

Konzepte für PV-Anlagen

Die Zeiten, in denen der Betrieb von Photovoltaik-Anlagen ein teurer Luxus war, sind vorbei. Die gesetzlich festgelegte Einspeisevergütung ermöglicht auch den kostendeckenden Betrieb von PV-Anlagen mit kleiner Leistung. Die vielen Anlagenkonzepte bestehen zwar immer aus PV-Modulen und Wechselrichtern, unterscheiden sich jedoch beim Installationsaufwand und Energieertrag teilweise deutlich.

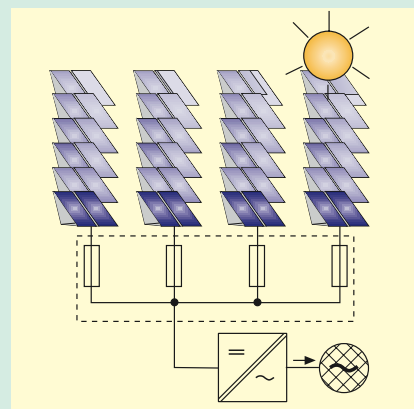
Zentralisierte PV-Anlagen

Die traditionelle PV-Anlage, so wie sie seit den Anfängen der Photovoltaik aufgebaut wird, besteht aus einem einzigen großen Generatorfeld, das einen leistungsstarken Wechselrichter speist (Bild 1). Der PV-Generator setzt sich zusammen aus Reihenschaltungen von Modulen, den Modulsträngen oder „Strings“, die alle die gleiche Modulanzahl aufweisen und in einer Unterverteilung über jeweils eine Strangsicherung miteinander parallel geschaltet sind. Nur die Gleichstrom-Sammelschiene wird zum Wechselrichter geführt und dort angeschlossen.

Der Energieertrag einer solchen zentralisierten Anlage hängt direkt von der Güte der PV-Module und den Wandlerverlusten des Wechselrichters ab. Oft unterschätzt

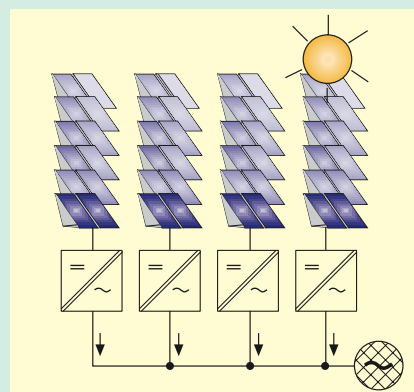
werden die Auswirkungen von Leistungsverlusten und schlecht aufeinander abgestimmten Komponenten. Die elektrischen Eigenschaften der PV-Module weisen nicht nur die üblichen Fertigungsstreuungen auf, sondern variieren auch mit der Einstrahlung und der Modultemperatur. In der Praxis ist es daher schwierig, alle Module gleichzeitig an ihrem jeweiligen Arbeitspunkt mit der höchsten Abgabeleistung (MPP: Maximum Power Point) zu betreiben. Diese FehlAbstimmung wird als „Mismatching“ bezeichnet und führt gerade bei großen PV-Generatoren ($> 100 \text{ kW}_p$) dazu, dass lediglich 97...99 % der elektrischen Energie der Solarmodule überhaupt bis zum Wechselrichter gelangen.

Den Nachteilen eines großen PV-Generators steht als Vorteil gegenüber, dass große Wechselrichter



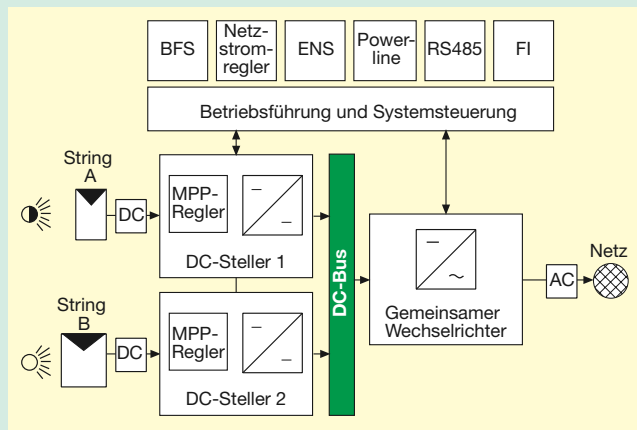
1 Zentralisierte PV-Anlage

Ein großes Generatorfeld speist einen leistungsstarken Wechselrichter.

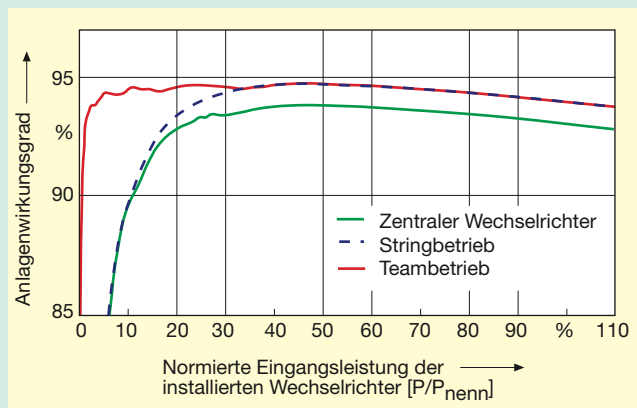


2 Stringtechnik

Die Stränge bestehen nur aus wenigen Modulen. Positionierung der Stringwechselrichter am Generator.



3 Aufbau eines Multi-String-Wechselrichters



4 Wirkungsgrad verschiedener Anlagen im Vergleich

einen guten Wirkungsgrad bei geringen spezifischen Kosten haben.

Stringtechnik

Die von der Fa. SMA im Jahre 1995 eingeführte Stringtechnik (Bild 2) hat PV-Anlagen energetisch und wirtschaftlich attraktiver gemacht, indem

- Mismatchingverluste vermieden wurden (MPP-Betrieb der Strings) und
- die Generatorverkabelung vereinfacht wurde (keine Gleichstrom-Verteilung und String-sicherungen, Wechselrichter direkt am Generator, Steckverbinder als Trenner).

Diese systemtechnischen Vorteile zusammen mit der Optimierung des maximalen und des Teillast-Wirkungsgrads der Wechselrichter führten zur Reduzierung des Installationsaufwands und zur Erhöhung des Energieertrags.

Bei der Stringtechnik werden Stränge nur aus wenigen Modulen gebildet und können daher sehr nahe an ihrem individuellen MPP betrieben werden. Die Positionierung der Stringwechselrichter am Generator reduziert darüber hinaus die Kabelverluste. Insgesamt werden hier die Ursachen des oben erwähnten Mismatchings vermieden.

Multi-Stringtechnik

Die Stringtechnik mit ihrem hohen Energieertrag stellt den heutigen Standardaufbau von PV-Anlagen dar. Mit der Erhöhung des Modulstroms sowie der maximalen Systemspannung kann diese Technik bis in den Leistungsbereich einiger kW_p pro Wechselrichter eingesetzt werden. Anlagen mit größerer Leistung müssen in voneinander unabhängige Stringanlagen mit eigenem Wechselrichter unterteilt werden.

Eine Alternative stellt der Multi-String-Wechselrichter dar (Bild 3). Er ist für Leistungen ausgelegt, die die eines einzelnen Strangs deutlich übersteigen, bietet jedoch mehrere Eingänge, die je einen String in seinem individuellen MPP betreiben. So profitieren Multi-String-Anlagen von den Preisvorteilen leistungsstarker Wechselrichter bei gleichzeitig energetisch optimiertem Betrieb.

Teambetrieb

Mit dem als „Sunny Team“ für einige Wechselrichtertypen angebotenen Konzept kann der Jahresertrag noch gesteigert werden. Die Gesamtanlage ist ähnlich einer Stringanlage aufgebaut und arbei-

tet auch als solche bei hoher Sonneneinstrahlung. Die Wechselrichter können sich jedoch zusätzlich selbstständig miteinander verbinden. Bei sinkender Einstrahlung werden einzelne Wechselrichter abgeschaltet und deren zugeordneter Generator vom benachbarten Wechselrichter übernommen. Jeder aktive Wechselrichter bestimmt seinen MPP dabei immer selbst. Das Abschalten der Wechselrichter kann auf die beschriebene Weise fortgeführt werden, bis schließlich nur ein Wechselrichter in Betrieb ist, der dann mit allen Teilgeneratoren verbunden ist. Es ist möglich, die Leistung von bis zu 50 Teil-Generatoren einem einzigen Wechselrichter zuzuweisen und so bereits bei 0,5 % der Anlagen-Nennleistung einen effektiven Wirkungsgrad von über 94 % zu erreichen, der bis zur Nennleistung beibehalten werden kann (Bild 4). Bei einer großen PV-Anlage kann somit von einem „lastunabhängigen Wirkungsgrad“ des Wechselrichters ausgegangen werden, der zu einem jährlichen

energetischen Mehrertrag von 1...2 % und mehr führt.

Kleine Großanlagen

Die Entwicklung der PV-Module in den letzten zehn Jahren hat allerdings die Vorteile der Stringtechnik gegenüber dem zentralisierten Anlagenkonzept vermindert. Heute sind PV-Module mit so geringer Leistungsstreuung erhältlich, dass die Verluste durch Mismatching unter Umständen akzeptabel sind. Die Kombination eines großen homogenen Teilgenerators mit den installationstechnischen Vorzügen der Stringtechnik führt zu einer attraktiven neuen PV-Anlagen-Mischform. Bei einer korrekten Auslegung der Teilgeneratoren stellt dies die wirtschaftlichste Lösung dar, da der Minderertrag gegenüber einer typischen Stringanlage nur unwesentlich ist und von den geringeren Investitionskosten kompensiert wird. Zum Einsatz kommen spezielle, kleinere Zentralwechselrichter, wie beispielsweise der Sunny Mini

Central 6000 von SMA (Bild 5), der folgende Merkmale aufweist:

- Direkter Anschluss der Strings an den Wechselrichter.
- Einfache und verlustarme Generatorverkabelung durch Platzierung des Wechselrichters direkt am PV-Generator.
- Parallelschaltung von bis zu vier Strings ohne Strangsicherung, je nach der Rückstromfestigkeit der verwendeten PV-Module.
- Minimierung von Mismatching durch Einsatz von Modulen mit geringer Exemplarstreuung bzw. durch Sortieren der PV-Module.
- Hoher Wirkungsgrad.

Die maximale Nennleistung dieses Wechselrichters ergibt sich aus der maximal möglichen Reihenschaltung (begrenzt durch die Systemspannung) und Parallelschaltung (begrenzt durch den maximal erlaubten Rückstrom) der PV-Module. Die heute üblichen PV-Module erlauben Systemspannungen von bis zu 600...1000 V. Damit können PV-Generatoren mit Nennleistungen bis ca. 7 kW_p aufgebaut werden. Der Einsatz dieses Gerätes umfasst damit hauptsächlich PV-Anlagen im Bereich 20...200 kW_p.

Der Wechselrichter verfügt über eine integrierte Netztrennstelle (mit ENS) vom Typ SMA grid guard. Damit ist nach der entsprechenden VDEW-Richtlinie bei Anlagenleistungen unter 30 kVA keine jederzeit zugängliche Trennstelle erforderlich. Allerdings muss die Einspeise-Nennleistung symmetrisch auf die drei Phasen des Netzes aufgeteilt werden. Die erlaubte Unsymmetrie beträgt hierbei 4,6 kVA, sodass der einphasige Betrieb eines einzelnen Gerätes mit seiner Ausgangsnennleistung von 6 kVA nicht möglich ist. Bei Anlagen ab 20 kW_p kommen deshalb bevorzugt drei Wechselrichter zum Einsatz.

Auswahlkriterien

Einen universellen Wechselrichter, passend für alle PV-Anlagen, gibt es nicht. Die Wahl der richtigen Technik hängt von vielen Randbedingungen ab. Im Folgenden sind einige Unterscheidungskriterien aufgeführt.

Kleine PV-Anlagen (<20 kW_p): (Multi-) Stringtechnik

- Optimierung des energetischen Ertrags
- Generatorteile mit unterschiedlichen Betriebsbedingungen (Ausrichtung, Verschattung, thermische Belastung usw.)
- Ertragssteigerung bei größeren Anlagen durch „Teambetrieb“

Mittlere und große PV-Anlagen (>20 kW_p): „Mini-Central“-Technik

- Optimierung des wirtschaftlichen Ertrags
- homogener Generator (alle Module haben identische Eigenschaften und Betriebsbedingungen)
- Rückstromfestigkeit der PV-Module erlaubt Parallelschaltung
- ggf. Sortierung der PV-Module während der Installation

Große PV-Anlagen (>100 kW_p): Zentralwechselrichter:

- Optimierung des wirtschaftlichen Ertrags
- homogener Generator (alle Module haben identische Eigenschaften und Betriebsbedingungen)
- Unterverteilung mit Strangsicherungen zur Begrenzung des Rückstroms
- ggf. Sortierung der PV-Module während der Installation



5 Sunny Mini Central

Der Aufbau „kleiner Großanlagen“ ist sehr variantenreich. So ist zwar die Platzierung des Wechselrichters in unmittelbarer Nähe der angeschlossenen Module, also in der Regel im Freien, vorzuziehen. Aber auch die gemeinsame Unterbringung einiger (oder gar sämtlicher) Wechselrichter in einem Betriebsraum kann sinnvoll sein. Das Kühlkonzept des Sunny Mini Central 6000 berücksichtigt dies. Das Gerät ist robust und universell einsetzbar. Die Einbaulage (hängend oder liegend) und auch der Installationsort (Schutzklasse I, keine hohen Gehäusetemperaturen) können frei gewählt werden.

J. Laschinski