EMV von Photovoltaikanlagen

18.11.2010, 15:05 Uhr
Kommentare: 7
Sicher arbeiten



Die Nutzung der Solarenergie ist ein weltweiter Bestandteil der Elektroenergieversorgung. (Bildquelle: Pixelci/iStock/Getty Images Plus)

Die Nutzung der Solarenergie ist weltweit ein integraler Bestandteil der Elektroenergieversorgung. Die PV-Anlagen stellen dabei für den Betreiber eine hohe Investition dar, die sich in der vorhergesehenen Zeit amortisieren sollte.

Deshalb steht die Verfügbarkeit der PV-Anlage, d. h. die Stromproduktion, an erster Stelle.

Eine PV-Anlage besteht aus einem PV-Generator (PV-Module), Verkabelung und Wechselrichter. Dazu kommen die Überwachungs-, Regel- und Steuerungssysteme sowie die Netzanschlusstechnik für das öffentliche Stromnetz.

EMV-Systemverhalten von Photovoltaikanlagen

Die technische Relevanz der elektromagnetischen Verträglichkeit bei Photovoltaikanlagen ergibt sich in erster Linie daraus, dass Wechselrichter in Abhängigkeit von ihrem Schaltungsprinzip aufgrund schneller Schaltvorgänge und steiler Schaltflanken eine breitbandige elektromagnetische Störquelle darstellen.

Dabei können hochfrequente Störströme über die angeschlossene Gleich- und Wechselstromverkabelung auf die Module bzw. das Versorgungsnetz übertragen werden.

Eine PV-Anlage ist durch eine ausgedehnte Gleichstromverkabelung und eine großflächige Ausdehnung, verursacht durch die Module, gekennzeichnet. Daraus resultiert, dass äußere elektromagnetische Störungen wie z.B. induzierte Spannungen, verursacht durch Blitzeinschläge, in die PV-Anlage eingekoppelt werden können.

EMV von PV-Wechselrichtern auf der Wechselspannungsseite

Ein Wechselrichter kann durch interne Schaltvorgänge unerwünschte Signalspektren erzeugen. Für die Analyse der Ausbreitung der Störungen sowie die Zusammenhänge

zwischen Strom und Spannung der Störspektren ist es notwendig, die gesamte PV-Anlage inklusive der Netzanbindung zu modellieren.

Je nach Anlagenkonfiguration können sich die auf den Anschlussleitungen des Wechselrichters sowie auf den Gleichstromleitungen ausbreitenden Störsignale stark unterscheiden. Mithilfe eines kommerziellen Simulationsprogramms können die Zusammenhänge in dem Systemmodell untersucht werden.

Zur Simulation sollten die wesentlichen Hauptkomponenten (PV-Generator (PV-Module), Gleichstromhauptleitung, Wechselrichter und Netzanbindung) einer PV-Anlage berücksichtigt werden.

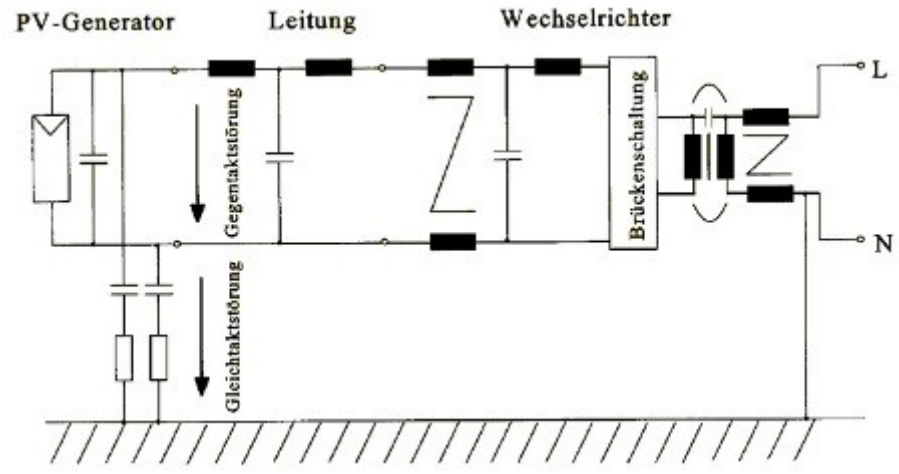


Abb. 1: Ersatzschaltbild einer PV-Anlage (Quelle: Forschungsverbund Sonnenenergie)

In der Ersatzschaltung werden Erdkapazitäten berücksichtigt, die wesentlich von der Größe und Bauart des PV-Generators abhängen. Für die Leitungen wurde das gängige Ersatzschaltbild, bestehend aus Längsinduktivitäten und Parallelkapazitäten, verwendet.

Für den Wechselrichter wurde ein vereinfachtes Ersatzschaltbild, basierend auf einem realen Produkt, herangezogen. Dabei wurden teilweise Filterschaltungen einbezogen, um die Wirkung spezieller Entstörmaßnahmen zu simulieren. Die Netzanbindung wurde als einfaches Modell entsprechend der Norm EN 60555-3 verwendet.

In Abbildung 2 sind der Signalverlauf und das Störspektrum des Gleichtaktstroms bei der Simulation eines selbstgeführten Wechselrichters ohne Transformator dargestellt.

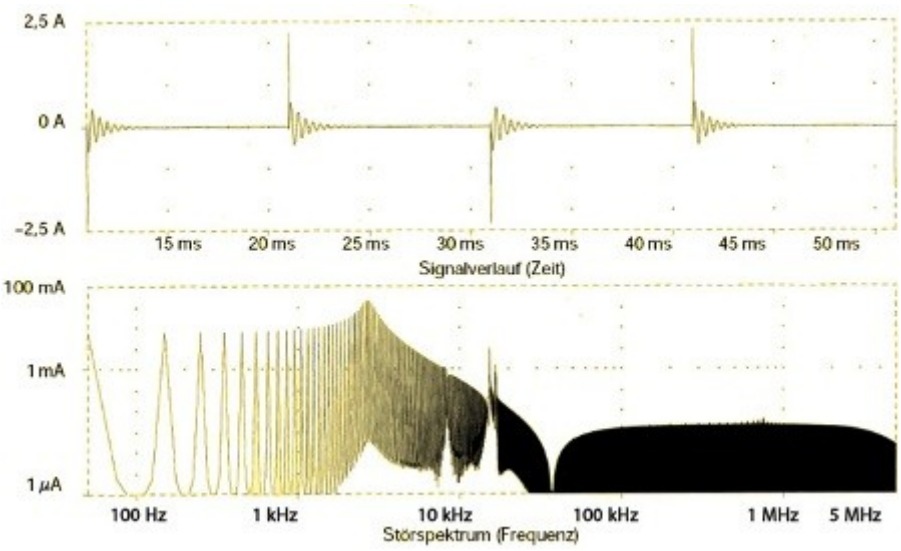


Abb. 2: Simulierter Signalverlauf und Störspektrum eines selbstgeführten Wechselrichters ohne Transformator (Quelle: Forschungsverbund Sonnenenergie)

Die Simulation hat gezeigt, dass bei einem netzgeführten Wechselrichter durch langsame Schaltvorgänge der Leistungselektronik und relativ geringe Schalthäufigkeit oberhalb von 20 kHz geringe Spektralanteile erzeugt werden. Jedoch werden durch Resonanzen der Bauelemente des Wechselrichters mit den Kapazitäten am PV-Generator sowie der Induktivität der Netzanbindung Amplitudenerhöhungen auftreten.

Bei einem selbstgeführten Wechselrichter treten auch bei höheren Frequenzen Störsignale auf, die aber durch Filterung erheblich gedämpft werden können. Mit dem bei diesen Wechselrichtern üblichen Transformator wurde durch die galvanische Trennung zwischen Gleich- und Wechselspannungsseite der Störpfad von der Wechselrichterbrücke über die Erdkapazität des PV-Generators und den Erdungspunkt des Netzes unterbrochen. Das führt zu einer wesentlichen Verringerung von Gleichtakt-Störströmen.

EMV von PV-Wechselrichtern auf der Gleichspannungsseite

PV-Anlagen können unter bestimmten Bedingungen elektromagnetische Wellen abstrahlen. Die meistens als Störungen in der Umgebung wahrgenommenen elektromagnetischen Wellen werden ausschließlich von einer elektrisch aktiven Quelle, z.B. Wechselrichter oder Gleichspannungsladeregler, generiert.

Weitergehende Untersuchungen des Betriebsverhaltens von Wechselrichtern zeigen, dass insbesondere neue Schaltungs- und Modulationsprinzipien (hohe Taktfrequenzen) in den Geräten zu überhöhten Störungen im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz führen.

Aufgrund dieser ermittelten Störleistungen können elektromagnetische Felder vom Generator und von den DC-Leitungen abgestrahlt werden. Abbildung 3 zeigt einen Freifeld-Messaufbau zur EMV-Messung von PV-Anlagen.



Abb. 3: EMV-Messung der elektromagnetischen Abstrahlung eines PV-Generators (Quelle: ISET)

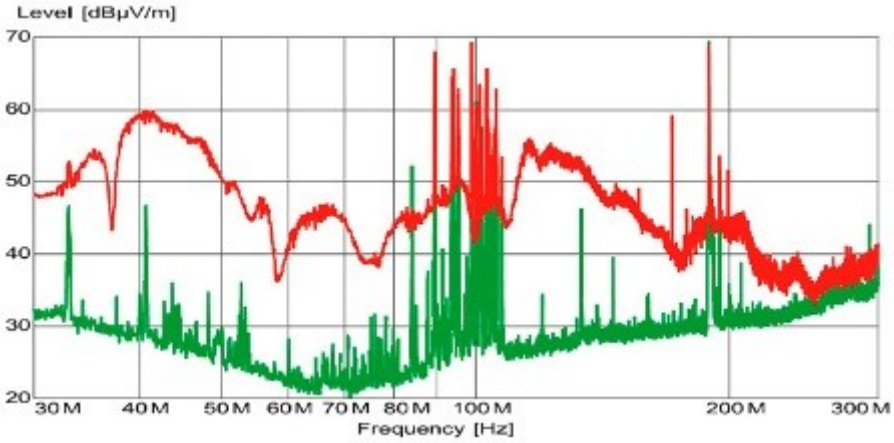


Abb. 4: Funkstörfeldstärkemessung einer realen PV-Anlage im Frequenzbereich von 30 bis 300 MHz in 3 m Abstand (Quelle: ISET)

In Abbildung 4 wird die Funkstörfeldstärke eines PV-Generators, die im Test von einem PV-Wechselrichter verursacht wurde, im Vergleich zur Hintergrundstrahlung dargestellt.

Relevante EMV-Normen für Photovoltaikanlagen

EMV-Messungen an Solarinvertern sind durch die Normungsbehörden derzeit noch nicht ausreichend spezifiziert. Daraus resultiert, dass eine eindeutige Zuordnung nicht möglich ist. Man kann Solarinverter z.B. als Haushaltsgeräte, als ISM-Gerät oder als informationstechnisches Gerät einordnen.

Entsprechend würden die Normen EN 55014, EN 55011 oder EN 55022 zur Anwendung kommen. Derzeit werden von der IEC Normen speziell für Photovoltaikanlagen erarbeitet. Die laufenden Normungsprojekte des Komitees K 373 „Photovoltaische Solarenenergie-Systeme“ sind:

- Norm für Solarzellen
- Norm für Solarscheiben
- Norm zur Verifizierung von Simulationsprogrammen
- Norm zur Verifizierung von Simulationsprogrammen
- Norm für Steckverbinder für PV-Systeme
- Norm für Photovoltaik im Bauwesen

Hersteller von Solarinvertern geben heute an, dass ihre Geräte folgenden Normen

entsprechen, und kennzeichnen sie mit dem CE-Zeichen:

- Gerätesicherheit nach EN 60950-1:2003-08 sowie EN 50178:1998-04
- Störaussendungen nach EN 61000-6-3:2002-08 sowie EN 61000-6-4:2002-08
- Netzrückwirkungen nach EN 61000-3-2:2001-12

Messtechnik zur EMV-Überprüfung bei Photovoltaikanlagen

Zur Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit der Komponenten der PV-Anlage werden gegenwärtig Messsysteme verwendet, welche die Messdaten im Frequenzbereich erfassen.

Die Emissionsmessungen mit Messmitteln nach der internationalen Norm des International Special Committee on Radio Interference (CISPR) 16-1 und die Messmethoden nach CISPR 16-2 werden im Frequenzbereich durchgeführt. Messungen abgestrahlter Emission werden im Frequenzbereich von 30 bis 1.000 MHz gemessen.

Alternativ zur klassischen EMV-Messtechnik sind Messverfahren im Zeitbereich stark im Kommen. Die Hauptvorteile der Zeitbereichsmesstechnik sind die dramatisch verkürzte Messzeit und die zusätzlich zur Auswertung zur Verfügung stehende Phaseninformation über das Messsignal.

Weitere Beiträge

→ Prüfung von PV-Anlagen nach DGUV-Vorschrift 3

→ Kennlinienmessung während des Betriebs

→ Sind Photovoltaik-Inselanlagen meldepflichtig?

→ Durchführung von Erdungsmessungen

→ Photovoltaik: rasanter Ausbau weltweit

→ Arbeiten unter Spannung an PV-Anlagen

→ Elektrische Sicherheit von PV-Anlagen

→ Anforderungen der DIN EN 62446

→ Blitz- und Überspannungsschutz bei Photovoltaik-Anlagen

Autor:

Dr.-Ing. Florian Krug

Technologiemanager und Sachverständiger im Bereich Erneuerbare Energien

Dr. Florian Krug ist Technologiemanager und Sachverständiger im Bereich Erneuerbare Energien sowie Autor von mehr als 100 Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Zeitschriften.

