

**Nachführsysteme für
Photovoltaikanlagen**
Simple Lösungen sind gefragt

**SONDERDRUCK
REFU**

Freiflächenanlagen

Vereinfachte Montage durch Erdanker

Debatte

Fördermodell Ontario:
Vorbild für das deutsche EEG?

Wechselrichter

Im Test: REFUSOL 13k und 17k sowie Fronius IG Plus 100

Service

Seminarplaner
Preisindex für Module und Wechselrichter
137 neue Solarfirmen

Königsmörder

Kaum hat SMA mit dem Sunny Tripower die Krone für den höchsten bislang gemessenen PHOTON-Wirkungsgrad erobert, da stößt Refu den Marktführer schon wieder vom Thron

Als »neuer Maßstab« wurde in der vorigen Ausgabe von PHOTON Profi der »Sunny Tripower« von SMA begrüßt. Dies bezog sich auf dessen innovatives Konzept, aber auch auf den bis dahin unerreichten PHOTON-Wirkungsgrad. In dieser Hinsicht gibt es nun allerdings schon wieder eine neue Messlatte: Die Refu Elektronik GmbH aus dem baden-württembergischen Metzingen übertrifft mit ihrem REFUSOL 17K die Resultate des Tripower, während der kleinere Bruder REFUSOL 13K (Testbericht auf Seite 57) bei Gewichtung für mittlere Einstrahlung mit ihm gleichzieht und bei hoher Einstrahlung noch eine Winzigkeit besser abschneidet. Die beiden Refu-Geräte, Anfang August im Rahmen der hierfür üblichen Testvereinbarung vom Hersteller zur Verfügung gestellt, bilden somit das neue Spitzenduo unter allen bisher vom PHOTON-Labor getesteten Wechselrich-

tern. Noch interessanter werden sie durch ihre überdurchschnittlich gute Ausstattung und eine Schaltungstopologie, mit der sie besser als die meisten anderen traflosen Geräte für die Verwendung von Dünnschichtmodulen geeignet sind.

Aufbau

Der REFUSOL 17K gehört zu einer Baureihe mit AC-Nennleistungen von 10.000 bis 19.200 Watt. Alle Modelle dieser Familie beruhen auf einer Schaltung ohne Netztrenntrafo. Der Aufbau des REFUSOL 17K ist sehr kompakt und fertigungsfreundlich. Das Gerät macht einen guten und vollwertigen Eindruck und ist für einen dreiphasigen Wechselrichter dieser Leistung sehr leicht und klein.

Die Innenarchitektur folgt einem mehrlagigen Aufbau: Auf der oberen Ebene befinden sich die Steuerplatine und die DC-Filterplatine mit dem Schaltnetzteil für die Hilfsspannungsversorgung, im unteren Bereich eine große Leistungsteilleiterkarte. Drei Sinusfilterdrosseln und vier Speicherdrosseln der Hochsetzsteller sind in einem separaten Teil des Gehäuses eingegossen. Die Leistungsteilleiterkarte trägt alle Komponenten der eingangsseitigen DC-Wandler, den Spannungszwischenkreis mit den Elektrolytkondensatoren und die Ausgangsbrücken. Die Leistungshalbleiter befinden sich in drei separaten Gehäusemodulen und sind an der Unterseite der Leiterkarte eingelötet. Zur Kühlung sind sie auf einen großen, auf der Gehäuserückseite untergebrachten und nicht zwangsbelüfteten Kühlkörper montiert.

Die eingesetzten Elektrolytkondensatoren im Leistungsteil und auch in der

Photon
DAS SOLARSTROM-MAGAZIN

REFUSOL 17K

sehr gut +

97,4 % für mittlere Einstrahlung 10/2010

www.photon.de

Photon
DAS SOLARSTROM-MAGAZIN

REFUSOL 17K

sehr gut +

97,6 % für hohe Einstrahlung 10/2010

www.photon.de

Steuerelektronik gehören der Temperaturklasse 105 Grad Celsius an, sind also, bezogen auf die Umgebungstemperatur, gut ausgelegt.

Unterhalb der Leiterkarten arbeitet ein großer interner Lüfter und verhindert die Bildung von Wärmenestern. Seine Lebensdauer ist mit 80.000 Stunden bei 40 Grad Celsius ausgewiesen – das sind rund neun Jahre ununterbrochener Laufzeit, die unter normalen Umständen auf jeden Fall für ein Wechselrichterleben reichen sollten. Sollte der Lüfter trotzdem ausfallen, ist er ohne großen Aufwand leicht demontierbar. Das Gehäuse genügt der Schutzart IP 65 und besteht aus drei Teilen: dem Rahmen, der Abdeckung und dem rückwärtigen Kühlkörper.

Für die Sicherheit sorgt eine selbsttätige Freischaltstelle, die das Netz auf korrekte Spannung und Frequenz überprüft. Zudem erfolgt eine Isolationsprüfung hinsichtlich des Isolationswiderstands zwischen den Anschlüssen des Solargenerators und der Erde und außerdem eine Prüfung des netzseitigen Ableitstromes.

Der Solargenerator wird mithilfe von MC4-Steckverbindern der Firma Multi-Contact angeschlossen, es sind vier Anschlusspaare vorhanden. Der Netzanschluss erfolgt durch einen großen sechspoligen Stecker von Phoenix Contact. Nach der Konfektionierung kann dieser mit zwei Schrauben am Wechselrichtergehäuse befestigt werden. Unterhalb des Gehäuserahmens neben den DC-Steckern besitzt der REFUSOL 17K einen DC-Trennschalter.

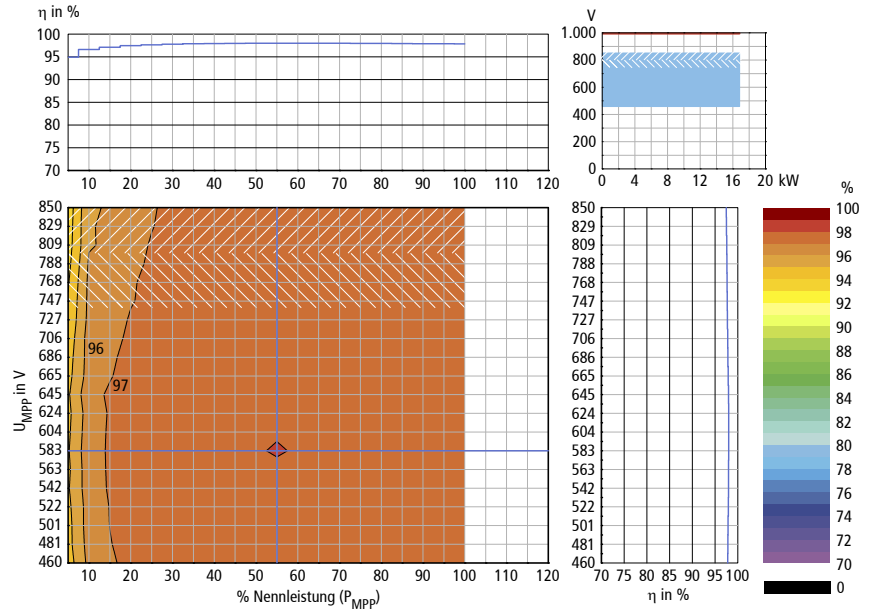
Die Displayleiterkarte ist in der Gehäuseabdeckung montiert und mit einer durchsichtigen Folie abgedeckt. Der

o Für Querleser

- Der REFUSOL 17K ist ein dreiphasig einspeisender Wechselrichter ohne Transformator mit 16,8 Kilowatt DC-Nennleistung.
- Das Gerät ist für Außen- und Innenmontage geeignet und verfügt über eine umfangreiche Ausstattung sowie Erweiterungsoptionen.
- Der Wirkungsgrad ist sehr hoch und nur minimal von MPP-Spannung und Leistung beeinflusst. Dies führt zu einem exzellenten PHOTON-Wirkungsgrad von 97,4 Prozent.

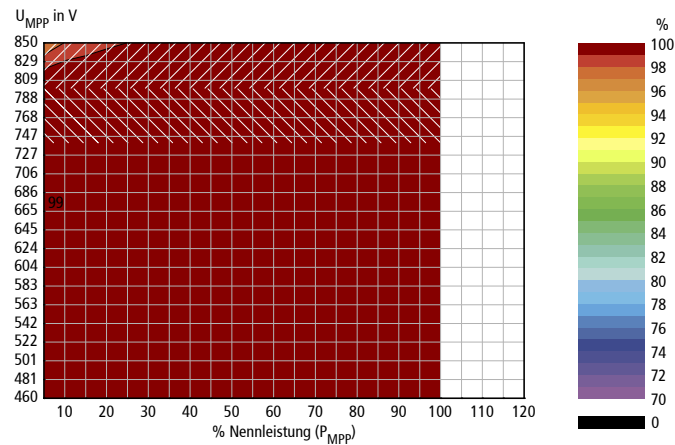
Umwandlungswirkungsgrad

► Auf höchstem Niveau: Eine derart gleichmäßige Entfaltung des Umwandlungswirkungsgades über den MPP-Spannungs- und den Leistungsbereich ist selten anzutreffen



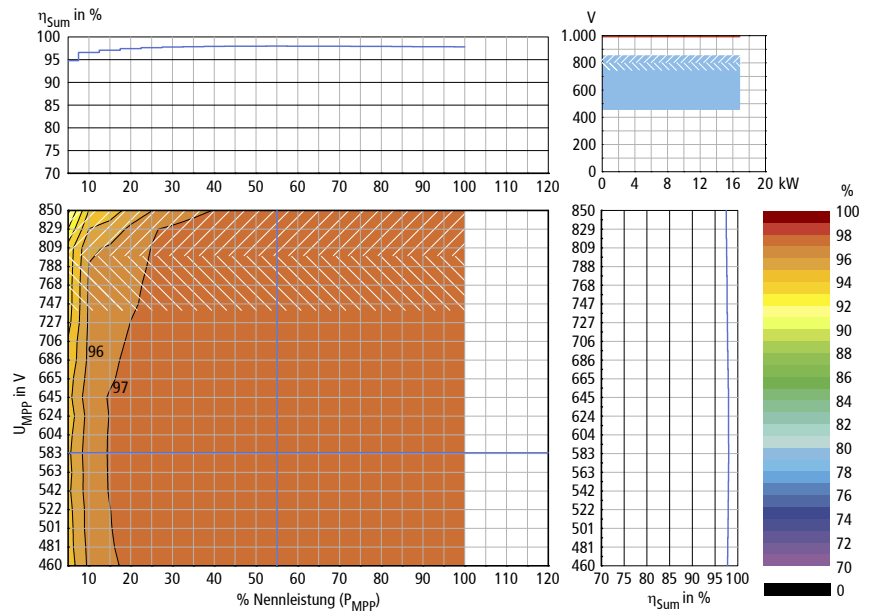
× MPPT-Anpassungswirkungsgrad

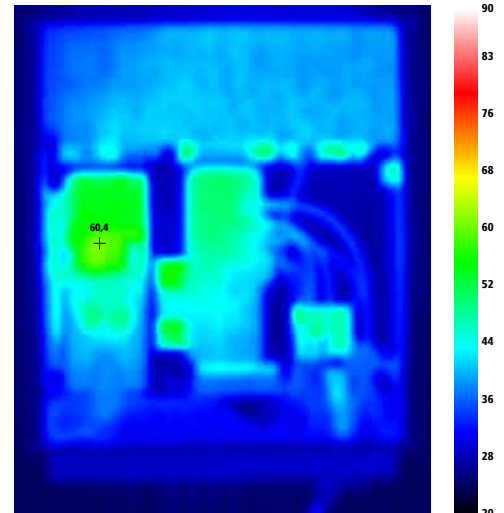
► Winzige Schwäche: Das MPPT-Tracking hat einen kleinen Einbruch bei niedriger Leistung und hohen Spannungen – sonst wäre das Gesamtergebnat des REFUSOL 17K womöglich noch einen Zehntelprozentpunkt besser



= Gesamtwirkungsgrad

► Die Grafik zum Verlauf des Gesamtwirkungsgrades bietet ein erfreuliches Bild, gewissermaßen den Vorgeschmack auf den hervorragenden PHOTON-Wirkungsgrad





▲ Der REFUSOL 17K kommt an keinem der für die Thermografiekamera sichtbaren Bauteile in die Nähe kritischer Temperaturen, der mehrlagige Aufbau versperrt allerdings die Sicht auf den Leistungsteil

Gerätezustand wird außerdem durch vier LEDs vermittelt. Der Wechselrichter besitzt diverse Anschlussmöglichkeiten für externe Geräte: Einstrahlungs- und Temperatursensor, Relais (230 Volt / zwei Amperere AC), RS485 (Ein- und Ausgang), USB und Ethernet.

Über die USB- oder Ethernet-Schnittstelle kann mit dem Gerät kommuniziert oder auch die Firmware aktualisiert werden. Zusätzlich enthält das Gerät einen internen Datenlogger, der insgesamt 40 Messwerte aufnehmen kann. Diese müssen einzeln eingeschaltet und parametrisiert werden.

Folgende Ausstattungsoptionen sind vorgesehen:

- größerer Netzanschlussstecker,
- diverse Photovoltaiksteckverbinder,
- Fernüberwachung mithilfe verschiedener externer Überwachungsgeräte,
- ein Lüftermodul zum Bau von Wechselrichtertürmen (»Powercap«).

Handhabung

Das Gerät kommt, von dicken Pappen geschützt, gut verpackt beim Anwender an. An der Wand wird es mithilfe einer Halterung befestigt, was bei 40 Kilogramm Gewicht ein für diese Leistungsklasse vergleichsweise leichtes Unterfangen ist.

Ist der Solargenerator richtig ausgelegt und der DC-Freiswitcher betätigt, kann der Wechselrichter an den Start und benötigt dann noch circa 126 Sekunden für verschiedene Tests, bevor er die Arbeit aufnimmt.

Das in der Ebene der Frontabdeckung liegende, weiß hinterleuchtete Display ist gut ablesbar, die Anzeige erfolgt wahlweise auf Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch und Tschechisch. Mithilfe

von acht Tasten können Einstellungen vorgenommen werden. Eine »Default«-Anzeige gibt einen Überblick zu AC-Leistung, AC-Spannung, DC-Spannung und Tagesenergieertrag. Daneben gibt es ein Istwerte-Menü zu DC-Leistung, DC-Spannung, DC-Strom sowie AC-Leistung, AC-Spannung, AC-Strom und AC-Frequenz. Ebenfalls abrufbar sind die Kühler- und Innenraumtemperatur des Geräts sowie – bei Anschluss entsprechender Sensoren – die Einstrahlung und die Modultemperatur. Daneben lassen sich am Display absolute und normierte Ertragsdaten (Tages-, Monats-, Jahres- und Gesamtwerte) ablesen. Die eingespeisten Strommengen des Tages oder der vergangenen Tage können als Säulendiagramm angezeigt werden. Somit stehen sehr viele Werte in übersichtlicher Form zur Verfügung.

Bedienungsanleitung

Dem Gerät beigelegt ist eine gedruckte Kurzfassung der Betriebsanleitung und eine ausführliche, als PDF-Datei auf CD gespeicherte Version in Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Niederländisch, Spanisch und Tschechisch. Nur auf der CD ist zusätzlich eine koreanische Version verfügbar. Die Kurzfassung ist für den schnellen Anschluss des Wechselrichters gedacht, sie enthält neben den technischen Daten einige allgemeine Erläuterungen und Hinweise zu Montage, Anschluss und Inbetriebnahme. Zur Menüführung gibt es eine Übersichtsgrafik. Des Weiteren werden die Bedienung des Displays, der Netzanschluss und der DC-Anschluss erläutert. Die ausführliche Betriebsanleitung auf CD enthält zudem viele Grafiken und eine ausführliche Darstellung der sehr umfangreichen Menüstruktur. Beide Vari-

anten, die kompakte und die ausführliche, sowie die technischen Daten können auch von der Website des Herstellers heruntergeladen werden.

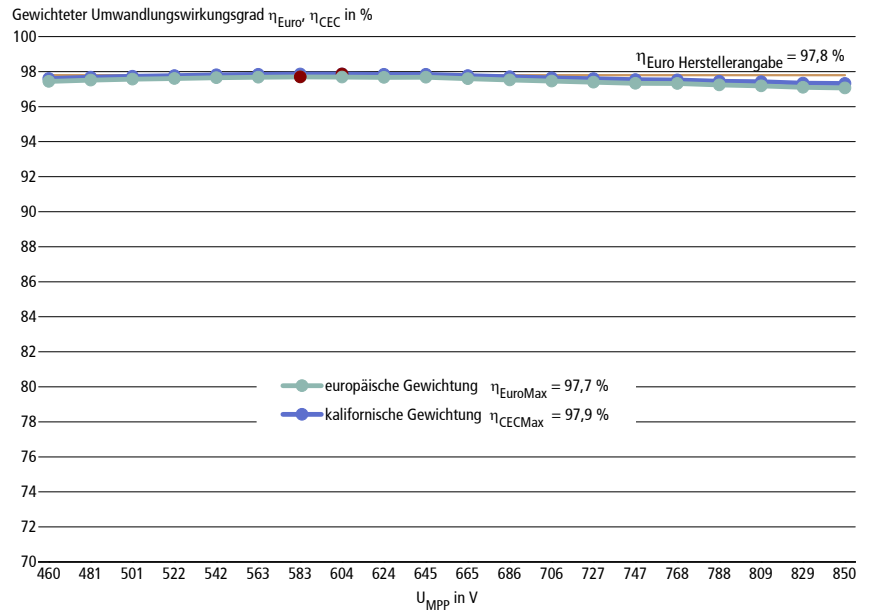
Schaltungsaufbau

Der Schaltungsaufbau des REFUSOL 17K ist im Prinzip zweistufig, entspricht aber keiner klassischen Topologie. Zunächst gelangt die Energie des Photovoltaikgenerators über einen Funkenstörfilter in die Leistungsstufe. Das Gerät besitzt einen zweigeteilten Zwischenkreis Kondensator mit Mittelpunkt. Dieser Mittelpunkt ist verbunden mit dem N-Leiter des Netzes und besitzt zwei dreiphasige, ausgangseitig parallel geschaltete Ausgangsbrücken. Die erste ist spannungsmäßig direkt mit dem DC-Eingang verbunden, die zweite wird über zwei Hochsetzsteller versorgt. Diese sind in der Plus- und der Minusleitung des DC-Eingangs platziert und speisen den zweiten zweigeteilten Zwischenkreis Kondensator. Die Modulation für die Sinuswellen wird nun so zwischen diesen beiden Ausgangsbrücken aufgeteilt, dass beide nur einen Teil der Spannungsanhebung zur Erzeugung des sinusförmigen Stroms in den Ausgangsdrosseln durchführen. Dadurch werden die Verluste in den Leistungstransistoren und in den Ausgangsdrosseln reduziert.

Des Weiteren gibt es im Ausgang für jede Phase einen Freilaufzweig, der verhindert, dass die in den Ausgangsdrosseln gespeicherte Energie zum Zwischenkreis Kondensator zurückfließt und Verluste bewirkt. Ein nachfolgender Filter glättet die modulierten Spannungsböcke zur sinusförmigen Spannung mit der Netzfrequenz von 50 Hertz. Eine selbsttätige Schaltstelle trennt den Wechselrichter vom Netz, sobald die Netzspannung oder

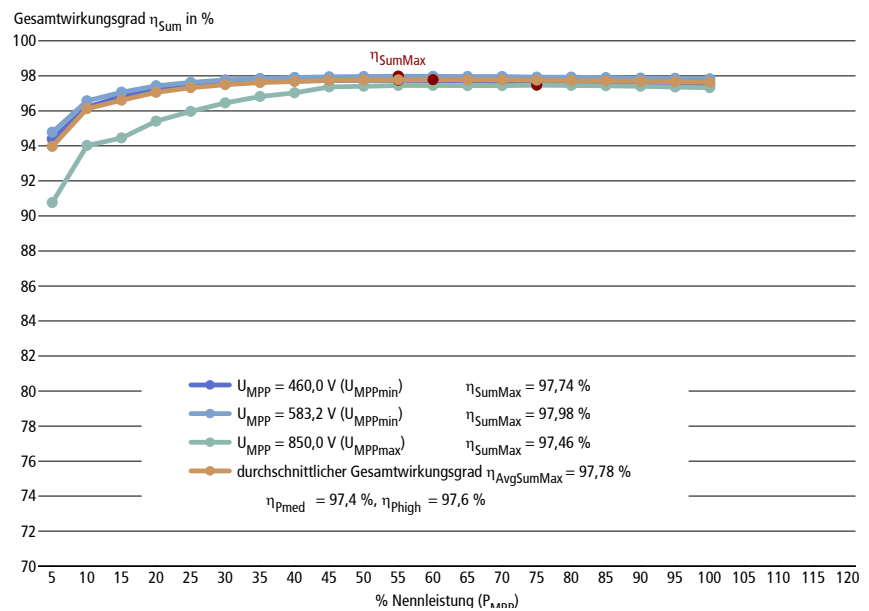
Gewichteter Umwandlungswirkungsgrad

► Die mit europäischer und kalifornischer Gewichtung ermittelten Wirkungsgrade verlaufen über den MPP-Spannungsbereich nahezu konstant und liegen außergewöhnlich nah am Gesamtwirkungsgradmaximum



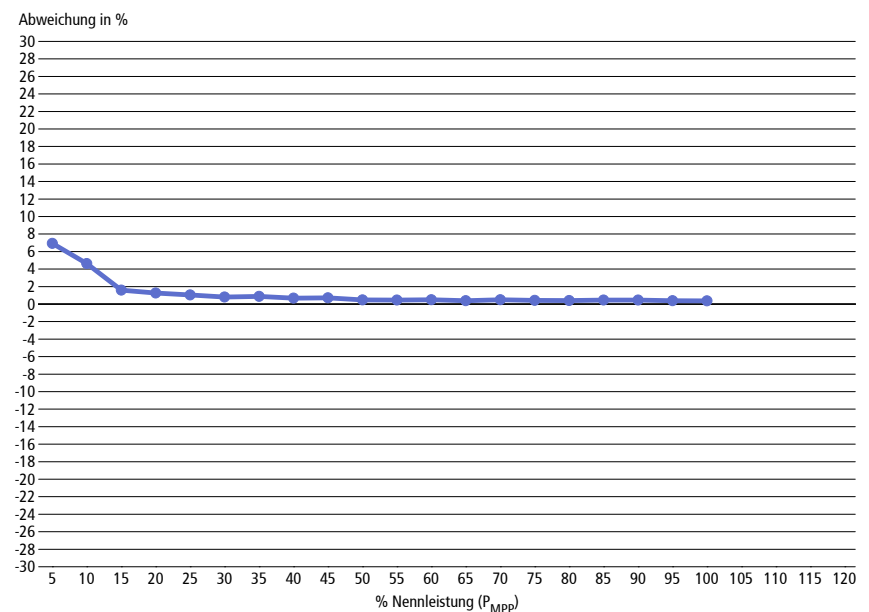
Gesamtwirkungsgrad bei unterschiedlichen MPP-Spannungen

► Endergebnis: Die Mittlung verschiedener Wirkungsgradverläufe (siehe Kasten »Erläuterungen zu Messungen und Grafiken«) führt zum besten aller bisher ermittelten PHOTON-Wirkungsgrade



Genauigkeit der Wechselrichteranzeige

► Im unteren Bereich arbeitet die Leistungsmessung recht ungenau, danach pendelt sie sich auf gute bis sehr gute Werte ein



die Netzfrequenz von den vorgegebenen Grenzwerten abweicht und ebenso, wenn auf der Netzseite ein Fehlerstrom auftritt. Auf der Gleichspannungsseite wird der Isolationswiderstand gemessen. Auftretende Funkstörungen beseitigt ein Ausgangsfilter, der direkt vor den Netzklemmen angeordnet ist.

Durch die vielen Schaltungskomponenten ist das Gerät zwar sehr aufwendig, besitzt aber nicht nur einen hohen Wirkungsgrad, sondern zudem auch eine gute elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und ein DC-Potenzial an den DC-Anschlussklemmen, das sich symmetrisch zum Erdpotenzial einstellt.

Messungen

Alle nachfolgenden Messungen beziehen sich auf eine Netzspannung von 230 Volt. Die maximale DC-Spannung des REFUSOL 17K beträgt 1.000 Volt, die DC-Nennleistung beträgt 16.800 Watt. Bei den Messungen wurde im Bereich der MPP-Spannungen oberhalb von 788 Volt die Leerlaufspannung des Simulators begrenzt, da sie bei einem Kennlinienfüllfaktor von 75 Prozent höher als 960 Volt liegt, während der Hersteller nur bis zu diesem Wert eine Freigabe des Leistungsteils erteilt.

Auffinden des MPP: Bei einer vorgegebenen Kennlinie mit Nennleistung und einer MPP-Spannung von 645 Volt braucht der Wechselrichter nach Ablauf der zum Umschalten auf das Netz benötigten 126 Sekunden weitere 33 Sekunden, bis er den MPP erreicht. Beim Wechsel von 645 Volt nach 624 Volt benötigt er elf Sekunden, der Wechsel von 645 Volt nach 665 Volt dauert circa 13 Sekunden.

MPP-Bereich: Der MPP-Bereich reicht von 460 bis 850 Volt und entspricht damit einem Weitbereich-Wechselrichter. Die maximale MPP-Spannung von 850 Volt liegt bei heutigen Füllfaktoren jedoch zu nah an der maximalen Eingangsspannung von 1.000 Volt. In den Grafiken zur Wirkungsgradmessung (Umwandlungs-, MPPT- und Gesamtwirkungsgrad) weist deshalb ein schraffierter Bereich auf Einschränkungen hin, die ab ungefähr 805 Volt für kristalline und bereits ab rund 740 Volt für Dünnschichtmodule gelten.

Umwandlungswirkungsgrad: Im dreidimensionalen Farbdigramm findet sich der Bereich des maximalen Wirkungsgrades in der Mitte des MPP-Spannungsbereichs und auf einem sehr hohen Niveau von 98 Prozent; der exakte Maximalpunkt liegt im Schnittpunkt der bei-

den Linien bei 55 Prozent der Nennleistung und 583 Volt MPP-Spannung. Die Herstellerangabe von 98,1 Prozent wurde somit nicht ganz erreicht, die Differenz lag aber im Bereich der zweiten Nachkommastelle. Zu großen MPP-Spannungen hin nimmt der Umwandlungswirkungsgrad um lediglich 0,5 Prozentpunkte ab, in Richtung kleiner Spannungen sogar nur um 0,2 Prozentpunkte. Erst unterhalb von ungefähr 15 Prozent der Nennleistung fällt der Wirkungsgrad deutlicher, nämlich um drei bis vier Prozentpunkte ab. Es stellte sich bei Nennleistung ein Leistungsfaktor $\cos \phi$ von circa eins ein.

Gewichteter Umwandlungswirkungsgrad: Der Europäische Wirkungsgrad ist maximal im Bereich mittlerer Spannungen, auch hier gibt es eine kleine Abweichung der gemessenen 97,7 Prozent von der Herstellerangabe (97,8 Prozent). Die Differenz zwischen maximalem Umwandlungswirkungsgrad und maximalem Europäischem Wirkungsgrad beträgt dabei nur 0,3 Prozentpunkte. Der Kalifornische Wirkungsgrad ist mit 97,9 Prozent sogar noch um 0,2 Prozentpunkte höher.

MPPT-Anpassungswirkungsgrad: Der MPPT-Anpassungswirkungsgrad ist über den ganzen Arbeitsbereich gleichmäßig sehr hoch (über 99 Prozent), lediglich bei kleinen Leistungen und höchster Spannung zeigt sich eine Schwäche des MPP-Trackers.

Gesamtwirkungsgrad: Der Bereich des maximalen Gesamtwirkungsgrades liegt, entsprechend dem Verlauf des Umwandlungswirkungsgrades und des nahezu perfekten MPP-Trackings, bei mittleren Spannungen und Leistungen um 50 Prozent der Nennleistung. Die senkrechte Schnittlinie bei 55 Prozent Nennleistung und die waagerechte Schnittlinie bei 583 Volt MPP-Spannung markieren das Gesamtwirkungsgradmaximum von 98,0 Prozent.

Gesamtwirkungsgradverläufe, durchschnittlicher Gesamtwirkungsgrad und PHOTON-Wirkungsgrad: Der PHOTON-Wirkungsgrad für mittlere Einstrahlung liegt bei 97,4 Prozent, der PHOTON-Wirkungsgrad für hohe Einstrahlung liegt bei 97,6 Prozent.

Einspeisung der Nennleistung: Der Wechselrichter speist über den Eingangsspannungsbereich von 460 Volt bis 850 Volt und bei einer Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius 100 Prozent seiner Nennleistung ein.

Angezeigte Ausgangsleistung: Der Wechselrichter wurde bei konstanter MPP-Spannung von 645 Volt, also im mittleren Bereich, nacheinander mit unterschiedlichen Leistungen von 5 bis 100 Prozent sei-

ner Nennleistung gespeist, die dabei vom Gerät angezeigten Werte für die Ausgangsleistung wurden mit einem Leistungsanalysator abgeglichen. Es ergaben sich bei kleinen Leistungen Abweichungen bis zu plus sieben Prozent, bei 20 Prozent der Nennleistung liegt der Fehler im Bereich von plus 1,3 Prozent, und erst darüber fällt er auf plus 0,4 Prozent bei 100 Prozent Nennleistung. Damit entspricht die Anzeigegenauigkeit einem Zähler der Genauigkeitsklasse B (früher Genauigkeitsklasse 1), ist aber interessanterweise deutlich schlechter als beim REFUSOL 13K (siehe Seite 57).

Betrieb bei höherer Umgebungstemperatur: Der REFUSOL 17K speist an einem Arbeitspunkt von 16.800 Watt und 645 Volt MPP-Spannung bis zu einer Umgebungstemperatur von circa 58 Grad Celsius mit 100 Prozent seiner Nennleistung ein. Danach reduziert er seine Leistung, der Wirkungsgrad fällt um sehr geringe 0,2 Prozentpunkte. Der Montageort des Wechselrichters kann sich, bedingt durch den sehr weiten Temperaturbereich von minus 25 bis plus 55 Grad Celsius und die Gehäuseschutzart IP 65, an warmen Orten und auch im Freien befinden.

Überlastverhalten: Wenn der REFUSOL 17K bei 645 Volt MPP-Spannung und einer Umgebungstemperatur von 24 Grad Celsius mit einer Überlast des 1,3-Fachen seiner Eingangsnennleistung, also 21.840 Watt gespeist wird, begrenzt er auf eine Leistung von circa 17.107 Watt. Dies entspricht einem geringen Überlastbereich von 1,8 Prozent. Bei der Leistungsbegrenzung verschiebt das Gerät den Arbeitspunkt auf der Kennlinie in Richtung höherer Eingangsspannung, und die DC-Spannung pegelt sich bei circa 720 Volt ein.

Eigen- und Nachtverbrauch: Der Eigenverbrauch beträgt im getesteten

Kommentar des Herstellers

Die Messergebnisse des PHOTON-Labors entsprechen den unseren im Rahmen der für derartige Messungen erzielbaren Genauigkeit.

Zur kritischen Beurteilung der oberen Grenze des MPP-Bereichs von 850 Volt: Der maßgebliche Faktor für die Anlagenauslegung ist die Leerlaufspannung, die die zulässige maximale DC-Spannung von 1.000 Volt nicht überschreiten darf. Wir haben den MPP-Bereich unseres Geräts nach oben hin nicht unnötig eingeschränkt, um auch für den Fall von Wolkenkonzentrationseffekten in Verbindung mit einem kalten Generator den MPP optimal fahren zu können. Außerdem sind wir so auch für kommende Modulgenerationen mit verbessertem Füllfaktor gut gerüstet.



REFUSOL macht sich bezahlt!

Von 4 kW bis 1,3 MW.
Spitzenerträge durch
**hervorragende
Wirkungsgrade**
von bis zu **98,2%**.

www.refusol.de

Solartechnology Made in Germany

Grundbauzustand circa 0,4 Watt auf der AC-Seite und bis zu 27 Watt auf der DC-Seite. Herstellerangaben gibt es hierzu nicht. Nachts benötigt der Wechselrichter rund 0,48 Watt Wirkleistung aus dem Netz. Hier gibt der Hersteller »kleiner als 0,5 Watt« an.

Thermografie: Die Thermografie zeigt eine Draufsicht des Wechselrichters, während er bei einer Umgebungstemperatur von 24 Grad Celsius mit Nennleistung arbeitet. Da es sich um einen mehrlagigen Aufbau handelt und der Leistungsteil unter einer Blechplatte zum großen Teil verdeckt ist, können nur völlig unerhebliche Temperaturerhöhungen beobachtet werden, der höchste ermittelte Wert beträgt 60,4 Grad Celsius.

Fazit

Der REFUSOL 17K ist kompakt und fertigungsfreundlich aufgebaut, die Verarbeitung macht einen guten Eindruck, Abmessungen und Gewicht sind für ein dreiphasiges Gerät dieser Leistung sehr gering. Ein sehr informatives Display, eine große Anzahl von integrierten Kommunikationsmöglichkeiten und ein interner Datenlogger runden das Bild ab.

Die Topologie des Leistungsteils ermöglicht eine Aufteilung der Potenziale des DC-Anschlusses symmetrisch zum Erdleiter und einen sehr hohen Wirkungsgrad.

Die Freigabe des Leistungsteils durch den Hersteller gilt nicht bei Leerlaufspannungen von 960 Volt oder mehr, deshalb wurde bei den Messungen in diesem Bereich die Leerlaufspannung des Simulators begrenzt. Der MPP-Spannungsbereich ist sehr weit, hat aber Einschränkungen im oberen Teil, weil der Abstand zwischen maximaler DC-Spannung und maximaler MPP-Spannung hier zu gering ist.

Der Umwandlungswirkungsgrad ist über den Spannungs- und Leistungsbereich sehr gleichmäßig und erreicht maximal 98 Prozent. Ein kon-

stanter Verlauf ist auch beim Europäischen und Kalifornischen Wirkungsgrad zu sehen: Der Europäische liegt nur 0,3 und der Kalifornische Wirkungsgrad nur 0,1 Prozentpunkte unter dem maximalen Umwandlungswirkungsgrad. Der sehr gleichmäßige und hohe MPPT-Anpassungswirkungsgrad ermöglicht für den Gesamtwirkungsgradverlauf einen nur geringfügig vom Umwandlungswirkungsgrad abweichenden Verlauf. Nur bei kleiner Leistung und sehr hoher Spannung hat das MPP-Tracking Schwächen. Im Resultat ergibt sich trotz des weiten Spannungsbereichs ein sehr hoher PHOTON-Wirkungsgrad von 97,4 Prozent für mittlere und 97,6 Prozent für hohe Einstrahlung; das beste bislang bei einem PHOTON-Wechselrichter gemessene Resultat.

Für die Auslegung des MPP einer Photovoltaikanlage kann der MPP-Spannungsbereich bis circa 740 Volt gewählt werden. Der Wechselrichter besitzt nur eine geringe Überlastfähigkeit, sein Temperaturbereich ist hingegen sehr weit und mit nur minimaler Leistungsabregelung nutzbar. Die Temperaturabhängigkeit des Umwandlungswirkungsgrades ist mit minus 0,2 Prozentpunkten sehr gering. Die Anzeige der Ausgangsleistung ist nicht so genau wie beim kleineren REFUSOL 13K, entspricht aber einem Zähler der Klasse B.

Alles in allem ist der REFUSOL 17K nicht nur wegen seines unübertroffenen PHOTON-Wirkungsgrades ein Spitzengerät, sondern auch wegen seiner guten Ausstattung und flexiblen Einsetzbarkeit, die sich – mit Einschränkungen – auch auf Dünnschichtmodule erstreckt. Für First-Solar-Module sind nach Angaben von Refu Einzelfreigaben problemlos möglich, von GS-Solar besteht sogar eine allgemeine Zulassung für die REFUSOL-Baureihe (REFUSOL 10K bis 20K), und Freigaben weiterer Hersteller (zum Beispiel Abound Solar) sollen noch folgen. | Heinz Neuenstein, Jochen Siemer

Testergebnisse im Überblick

WECHSELRICHTER: TESTERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Hersteller	Wechselrichter	DC-Nennleistung*	Spannungsbereich**	WirkungsgradPmed***	Note	Platz	Ausgabe
Aros Srl	Sirio 4000	4,0 kW	250 - 450 V	95,1 %	sehr gut	19	12-2008
Carlo Gavazzi Automation SpA	ISMG 150DE	4,0 kW	200 - 450 V	94,1 %	gut	29	3-2010 (Profi)
Conergy AG / Voltwerk Electronics GmbH	IPG 5 S	5,0 kW	275 - 750 V	95,0 %	sehr gut	20	8-2009 (Profi)
	IPG 5000 vision	5,0 kW	301 - 706 V	94,0 %	gut	31	7-2007
	IPG 15 T	15,0 kW	450 - 800 V	96,6 %	sehr gut +	10	6-2010 (Profi)
Danfoss Solar Inverters AS	ULX 1800 HV IN	1,8 kW	260 - 500 V	89,2 %	mangelhaft	60	2-2010 (Profi)
	TLX 10 k	10,3 kW	430 - 800 V	96,5 %	sehr gut +	12	6-2010 (Profi)
	TLX 15 k	15,5 kW	430 - 800 V	96,7 %	sehr gut +	8	4-2010 (Profi)
Dasstech Co. Ltd.	DSP-123KH	3,3 kW	350 - 600 V	93,0 %	befriedigend	46	8-2010 (Profi)
Delta Products Corporation Inc.	SI 3300	3,6 kW	150 - 435 V	93,9 %	gut	35	5-2008
Diehl AKO Stiftung & Co. KG	Platinum 2100 S	1,9 kW	206 - 390 V	92,8 %	befriedigend	48	9-2009 (Profi)
	Platinum 4600 S	4,1 kW	320 - 628 V	92,9 %	befriedigend	47	4-2008
	Platinum 6300 TL	5,7 kW	350 - 710 V	96,8 %	sehr gut +	7	2-2009 (Profi)
Fronius International GmbH	IG 30	2,7 kW	150 - 397 V	91,4 %	ausreichend	58	1-2007
	IG Plus 50	4,2 kW	230 - 500 V	94,5 %	gut	23	8-2008
	IG TL 5.0	4,7 kW	350 - 700 V	95,9 %	sehr gut	15	7-2010 (Profi)
	IG Plus 100	8,4 kW	230 - 500 V	94,8 %	gut	21	10-2010 (Profi)
Ingeteam Energy SA	Ingecon Sun 3,3 TL	3,5 kW	159 - 414 V	93,4 %	befriedigend	44	8-2007
Kaco New Energy GmbH	Powador 2500xi ¹⁾	2,7 kW	350 - 597 V	92,5 %	befriedigend	51	12-2007
	Powador 2500xi DCS	2,7 kW	350 - 600 V	94,3 %	gut	26	11-2009 (Profi)
	Powador 3501xi ¹⁾	3,5 kW	125 - 391 V	92,6 %	befriedigend	50	6-2007
	Powador 4202	3,7 kW	200 - 510 V	94,0 %	gut	31	7-2010 (Profi)
	Powador 4000 supreme DCS (18 kHz)	4,6 kW	350 - 510 V	95,7 %	sehr gut	16	11-2009 (Profi)
	Powador 4000 supreme DCS (9 kHz)	4,6 kW	350 - 510 V	96,2 %	sehr gut	14	11-2009 (Profi)
	Powador 8000xi (alte Firmware, bis Jan. 2010)	8,3 kW	350 - 600 V	94,0 %	gut	31	1-2010 (Profi)
	Powador 8000xi (neue Firmware, ab Jan. 2010)	8,3 kW	350 - 600 V	94,4 %	gut	24	1-2010 (Profi)
	Piko 10.1	9,7 kW	400 - 850 V	94,0 %	gut	31	7-2009 (Profi)
Mastervolt Solar BV	Sunmaster QS 2000 ¹⁾	1,8 kW	212 - 366 V	92,3 %	befriedigend	52	1-2008
	Sunmaster XS 6500	5,3 kW	180 - 480 V	93,6 %	gut	42	12-2009 (Profi)
Mitsubishi Electric Corporation	PV-PNS06ATL-GER	4,8 kW	260 - 650 V	93,9 %	gut	35	6-2008
Oelmaier Technology GmbH	PAC 4	4,3 kW	330 - 600 V	93,6 %	gut	42	10-2009 (Profi)
Phoenixtec Power Co. Ltd.	PVG 2800 (überarbeitet)	2,9 kW	250 - 450 V	94,4 %	gut	24	5-2008
	PVG 2800 (ursprünglich) ¹⁾	2,9 kW	255 - 435 V	78,4 %	mangelhaft	62	2-2008
	PVG 10000	10,4 kW	320 - 720 V	91,8 %	ausreichend	56	4-2010 (Profi)
Powercom Co. Ltd.	SLK-4000	4,0 kW	200 - 400 V	92,0 %	befriedigend	55	8-2010 (Profi)
Power-One SpA	Aurora PVI-2000-OUTD-DE	2,1 kW	210 - 530 V	92,8 %	befriedigend	48	12-2009 (Profi)
	Aurora PVI-6000-OUTD-S	6,2 kW	180 - 530 V	95,4 %	sehr gut	18	3-2009 (Profi)
	Aurora PVI-12.5-OUTD-FS	13,0 kW	360 - 750 V	96,4 %	sehr gut	13	2-2010 (Profi)
Refu Elektronik GmbH	REFUSOL 11K	11,0 kW	380 - 800 V	96,9 %	sehr gut +	4	9-2008
	REFUSOL 13K	12,7 kW	420 - 850 V	97,3 %	sehr gut +	2	10-2010 (Profi)
	REFUSOL 17K	16,8 kW	460 - 850 V	97,4 %	sehr gut +	1	10-2010 (Profi)
Riello UPS GmbH	HP 4065REL	4,0 kW	255 - 435 V	91,7 %	ausreichend	57	9-2007
Siemens AG	Sitop solar 1100 Master ¹⁾	1,1 kW	200 - 552 V	90,2 %	ausreichend	59	5-2007
SMA Solar Technology AG	SB 1100 ¹⁾	1,1 kW	139 - 320 V	89,1 %	mangelhaft	61	9-2009 (Profi)
	SB 2100TL	2,0 kW	200 - 480 V	93,7 %	gut	41	5-2009 (Profi)
	SB 3800	4,0 kW	208 - 395 V	93,2 %	befriedigend	45	2-2007
	SB 5000TL-20	4,8 kW	175 - 440 V	95,7 %	sehr gut	16	4-2009 (Profi)
	SMC 7000TL	7,2 kW	333 - 500 V	96,6 %	sehr gut +	10	4-2010 (Profi)
	SMC 7000HV	7,4 kW	335 - 560 V	93,9 %	gut	35	8-2009 (Profi)
	SMC 8000TL	8,3 kW	335 - 487 V	96,9 %	sehr gut +	4	10-2007
	SMC 11000TL	11,4 kW	333 - 500 V	96,9 %	sehr gut +	4	5-2010 (Profi)
	STP 17000TL-10	17,4 kW	400 - 800 V	97,3 %	sehr gut +	2	9-2010 (Profi)
Solon Inverters AG	Satis 40/750 IT ²⁾	4,0 kW	375 - 575 V	92,3 %	befriedigend	52	11-2008
Sputnik Engineering AG	Solarmax 2000C ¹⁾	2,0 kW	165 - 515 V	93,8 %	gut	38	4-2007
	Solarmax 6000S	4,8 kW	220 - 550 V	94,3 %	gut	26	10-2009 (Profi)
Steca Elektronik GmbH	Stecagrid 9000 3ph	9,5 kW	350 - 680 V	93,8 %	gut	38	5-2010 (Profi)
Sunways AG	NT 2600 (oberer V-Bereich) ¹⁾	2,6 kW	476 - 749 V	92,3 %	befriedigend	52	11-2007
	NT 2600 (unterer V-Bereich) ¹⁾	2,6 kW	350 - 623 V	93,8 %	gut	38	11-2007
	AT 2700	2,8 kW	181 - 600 V	94,3 %	gut	26	7-2009 (Profi)
	NT 4200	4,4 kW	340 - 750 V	96,7 %	sehr gut +	8	1-2010 (Profi)
	AT 4500	4,7 kW	250 - 600 V	94,6 %	gut	22	7-2008
Xantrex Technology SL	GT 5.0 - SP	5,0 kW	240 - 550 V	94,1 %	gut	29	1-2009 (Profi)

* bei einer optimal ausgerichteten Anlage entspricht die DC-Leistung (Gleichstromleistung) des Wechselrichters ungefähr der Leistung des Solargenerators; bei Abweichungen kann die Generatorleistung über der DC-Nennleistung des Wechselrichters liegen ** gemessener Spannungsbereich, auf den sich die Note bezieht *** PHOTON-Wirkungsgrad für den Einsatz in Ländern mit mittlerer Einstrahlung (z. B. Deutschland) ¹⁾ Gerät wird nicht mehr produziert ²⁾ Vorseriengerät