immer geringeren Wirkungsgrade der Modul-WR ausgeglichen. Der Einsatz von Modul-WR erweist sich also als noch flexibler als der bisher verbreitete Einsatz von Strangwechselrichtern, bei dem mehrere Module einer Anlage zu Strängen zusammengefasst werden und so zwangsläufig einen Kompromiss bei der MPP-Anpassung der Module in Reihe darstellen.

Die neuesten Modul-WR haben eine maximale Effizienz von rund 95%. Ein Strang-WR mag hier 2% bis 3% mehr bieten, dennoch kann eine Anlage mit Modul-WR, über den Zeitraum ihrer gesamten Lebensdauer betrachtet, bis zu 17% mehr Energie liefern. Es greift daher bei der Anlagenplanung zu kurz, sich zu sehr auf die Effizienz der Wechselrichter zu konzentrieren. Letztlich kommt es auf die Kosten pro gelieferter Wattstunde an – betrachtet über die Lebensdauer der Anlage. Die Effizienz der Wechselrichter ist nur ein Faktor von mehreren.

Um diese Zusammenhänge bei der Anlagenauslegung aufzuzeigen, bieten sich Softwaretools an, die Anlagenvarianten mit verschiedenen Verschaltungskonzepten simulieren und gegenüberstellen (**Bild 2**).

Anzeige

Prinzipiell im Vorteil

Die Kombination von Modul und Wechselrichter bietet eine Reihe weiterer Vorteile die sich positiv auf Investitionskosten, Energieertrag und Wartungskosten auswirken:

- Vereinfachte Planung, da nicht auf Symmetrie der Stränge bzw. Spannungslage geachtet werden muss. Jede Anlageform, auch mit verschiedenen Ausrichtungen zur Sonne oder mit Teilabschaltungen, ist möglich
- Aus- und Rückbaubarkeit. Jede Anlage kann nach Bedarf modulweise auf- und abgerüstet werden
- Einfache und flexible AC-Installation. Durch den weitgehenden Verzicht auf Gleichstromverkabelung lassen sich Anlagen mit Modul-WRn einfacher planen und installieren
- MPP-Tracking für jedes PV-Modul. Weil der Punkt maximaler Leistung für jedes Modul separat verfolgt wird steigt die Gesamtleistung. Die Ertragsverbesserungen machen dabei 5% bis 17% aus. Jeder Wechselrichter passt sich optimal an »sein« Modul an. Vorteil: es ergibt sich ein hoher Gesamtwirkungsgrad und Mismatch-Verluste entfallen
- Geringe Verluste bei Teilverschattung. Denn wenn sich die Leistung eines Moduls wegen Abschattung oder Verschmutzung verringert fällt der Energieertrag von PV-Anlagen die mit Modul-WRn ausgestattet sind weniger stark als bei String-Anlagen
- Steuerung und Überprüfbarkeit jedes einzelnen Moduls vom Wechselrichter aus. Ggf. ermöglicht eine IP-Adressierung auch die gezielte Abschaltung defekter Module
- Modularität und Erweiterbarkeit auch mit Modulen anderer Bauart. Die Anlage ist jederzeit zu erweitern. Beliebige Anlagegröße, durch den modularen Aufbau besteht kein Zwang, sich vorgegebenen Wechselrichtergrößen anzupassen
- Sicherheit, da keine für Menschen gefährlichen Gleichspannungen auftreten. Dadurch besteht im Brandfall weniger Gefahr für die Feuerwehrleute wegen des Fehlens hoher Gleichspannungen. Auch eine automatische Freischtaltung ist mit Modul-WR einfach umzusetzen. Die aufwändige und teure Gleichstromabsicherungstechnik entfällt. Die Wechselstromleitungen zu den Modulen können mit konventionellem Leitungsschutz abgesichert werden und die Gefahr von Bränden durch eine fehlerhafte Gleichstromhauptleitung werden so vermieden. Dieser Sicherheitsaspekt kommt bereits bei der Montage zum tragen

- »Guerilla-PV« für jedermann. Auch Menschen ohne große Dachflächen können mit Kleinanlagen Solarstrom selbst erzeugen und durch Eigenverbrauch den Verbrauch von teurem Netzstrom verringern. Ein großer Vorteil sind hierbei die geringen Einstiegskosten. Man kann mit einer kleinen Anlage beginnen und diese jederzeit unkompliziert erweitern. Das erschließt ganz neue Kundenkreise für den Installateur, denn dessen Expertise ist für die normgerechte Installation und Anmeldung beim Netzbetreiber weiter gefragt. Denn selbstverständlich müssen auch diese Kleinanlagen ein Schutzkonzept einhalten und Überlastung von Leitungen oder anderen elektrischen Komponenten ausschließen. Bei nur einem Modul wäre das Risiko noch gering, es steigt allerdings rapide an je mehr Module eingesetzt werden. Deshalb muss unbedingt die internationale Norm IEC 60364-5-55 bzw. die entsprechende harmonisierte nationale Norm VDE 0100-551 beachtet werden (**Bild 3**).

Die Lebensdauer entscheidet

Modul-WR der neuesten Generation kommen mit einer 20-jährigen Garantie. Somit kann man erwarten, dass die Wechselrichter ebenso lange arbeiten wie die Solarmodule. Selbst wenn ein solcher Wechselrichter ausfällt, betrifft das nur das eine Solarmodul, an das er angeschlossen ist und nicht einen ganzen Strang. Die zuverlässigsten Aussagen zur Lebensdauer von Modul-WRn liefern die Ergebnisse des Temperaturtests nach IEC 61215, also dem selben Test, der auch bei der Prüfung von Solarmodulen eingesetzt wird. Hersteller sollten deshalb in der Lage sein, ihre Aussagen zur Lebensdauer mit Testdaten zu belegen. Wichtig ist hier, die erwartete Lebensdauer nicht mit der MTBF (Mean Time Between Failures) zu verwechseln. Die MTBF ist ein statistisches Maß für die Ausfallrate, sie kann aber sehr irreführend sein, denn sie macht keine Voraussagen über die Betriebslebensdauer. Weiterhin sind die angebotenen Garantiezeiten ein gutes Indiz für die zu erwartende Lebensdauer. Denn Garantiezeiten sind aus Herstellersicht Mindestangaben für die zuverlässige Funktion ihrer Komponenten.

Der zweite Anhaltspunkt zur langfristigen Zuverlässigkeit ist der angegebene Betriebstemperaturbereich. Modul-WR mit einem spezifizierten Bereich von -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ sind aller Wahrscheinlichkeit nach weit zuverlässiger als Wechselrichter, die für niedri-

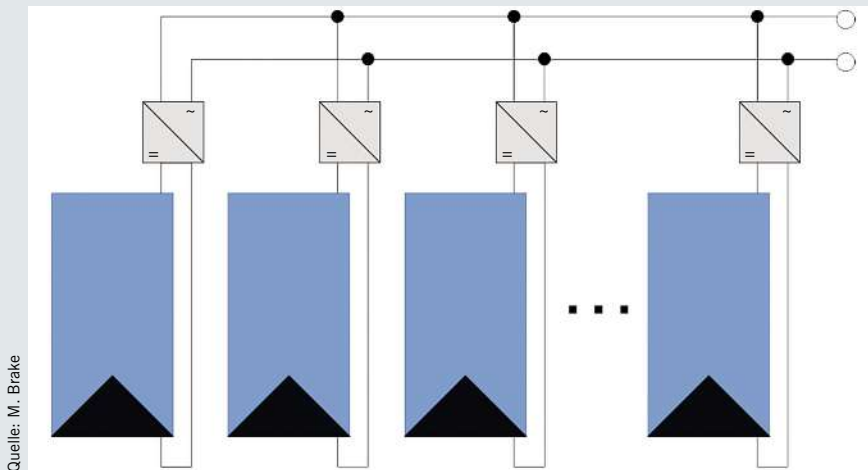


Bild 2: Bei Modulwechselrichtern besitzt jedes einzelne PV-Modul seinen eigenen Wechselrichter. Dadurch können die Wechselrichter flexibel auf die jeweilige Leistung des Moduls reagieren

gere Maximaltemperaturen spezifiziert sind. Hintergrund sind die extremen Temperaturbedingungen denen die Außenteile von Solaranlagen ausgesetzt sind und die bei der Konstruktion von Modul-WRn berücksichtigt werden müssen. Von allen Bauteilen in den Wechselrichtern sind hierbei die Elektrolytkondensatoren am anfälligsten für temperaturbedingte Alterungsprozesse. Enphase geht bei den in seinen Modul-WRn verwendeten Kondensatoren davon aus, dass sie sich auch an einem Sommertag auf nicht mehr als 65 °C erhitzen und die Lebensdauer unter solchen Bedingungen 50 Jahre erreicht. Solarbridge setzt dagegen auf Folienkondensatoren, da es davon ausgeht, dass gerade Elektrolytkondensatoren der limitierende Faktor bei der Lebensdauer von Modul-WRn sind. Elektrolytkondensatoren funk-

tionieren auf der Basis einer ständigen chemischen Reaktion feuchter Materialien. Im Laufe der Zeit und insbesondere unter den rauen Bedingungen auf Dächern altern sie. Wechselrichter, die statt dessen Folienkondensatoren besitzen, deren spezifizizierte Lebensdauer viermal länger als die von Elektrolytkondensatoren ist, sind deshalb prinzipiell im Vorteil.

Ein Modul-WR produziert im Verhältnis zu seiner Leistung immer mehr Wärme als ein Strangwechselrichter. Die Technologie ist zwar im Prinzip die Gleiche doch jeder Wechselrichter, ob groß oder klein benötigt eine gewisse Energiemenge für die Steuerung, Überwachung und Kommunikation. Dieser Eigenbedarf wirkt um so schwerer je geringer die Ausgangsleistung ist. Erreicht ein 200-W-Gerät z.B. einen Wirkungsgrad von 96%

dann müssen 8W Verlustleistung in Form von Wärme abgeführt werden. Ein sehr kleines Gerät könnte dann in etwa so heiß werden wie eine Glühlampe. Wird diese Wärme an die Module abgeführt, dann verringert sich einerseits deren Leistung, andererseits können sie bei hohen Temperaturen sogar Schaden nehmen. Da ein Lüfter ausscheidet, müssen Modul-WR mit einer passiven Kühlung auskommen, zum Beispiel mit Kühlrippen. Der Hitzetod droht jedoch nicht nur von innen sondern auch von außen, denn die Modul-WR müssen auch schwankenden Außentemperaturen standhalten und, wenn sie am Modul selbst montiert sind, auch der Wärme die dieses abgibt. Modul-WR müssen so lange leben wie das Solarmodul selbst. Dieses Vertrauen haben die Hersteller in ihre Produkte. Sie gehen dabei unterschiedliche Wege. Exeltech integriert seine Wechselrichter gleich in das Modul, Suntech Power vertreibt Modul-WR in Kombination mit eigenen Modulen und andere Hersteller wie Akeena Solar bieten einbaufertige Kombinationen aus Modul und Wechselrichter an. Bisher war dies vor allem ein Geschäftsmodell um den US-Markt mit Anlagen auf Wohnhäusern und kleinen Gewerbeeinheiten zu erschließen. Doch mit den geänderten Rahmenbedingungen bei uns und dem Erfordernis vermehrt auch komplizierte Baukörpergeometrien als Anlagenstandorte zu nutzen, finden Modul-WR als Optimierung auch bei uns hervorragende Anwendungsgebiete.

Ausblick

Der Solarertrag von PV-Anlagen mit Modul-WR kann höher liegen als der von Anlagen mit Strang- und Zentralwechselrichtern. Und die Entwicklung geht weiter in Richtung Integration und optimierter Anlagensteuerung, indem jeder Modulwechselrichter seine Kennlinie misst, Statusmeldungen zu Temperatur und Einstrahlung liefert und sich auch im Störfall selbsttätig meldet. Während die Standardisierung in diesem Bereich noch in vollem Gange ist, ist die Integration der Wechselrichter direkt in die Module bereits weit fortgeschritten, so dass es auch eine zunehmende Auswahl an Wechselstromsolarmodulen geben wird.

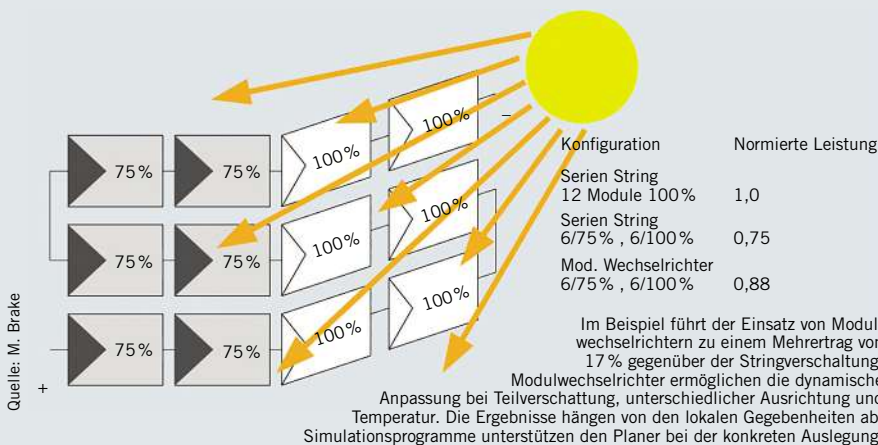


Bild 3: Module unterschiedlicher Einstrahlung innerhalb einer PV-Anlage und der Ertrag bei unterschiedlichen Schaltkonzepten

AUTOR

Matthias Brake
Architekt und Fachjournalist, Berlin