

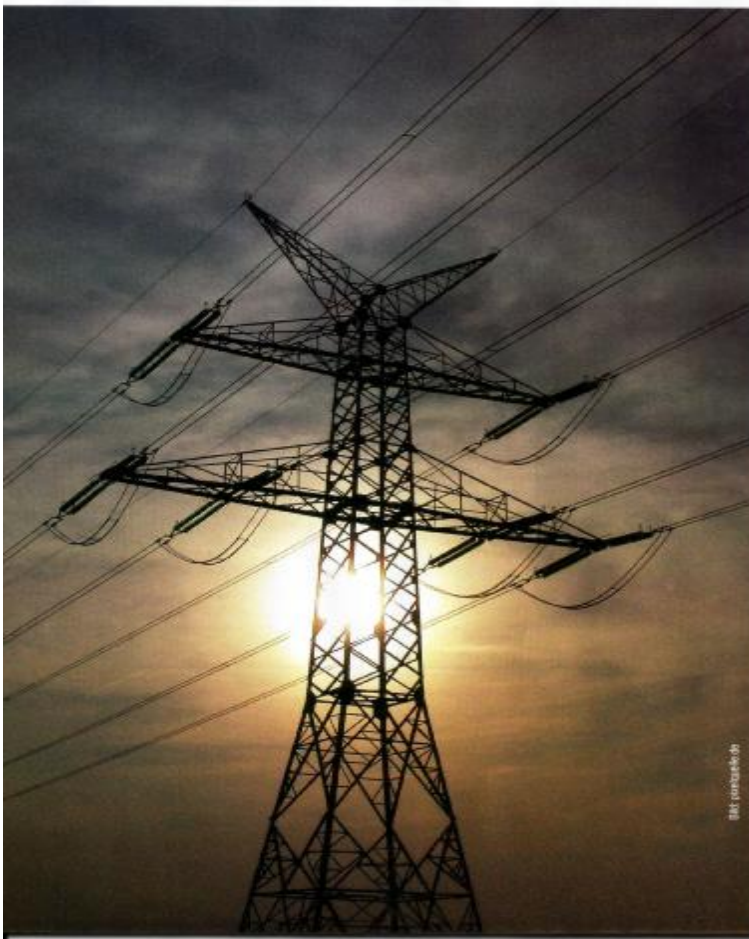
■ Passive Bauelemente

# Induktivitäten in Fotovoltaik-Anlagen

Netzeinspeisung mithilfe von Solarwechselrichtern

Solaranlagen erzeugen Gleichstrom, der von Wechselrichtern in netzgerechten Wechselstrom umgewandelt wird. Dabei kommen induktive Elemente wie Stromsensoren, Funkentstördrosseln und Übertrager zum Einsatz. Diese Bauteile müssen äußerst zuverlässig und präzise sein.

Roman Klinger\*



■ In Zeiten eines drohenden Klimawandels kommt der Nutzung erneuerbarer Energieformen besondere Bedeutung zu. Nach Zahlen des Bundesverbandes Erneuerbare Energien (BEE) wuchs die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland um 11,1% auf 71,5 Mrd. kWh und erreichte damit einen Anteil von 11,6% am Bruttostromverbrauch. Es ist davon auszugehen, dass sich der Trend zu niedrigeren Stückkosten mit neuen Produktionstechniken und immer größeren Solarfabriken fortsetzen wird.

## Stromsensoren messen Einspeisung ins Netz

Bei netzgekoppelten Anlagen wird der von den Solarmodulen erzeugte Gleichstrom mittels eines Wechselrichters in netzüblichen Wechselstrom (115 oder 230 V) umgewandelt und ins Stromnetz eingespeist. Stromsensoren in Solarwechselrichtern überwachen den Ausgangswechselstrom, der in das Stromnetz eingespeist wird, und dessen Gleichstromanteil. Für den Betreiber einer Solarstromanlage ist eine präzise Strommessung besonders wichtig, da diese die Grundlage der Einspeisevergütung darstellt.

Die Stromsensoren der Vacuumschmelze arbeiten mit Magnetfeldsonden aus amorphen Co-Legierungen und unterscheiden sich von herkömmlichen Hall-Element-Kompensationssensoren unter anderem durch einen sehr kleinen Offsetstrom und eine kaum messbare Langzeitdrift. Da der Offsetstrom nahezu unabhängig von der Temperatur ist, arbeiten die Stromsensoren unter verschiedenen Einsatz- und Betriebsbedingungen sehr genau.

Der maximal ins Netz gespeiste Gleichstrom ist in den einzelnen Ländern unter-

\*Dipl.-Ing. Roman Klinger ist Produkt Marketing Manager, Bereich Kerne- und Bauelemente Industrie-Anwendungen bei der Vacuumschmelze GmbH & Co. KG.

Verfasser/Autor: Hr. Klinger, KB-PM IA

Tel. 06181 / 38-2368

E-Mail: [Roman.Klinger@vacuumschmelze.com](mailto:Roman.Klinger@vacuumschmelze.com)

**VACUUMSCHMELZE GmbH & Co. KG**

Postfach/P.O.Box 22 53 D-63412 Hanau

( (\*\*49) 61 81/38-0

Fax (\*\*49) 61 81/38-8 26 45

<http://www.vacuumschmelze.com>

## Passive Bauelemente

schiedlich geregelt. In Deutschland liegt diese Obergrenze bei 1 A, während in anderen europäischen Ländern nur wenige mA zulässig sind. Festgelegte Höchstgrenzen sind notwendig, da sonst durch Gleichstromanteile im Netz der Orts-transformator oder Transformatoren von anderen am Netz liegenden Geräten gesättigt werden oder FI-Schutzschalter auslösen können. Prinzipbedingt sind die Stromsensoren mit amorphen Magnetfeldsonden in der Lage, sowohl Gleichströme als auch hochfrequente Wechselströme mit einer Genauigkeit von 0,3% zu erfassen.

### Verbesserter Wirkungsgrad durch optimierte EMV-Filter

Weiterhin kommen in den EMV-Filtern von Solarwechselrichtern stromkompensierte Funkentstördrosseln zum Einsatz. Diese befinden sich meist sowohl am Eingang des Wechselrichters – zwischen Solarpanel und Wechselrichter – als auch am Ausgang zum Stromnetz hin (Bild 1). Stromkompensierte Drosseln dämpfen beziehungsweise begrenzen unerwünschte Gleichtakt-Störpegel oder Störspannungen. Durch überhöhte Störpegel können sich verschiedene elektronische Geräte elektromagnetisch beeinflussen. Die Grenzwerte dieser Störpegel, welche die Anlagen nicht überschreiten dürfen, sind beispielsweise nach EN 61000-6-3 oder EN 55014 international festgelegt.

Hauptkomponenten der stromkompensierten Funkentstördrosseln sind hochpermeable Ringbandkerne aus der nanokristallinen Legierung Vitroperm (s. Tabelle), die hauptsächlich aus Fe, Si und B mit Zusätzen von Nb und Cu besteht. Damit lassen sich sehr kleine und leistungsfähige EMV-Filter mit guten Langzeiteigenschaften und hoher Temperaturkonstanz herstellen. Das verbessert die Zuverlässigkeit und erhöht den Wirkungsgrad. Nach jüngsten Untersuchungen lässt sich bei vielen Filterkonfigurationen der Wir-



■ Stromsensoren und stromkompensierte Funkentstördrosseln sind unverzichtbare Bauteile in Solarwechselrichtern

kungsgrad des Gesamtsystems weiter optimieren, indem die Anzahl der Filterstufen reduziert wird. Sehr häufig finden sich heute zweistufige EMV-Filter, die aus zwei stromkompensierten Drosseln, einigen Kondensatoren und gegebenenfalls weiteren Komponenten aufgebaut sind (Bild 2). Aufgrund der sehr breitbandigen Dämpfungseigenschaften nanokristalliner Funkentstördrosseln kann in vielen Fällen eine Filterstufe entfallen (Bild 3). Dies führt zu geringeren Systemverlusten, wodurch sich der Wirkungsgrad von über 95% noch etwas steigern lässt. Durch das besondere Eigenschaftsprofil aus niedrigen Verlusten und hohem Induktionshub eignen sich nanokristalline Kernwerkstoffe auch gut für getaktete Leistungsübertrager.

Grundsätzlich gibt es Solarwechselrichter mit Übertrager als auch transformatorlose Systeme. Unabhängig davon wird in allen Fällen die Gleichspannung der Solarmodule in eine Wechselspannung von 50 oder 60 Hz überführt, die entweder ins Stromnetz eingespeist oder direkt den Verbrauchern vor Ort zugeführt wird. Niederfrequenzübertrager trennen den Wechselrichter galvanisch vom Stromnetz und übertragen die dort erzeugte Spannung auf die Netzseite. Dagegen sitzen zwischen Solarpanel und dem so genannten Zwischenkreis des Wechselrichters Mittelfrequenzübertrager (Bild 1). Sie halten die Zwischenkreisspannung auch bei variierender Spannung des Solarpa-

Werkstoff	MnZn Ferrit	Co amorph Vitrovac	nano-kristallin Vitroperm
	Werkstoffbasis	Mn Zn	ca. 50 – 70% Co
Anfangspermeabilität $\mu_{\text{eff}}$ (10 kHz)	20.000	150.000	200.000
Typ. Verluste $P_{\text{Fe}}$ (25 kHz, 200 mT, 100 °C)	17 W/kg	3 W/kg	3 W/kg
Sättigungsinduktion $B_{\text{s}}$	< 0,48 T	< 1,0 T	1,2 T
Koerzitivfeldstärke $H_{\text{c}}$	5 ... 60 A/m	< 3 A/m	< 3 A/m
Öbere Daueranwendungstemperatur $T_{\text{ob}}$	< 100 °C	120 °C	120 ... 140 °C

Tabelle: Eigenschaften unterschiedlicher Kernmaterialien im Vergleich

## Passive Bauelemente

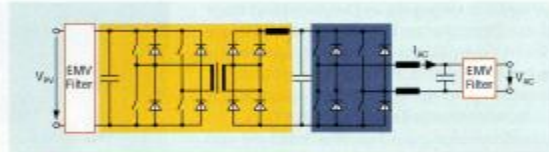


Bild 1:  
Schaltungstopologie mit Mittelfrequenztransformator (Quelle: SMA)

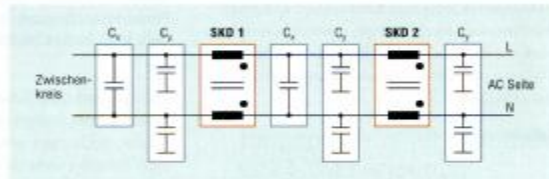


Bild 2:  
Zweistufiger konventioneller EMV-Filter mit stromkompensierten Drosseln

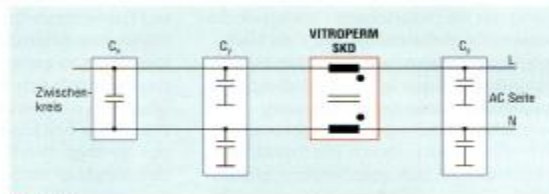


Bild 3:  
Einstufiger EMV-Filter mit nanokristalliner Vitroperm-Funkentstördrossel

- nels stabil und sorgen ebenfalls für die galvanische Trennung zwischen Solarmodulen und Stromnetz. Die typischen Schaltfrequenzen der Mittelfrequenztransformatoren liegen bei etwa 30 bis 100 kHz. Im Vergleich zu konventionellen Kernwerkstoffen erzielen die mit nanokristallinen Ringbandkernen aus Vitroperm aufgebauten Übertrager aufgrund der wesentlich höheren Aussteuerbarkeit und niedrigen Ummagnetisierungsverlusten einen hohen Wirkungsgrad bei verhältnismäßig kleinen Einbauvolumina. Bei Solarwechselrichtern sind höchste Zuverlässigkeit und selbst nach langjährigem Betrieb höchste Genauigkeit sowie ausgeprägte Kosten- und Energieeffizienz gefordert. Solaranlagen, die diese Anforderungen erfüllen, werden einen immer größeren Anteil am Energiemix der Zukunft haben. Innovative Werkstoffe, präzise Stromsensoren, breitbandige Funkentstördrosseln und verlustarme Übertrager sind unabdingbare Komponenten dieser Systeme. (am)

Vacuumschmelze Tel. +49(0)6181 380

[www.elektronikpraxis.de](http://www.elektronikpraxis.de)

Datenblätter zu Induktivitäten in Solarwechselrichtern (PDF)

VAC: Produktübersicht Kerne und Induktivitäten

InfoClick

200301