

Funktionen und Fähigkeiten von PV-Wechselrichtern als Teil des Smart Grids

Dr.-Ing. Martin Heidl, Systemtechnik



Abb.1: Wechselrichter Symo

Mit wachsender Zahl an dezentralen Stromerzeugern wächst auch die Notwendigkeit eines intelligenten Stromnetzes. Im Smart Grid der Zukunft sind die an der Energieversorgung Beteiligten nicht nur über das Stromnetz, sondern auch über ein Kommunikationsnetz verbunden. Dabei kommunizieren beispielsweise Erzeuger, Verbraucher, Speicher, Netzbetreiber und Handel (Abb.3).



Abb.2: Wechselrichter CL (Fotos: Fronius)

Zweck eines solchen Smart Grids ist die stabile und optimale Stromversorgung in einem sich verändernden System, wobei es vor allem um die folgenden Aspekte geht:

- ▶ Einbindung von Erneuerbaren: Smart Grids ermöglichen die Integration einer rasant wachsenden Anzahl an dezentralen Energieerzeugern in das Verteilnetz.
- ▶ Dynamische Steuerung: Smart Grids sind besser regelbar. Mit ihnen sind Mechanismen zur Netzstabilisierung und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit möglich.
- ▶ Netzsynergien: Smart Grids sorgen durch Optimierung des lokalen Netzmanagements und der lokalen Energiebilanz beim Kunden für eine effizientere Energienutzung.
- ▶ Kostenoptimierung: Langfristig minimieren Smart Grids die Kosten für die Umwandlung des Energiesystems und halten die Stromkosten niedrig.

Smart Grids erfordern viele intelligente („smarte“) Geräte und deren Koor-

dinierung. In diesem Zusammenhang spielt die Energieerzeugung und dabei, aufgrund ihres hohen Anteils, insbesondere die Photovoltaik eine wichtige Rolle. PV-Wechselrichter können vollständig in ein Smart Grid integriert werden. Derzeit zählen sie zu den intelligentesten Geräten innerhalb des Smart Grids. Dafür gibt es drei Hauptgründe:

- ▶ Advanced Grid Features
- ▶ Kommunikation
- ▶ Zukunftssicherheit

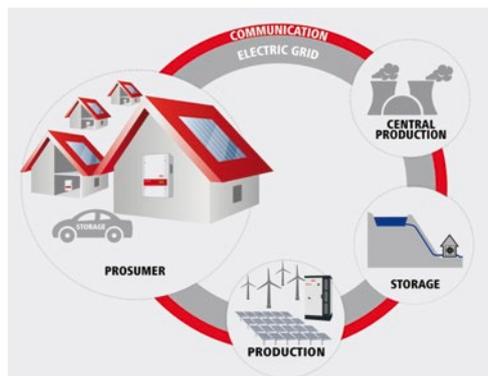


Abb.3: In einem Smart Grid werden intelligente Geräte im Stromnetz kommunikativ vernetzt.

ADVANCED GRID FEATURES

Wechselrichter können aufgrund ihrer schnellen und flexiblen internen Regelmechanismen zahlreiche Funktionen zu einem stabilen Netzbetrieb beisteuern. Diese Funktionen können Netzprobleme vermeiden und verhindern somit Strom- und in der Folge auch Ertragsausfälle. Sie ermöglichen den Anschluss von weit mehr PV-Anlagen ohne Ausbau des Stromnetzes, als dies ohne sie der Fall wäre.

Unter dem Begriff „Advanced Grid Features“ werden verschiedene Funktionen und Merkmale zusammengefasst.

Einige davon sind in manchen Ländern bereits vorgeschrieben, andere sind implementiert, aber noch nicht aktiviert. Sie können so nach Bedarf zugeschaltet und konfiguriert werden. Als Beispiel soll hier der Bedarf nach Spannungsregelung stehen: Eine der größten technischen Herausforderungen bei der Netzintegration stellt derzeit das Niederspannungsnetz mit seinen Spannungsgrenzen dar. Die Spannung im Niederspannungs-

netz ist an jedem Punkt im Stromnetz und zudem in jeder Phase unterschiedlich. PV-Wechselrichter können keine gefährlichen Überspannungen verursachen, da der NA-Schutz (Netz- und Anlagenschutz) den Wechselrichter trennt, sobald eine bestimmte Grenze erreicht ist (beispielsweise 110 % der Nennspannung). Die Trennung bedeutet jedoch einen Einspeisungsverlust für bestehende PV-Anlagen oder Beschränkungen für weitere Anlagen (Abb.4). Wechselrichter können auf verschiedene Arten auch ohne Energieverlust auf die Spannung einwirken. Durch die Bereitstellung von Blindleistung kann ein Wechselrichter die Spannung im Stromnetz beeinflussen.

Die Spannung kann durch die Einspeisung von Blindleistung erhöht und durch den Verbrauch von Blindleistung gesenkt werden. Eine richtig ausgelegte PV-Anlage kann ohne Energieverlust Blindleistung austauschen.

Dabei kann die Blindleistung auf verschiedene Arten geregelt werden. Die Möglichkeiten reichen von der einfachsten Art und Weise – einem festen Verschiebungsfaktor $\cos(\varphi)$ – bis hin zu einer optimierten und umfassend konfigurierbaren spannungsabhängigen Blindleistungsregelung. In Verbindung mit Kommunikation können diese lokalen Regelungsfunktionen im laufenden Betrieb dynamisch konfiguriert werden.

Gelegentlich reichen jedoch auch die besten Blindleistungsregelungen nicht aus, um die Netzspannung innerhalb der erforderlichen Grenzen zu halten. Insbesondere in Niederspannungsnetzen hat die Wirkleistung den größten Einfluss auf die Spannung. Deshalb können durch Beeinflussung der Wirkleistungseinspeisung des PV-Wechselrichters in das Stromnetz Überspannungen vermieden werden. Ein typisches Problem sind kurzfristige Überspannungen an Tagen mit sehr hoher Einstrahlung und gleichzeitig geringem Verbrauch. In diesen Fällen kann eine geringe Reduktion der erzeugten Leistung eine komplette Trennung aufgrund von zu hoher Spannung



DIE NEUE MODULGENERATION „MADE IN GERMANY“

- **Robust:**
Extrem widerstandsfähiger Glas/Glas-Verbund
- **Leistungsstark:**
25 % garantierter Mehrertrag*
- **Ästhetisch:**
Erfüllt höchste optische Ansprüche
- **Mehr Sicherheit:**
Bis zu 100 % längere Produktgarantie



Vision 60
✓ rahmenlos
✓ schwarzes Glas

Vision 60 balance
✓ schwarzer Rahmen
✓ transparentes Glas

Vision 60 smart
✓ silberner Rahmen
✓ transparentes Glas

Vision 60 black
✓ schwarzer Rahmen
✓ schwarzes Glas

* Gegenüber einem Standard-Glas/Folie-Modul unter gleichen Bedingungen, bezogen auf die gesamte Garantiezeit.

verhindern. Der Energieverlust aufgrund einer intelligenten spannungsabhängigen Leistungsreduktion ist weitaus kleiner

Verteilung der Lasten, die sich am gravierendsten auswirkt, kann durch gezielte asymmetrische Einspeisung von

ben sie deaktiviert. Sie können aktiviert und umfassend konfiguriert werden. In Absprache mit dem Netzbetreiber kann die Aktivierung entschieden werden und die optimalen Parameter können bestimmt und einfach eingestellt werden.

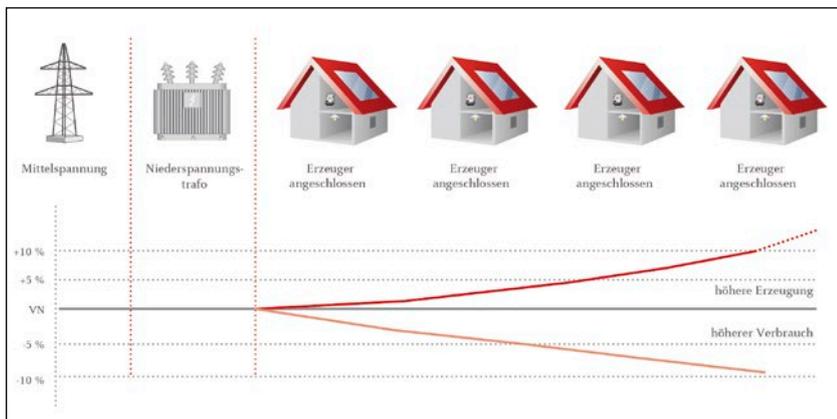


Abb. 4: Wird mehr Strom erzeugt als Lasten angeschlossen sind, steigt die Spannung entlang der Niederspannungsleitung.

als der durch eine Trennung verursachte Verlust.

Abb.5 zeigt die mögliche Konfiguration von spannungsabhängiger Wirk- und Blindleistungsregelung (P(U) & Q(U)).

In Dreiphasennetzen kann die Wirkleistungsregulierung noch besser und ganz ohne Verluste erfolgen. Die Spannungen der einzelnen Phasen des Stromnetzes sind sehr unterschiedlich. Wenn die Leistung einer Phase mit hoher Spannung auf eine Phase mit niedriger Spannung verlagert wird, können diese Spannungsunterschiede verringert werden und es wird verhindert, dass die PV-Anlage abschaltet. Möglich wird dies durch eine intelligente, phasenspezifische und spannungsabhängige Leistungsoptimierung. Diese Funktionen wurden in mehreren Smart Grid-Projekten getestet, die in Zusammenarbeit zwischen Fronius, Energieversorgungen und Forschungsinstituten durchgeführt wurden. Abb.4 zeigt ein Beispiel für die unterschiedlichen Spannungen in den verschiedenen Phasen eines Niederspannungsnetzes. Diese werden zum einen durch die asymmetrische Verteilung der Lasten im Stromnetz und zum anderen durch große einphasige Wechselrichter verursacht (Abb.6). Die ungleiche Leistungseinspeisung kann durch den verstärkten Einsatz von dreiphasigen Wechselrichtern reduziert werden. Die ungleiche

Wechselrichtern reduziert werden.

Je nach Stromnetzsituation kann mit Reactive Power Control in der Regel eine bis zu zweimal höhere Leistungseinspeisung erreicht werden. Mit der spannungsabhängigen Leistungsregelung kann das Problem der Überspannung ganz aus der Welt geschafft werden. Dies ist nur ein Beispiel zur Anwendung der Advanced Grid Features. Es sind zahlreiche andere Regelungsmodi möglich. Weitere wichtige Features sind Fault Ride Through mit verschiedenen Arten

KOMMUNIKATION

Kommunikation ist per Definition ein Hauptbestandteil von Smart Grids. Kommunikation sorgt für höchste Flexibilität der PV-Wechselrichter. Es gibt zwei Arten der Kommunikation:

Daten des Wechselrichters können an eine Steuerungseinheit oder einen automatischen Netz-Controller des Netzbetreibers gesendet werden. Beispielsweise kann die Ist-Leistung oder die Spannung an den Wechselrichteranschlussklemmen dabei helfen, die tatsächliche Stromnetzsituation zu bewerten und ggf. Maßnahmen zu ergreifen.

Über die Kommunikation zum Wechselrichter kann sein jeweiliger Betrieb beeinflusst werden. Sollte es beispielsweise aufgrund von vorübergehenden Netzbeschränkungen erforderlich sein, kann die Ausgangsleistung einer PV-Anlage auf jeden beliebigen Wert begrenzt werden. Weiters kann im gesamten Arbeitsbereich über das Kommunikationsnetz ein

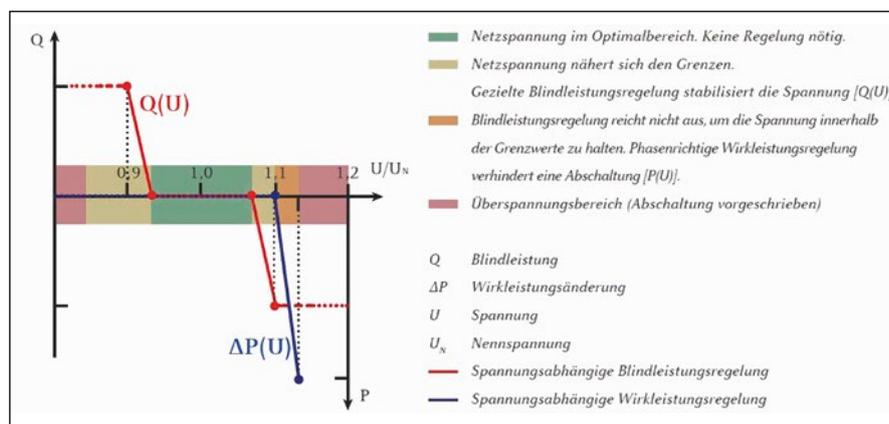


Abb. 5: Spannungsabhängige Wirk- und Blindleistungsregelung

der dynamischen Blindstromeinspeisung, frequenzabhängige Leistungsfunktionen, Gradienten Begrenzungen usw. Sämtliche Advanced Grid Features sind vollständig anpassbar. Solange sie nicht vom Netzbetreiber verlangt werden, blei-

Sollwert für die Blindleistung gesendet werden. Das heißt, es kann sofort jeder Wirk- und Blindleistungswert innerhalb des Arbeitsbereichs des Wechselrichters erreicht werden. Über das Kommunikationsnetz lassen sich aber nicht nur

Sollwerte festlegen. Im laufenden Betrieb können Regelmodi dynamisch konfiguriert werden und dies sogar ohne Neustart des Wechselrichters. So kann beispielsweise ein Smart Grid-Controller den Betrieb aller intelligenten Wechselrichter in einem bestimmten Netzbereich verändern und optimieren. Zum Beispiel können die Kenndaten der spannungsabhängigen Wirk- und Blindleistungsregelung (Abb.5) während des Betriebs ferngesteuert optimiert werden. Ziel dieser Art der Regelung ist es, ein Betriebsoptimum nicht nur lokal für ein Gerät,

sondern für einen größeren Teil des elektrischen Energiesystems zu finden. Dadurch lassen sich zum einen Verluste im Stromnetz und zum anderen gleichzeitig auch Leistungs- und Ertragsverluste auf Seiten der PV-Anlage verhindern. Die diesbezüglichen Möglichkeiten werden in Smart Grid-Feldversuchen wie dem Projekt DG DEMONET Smart LV Grid in Partnerschaft mit verschiedenen Verteilnetzbetreibern getestet. Die Feldversuche des Projekts laufen in Köstendorf (nahe Salzburg), in Eberstallzell und in

Haushalt zudem über Elektrofahrzeuge (Abb.7). Die verwendeten Kommunikationsprotokolle sind flexibel und können in

einen steigenden Bedarf an Smart Grid-Funktionen. Normen und Anforderungen haben sich bereits verändert und ändern

sich weiter. Schritt für Schritt wachsen die Aufgaben von PV-Wechselrichtern.

Eine PV-Anlage liefert mindestens 20 Jahre lang Solarenergie. Während dieser Zeit erwarten wir zahlreiche Veränderungen hinsichtlich der Netzintegrationsbestimmungen. Die Erfahrung hat uns gezeigt, dass es sogar nötig sein kann, bestimmte Funktionen nachrüsten zu können. Intelligente Funktionen und Kommunikationsfähigkeit werden künftig für

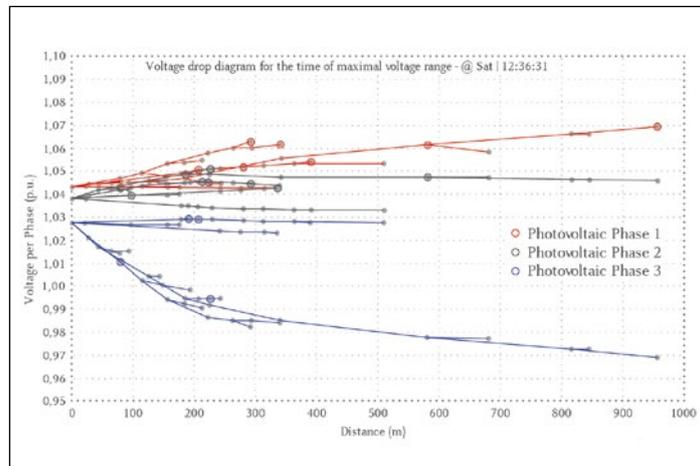


Abb.6: Spannung in verschiedenen Phasen entlang einer Niederspannungsleitung

verschiedene Protokolle übersetzt werden. Derzeit gibt es für Smart Grids kein Standardkommunikations-Protokoll. Die kommenden Jahre werden zeigen, ob sich sehr viele verschiedene Lösungen entwickeln oder sich eine kleine Zahl gängiger Protokolle durchsetzt, was zu einer Vereinfachung und Kostensenkung führen würde.

ZUKUNFTSSICHERHEIT

Smart Grids bieten zahlreiche Vorteile. Netzbetreiber können mehr PV-Anlagen

alle PV-Anlagengrößen obligatorisch sein. Deshalb muss der Fokus auf Produkte gelegt werden, die für das Smart Grid der Zukunft ausgelegt sind.

Genau deshalb sind Fronius Wechselrichter bereits jetzt mit zahlreichen Advanced Grid Features (AGF) ausgestattet, die bei Bedarf aktiviert werden können.

Nicht alle intelligenten Funktionen oder Kommunikationsmerkmale, die künftig zum Einsatz kommen werden, sind im Detail vorhersehbar. Umso wichtiger ist es, dass Systeme auferüstet werden können. Eine solche Aufrüstung kann als Aktualisierung auf reiner Softwarebasis stattfinden, flexible Wechselrichter lassen jedoch erforderliche Aufrüstungen auch auf Hardware-Ebene zu, z.B. über Plug-in-Platinen.

„Smart Grid Ready“ (Bereit für das Smart Grid) bedeutet Advanced Grid Features, Kommunikation und jede Menge Flexibilität für die Zukunftssicherheit. Sämtliche neuen Fronius Wechselrichter erfüllen diese Anforderungen.

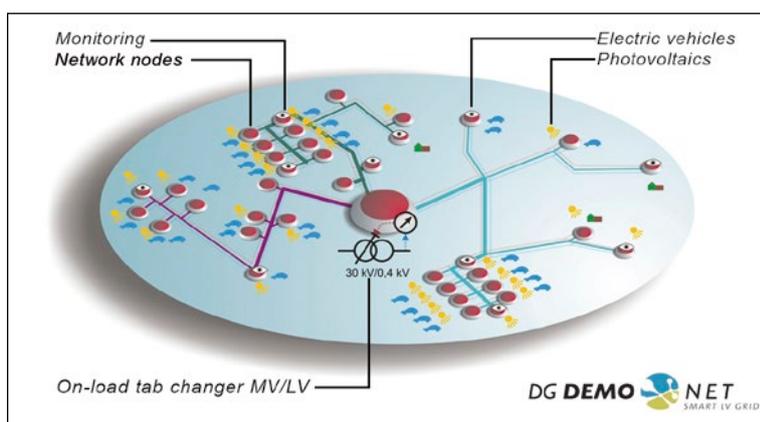


Abb.7: Niederspannungsnetz-Konfiguration in Feldtest. Intelligente Regelung der Wirk- und Blindleistung an Wechselrichtern (☀️), Überwachung mit Smart Metern zur besseren Netzauslegung (📡), Regelung des regelbaren Ortsnetztransformators (🔌) und steuerbare Lasten wie Elektrofahrzeuge (🚗).

Prendt (beide Oberösterreich). Hier sind auf fast jedem zweiten Haus PV-Anlagen montiert (130 Anlagen mit ~750 kW) und in einem Ort verfügt jeder zweite

in ein effizientes Stromnetz integrieren. Davon profitiert jeder Kunde, der eine PV-Anlage betreiben möchte. Deshalb erwarten wir in den kommenden Jahren

Autor

Dr.-Ing. Martin Heidl, Systemtechnik
Fronius, A-4600 Wels

Fotos und Grafiken: Abb.3-6: Fronius,
Abb.7: Energie AG, OÖ
www.fronius.com