



Kennlinien- und Anlagenmessgeräte

12 Modelle im Test



SONDERDRUCK:
REFUSOL 020K-SCI



Akkus

Von »fataler Fehler« bis »hervorragend«: Beim Thema Speicher ist die Branche uneins

Wechselrichtertest

»Silicon Carbide Inside«: Der REFUSol 020K-SCI belegt Platz 2 beim Wirkungsgrad

Ertragsmessungen

Neu auf dem PHOTON-Testfeld: polykristalline Module von Schott Solar

Service

Seminarplaner, Preisindex für Module und Wechselrichter, Testergebnisse

Der zweite im Bunde

Schon der REFUsol 020K erreichte im PHOTON-Test ein »sehr gut«. Sein Verwandter, der 020K-SCI mit Siliziumkarbidtransistoren, macht es noch besser und erreicht die zweitbeste Note aller bisher getesteten Wechselrichter.

Im Dezember 2011 präsentierten wir mit dem SMA Sunny Tripower 20000TLHE-10 den ersten in Serie gebauten Wechselrichter der Welt mit Transistoren aus Siliziumkarbid (SiC). Nun folgt Nummer zwei: Die REFUsol GmbH aus Metzingen bietet dem Weltmarktführer Paroli und stellt mit dem REFUsol 020K-SCI ebenfalls ein Gerät mit den hochwertigen und zumindest

vorläufig auch noch recht teuren Halbleiterelementen vor. Die offizielle Premiere erfolgte Mitte Juni (nach Redaktionsschluss) auf der Intersolar.

Das trafolose Gerät verfolgt aber eine etwas andere Philosophie als der Konkurrent: SMA hat seinen SiC-Wechselrichter gegenüber anderen »Tripower«-Geräten abgespeckt und unter anderem auf einen Hochsetzsteller verzichtet, was einen kleineren Eingangsspannungsbereich zur Folge hat (PHOTON Profi 12-2011). REFUsol dagegen hat am Schaltungskonzept des bisherigen, mit konventionellen Transistoren ausgestatteten Typs 020K nach eigenen Angaben nichts geändert und dessen weiten Spannungsbereich nahezu beibehalten. Die DC-Nennleistung wurde von 19.600 Watt auf 20.300 Watt angehoben. Gegenüber dem erst vor Kurzem getesteten 020K (PHOTON Profi 3-2012) fielen tatsächlich nur Änderungen an den vier Drosseln der Hochsetzsteller und den drei Drosseln im Sinusfilter sowie den entsprechenden Treiberbausteinen auf.

Nachdem das Gerät – vom Hersteller im Rahmen der üblichen Testvereinbarung zur Verfügung gestellt – im April das PHOTON-Labor erreicht hatte, war die Spannung entsprechend groß. Der konventionelle 020K hatte bereits die Note »sehr gut« erhalten, doch sein PHOTON-Wirkungsgrad von 97,3 Prozent liegt trotzdem recht weit von den bislang unübertroffenen 98,5 Prozent des SiC-Tripower entfernt. Würde die neue Version mit dem stolzen Schriftzug »Silicon Carbide Inside« auf dem Gehäuse wohl an diesen Wert herankommen?

Ganz ist dies nicht gelungen, der 020K-SCI bleibt drei Zehntelprozentpunkte



hinter dem Tripower zurück. Doch eine überzeugende Vorstellung liefert er allemal und setzte sich mit der Note »sehr gut+« auf Platz zwei des bisherigen Testklassements. Wie sich seine Qualitäten am Markt durchsetzen, ist nun im wahren Sinne des Wortes eine Preisfrage.

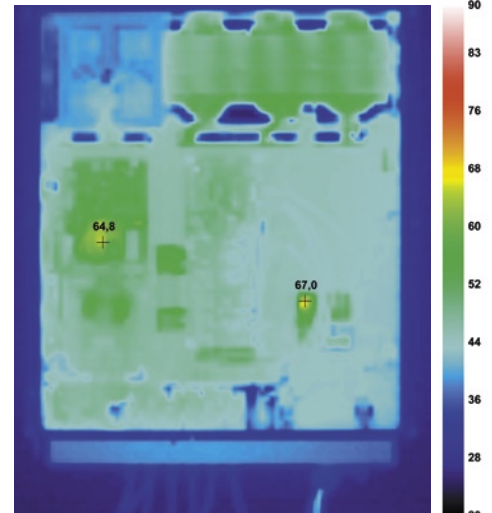
Aufbau

Die REFUsol-Familie ist aufgeteilt in Geräte mit AC-Nennleistungen von 8.250 bis 19.200 Voltampere, die allesamt auf einer Schaltung ohne Netztrenntrafo beruhen. Der Testkandidat ist sehr kompakt sowie fertigungsfreundlich aufgebaut und macht einen vollwertigen Eindruck. Für ein dreiphasiges Gerät dieser Leistung ist er sehr leicht und klein. Das Innere ist in mehreren Lagen angeordnet: In der vorderen befinden sich die Steuerplatine und die DC-Filterplatine mit dem Schaltnetzteil für die Hilfsspannungsversorgung. In der Ebene dahinter findet eine große Leistungsteilleiterkarte Platz. Im oberen Bereich des Gehäuses sind sieben Drosseln, darunter drei Sinusfilter- und vier Speicherdrosseln sowie der separat eingegossene Hochsetzsteller platziert.

Die Leistungsteilleiterkarte trägt alle Komponenten der eingangsseitigen DC-Wandler, den Spannungszwischenkreis mit den Elektrolytkondensatoren und die Ausgangsbrücken. Die Leistungshalbleiter befinden sich in vier separaten Gehäusemodulen. Sie sind von der Unterseite an die Leiterkarte gelötet und auf einen großen Kühlkörper montiert, der sich auf der Gehäuserückseite befindet und nicht zwangsbelüftet wird. Die

o Für Querleser

- Der REFUsol 020K-SCI ist ein trafoloser Wechselrichter, der wegen seiner besonderen Topologie trotzdem grundsätzlich auch für Dünnschichtmodule geeignet ist. Das Gerät ist mit Transistoren aus Siliziumkarbid bestückt, ansonsten unterscheidet sich sein Schaltungsaufbau nicht vom »normalen« REFUsol 020K.
- Der gut ausgestattete, leichte und kompakte Inverter ist für Photovoltaikanlagen bis 20,3 Kilowatt geeignet. Er speist dreiphasig ein und verfügt über einen MPP-Tracker. Sein Gehäuse mit Schutzart IP 65 erlaubt die Montage auch im Freien.
- Sehr hohe und von Spannung sowie Leistung kaum abhängige Wirkungsgrade machen den 020K-SCI zu einem enorm effizienten Gerät. Schwächen im Betriebsverhalten konnten im Test kaum ermittelt werden.



▲ Schon das Gehäuse verrät das wichtigste Merkmal und verkündet »Silicon Carbide Inside«. Das Innenleben ist gegenüber dem schon bekannten 020K kaum verändert. Auch die per Thermografie im mehrlagigen Aufbau sichtbaren und unbedenklichen Temperaturwerte sind sehr ähnlich.

durch eine durchsichtige Folie abgedeckte Displayleiterkarte ist in die Gehäuseabdeckung montiert. Ein großer Lüfter unterhalb der Leiterkarten verhindert Wärmenester im Innenraum. Seine Lebensdauer ist mit 80.000 Stunden bei 40 Grad Celsius angegeben; sollte er dennoch ausfallen, ist er ohne großen Aufwand demontierbar.

Das Gehäuse besteht aus drei Teilen: dem Gehäuserahmen, der Gehäuseabdeckung und dem rückwärtigen Kühlkörper. Es bietet die Schutzart IP 65, der REFUSol 020k-SCI ist also auch für die Montage im Freien geeignet.

Für die Sicherheit sorgt eine selbsttätige Freischaltstelle, die das Netz auf korrekte Spannung und Frequenz überprüft. Zwischen den Anschlüssen des Solargenerators und der Erde wird der Isolationswiderstand geprüft. Zudem erfolgt die Prüfung des netzseitigen Ableitstroms. Der Gerätezustand wird durch das Display und vier LEDs vermittelt. Im Leistungsteil und auch in der Steuerelektronik werden Elektrolytkondensatoren eingesetzt, die mit ihrer Temperaturklasse 105 Grad Celsius, bezogen auf die Umgebungstemperatur, gut ausgelegt sind.

Der Solargenerator wird mit Hilfe von sechs Paar MC4-Steckverbindern von Multi-Contact angeschlossen. Der Netzanschluss erfolgt durch einen großen fünfpoligen Stecker von Phoenix Contact. Nach der Konfektionierung kann dieser mit zwei am Stecker vorhandenen Schrauben am Wechselrichtergehäuse befestigt werden. Unterhalb des Gehäuserahmens besitzt der REFUSol neben den DC-Steckern einen DC-Trennschalter.

Es gibt Anschlussmöglichkeiten für einen Einstrahlungs- und Temperatursensor, ein Relais (230 Volt / 2 Ampere AC), eine RS485-Schnittstelle (In/Out) sowie USB- und Ethernet-Anschlüsse. Über die beiden letztgenannten kann mit dem Gerät kommuniziert oder auch ein Firmware-Update durchgeführt werden. Zusätzlich gibt es einen internen Datenlogger, der insgesamt 40 Messwerte aufnehmen kann. Diese müssen einzeln eingeschaltet und parametrisiert werden.

Optional sind ein größerer Netzanschlussstecker sowie verschiedene andere Steckverbinder für den Generatoranschluss erhältlich. Außerdem können mehrere REFUSol-Geräte mithilfe des »Powercap«-Lüftermoduls zu Wechselrichtertürmen vereint werden. Für die Fernüberwachung sind verschiedene externe Geräte erhältlich.

Handhabung

Die Verpackung ist stabil, der REFUSol kommt, umgeben mit dicken Pappen, gut geschützt beim Anwender an. An der Wand wird er mit Hilfe einer Halterung befestigt. Mit 40 Kilogramm ist er, bezogen auf die DC-Nennleistung, ein Leichtgewicht.

Nach korrekter Auslegung des Solargenerators und Betätigung des DC-Freischalters kann der Wechselrichter an den Start. Circa 167 Sekunden benötigt er für verschiedene Tests, dann geht er ans Netz und nimmt die Arbeit auf.

Wie er dabei vorankommt, zeigt das in der Ebene der Frontabdeckung liegende Display. Es hat eine weiße Hintergrundbeleuchtung und ist gut ablesbar. Als Sprachen sind Englisch, Deutsch,

Französisch, Spanisch, Tschechisch und Italienisch wählbar. Mithilfe von acht Tasten lassen sich Einstellungen vornehmen. Es stehen sehr viele Messwerte übersichtlich zur Verfügung. Neben diversen Status- und Fehlermeldungen werden in verschiedenen Menüs unter anderem folgende Istwerte angezeigt: AC-Leistung und -Spannung, DC-Leistung und -Spannung, Tagesenergieproduktion, AC-Frequenz sowie die Werte angeschlossener Sensoren, außerdem die Kühler- und Innenraumtemperatur.

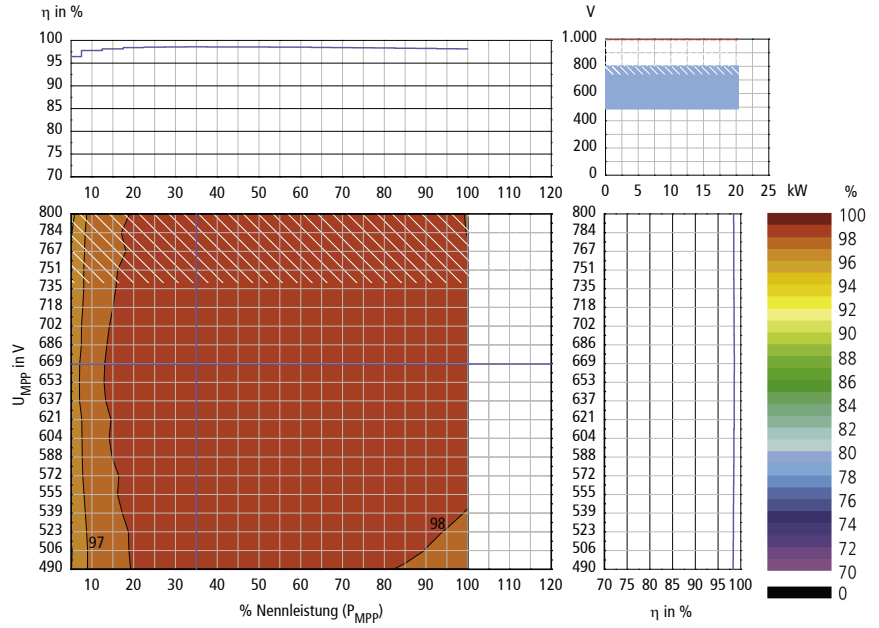
An Auswertungen sind die absoluten sowie die normierten Ertragsdaten in Bezug auf Tag, Monat, Jahr und Gesamtbetriebszeit sowie die bisher absolvierten Betriebsstunden abrufbar. Die eingespeiste Leistung des Tages oder der vergangenen Tage kann per Säulendiagramm angezeigt werden.

Bedienungsanleitung

Beigelegt sind eine kompakt gehaltene Betriebsanleitung und eine CD mit einer ausführlichen Version als PDF. Die Kompaktfassung enthält neben allgemeinen Erläuterungen und den technischen Daten auch Informationen zu Montage, Anschluss und Inbetriebnahme sowie eine Übersichtsgrafik zur Menüführung des Displays. Die CD-Fassung geht, unter anderem mit vielen Grafiken, noch ausführlicher auf alle Eigenschaften des Geräts ein. Beide Dokumente sind auf Deutsch, Englisch, Tschechisch, Spanisch, Französisch, Italienisch, Griechisch, Chinesisch und Koreanisch verfügbar. Auch auf der Website des Herstellers sind Handbücher sowie die techni-

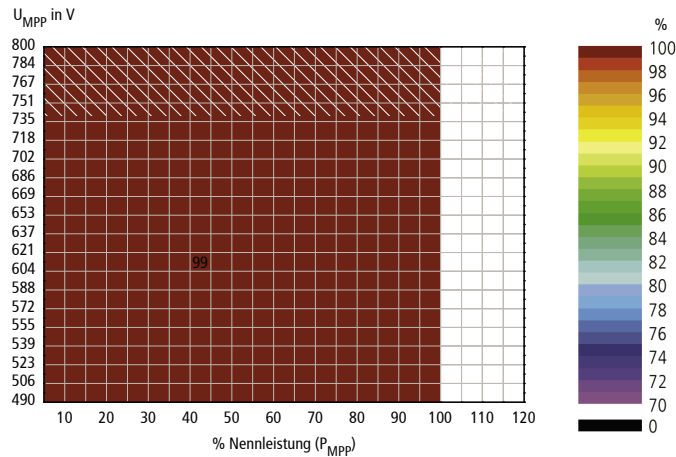
Umwandlungswirkungsgrad

► Schon der Verlauf des Umwandlungswirkungsgrades deutet auf ein Spitzenresultat hin: Er reicht bis 98,6 Prozent. Fast noch wichtiger: Nahezu der gesamte Arbeitsbereich spielt sich in vergleichbaren Regionen oberhalb von 98 Prozent ab.



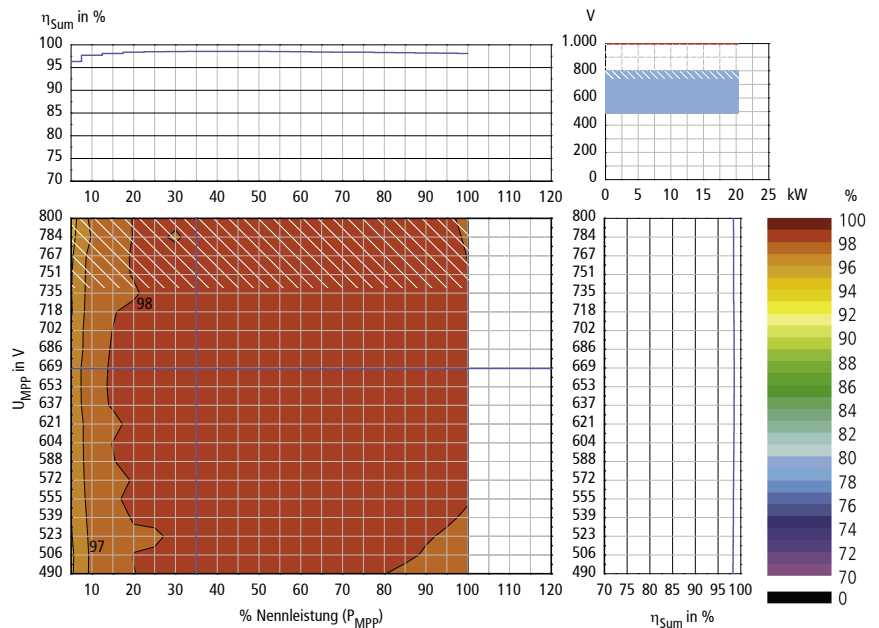
× MPPT-Anpassungswirkungsgrad

► Zweiter Erfolgsfaktor: Das MPP-Tracking zeigt keine im Diagramm erkennbaren Schwächen, läuft also durchweg mit Wirkungsgraden von 99 Prozent oder mehr



= Gesamtwirkungsgrad

► Das Ergebnis ist ein Gesamtwirkungsgradverlauf, der sich ebenso wie der des Umwandlungswirkungsgrades ganz überwiegend oberhalb von 98 Prozent bewegt. Spannungsabhängigkeiten gibt es so gut wie nicht, Leistungsabhängigkeiten nur im unteren Fünftel.



schen Daten der REFUsol-Baureihe verfügbar. Bei Redaktionsschluss wurden die Besonderheiten der SCI-Version allerdings noch nicht berücksichtigt.

Schaltungsaufbau

Neben der Besonderheit, dass für die Leistungshalbleiter Siliziumkarbid-Feldeffekttransistoren verwendet wurden, entspricht die Topologie des REFUsol 020K-SCI auch sonst keinem klassischen Vorbild. Der Schaltungsaufbau des dreiphasigen Wechselrichters ist im Prinzip zweistufig. Zunächst gelangt die Energie des Photovoltaikgenerators über einen Funkentstörfilter in die Leistungsstufe. Dort ist der Mittelpunkt eines zweigeteilten Zwischenkreiskondensators mit dem N-Leiter des Netzes verbunden. Von zwei ausgangsseitig parallel geschalteten, dreiphasigen Ausgangsbrücken ist die erste spannungsmäßig direkt mit dem DC-Eingang verbunden. Die zweite wird über zwei Hochsetzsteller versorgt, die in der Plus- und der Minusleitung des DC-Eingangs platziert sind und einen weiteren zweigeteilten Zwischenkreiskondensator speisen.

Die Modulation für die Sinuswellen wird nun so zwischen den beiden Ausgangsbrücken aufgeteilt, dass beide nur einen Teil des Spannungshubes 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 Zwischenkreiskondensator zurückfließt; dies verhindert ebenfalls Verluste.

Durch diese vielen Schaltungskomponenten ist das Gerät zwar sehr aufwendig, doch der Lohn für die Mühe sind ein hoher Wirkungsgrad, gute EMV-Eigenschaften und ein DC-Potenzial an den DC-Anschlussklemmen, das sich symmetrisch zum Erdpotenzial einstellt.

Hinter den Ausgangsbrücken glättet ein Filter die modulierten Spannungsböcke zur sinusförmigen Spannung mit der Netzfrequenz von 50 Hertz. Eine selbsttätige Schaltstelle trennt den Wechselrichter vom Netz, sobald die Netzspannung oder die Netzfrequenz von vorgegebenen Grenzwerten abweichen oder wenn auf der Netzseite ein Fehlerstrom auftritt. Auftretende Funkstörungen beseitigt ein direkt vor den Netzklemmen angeordneter Ausgangsfilter.

Messungen

Alle nachfolgenden Messungen beziehen sich auf eine Netzspannung von 230 Volt. Die maximale DC-Spannung des REFUsol 020K-SCI beträgt 1.000 Volt, die DC-Nennleistung beträgt 20.300 Watt. Maximal lässt sich eine Generatorleistung von 21.100 Watt anschließen. Diese Spezifikationen unterscheiden sich leicht von denen der Standardversion ohne Siliziumkarbidtransistoren. Zudem ist der MPP-Bereich des 020K-SCI nur bis 800 Volt statt 850 Volt ausgewiesen. Auch bei der SCI-Version wurde aber die Leerlaufspannung des Simulators bei hohen MPP-Spannungen begrenzt, weil oberhalb von 960 Volt keine Freigabe des Leistungsteils erfolgt.

Auffinden des MPP: Bei einer vorgegebenen Kennlinie mit Nennleistung und einer MPP-Spannung von 637 Volt benötigt der Wechselrichter 167 Sekunden, bis er sich auf das Netz aufschaltet. Zu Beginn der Messung waren die DC-Seite sowie die AC-Seite ausgeschaltet. Nach weiteren 27 Sekunden ist der MPP erreicht. Beim Wechsel von 637 Volt nach 621 Volt vergehen 14 Sekunden, der Wechsel in den nächsthöheren MPP-Bereich von 653 Volt benötigt 21 Sekunden.

MPP-Bereich: Der MPP-Bereich reicht von 490 bis 800 Volt und entspricht dem eines Weitbereich-Wechselrichters. Die maximale MPP-Spannung von 800 Volt liegt angenehm weit unter der maximalen Eingangsspannung von 1.000 Volt. Für kristalline Module gibt es somit keine Einschränkungen, nur bei Dünnschichtmodulen ist ein (in den Wirkungsgraddiagrammen schraffierter) Bereich mit Einschränkungen aufgrund eines zu geringen Abstands von maximaler MPP-Spannung und maximaler DC-Spannung zu beachten.

Umwandlungswirkungsgrad: Der 020K-SCI kann im MPP-Spannungsbereich von 490 Volt bis 800 Volt mit 100 Prozent seiner Nennleistung arbeiten. Für diesen Diagrammbereich konnte also der Wirkungsgrad ermittelt werden.

Die senkrechte Markierung bei 35 Prozent Nennleistung und die waagerechte bei 669 Volt MPP-Spannung markieren in ihrem Schnittpunkt das Wirkungsgradmaximum von 98,6 Prozent. Die Herstellerangabe für den maximalen Wirkungsgrad von 98,7 Prozent wurde damit nahezu erreicht. Vor allem aber wird der Umwandlungswirkungsgrad mit enormer Konstanz auf diesem Niveau gehalten, er liegt im weitaus größten Bereich des Diagramms bei mehr als 98 Prozent. Zu großen MPP-Spannungen hin nimmt er lediglich um rund 0,2 Prozentpunkte ab, zu kleinen um circa 0,3 Prozentpunkte. Erst bei kleinen

Leistungen unter 15 Prozent der Nennleistung fällt er deutlicher, aber auch um nicht mehr als circa 2 bis 2,5 Prozentpunkte. Es stellte sich bei Nennleistung ein Leistungsfaktor $\cos \varphi$ von circa eins ein.

Gewichteter Umwandlungswirkungsgrad: Der Europäische Wirkungsgrad ist maximal im Bereich von 669 Volt MPP-Spannung und liegt mit 98,3 Prozent nur 0,3 Prozentpunkte unter dem maximalen Umwandlungswirkungsgrad; die Herstellerangabe von 98,5 Prozent wurde im Test um 0,2 Prozentpunkte knapp verfehlt. Der maximale Kalifornische Wirkungsgrad beträgt 98,4 Prozent und liegt ebenfalls im Bereich von 669 Volt MPP-Spannung an.

MPPT-Anpassungswirkungsgrad: Das MPP-Tracking arbeitet tadellos, der MPPT-Anpassungswirkungsgrad liegt im gesamten Arbeitsbereich über 99 Prozent der vorgegebenen Leistung.

Gesamtwirkungsgrad: Durch das sehr gute MPP-Tracking ist auch der Gesamtwirkungsgrad über den kompletten Spannungs- und Leistungsbereich hinweg homogen und unterscheidet sich nur in Nuancen vom Umwandlungswirkungsgrad. Das Gesamtwirkungsgradmaximum von 98,6 Prozent wird bei 35 Prozent der Nennleistung und 669 Volt MPP-Spannung erreicht.

Gesamtwirkungsgradverläufe, durchschnittlicher Gesamtwirkungsgrad und PHOTON-Wirkungsgrad: Der PHOTON-Wirkungsgrad für mittlere Einstrahlung liegt bei 98,2 Prozent, der PHOTON-Wirkungsgrad für hohe Einstrahlung liegt bei 98,3 Prozent.

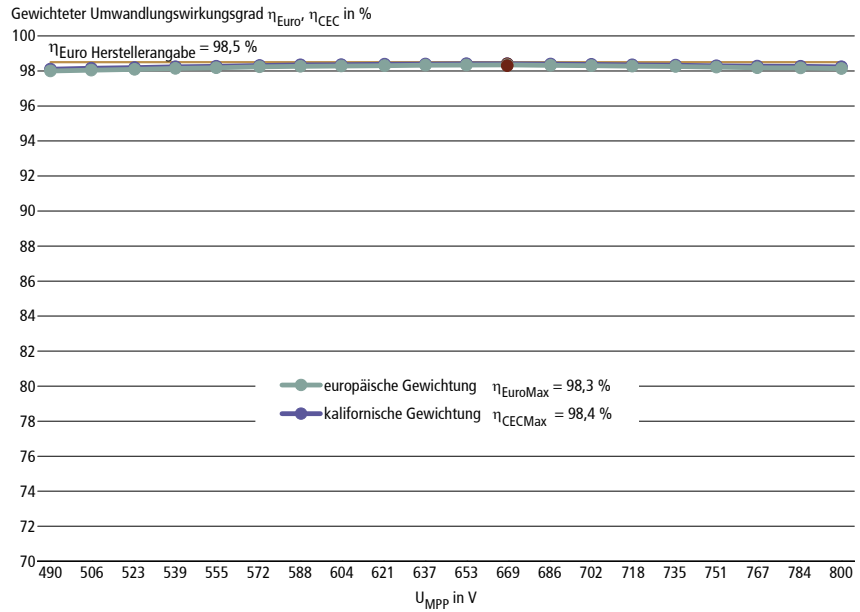
Einspeisung der Nennleistung: Der Wechselrichter speist über den Eingangsspannungsbereich von 490 Volt bis 800 Volt und bei einer Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius 100 Prozent seiner Nennleistung ein.

Angezeigte Ausgangsleistung: Bei konstanter MPP-Spannung von 637 Volt, also im mittleren Bereich, und bei Speisung mit unterschiedlichen Leistungen von fünf bis 100 Prozent der Nennleistung ergibt der Vergleich der vom Wechselrichter angezeigten Messwerte mit einem Leistungsanalysator kaum Abweichungen. Bei kleinen Leistungen betragen sie maximal plus 1,3 Prozent, ab 15 Prozent der Nennleistung liegt der Fehler im Bereich von plus/minus 0,4 Prozent. Damit entspricht die Anzeigegenauigkeit einem Stromzähler der Genauigkeitsklasse B, früher Genauigkeitsklasse 1.

Betrieb bei höherer Umgebungstemperatur: Erhöht man in einem Arbeitspunkt von 20.300 Watt DC-Leistung und 637 Volt MPP-Spannung die Umgebungstemperatur, speist der 020K-SCI bis circa 53 Grad Celsius mit 100 Prozent seiner Nennlei-

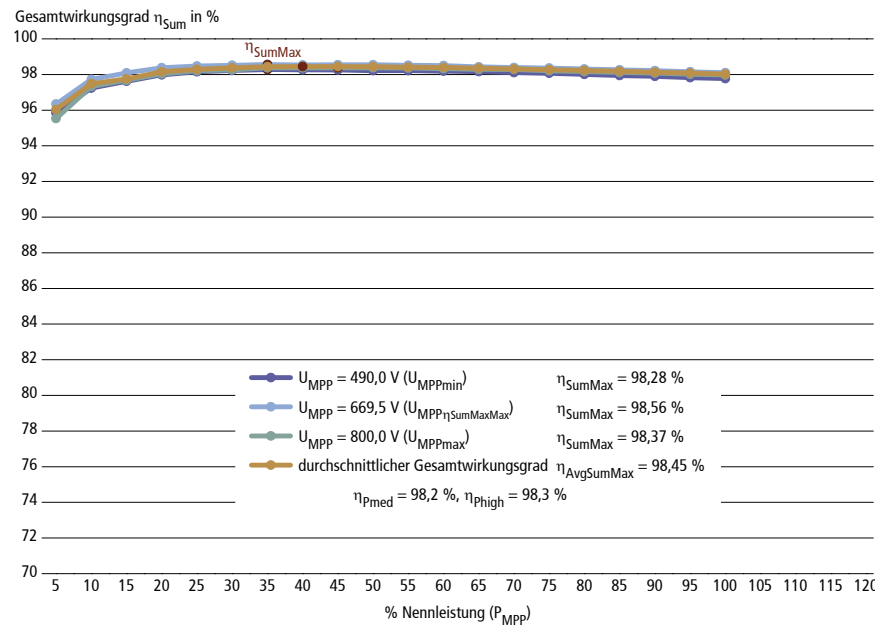
Gewichteter Umwandlungswirkungsgrad

► Europäischer und Kalifornischer Wirkungsgrad sind eigentlich keine verlässlichen Kriterien für die Qualität eines Wechselrichters. Wenn sie über den gesamten MPP-Bereich so gleichmäßig verlaufen, wie hier, ist das hingegen durchaus aussagekräftig – auch wenn die Herstellerangabe für den Spitzenwert leicht verfehlt wird.



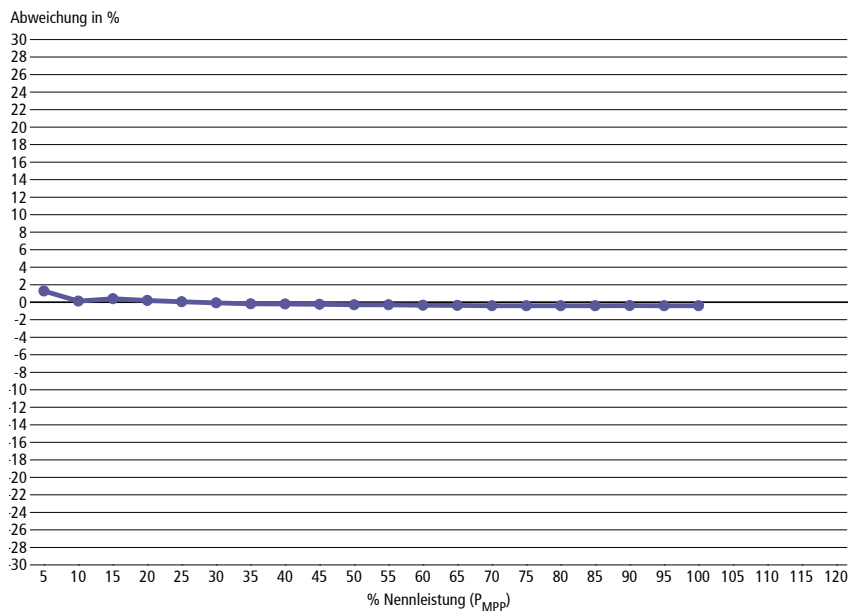
Gesamtwirkungsgrad bei unterschiedlichen Spannungen

► Unterhalb von 95 Prozent Gesamtwirkungsgrad spielt sich bei diesem Gerät nichts ab, die Verläufe bei unterschiedlichen Spannungen sind außerdem sehr stabil; Resultat ist ein mit »sehr gut+« zu bewertender PHOTON-Wirkungsgrad



Genauigkeit der Wechselrichteranzeige

► Die Leistungsmessung des 020K-SCI entspricht nahezu vollständig den Werten des Leistungsanalysators



tung ins Netz ein, dann reduziert er seine Leistung. Der Wirkungsgrad fällt in diesem Temperaturbereich um circa 0,2 Prozentpunkte. Die Leistungsreduzierung ist bei der Wahl des Montageorts zu berücksichtigen, der sich ansonsten, bedingt durch den weiten Temperaturbereich von minus 25 bis plus 55 Grad Celsius und die Schutzart IP 65, sowohl in einem Gebäude als auch draußen befinden kann.

Überlastverhalten: Bietet man dem REFUsol 020K-SCI bei 637 Volt MPP-Spannung und einer Umgebungstemperatur von 24,7 Grad Celsius eine Überlast des 1,3-Fachen seiner Eingangsnennleistung an, also 26.390 Watt, begrenzt er auf eine DC-Leistung von circa 20.396 Watt. Dies entspricht lediglich 100,47 Prozent der DC-Nennleistung von 20.300 Watt. Das Gerät besitzt also keinen Überlastbereich. Bei der Leistungsbegrenzung verschiebt es den Arbeitspunkt auf der Kennlinie in Richtung höherer Eingangsspannung. Die DC-Spannung stellt sich auf einen Wert von circa 713 Volt ein.

Eigen- und Nachtverbrauch: Der Eigenverbrauch des REFUsol beträgt im getesteten Grundbauzustand maximal 0,6 Watt auf der AC-Seite und maximal 28 Watt auf der DC-Seite. Der Hersteller macht hierzu keine Angaben. Nachts zieht der Wechselrichter rund 0,6 Watt Wirkleistung aus dem Netz, laut Hersteller sollten es unter 0,5 Watt sein.

Thermografie: Die Thermografie zeigt eine Draufsicht des Wechselrichters,

während er bei einer Umgebungstemperatur von 25 Grad Celsius mit Nennleistung arbeitet. Da der Leistungsteil im mehrlagigen Aufbau zum großen Teil unter einer Blechplatte verdeckt ist, bleibt er der Thermografiekamera verborgen. Lediglich eine stromkompensierte Drossel auf der Leistungsteil-Leiterkarte, die durch einen Ausschnitt in der Blechplatte sichtbar ist, wurde mit unbedenklichen 67 Grad Celsius erfasst. In den oberen Gefilden können nur völlig unerhebliche Temperaturerhöhungen beobachtet werden.

Fazit

Der REFUsol 020K-SCI ist sehr kompakt und fertigungsfreundlich aufgebaut. Das Gerät macht einen vollwertigen Eindruck und ist für einen dreiphasigen Wechselrichter dieser Leistung sehr leicht und klein. Es gibt viele integrierte Kommunikationsmöglichkeiten und mit dem internen Datenlogger sowie dem grafikfähigen Display gute Möglichkeiten für statistische Bewertungen. Die Anzeige der Ausgangsleistung ist sehr genau und hält jedem Vergleich stand.

Die Topologie des Leistungsteils ermöglicht einen sehr hohen Wirkungsgrad und erlaubt die Aufteilung der Potenziale des DC-Anschlusses symmetrisch zum Erdleiter. Der MPP-Spannungsbereich ist sehr weit, doch es bleibt auch ein angenehmer Abstand zwischen maximaler DC-Spannung und maximaler MPP-Span-

Kommentar des Herstellers

Die von PHOTON Laboratory gemessenen Werte entsprechen unseren eigenen im Rahmen der für solche Messungen erzielbaren Genauigkeit. Das Schaltungskonzept des REFUsol 020K-SCI ist vollständig dasselbe wie beim 020K. Über den Einsatz von SiC-Schaltern hinaus haben wir noch an anderen Komponenten Optimierungen durchgeführt, die weitgehend auch der Serie 802 (dem »normalen« REFUsol 008K bis 020K) zugute kommen werden.

Ideen, die zünden.

Wir entwickeln aus glänzenden **Ideen** neue Produkte, die wegweisend sind. Mit **Wissen, Mut** und **technischer Kreativität** machen wir heute, was morgen führend ist.



Ralph M., Entwicklungsingenieur

Electrifying Innovations

REFUsol

**SILICON
CARBIDE**
INSIDE

Gutes noch besser: Innovative Technologie für maximale Performancesteigerung macht unseren Stringwechselrichter noch effizienter.

Als Technologieführer liefern wir Spitzenprodukte in höchster Qualität. Unser Anspruch: innovative Produkte schaffen, die immer einen Tick besser sind.



Vorwärtsgehen, made by REFUsol.

www.refusol.com

nung. Einschränkungen gäbe es somit nur im oberen Teil des MPP-Bereichs bei Verwendung von Dünnschichtmodulen. Die Freigabe des Leistungsteils gilt nur für Leerlaufspannungen bis 960 Volt, deshalb wurde bei den Messungen die Leerlaufspannung bei hohen MPP-Spannungen begrenzt.

Der Einsatz von Siliziumkarbid für die Leistungstransistoren hat sich gelohnt, die SCI-Version schneidet noch einmal deutlich besser ab als der schon sehr gute REFUSol 020K mit konventionellen Halbleitern. Der maximale Umwandlungswirkungsgrad des 020K-SCI beträgt 98,6 Prozent und ist über den gesamten Spannungs- und Leistungsbe- reich hinweg sehr hoch und gleichmä- ßig. Dasselbe gilt für den Europäischen und den Kalifornischen Wirkungsgrad. Deshalb liegt der maximale Europäische Wirkungsgrad nur 0,3 Prozentpunkte und der maximale Kalifornische Wirkungsgrad nur 0,2 Prozentpunkte un- ter dem maximalen Umwandlungswir- kungsgrad. Durch den sehr gleichmä- ßi-

gen und hohen MPPT-Anpassungswir- kungsgrad ergibt sich für den Gesamt- wirkungsgradverlauf ein in den Zah- lenwerten nur etwas geringerer Verlauf als beim Umwandlungswirkungsgrad. Die Schwankungsbreite des Gesamtwir- kungsgrades ist extrem gering, sie be- trägt über den MPP-Spannungsbereich nicht mehr als 0,2 bis 0,3 Prozentpunk- te und über den gesamten Leistungsbe- reich nur 2 bis 2,5 Prozentpunkte. Für die Auslegung des MPP einer Photovol- taikanlage kann der gesamte MPP-Span- nungsbereich für kristalline Module und für Dünnschichtmodule bis circa 740 Volt gewählt werden.

Der PHOTON-Wirkungsgrad für mittlere Einstrahlung beträgt trotz des weiten Spannungsbereichs außeror- dentlich hohe 98,2 Prozent und ver- dient ein »sehr gut+«. Der Zahlenwert des PHOTON-Wirkungsgrades für hohe Einstrahlung liegt sogar noch etwas hö- her bei 98,3 Prozent. Bislang hat nur ein Gerät – der SMA Sunny Tripower STP 20000TLHE-10 mit 98,5 Prozent

für mittlere und 98,6 Prozent für hohe Einstrahlung – ein noch besseres Teste- ergebnis erzielt.

Wie viele andere moderne Wechsel- richter auch, besitzt der REFUSol keinen Überlastbereich. Der zulässige Tempera- turbereich ist hingegen sehr weit, aller- dings wird bei einer Umgebungstemp- eratur von 53 Grad Celsius die Leistung abgeregelt. Die Temperaturabhängigkeit des Umwandlungswirkungsgrades ist mit minus 0,2 Prozent sehr gering.

Der zweite Wechselrichter mit Sili- ziumkarbidtechnologie auf dem Welt- markt ist ein echtes Spitzengerät. Kom- pakt, leicht und gut ausgestattet schafft es bei Umwandlungswirkungsgrad und MPP-Anpassungswirkungsgrad Verlaufs- werte, wie man sie sich gleichmäßiger kaum wünschen kann. Das traflose Ge- rät ist prinzipiell auch für Dünnschicht- module geeignet. Der weite Spannungs- bereich ist zudem, da es für ihn keine DC- Strombegrenzung gibt, bis circa 740 Volt voll nutzbar – eine echte Bereicherung für den Markt. | Heinz Neuenstein, Jochen Siemer

Auszug aus PHOTON International, Juli 2012

WECHSELRICHTER: TESTERGEBNISSE IM ÜBERBLICK

Wechselrichter	Analysierter Spannungsbereich*3	mittlere Einstrahlung				hohe Einstrahlung				PI Ausgabe
		Wirkungsgrad _{med}	Note	alte Note	Position	Wirkungsgrad _{High}	Note	alte Note	Position	
SMA's STP 20000TLHE-10	580 - 800 V	98.5%	Sehr gut +	–	1	98.6%	Sehr gut +	–	1	12/2011
Refusol's 020K-SCI	490 - 800 V	98.2%	Sehr gut +	–	2	98.3%	Sehr gut +	–	2	7/2012
Steca's StecaGrid 3600	350 - 600 V	97.7%	Sehr gut	–	3	97.8%	Sehr gut	–	3	12/2011
Siemens' Sinvert PVM20	480 - 850 V	97.5%	Sehr gut	–	4	97.7%	Sehr gut	–	4	4/2011
Siemens' Sinvert PVM17	460 - 850 V	97.4%	Sehr gut	–	5	97.7%	Sehr gut	–	4	4/2011
Refusol's 017K	460 - 850 V	97.4%	Sehr gut	Sehr gut +	5	97.6%	Sehr gut	Sehr gut +	6	12/2010
Refusol's 013K	420 - 850 V	97.3%	Sehr gut	Sehr gut +	7	97.6%	Sehr gut	Sehr gut +	6	12/2010
Siemens' Sinvert PVM13	420 - 850 V	97.3%	Sehr gut	–	7	97.6%	Sehr gut	–	6	4/2011
Refusol's 020K	480 - 850 V	97.3%	Sehr gut	–	7	97.5%	Sehr gut	–	9	3/2012
SMA's STP 17000TL	400 - 800 V	97.3%	Sehr gut	Sehr gut +	7	97.5%	Sehr gut	Sehr gut +	9	12/2010
SMA's STP 10000TL-10	320 - 800 V	97.1%	Sehr gut	–	11	97.5%	Sehr gut	–	9	10/2011
Chint Power's CPS SC20KTL-O	500 - 800 V	97.1%	Sehr gut	–	11	97.4%	Sehr gut	–	12	11/2011
Siemens' Sinvert PVM10	380 - 850 V	97.0%	Sehr gut	–	13	97.4%	Sehr gut	–	12	1/2011
Delta Energy Systems' Solivia 20 EU G3 TL	350 - 800 V	97.0%	Sehr gut	–	13	97.2%	Sehr gut	–	15	3/2012
Zeversolar New Energy's Eversol-TLC 17k*5, *6	550 - 720 V	96.9%	Sehr gut	–	15	97.3%	Sehr gut	–	14	4/2011
Mastervolt's Sunmaster CS20TL	350 - 800 V	96.9%	Sehr gut	–	15	97.2%	Sehr gut	–	15	5/2011
Refusol's 011K*1	380 - 800 V	96.9%	Sehr gut	Sehr gut +	15	97.2%	Sehr gut	Sehr gut +	15	9/2008
SMA's SMC 8000 TL	335 - 487 V	96.9%	Sehr gut	Sehr gut +	15	97.0%	Sehr gut	Sehr gut +	19	10/2007
SMA's SMC 11000TL	333 - 500 V	96.9%	Sehr gut	Sehr gut +	15	96.8%	Sehr gut	Sehr gut +	30	7/2010
Sputnik's Solarmax 13MT*8	250 - 750 V	96.8%	Sehr gut	–	20	97.1%	Sehr gut	–	18	9/2011
Diehl AKO's Platinum 6300 TL	350 - 710 V	96.8%	Sehr gut	Sehr gut +	20	96.9%	Sehr gut	Sehr gut +	28	2/2009
Danfoss' TLX 15 k	430 - 800 V	96.7%	Sehr gut	Sehr gut +	22	97.0%	Sehr gut	Sehr gut +	19	6/2010
Samil Power's Solarlake 15000TL	380 - 800 V	96.7%	Sehr gut	–	22	97.0%	Sehr gut	–	19	6/2012
Zeversolar New Energy's Eversol-TL 4600*5	290 - 500 V	96.7%	Sehr gut	–	22	97.0%	Sehr gut	–	19	9/2011