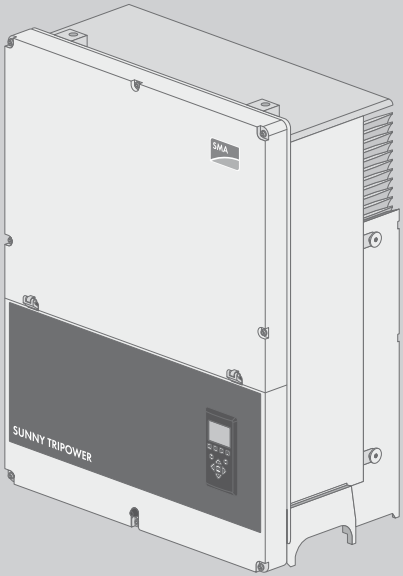
Planungsleitfaden

SUNNY TRIPOWER 60



STP60-10-PL-de-10 | Version 1.0

DEUTSCH

Rechtliche Bestimmungen

Die in diesen Unterlagen enthaltenen Informationen sind Eigentum der SMA Solar Technology AG. Die Veröffentlichung, ganz oder in Teilen, bedarf der schriftlichen Zustimmung der SMA Solar Technology AG. Eine innerbetriebliche Vervielfältigung, die zur Evaluierung des Produktes oder zum sachgemäßen Einsatz bestimmt ist, ist erlaubt und nicht genehmigungspflichtig.

SMA Garantie

Die aktuellen Garantiebedingungen können Sie im Internet unter www.SMA-Solar.com herunterladen.

Warenzeichen

Alle Warenzeichen werden anerkannt, auch wenn diese nicht gesondert gekennzeichnet sind. Fehlende Kennzeichnung bedeutet nicht, eine Ware oder ein Zeichen seien frei.

Die BLUETOOTH® Wortmarke und Logos sind eingetragene Warenzeichen der Bluetooth SIG, Inc. und jegliche Verwendung dieser Marken durch die SMA Solar Technology AG erfolgt unter Lizenz.

Modbus® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Schneider Electric und ist lizensiert durch die Modbus Organization, Inc.

QR Code ist eine eingetragene Marke der DENSO WAVE INCORPORATED.

Phillips® und Pozidriv® sind eingetragene Marken der Firma Phillips Screw Company.

Torx® ist eine eingetragene Marke der Firma Acument Global Technologies, Inc.

SMA Solar Technology AG
Sonnenallee 1
34266 Niestetal
Deutschland

Tel. +49 561 9522-0
Fax +49 561 9522-100
www.SMA.de
E-Mail: info@SMA.de

© 2004 bis 2015 SMA Solar Technology AG. Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 7
1.1 Abkürzungsverzeichnis 7
2 Wechselrichterübersicht 8
2.1 Typenschild 8
2.2 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter 9
2.3 Wechselrichterbeschreibung 9
2.3.1 Systemübersicht 10
2.3.2 Funktionale Sicherheit 12
2.3.3 Betriebsarten 13
2.4 MPP-Tracker und Leistungsreduzierung 14
2.4.1 MPP-Tracker 14
2.4.2 Leistungsreduzierung Wechselrichter 14
2.4.3 Leistungsreferenz 15
2.5 Grid-Code 16
2.5.1 Netzschutzeinstellungen 16
2.6 Netzunterstützung (Netzsystemdienstleistungen) 17
2.6.1 Fault Ride Through (robustes Einspeiseverhalten im Netzfehlerfall) . 17
2.6.2 Blindleistungsmanagement 18
2.6.3 Aktives Leistungsmanagement 19
2.7 Einstellungen für funktionale Sicherheit 19
3 Systemplanung – Mechanisch 20
3.1 Auspacken 20
3.2 Installation 20
3.2.1 Installationsbedingungen 21
3.3 Montage des Wechselrichters 22
3.3.1 Wie der Wechselrichter auszurichten ist 23
3.3.2 Drehmomentspezifikationen zur Installation 23
3.4 Kabelspezifikationen 24

4 Systemplanung – elektrisch 24
4.1 Einführung 24
4.2 DC-Seite 24
4.2.1 PV-Anschlussanforderungen 24
4.2.1.1 Maximale Leerlaufspannung 25
4.2.1.2 MPP-Spannung 25
4.2.1.3 Kurzschluss-Strom 26
4.2.1.4 MPP-Strom 26
4.2.1.5 Widerstand zwischen PV-Modulen und Erde 26
4.2.1.6 Erdung 26
4.2.1.7 Parallelschaltung von PV-Arrays 26
4.2.1.8 PV-Kabel – Dimensionierung und Verlegung 26
4.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für PV-Systeme 27
4.2.3 Dünnschichtmodule 27
4.2.4 Interner Überspannungsschutz 28
4.2.5 Wärmemanagement 28
4.2.6 PV-Simulation 29
4.2.7 PV-Feldkapazität 29
4.3 Anschluss an das Niederspannungsnetz 29
4.3.1 AC-Anschlussbedingungen 29
4.3.2 AC-Anschlussschutz 30
4.3.3 Netzimpedanz 31
4.3.4 Überlegungen zu den AC-Kabeln 31

5 Kommunikation und Systemplanung, SMA Inverter Manager 32
5.1 Ethernet-Kommunikation 32
5.1.1 Systemübersicht 32
5.1.2 SMA Inverter Manager 33
5.2 Benutzerschnittstellen 33
5.3 I/O-Box 34
5.4 Wetterstation 34

6 Technische Daten 35
6.1 Technische Daten. 35
6.2 Grenzwerte für die Reduzierung des Auslegungsverhältnisses 36
6.3 Normen und Standards 37
6.4 Spezifikation für die Netzsicherungen 38
6.5 Technische Daten der Kommunikationsschnittstellen 39
6.6 Ethernet-Anschlüsse 40
6.6.1 Netzwerktopologie 40

1 Einführung

Der Planungsleitfaden enthält die für die Planung und Bemaßung einer Installation erforderlichen Informationen. Es beschreibt die Anforderungen zur Verwendung eines Sunny Tripower 60 in PV-Anlagen.

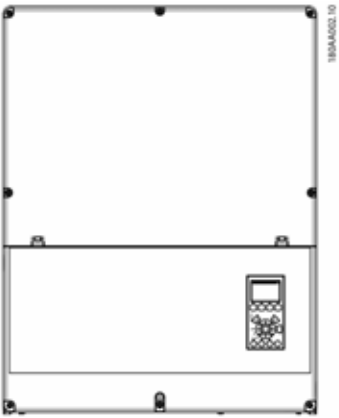


Abbildung 1.1 Sunny Tripower 60

Folgende zusätzliche Materialien sind verfügbar:

- Installationsanleitung (im Lieferumfang des Wechselrichters enthalten) - enthält Informationen zur Installation und Inbetriebnahme des Wechselrichters
- Schnelleinstieg zur Installation des SMA Inverter Managers und der I/O-Box - enthält für die Installation des SMA Inverter Managers notwendige Informationen
- Serviceanleitung für den Austausch des Lüfters - enthält Informationen zum Austausch eines defekten Lüfters
- Serviceanleitung für den Austausch der SPDs - enthält Informationen zum Austausch von Überspannungsschutzgeräten

Diese Dokumente sind im Downloadbereich unter www.SMA-Solar.com verfügbar. Sie können Sie auch über den Lieferanten des Wechselrichters beziehen. Weitere anwendungsspezifische Informationen erhalten Sie an gleicher Stelle.

1.1 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
ANSI	American National Standards Institute (US-amerikanische Stelle zur Normung industrieller Verfahrensweisen)
AWG	American Wire Gauge (Kodierung für Drahtdurchmesser)
cat5e	Kategorie 5 Kabel (mit verbesserten Eigenschaften) mit verdrillten Adernpaaren (Twisted-Pair) zur Datenübertragung
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol – ermöglicht die automatische Zuweisung der Netzadresse durch den DHCP-Server
VNB	Verteilnetzbetreiber
DSL	Digital Subscriber Line – digitaler Teilnehmeranschluss
EMV (Richtlinie)	Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit
ESD	Elektrostatische Entladung
FCC	Federal Communications Commission (unabhängige US-Behörde zur Regelung von Funkkommunikationswegen)
FRT	Fault Ride Through (robustes Einspeiseverhalten im Netzfehlerfall)
GSM	Global System for Mobile Communications (Standard für digitale Mobilfunknetze)
HDD	Hard Disk Drive (Festplattenlaufwerk)
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission – internationale Normungsorganisation
IT	Isolierte Erde
LCS	Lokale Inbetriebnahme und Service
LED	Leuchtdiode
NSR (Richtlinie)	Niederspannungsrichtlinie
MCB	Leitungsschutzschalter
MPP	Maximum Power Point (Punkt maximaler Leistung)
MPPT	Maximum Power Point Tracker – ermittelt den Punkt der optimalen PV-Leistung
NFPA	National Fire Protection Association (US-Brandschutz-Vereinigung)
P	P ist das Symbol der Wirkleistung, gemessen in Watt (W).
PCB	Leiterplatte
PCC	Point of Common Coupling – Netzverknüpfungspunkt Der Punkt im öffentlichen Elektrizitätsnetz, an den Kunden angeschlossen sind oder sein könnten.

Abkürzung	Beschreibung
PE	Schutzerde
PELV	Schutzkleinspannung
PLA	Power Level Adjustment = Begrenzung der Ausgangsleistung
PNOM	Power [W], Nennwirkleistung
POC	Anschlusspunkt Der Punkt, an dem das PV-System an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen ist.
PSTC	Power [W], Leistung bei Standardtestbedingungen
PV	Photovoltaik, Photovoltaik-Zellen
RCD	Fehlerstromschutzschalter
RCMU	Residual Current Monitoring Unit – FI-Überwachungsgerät
RISO	Isolationswiderstand
ROCOF	Rate Of Change Of Frequency – Frequenzänderungsrate
Q	Q ist das Symbol der Blindleistung, gemessen in Volt-Ampere reaktiv (VAr)
S	S ist das Symbol der Scheinleistung und wird in Voltampere (VA) angegeben.
STC	Standardtestbedingungen (Standard Test Conditions)
SW	Software
THD	Oberschwingungsgehalt
TN-S	WechselAC-Netz mit getrennten Schutz- und Neutralleitern
TN-C	WechselAC-Netz mit kombiniertem Schutz- und Neutralleiter
TN-C-S	Kombiniertes TN-C und TN-S-System: Die Trennung von Schutz- und Neutralleiter erfolgt am Übergangspunkt zwischen Verteilungsnetz und Kundenanlage.
TT	WechselAC-Netz mit Trennung zwischen Betriebserde des Erzeugers und der Erde der Verbraucheranlage

Tabelle 1.1 Abkürzungen

2 Wechselrichterübersicht

2.1 Typenschild

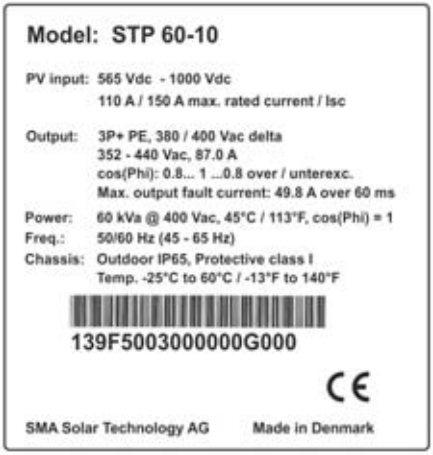


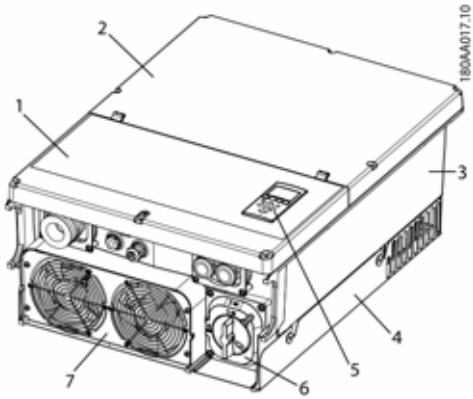
Abbildung 2.1 Typenschild Sunny Tripower 60

Abbildung 2.2 Typenschild Sunny Tripower 60-US

Auf dem Typenschild an der Seite des Wechselrichters sind folgende Angaben zu finden:

- Wechselrichter-Typ
- Wichtige technische Daten
- Seriennummer zur Identifizierung des Wechselrichters (unter dem Barcode)

2.2 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter



1	Abdeckung für Installationsbereich
2	Frontabdeckung
3	Kühlkörper aus Aluminiumdruckguss
4	Wandhalterung
5	Display (nur Anzeige)
6	PV-Lasttrennschalter
7	Lüfter

Abbildung 2.3 Mechanischer Überblick über den Wechselrichter

2.3 Wechselrichterbeschreibung

Eigenschaften des Wechselrichters:

- IP65-Gehäuse/Typ 3R
- PV-Lasttrennschalter
- Netzmanagementfunktion
- Transformatorlos
- 3-phasig
- 3-Level Topologie mit hoher Leistungsfähigkeit
- Integriertes Fehlerstromüberwachungsgerät
- Isolationsprüffunktion
- Umfassende Ride-Through-Funktionen (zur Sicherstellung einer zuverlässigen Energieerzeugung bei Netzstörungen) – abhängig von der Parametrierung der Wechselrichter
- Erfüllt die Anforderungen vieler nationaler Netze
- Anpassung an örtliche Anforderungen und Gegebenheiten über Grid-Code-Einstellung

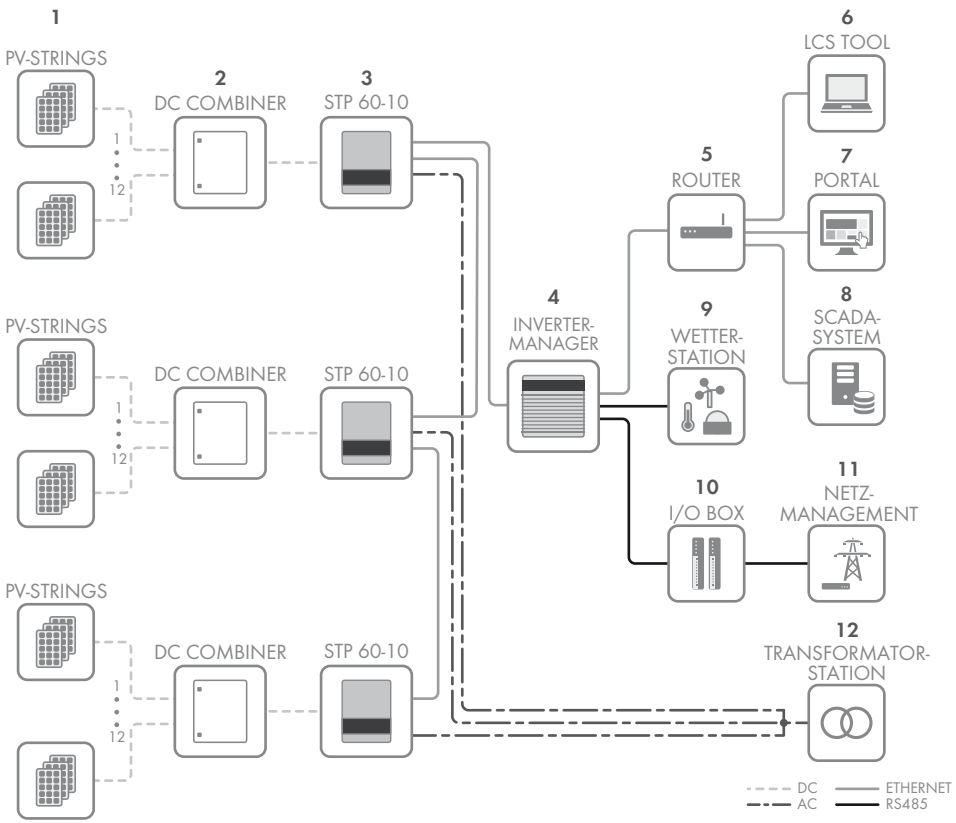
2.3.1 Systemübersicht

Das STP 60-System mit einem Sunny Tripower 60 nutzt sowohl die Vorteile der String-Wechselrichter als auch die der Zentral-Wechselrichter und ist daher für eine Vielzahl von kommerziellen Einrichtungen und Energieversorgeranlagen optimal geeignet.

Das STP 60-System besteht aus dem Sunny Tripower 60, einem DC-String-Combiner und dem SMA Inverter Manager.

Das Kommunikationsnetzwerk eines STP 60-Systems ist in zwei Ethernet-Netzwerke unterteilt: Anlagennetzwerk und Wechselrichter-Netzwerk. Das Anlagennetzwerk ist die Kommunikationsschnittstelle zur STP 60-Anlage und kann von mehreren SMA Inverter Managern sowie zusätzlichen IT-Geräten genutzt werden, wohingegen das Wechselrichternetzwerk ausschließlich für die Wechselrichter verwendet wird. Das Anlagennetzwerk muss einen dem Wechselrichter zugewiesenen DHCP-Server (Router) haben, da der SMA Inverter Manager eine automatische IP-Zuweisung benötigt. Es wird empfohlen, professionelle Router und Switches zu verwenden. Der SMA Inverter Manager ermöglicht:

- Steuerung von bis zu 42 SMA Wechselrichtern vom Typ Sunny Tripower 60
- Ein einfaches Anlagennetz dank eines einzigen Zugangspunktes für jede 2,5-MVA-Anlage (Höchstwert).
- Eine einfache Inbetriebnahme und Wartung der Anlage mithilfe des LCS-Tools (Local Commissioning and Service)
- Sicheren Daten-Upload an Data-Warehouse-Services sowie die Steuerung aller lokale Anforderungen und Einstellungen durch den VNB.
- Ein Open-source-Modbus-TCP-Kommunikationsprotokoll, welches via Ethernet ein SunSpec-Alliance-Profil sowohl zur Überwachung als auch zur Steuerung verwendet und beispielsweise die Integration in SCADA-Systeme erleichtert
- Eine Netzverwaltungsschnittstelle in Form der optionalen I/O-Box für PLA und Blindleistungsbefehle
- Eine einfache Integration von metrologischen Daten über eine Wetterstation, welche mit RS-485 SunSpec Alliance kompatibel ist



1	PV-Strings
2	Generatoranschlusskasten (GAK)
3	Sunny Tripower 60
4	SMA Inverter Manager
5	Router
6	LCS-Tool
7	Portal-Upload
8	SCADA-System
9	Wetterstation
10	I/O-Box
11	Netzverwaltung
12	Transformatorstation

Abbildung 2.4 Systemübersicht

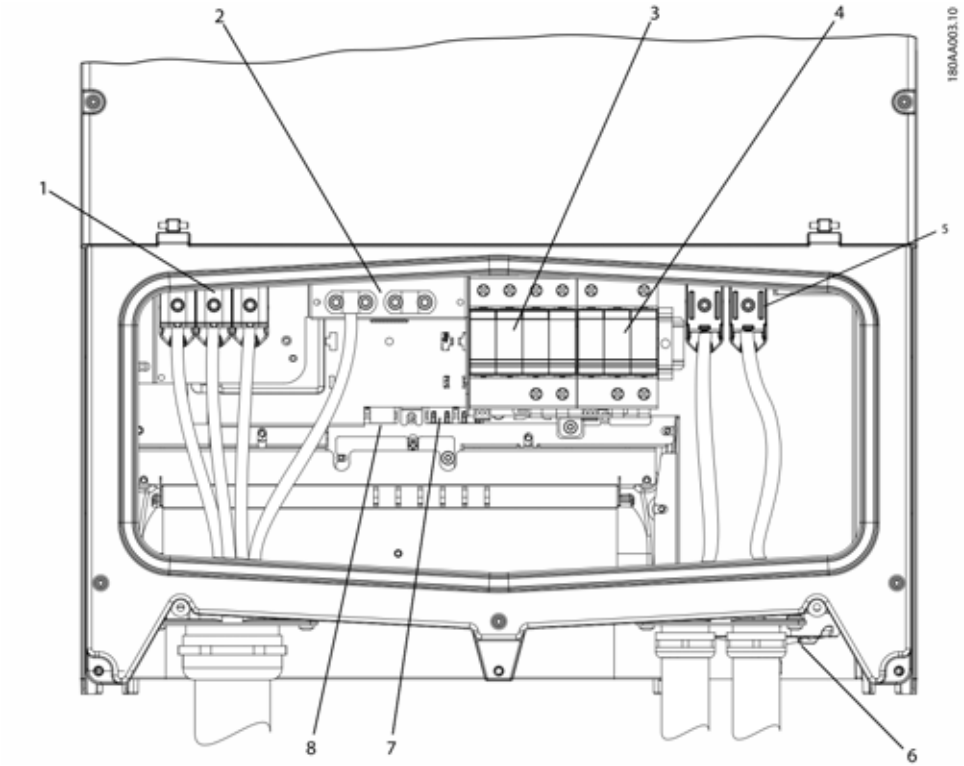


Abbildung: 2.5 Überblick über den Installationsbereich

PELV (berührungssicher)	
2	Geräteerdung
7	Ethernet-Schnittstelle x 2
8	RS-485-Schnittstelle (nicht im Einsatz)
Spannungsführende Teile	
1	AC-Anschlussklemmen
5	PV-Anschlussklemmen
Sonstige	
3	AC-Überspannungsschutz (SPDs)
4	DC-Überspannungsschutz (SPDs)
6	PV-Lasttrennschalter

2.3.2 Funktionale Sicherheit

Der Wechselrichter wurde für den internationalen Einsatz entwickelt und verfügt über eine Schaltung für funktionale Sicherheit, die zahlreiche nationale Anforderungen erfüllt (siehe Kapitel 2.5, Seite 16).

Einfehler-Störfestigkeit

Der Schaltkreis für die funktionale Sicherheit verfügt über eine vollständig redundante, integrierte Einzelfehlererkennung. Im Falle einer Störung wird der Wechselrichter sofort vom Netz genommen. Die Methode ist aktiv und deckt die gesamte Schaltung innerhalb der Fehlerstromüberwachung ab, sowohl auf der kontinuierlichen Ebene als auch bei plötzlichen Änderungen. Um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten, werden sämtliche funktionalen Sicherheitskreise während der Startphase des Wechselrichters überprüft. Wenn ein Schaltkreis im Rahmen des Selbsttests mehr als einmal bei drei Versuchen eine Störung aufweist, schaltet der Wechselrichter in die Betriebsart „Ausfallsicher". Wenn die im normalen Betrieb gemessenen Netzspannungen,

Netzfrequenzen oder Fehlerströme in den beiden unabhängigen Schaltkreisen zu stark voneinander abweichen, unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung und wiederholt den Selbsttest. Die Schaltkreise für die funktionale Sicherheit sind dauerhaft aktiviert. Eine Deaktivierung ist nicht möglich.

Isolation

Während des Selbsttests greift der Wechselrichter auf ein Isolations-Messsystem zurück, das ermittelt, ob die Isolation im PV-System oberhalb des erforderlichen Wertes liegt. Diese Maßnahme erfolgt, ehe der Wechselrichter mit der Netzeinspeisung beginnt. Während des Netzanschlusses misst der Wechselrichter den kontinuierlichen Fehlerstrom im System. Wenn dieser Wert innerhalb von 24 Stunden häufiger als viermal überschritten wird, stellt der Wechselrichter aufgrund von möglichen Sicherheitsmängeln im PV-System den Betrieb ein.

HINWEIS

Je nach lokal notwendigen Netzanschlussbedingungen wird ein Mindestisolationswiderstand zwischen Erde und PV vorgegeben. Ein typischer Wert ist 82 kΩ.

Selbsttest

Der Isolationswiderstand zwischen den PV-Arrays und Erde wird im Rahmen des Selbsttests ebenfalls überprüft. Bei zu niedrigem Widerstand speist der Wechselrichter nicht in das Netz ein. Nach 10 Minuten beginnt der Wechselrichter selbstständig mit einem neuem Einspeiseversuch.

Differenzstrom

Der Fehlerstrom wird kontinuierlich überwacht. In folgenden Fällen unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung:

- wenn der Zyklus-Effektivwert des Fehlerstroms über die „Freigabezeit" hinaus nicht den Grenzwert, definiert in den Abschalteinstellungen, einhält oder
- wenn ein plötzlicher Anstieg im Fehlerstrom gemessen wird.

Netzüberwachung

Wenn der Wechselrichter in das Netz einspeist, werden folgende Netzparameter permanent überwacht:

- Amplitude der Netzspannung (Momentanwert und 10-Minuten-Mittel)
- Netzspannung und -frequenz
- Netzausfall (Inselnetzerkennung):
  - 3-phasige Netzausfallerkennung
  - Frequenzänderungsrate (ROCOF)
  - Frequenzverschiebung.
- Gleichstromanteil des Netzstroms
- Fehlerstrom mittels RCMU

Wenn einer dieser Parameter gegen die Grid-Code-Einstellungen verstößt, unterbricht der Wechselrichter die Netzspeisung.

2.3.3 Betriebsarten

Der Wechselrichter hat fünf Betriebsarten, die durch LEDs angezeigt werden.

Status	LEDs	
Vom Netz	Grün	– – – – – – – –
	Rot	– – – – – – – –
Anschluss erfolgt	Grün	▬ ▬ ▬ ▬ ▬
	Rot	– – – – – – – –
Am Netz	Grün	▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬ ▬
	Rot	– – – – – – – –
Internes Wechselrichtererereignis	Grün	▬ ▬ ▬ ▬ ▬
	Rot	– – – – – – – –
Ausfallsicher	Grün	– – – – – – – –
	Rot	▬ ▬ ▬ ▬ ▬

Tabelle 2.1

Vom Netz (Standby) (LEDs aus)

#0-51

Wenn länger als 10 Minuten nicht in das AC-Netz eingespeist wurde, trennt sich der Wechselrichter selbstständig vom Netz und schaltet sich ab. Die Benutzer- und Kommunikationsschnittstellen werden zu Kommunikationszwecken weiter mit Strom versorgt.

Anschlussmodus (Grüne LED blinkt)

#52-53

Der Wechselrichter läuft an, wenn die PV-Eingangsspannung die DC-Mindesteinspeisespannung erreicht. Der Wechselrichter führt eine Reihe interner Selbsttests durch, einschließlich einer Messung des Widerstands zwischen PV-Array und Erde. In der Zwischenzeit werden auch die Netzparameter überwacht. Wenn die Netzparameter während des erforderlichen Zeitraums innerhalb der Spezifikationen liegen (abhängig vom Grid-Code), beginnt der Wechselrichter mit der Einspeisung in das AC-Netz.

Am Netz (Grüne LED leuchtet)

#60

Der Wechselrichter ist an das AC-Netz angeschlossen und speist in dieses ein. Der Wechselrichter trennt sich in folgenden Fällen vom Netz:

- Er erkennt abnormale Netzbedingungen (abhängig vom Grid-Code), oder ein internes Ereignis tritt auf.
- PV-Leistung ist unzureichend (10 Minuten lang wird kein Strom eingespeist).

In diesem Fall wechselt der Wechselrichter in den Anschlussmodus oder in die Betriebsart „Vom Netz getrennt".

Internes Wechselrichterereignis (Grüne LED blinkt)

#54

Der Wechselrichter wartet darauf, dass ein interner Zustand wieder innerhalb der Grenzwerte liegt (zum Beispiel, dass eine zu hohe Temperatur absinkt), bevor er wieder ans Netz geht.

Ausfallsicher (Rote LED blinkt)

#70

Wenn der Wechselrichter beim Selbsttest (in der Betriebsart „Anschlussmodus") oder während des Betriebs einen Schaltkreisfehler feststellt, schaltet er in die Betriebsart „Ausfallsicher" und wird vom Netz getrennt. Der Wechselrichter verbleibt in der Betriebsart „Ausfallsicher", bis die PV-Leistung zehn Minuten lang ausbleibt oder der Wechselrichter vollständig abgeschaltet wird (AC+PV).

2.4 MPP-Tracker und Leistungsreduzierung

2.4.1 MPP-Tracker

Beim Maximum Power Point Tracker (MPPT) handelt es sich um einen Algorithmus, mit dem laufend eine Maximierung der Ausgangsleistung des PV-Arrays angestrebt wird. Der Algorithmus passt die PV-Spannung schnell genug an, um abrupten Änderungen der Sonneneinstrahlung zu folgen. Der MPPT findet den Maximum Power Point (den Punkt maximaler Leistung), während die PV-Spannung innerhalb des definierten MPP-Spannungsbereiches liegt. Bei Spannungen unterhalb der minimalen MPP-Spannung des Wechselrichters gibt der MPPT den Punkt maximaler Leistung auf (siehe Abbildung 2.6), um eine ausreichende DC-Spannung aufrechtzuerhalten und somit die erforderliche AC-Netzspannung zu generieren.

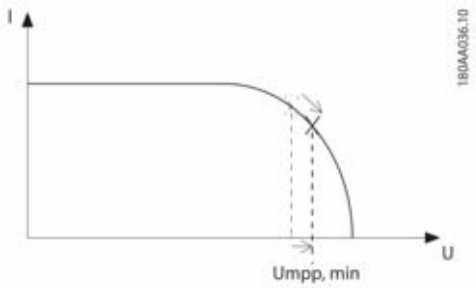


Abbildung 2.6 Verhalten des MPPT bei niedriger MPP-Spannung

HINWEIS

Da der Sunny Tripower 60 keinen Hochsetzsteller besitzt, variiert die minimale MPP-Spannung je nach aktueller AC-Netzspannung.

2.4.2 Leistungsreduzierung Wechselrichter

In bestimmten Situationen ist es beabsichtigt, dass der MPPT den Punkt der maximalen Leistung aufgibt. Dieses Verhalten wird als „Leistungsreduzierung" bezeichnet und dient dem Schutz des Wechselrichters vor Überlast oder wird zur Verringerung der Ausgangsleistung eingesetzt, um das Netz zu unterstützen. Die Blindleistung (welche das Netz unterstützt) hat Priorität, wenn die Drosselfunktion die AC-Ausgangsleistung reduziert, mit anderen Worten: Zuerst wird die Wirkleistung auf null gesenkt, anschließend wird die Blindleistung reduziert. Das STP 60-System führt unter den folgenden Umständen eine Leistungsreduzierung durch:

- Überschreiten der maximalen AC-Nennleistung
- Interne Übertemperatur
- Netzüberspannung
- Zu hohe Netzfrequenz
- Begrenzung der Ausgangsleistung durch Einstellungen oder externen Befehl (PLA)

Jeder Sunny Tripower 60 begrenzt die AC-Ausgangsleistung je nach aktueller Leistungsreferenz, welche immer dem jeweils niedrigsten der folgenden Werte entspricht:

- Maximale AC-Nennleistung (60 kVA)
- Fester Grenzwert für Wirk- bzw. Blindleistung, festgelegt durch die Grid-Code-Datei
- Wirk- bzw. Blindleistungsreferenz vom SMA Inverter Manager

- Leistungsbegrenzung von der internen temperaturbedingten Leistungsreduzierung. Eine temperaturbedingte Leistungsreduzierung weist auf eine zu hohe Umgebungstemperatur, einen verschmutzten Kühlkörper, einen blockierten Lüfter oder Ähnliches hin. Informationen zur Wartung finden Sie in Installationsanleitung des Sunny Tripower 60. Die Werte in Abbildung 2.7 sind unter Nennbedingungen cos(φ) = 1 gemessen.

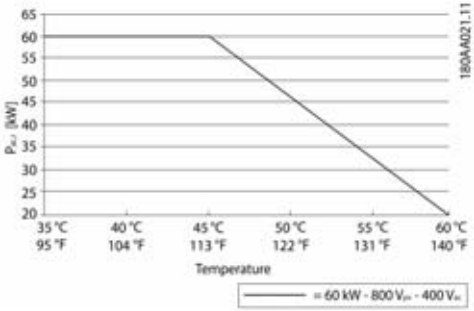


Abbildung 2.7 Die Leistungsreduzierung als Funktion der Umgebungstemperatur

HINWEIS

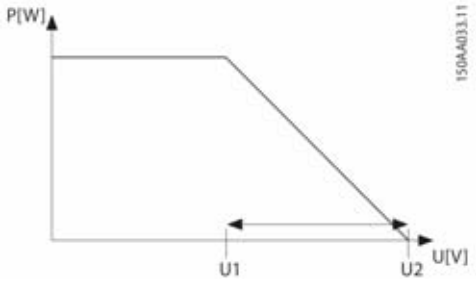
Der Wechselrichter kann den gesamten zulässigen DC-Spannungsbereich bis zu 1000 V für eine Leistungsreduzierung nutzen. Er ist nicht auf den MPP-Spannungsbereich beschränkt.

2.4.3 Leistungsreferenz

Die Leistungsreferenz für den einzelnen Sunny Tripower 60 wird vom SMA Inverter Manager auf der Basis der folgenden Funktionen generiert. Sie alle sind im SMA Inverter Manager abgelegt und werden somit auf Anlagenebene berechnet.

- **Netz-Überspannung**

  Überschreitet die Netzspannung den vom Verteilnetzbetreiber definierten Grenzwert U1, drosselt der Wechselrichter die Ausgangsleistung. Wenn die Netzspannung ansteigt und den vordefinierten Grenzwert (den 10-Minuten-Mittelwert, U2) überschreitet, unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung, um die Netzqualität aufrechtzuerhalten und andere an das Netz angeschlossene Geräte zu schützen.



U1	Fest
U2	Abschaltgrenze

Abbildung 2.8 Netzspannung über Grenzwert, festgelegt vom VNB

Leistungsreduzierung – Netz-Überfrequenz

Die Ausgangsleistung wird als Variable der Netzfrequenz reduziert. Es gibt zwei Methoden zur Reduzierung der Ausgangsleistung: Rampe und Hysterese. Die Grid-Code-Einstellung legt fest, welche Methode in einer bestimmten Installation zur Anwendung kommt.

Primärfrequenzregelung – Rampenmethode

Siehe Abbildung 2.9.

Der Wechselrichter verringert die Ausgangsleistung, wenn die Netzfrequenz f1 überschreitet. Die Reduzierung erfolgt bei einer vorkonfigurierten Rate, die in Abbildung 2.9 als Rampe (R) dargestellt wird. Wenn die Frequenz f2 erreicht, wird der Wechselrichter vom Netz getrennt. Wenn die Frequenz unter f2 fällt, wird der Wechselrichter wieder ans Netz angeschlossen und erhöht die Leistung wieder mit derselben Rate wie bei der Reduzierung.

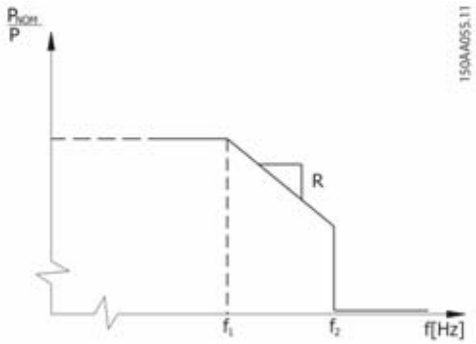


Abbildung 2.9 Primärfrequenzregelung – Rampenmethode

Frequenzhaltung (Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz) - Hysterese

Siehe Abbildung 2.10.

Zur Unterstützung der Netzfrequenzstabilisierung drosselt der Wechselrichter die Ausgangsleistung, wenn die Netzfrequenz f1 überschreitet. Die Reduzierung erfolgt mit einer vorkonfigurierten Rate, die in Abbildung 2.10 als Rampe (R) dargestellt wird. Die verringerte Ausgangsleistungsgrenze wird so lange beibehalten, bis die Netzfrequenz auf f2 gesunken ist. Sinkt die Netzfrequenz auf f2, steigt die Ausgangsleistung nach einer zeitlichen Rampe T wieder an. Wenn die Netzfrequenz weiter steigt, wird der Wechselrichter bei f3 getrennt. Wenn die Frequenz unter f2 fällt, wird der Wechselrichter wieder ans Netz angeschlossen und erhöht die Leistung wieder mit derselben Rate wie bei der Reduzierung.

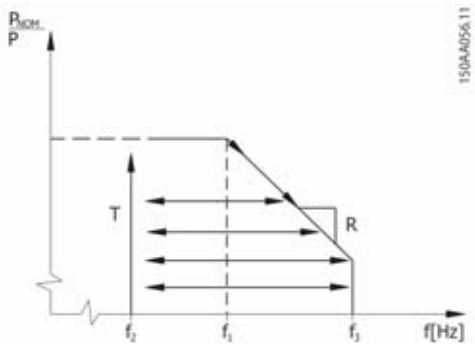


Abbildung 2.10 Primärfrequenzregelung – Hysteresemethode

2.5 Grid-Code

Die STP 60-Grid-Code-Datei enthält Einstellungen, welche sowohl das Verhalten eines einzelnen Wechselrichters als auch das der gesamten Anlage festlegen. Die Grid-Code-Datei ist in zwei Hauptbereiche unterteilt:

- Netzschutzeinstellungen
- Netzunterstützung (Netzsystemdienstleistungen)

Das für die Inbetriebnahme des Wechselrichters verwendete LCS-Tool ist zur Erfüllung nationaler Anforderungen mit verschiedenen Standard-Grid-Codes ausgestattet. Eine Änderung dieser Standard-Grid-Code-Parameter erfordert eine kundenspezifische Grid-Code-Datei, welche von SMA Solar Technology AG zur Verfügung gestellt wird. Wie Sie kundenspezifische Grid-Code-Parameter beantragen können, erfahren Sie in Kapitel 2.7, Seite 19.

HINWEIS

Vor dem Netzanschluss eines Wechselrichters ist immer die Genehmigung des örtlichen Verteilnetzbetreibers (VNB) einzuholen.

2.5.1 Netzschutzeinstellungen

Die Netzschutzeinstellungen sind auf jedem Wechselrichter gespeichert. Sie sorgen dafür, dass das Netz im Falle bestimmter Netzereignisse geschützt ist, unabhängig vom Anschluss an den SMA Inverter Manager. Der Wechselrichter überwacht beständig die folgenden Netzwerte und vergleicht sie mit den im Grid-Code festgelegten Trennungswerten. Beispiel:

- Spannungsunterbrechung
- Frequenzunterbrechung
- Wiederanschluss
- Netzausfall

Spannungs- und Frequenzunterbrechung

Die Zyklus-Effektivwerte der Netzspannung werden mit zwei unteren und zwei oberen Abschalteinstellungen, beispielsweise Überspannung (Stufe 1), abgeglichen. Wenn die Effektivwerte über die „Freigabezeit" hinaus nicht die Grenzwerte der Abschalteinstellungen einhalten, unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung.

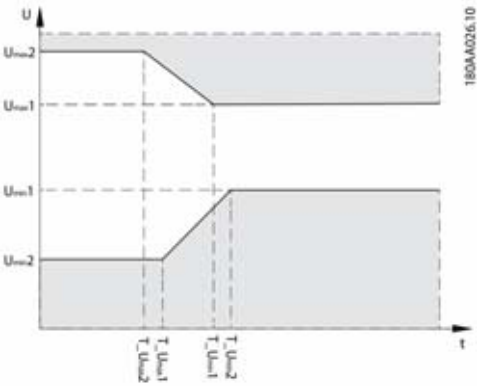


Abbildung 2.11 Überspannungs- und Unterspannungs-Trennung

Wiederanschluss

Während der Inbetriebnahme oder wenn der Wechselrichter beispielsweise aufgrund einer Überspannung oder einer zu hohen Frequenz vom Netz getrennt wurde, legen die Wiederanschlusswerte fest, unter welchen Netzbedingungen sich der Wechselrichter wieder mit dem Netz verbinden und Energie einspeisen kann.

Netzausfall-Trennung (Inselbetrieb)

Ein Netzausfall wird durch drei verschiedene Algorithmen erkannt:

- Dreiphasen-Spannungsüberwachung (der Wechselrichter regelt den Strom jeder einzelnen Phase). Die Zyklus-Effektivwerte der Außenleiternetzspannungen werden mit einer unteren oder einer oberen Abschalteinstellung verglichen. Wenn die Effektivwerte über die „Freigabezeit" hinaus nicht die Grenzwerte der Abschalteinstellungen einhalten, unterbrechen die Wechselrichter die Netzeinspeisung.
- Frequenzänderungsrate (ROCOF). Die ROCOF-Werte (positiv oder negativ) werden ebenfalls mit den Abschalteinstellungen abgeglichen. Im Falle eines Verstoßes gegen diese Grenzwerte unterbricht der Wechselrichter die Netzeinspeisung.
- Frequenzverschiebung. Der Wechselrichter versucht beständig, die Netzfrequenz ein wenig auszuweiten, wird daran jedoch von der Netzstabilität gehindert.

In einer Netzausfallsituation ist die Netzstabilität nicht mehr vorhanden, sodass eine Änderung der Frequenz möglich wird. Da die Frequenz von der Betriebsfrequenz der Leitung abweicht, wird der Wechselrichter vom Netz getrennt und speist keine Energie mehr ins Netz ein. Wenn der Wechselrichter aufgrund der Netzfrequenz oder Netzspannung (nicht aufgrund eines Ausfalls bedingt durch Phasenunsymmetrien) die Netzeinspeisung unterbricht und Frequenz oder Spannung innerhalb kurzer Zeit (Kurzunterbrechungszeit) wiederhergestellt werden, kann der Wechselrichter den Netzanschluss wiederherstellen, wenn die Netzparameter während des vorgegebenen Zeitraums (Wiederanschlusszeit) innerhalb der Grenzwerte lagen. Andernfalls führt der Wechselrichter wieder die normale Anschlusssequenz aus.

2.6 Netzunterstützung (Netzsystemdienstleistungen)

Die Netzsystemdienstleistungen werden in zwei Hauptkategorien zusammengefasst:

- „Fault Ride Through"-Funktion (FRT).
- Management von Wirk- und Blindleistung

2.6.1 Fault Ride Through (robustes Einspeiseverhalten im Netzfehlerfall)

Die Netzspannung hat in der Regel einen gleichmäßigen Kurvenverlauf, gelegentlich fällt die Spannung jedoch für einige Millisekunden ab oder liegt kurzzeitig nicht an. Ursache dafür sind häufig Kurzschlüsse in Freileitungen oder der Betrieb von Schaltgeräten oder ähnlichen Vorrichtungen im Hochspannungsnetz. In solchen Fällen kann der Wechselrichter mithilfe der „Fault Ride Through"-Funktion weiterhin Leistung ins Netz einspeisen. Eine kontinuierliche Stromversorgung des Netzes ist von entscheidender Bedeutung:

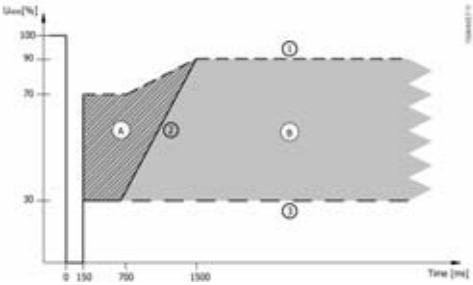
- zur Vermeidung vollständiger Spannungsausfälle und zur Stabilisierung der Netzspannung.
- um die Energieeinspeisung in das AC-Netz zu erhöhen.

Es stehen vier verschiedene Verhaltensweisen zur Auswahl:

- Null-Strom
- Nur Blindleistung
- Nur Wirkstrom
- Voller Strom – Blindstrompriorität

Wie FRT funktioniert

Abbildung 2.12 zeigt die Anforderungen, die von der FRT-Funktion zu erfüllen sind. Das Beispiel gilt für deutsche Mittelspannungsnetze.



Oberhalb von Linie 1	Bei Spannungen oberhalb von Linie 1 darf der Wechselrichter während der Durchführung von FRT auf keinen Fall vom Netz getrennt werden.
Bereich A	Der Wechselrichter darf bei Spannungen unterhalb von Linie 1 und links von Linie 2 nicht getrennt werden. In manchen Fällen erlaubt der VNB eine kurzzeitige Trennung. Dann muss der Wechselrichter innerhalb von 2 Sekunden wieder ans Netz gegangen sein.
Bereich B	Rechts von Linie 2 ist eine kurzzeitige Trennung vom Netz immer zulässig. Die Zeit für den Wiederanschluss und den Leistungsgradienten kann mit dem VNB ausgehandelt werden.

Unterhalb von Linie 3	Unterhalb von Linie 3 ist ein Netzanschluss nicht mehr erforderlich.

Abbildung 2.12 Beispiel für Deutschland

Wenn eine kurzzeitige Trennung vom Netz erfolgt:

- muss der Wechselrichter innerhalb von 2 Sekunden wieder ans Netz gegangen sein;
- muss die Wirkleistung mit einer Maximalrate von 10 % der Nennleistung pro Sekunde zurückgefahren werden.

Wirkleistungsmanagement

Der Wechselrichter kann das lokale Netz entweder durch eine statische oder durch eine dynamische Begrenzung der Anlagen-Ausgangsleistung unterstützen. Die verschiedenen Regelungsverfahren sind:

- Fixed Pref – Begrenzung der maximalen Ausgangswirkleistung
- Power Level Adjustment (PLA) – ferngesteuerte Begrenzung der Ausgangsleistung (erfordert I/O-Box)

2.6.2 Blindleistungsmanagement

Der Wechselrichter kann das lokale Netz durch Einspeisung von Blindleistung unterstützen. Die verschiedenen Steuermethoden sind:

Q(U)	Einspeisung von Blindleistung in Abhängigkeit von der Netzspannung.
Q(P)	Einspeisung von Blindleistung in Abhängigkeit von der Wirkleistungsabgabe.
Q(S)	Einspeisung von Blindleistung in Abhängigkeit von der Scheinleistungsabgabe.
PF(P)	Leistungsfaktor in Abhängigkeit von der Wirkleistungsabgabe.
PFext	Leistungsfaktor gemäß dem externen Signal entweder via Modbus oder über die externe I/O-Box (RS-485).
Qext	Blindleistung gemäß dem externen Signal entweder via Modbus oder über die externe I/O-Box (RS-485) eingespeist.

Tabelle 2.2 Blindleistungsmanagement, Steuermethoden

HINWEIS

Es können nie mehrere Methoden zugleich eingesetzt werden. Ein Modus-Selektor entscheidet, welche Methode aktiviert werden soll.

Mithilfe der Sollwertkurve Q(U) regelt der Wechselrichter die Blindleistung in Abhängigkeit von der Netzspannung U. Die Werte für die Sollwertkurve werden vom lokalen Versorgungsunternehmen bestimmt und müssen dort erfragt werden (siehe auch Abbildung 2.13).

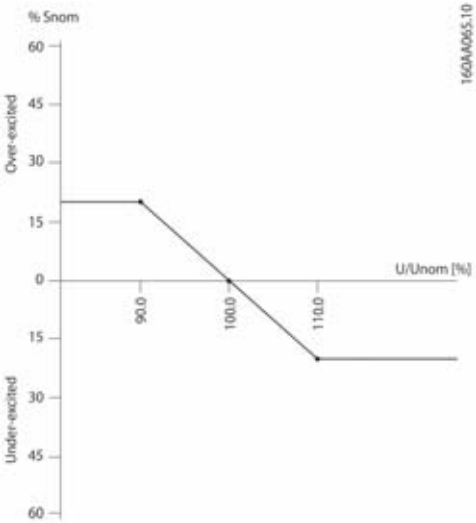


Abbildung 2.13 Q(U)-Sollwertkurven – Blindleistung

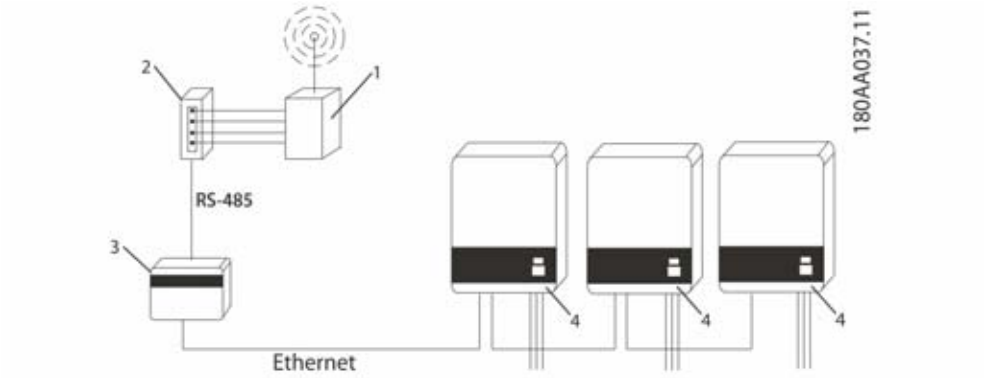
Wenn die Netzspannung unterhalb des Nominalwertes liegt, ist der Wechselrichter konfiguriert, um übererregte Blindleistung einzuspeisen und dadurch zur Erhöhung der Netzspannung zurück zum Nennwert beizutragen. Wenn die Netzspannung oberhalb des Nennwertes liegt, speist der Wechselrichter untererregte Blindleistung ein, um die Netzspannung zu senken und dadurch das Netz durch Aufrechterhaltung einer stabileren Spannung zu unterstützen.

Qext. und PFext

Die Fernsteuerung der Wirk- und Blindleistungseinspeisung einer Anlage kann mittels der I/O-Box über RS-485 oder über ein externes Signal via Modbus erfolgen.

I/O-Box

Die I/O-Box überwacht den Relaiszustand des Rundsteuerempfängers (vom VNB bereitgestellt) und übermittelt den Zustand via RS-485 an den SMA Inverter Manager. Der SMA Inverter Manager übersetzt den Relaiszustand auf der Grundlage der Grid-Code-Konfiguration in den entsprechenden PLA-Wert (max. Anlagenausgangsleistung).



1	Rundsteuerempfänger
2	I/O-Box
3	SMA Inverter Manager
4	Sunny Tripower 60

Abbildung 2.14

Externes Signal via Modbus

Das Modbus-SunSpec-Regelungsprofil kann verwendet werden, um zu steuern, wie viel Blindleistung von der Anlage eingespeist wird.

2.6.3 Aktives Leistungsmanagement

Scheinleistungsmanagement

Der Wechselrichter kann das lokale Netz durch Einstellung eines Maximalwertes für die Scheinleistung unterstützen.

- Fixed Sref – Grenzwert für die maximale Scheinleistung

Fallback

Die Wechselrichter im Wechselrichternetzwerk werden durch einen Qref und einen Pref vom SMA Inverter Manager gesteuert. Wenn die Verbindung zum SMA Inverter Manager unterbrochen wird, trennt sich der Wechselrichter innerhalb von 10 Sekunden vom Netz. Wenn die Verbindung innerhalb der ersten 2 Sekunden wiederhergestellt wird, trennt sich der Wechselrichter nicht vom Netz. Sofort, wenn die Verbindung wiederhergestellt ist, verbindet sich der Wechselrichter erneut mit dem Netz.

2.7 Einstellungen für funktionale Sicherheit

Der Wechselrichter ist für den internationalen Gebrauch ausgelegt und erfüllt zahlreiche Anforderungen bezüglich funktionaler Sicherheit und Netzverhalten. Die Parameter für funktionale Sicherheit sind vordefiniert und bedürfen während der Installation keiner Änderung. Einige Grid-Code-Parameter müssen jedoch während der Installation womöglich geändert werden, um eine Optimierung des lokalen Netzes zu ermöglichen. Bitte wenden Sie sich an SMA Solar Technology AG, um einen kundenspezifischen Grid-Code zu erhalten.

3 Systemplanung – Mechanisch

Dieser Abschnitt enthält allgemeine Informationen zur Planung der mechanischen Installation des Sunny Tripower 60, einschließlich Montage und Kabelspezifikationen.

3.1 Auspacken

Inhalt:

- Wechselrichter
- Wandhalterung
- Inhalt des Zubehörbeutels:
  - 6 Wanddübel, 8 x 50 mm
  - 6 Befestigungsschrauben, 6 x 60 mm
  - 1 M25 Kabelverschraubung mit Dichtungsmanschette für Ethernet-Kabel
  - 1 Erdungsbolzen, 6 x 12 mm
  - Bei STP 60-10-US zusätzlich enthalten: 2 Kabelkanäle mit Bügelschelle (2")
- Installationsanleitung (mehrsprachig)
- Schnelleinstieg zur Installation (Poster)

3.2 Installation

Abbildung 3.1 Ständigen Kontakt mit Wasser vermeiden

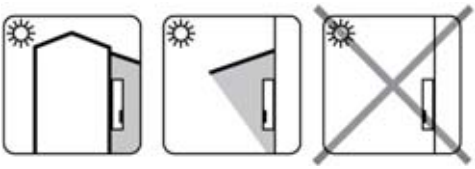


Abbildung 3.2 Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden

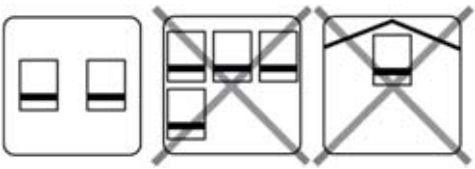


Abbildung 3.2 Ausreichende Luftströmung sicherstellen

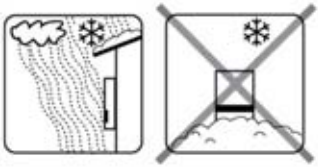


Abbildung 3.4 Ausreichende Luftströmung sicherstellen

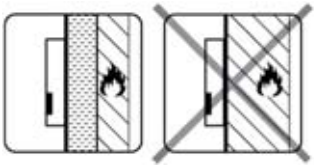


Abbildung 3.5 Auf nicht entflammbarer Oberfläche montieren

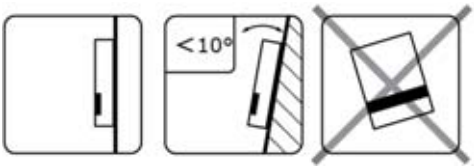


Abbildung 3.6 Gerade auf vertikaler Oberfläche einbauen. Eine Neigung von bis zu 10 Grad ist zulässig.

Abbildung 3.7 Staub und Ammoniakgase vermeiden

HINWEIS

Bei der Auswahl des Installationsorts sicherstellen, dass die Produkt- und Warnhinweise auf dem Wechselrichter jederzeit sichtbar sind. Ausführliche Informationen finden Sie in Kapitel 6, Seite 35.

3.2.1 Installationsbedingungen

Parameter	Spezifikation
Betriebstemperaturbereich	-25 °C – +60 °C (mögliche Leistungsreduzierung über 45 °C) (-13 °F – 140 °F) (mögliche Leistungsreduzierung über 113 °F)
Lagertemperatur	-40 °C – +60 °C (-40 °F – 140 °F)
Relative Luftfeuchtigkeit	95 % (nicht kondensierend)
Umgebungsklassifizierung gemäß IEC 60721-3-4	4K4H/4Z4/4B2/4S3/4M2/4C2
Kühlkonzept	Zwangskühlung
Luftqualität – Allgemein	ISA S71.04-1985 Klasse G3 (bei 75 % rF)
Luftqualität – an der Küste, in Industriegebieten und landwirtschaftlichen Regionen	Muss gemäß ISA S71.04-1985 gemessen und eingestuft werden: G3 (bei 75 % rF)
Vibrationen	1G
Gehäuseschutzklasse	IP65
UL 50E Gehäuse-Typ	Typ 3R
Max. Betriebshöhe	2000 m (6500 Fuß) über dem Meeresspiegel (ab einer Höhe von 1000 m kann es zu einer Leistungsreduzierung kommen).*
Installation	Ständigen Kontakt mit Wasser vermeiden. Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden. Ausreichende Luftströmung sicherstellen. Auf nicht entflammbarer Oberfläche montieren. Gerade auf vertikaler Oberfläche einbauen. Staub und Ammoniakgase vermeiden.

* Aufstellung in Höhen > 2000 m sind auf Anfrage möglich, hierzu SMA Solar Technology AG kontaktieren.

Tabelle 3.1 Installationsbedingungen

Parameter	Bedingung	Spezifikation
Wandhalterung	Bohrungsdurchmesser	30 x 9 mm
	Ausrichtung	Senkrecht ±5° alle Winkel

Tabelle 3.2 Spezifikationen der Wandhalterung

3.3 Montage des Wechselrichters

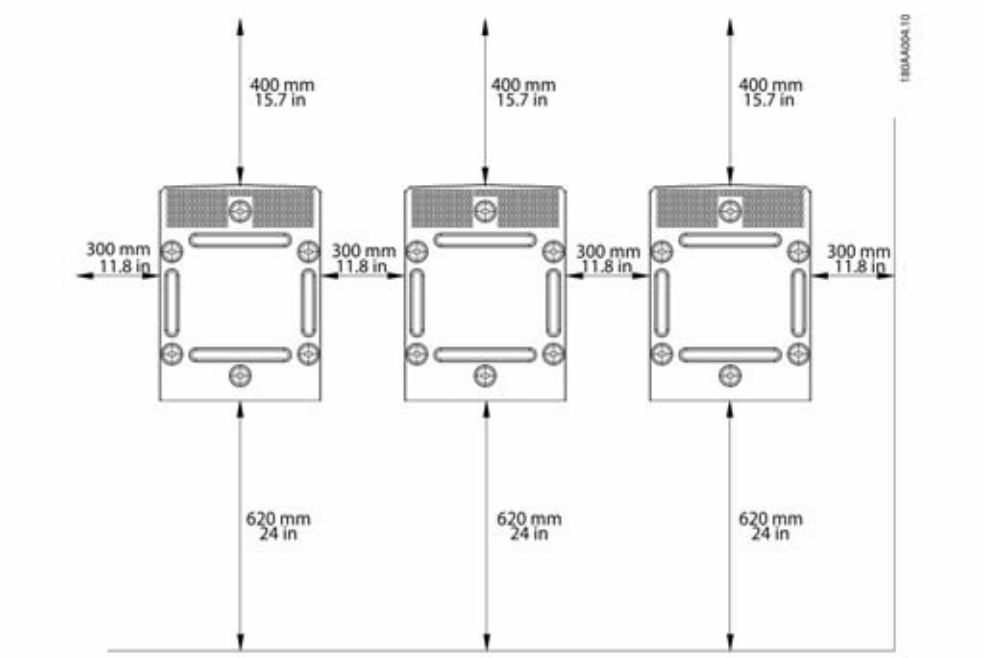


Abbildung 3.8 Sicherheitsabstände

HINWEIS

Für eine ausreichende Luftströmung einen Mindestabstand von 620 mm / 24 in. sicherstellen.

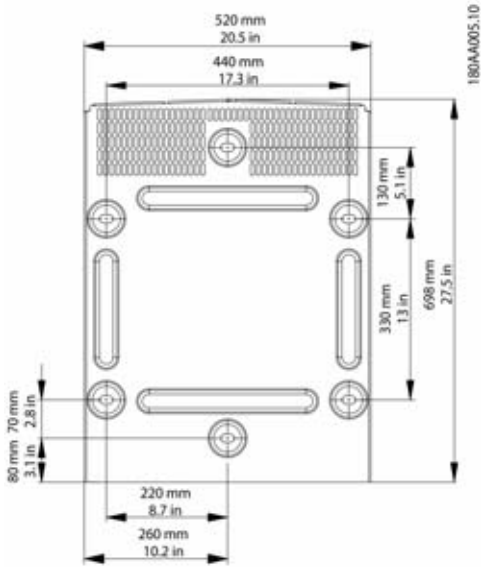


Abbildung 3.9 Wandhalterung

HINWEIS

Die mitgelieferte Wandhalterung muss zwingend verwendet werden. Wird der Wechselrichter ohne Wandhalterung einbaut, erlischt der Garantieanspruch. Es wird dringend empfohlen, alle 6 Montagelöcher zu nutzen.

Wichtig bei der Montage der Wandhalterung:

- Wandhalterung in der vorgesehenen Umgebung montieren.
- Schrauben und Dübel verwenden, die das Wechselrichtergewicht tragen können.
- Sicherstellen, dass die Befestigungsplatte korrekt ausgerichtet ist.
- Bei der Installation eines oder mehrerer Wechselrichter die Sicherheitsabstände einhalten, um eine ausreichende Luftströmung sicherzustellen. Die Abstände sind unter Abbildung 3.9 und auf dem Schild an der Wandhalterung angegeben.
- Es wird die Montage der Wechselrichter in einer Reihe empfohlen. Wenden Sie sich für Richtlinien zur Montage von Wechselrichtern in mehreren Reihen an den Lieferanten.
- An der Frontseite des Wechselrichters zwecks Servicezugang einen ausreichenden Abstand einhalten.

3.3.1 Wie der Wechselrichter auszurichten ist

Verwendung von Bügelschrauben M12 / 1/2" und dazu passende Muttern (nicht im Zubehörbeutel enthalten).

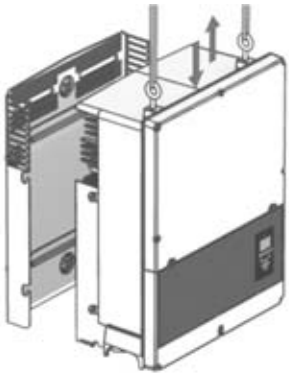


Abbildung 3.10 Ausrichtung des Wechselrichters

Abbildung 3.11 Bügelschrauben

⚠ VORSICHT

Beim Umgang mit dem Wechselrichter lokale Arbeitsschutzbestimmungen zu Rate ziehen.

3.3.2 Drehmomentspezifikationen zur Installation

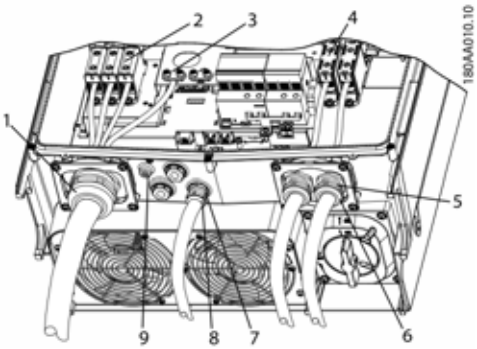


Abbildung 3.12 Überblick über Wechselrichter mit Drehmomentvorgaben

	Parameter	Werkzeug	Anzugsmoment
1	M63-Kabelverschraubung	Schraubenschlüssel 65/68 mm	6 Nm (53 in-lbf)
2	Klemmen am AC-Anschluss	TX 30	14 Nm (124 in-lbf)
3	PE	TX 30	3,9 Nm (35 in-lbf)
4	Klemmen am DC-Anschluss	TX 30	14 Nm (124 in-lbf)
5	M32-Kabelverschraubung	Schraubenschlüssel, 36 mm	6 Nm (53 in-lbf)
6	Überwurfmutter für M32-Kabelverschraubung	Schraubenschlüssel, 36 mm	1,8 Nm (16 in-lbf)

	Parameter	Werkzeug	Anzugsmoment
7	M25-Kabelverschraubung	Schraubenschlüssel, 27 mm	10 Nm (89 in-lbf)
8	Überwurfmutter für M25-Kabelverschraubung	Schraubenschlüssel, 27 mm	1,8 Nm (16 in-lbf)
9	M6-Equipment-Bonding	TX 20	3,9 Nm (35 in-lbf)
	Vordere Schrauben (nicht abgebildet)	TX 30	1,5 Nm (13 in-lbf)

Tabelle 3.3 Drehmomentspezifikationen

⚠ VORSICHT

Wenn die Blindverschlüsse entfernt werden (siehe (7) in Abbildung 3.12), verwenden Sie Anschlüsse der folgenden Typen: 3, 3S, 4, 4X, 6, 6P.

3.4 Kabelspezifikationen

Klemme	Bereich	Maximal zulässige Leitertemperaturen	Leitermaterial	Durchmesser Kabelmantel
AC+PE	16-95 mm² 6-4/0 AWG	90 °C	Al/Cu	37-44 mm
PV	16-95 mm² 6-4/0 AWG	90 °C	Al/Cu	14-21 mm

Tabelle 3.4 Ausreichende Leiterquerschnitte

4 Systemplanung – elektrisch

4.1 Einführung

Dieser Abschnitt enthält allgemeine Informationen zur Planung der Integration des Wechselrichters in ein PV-System:

- PV-Systementwurf, einschließlich Erdung
- Anforderungen an den AC-Netzanschluss, einschließlich der Wahl des AC-Kabelschutzes
- Umgebungsbedingungen, Belüftung

4.2 DC-Seite

4.2.1 PV-Anschlussanforderungen

Die Spezifikationen für den PV-Anschluss finden Sie unter Tabelle 4.1.

Parameter	STP 60-10
MPP-Tracker / Eingänge pro MPPT	1/1 (für die Verwendung eines externen Generatoranschlusskastens)
Maximale Eingangsspannung, Leerlaufspannung (V_{dcmax})	1000 V
Eingangsspannungsbereich	565 - 1000 V bei 400 Vac 680 - 1000 V bei 480 Vac
Nennspannung DC	630 V bei 400 Vac 710 V bei 480 Vac
MPPT-Spannungsbereich – Nennleistung*	570 - 800 V bei 400 Vac 685 - 800 V bei 480 Vac
Max. MPPT Strom DC	110 A
Max. Kurzschluss-Strom DC	150 A

Tabelle 4.1 PV-Betriebsbedingungen

* Bei einer Netzanbindung über einen zugeordneten Mittelspannungstransformator kann der MPP-Bereich auf Wunsch über eine AC-Spannungsanpassung variiert werden. Nähere Angaben sind auf Anfrage bei SMA Solar Technology AG verfügbar.

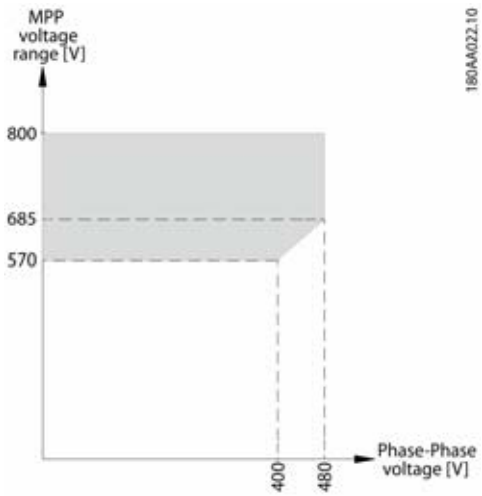


Abbildung 4.1 Betriebsbereich pro MPP-Tracker

Um Beschädigungen des Wechselrichters zu vermeiden, müssen die Grenzwerte in Tabelle 4.1 bei der Auslegung des PV-Generators für den Wechselrichter beachtet werden.

⚠ VORSICHT

Bitte beachten Sie stets alle lokalen Anforderungen, Regelungen und Richtlinien zur Installation.

4.2.1.1 Maximale Leerlaufspannung

Die Leerlaufspannung des PV-Strings darf die maximale Leerlaufspannungsgrenze des Wechselrichters nicht überschreiten. Prüfen Sie die Leerlaufspannung bei niedrigster Betriebstemperatur der PV-Module, die aufgrund der Örtlichkeit zu erwarten ist. Ist die Modulbetriebstemperatur nicht bekannt, orientieren Sie sich an ortsüblichen Werten. Diese Berechnung geht von höchstens 23 bis 26 Modulen pro String aus, bei c-Si-Standardmodule mit 60 Zellen. Sie ist abhängig von den örtlichen klimatischen Gegebenheiten sowie von den Installationsbedingungen (beispielsweise Boden- oder Unterputzmontage). Achten Sie außerdem darauf, dass die maximale Systemspannung der PV-Module nicht überschritten wird.

Für Dünnschichtmodule gelten besondere Anforderungen. Siehe Kapitel 4.2.3, Seite 27.

4.2.1.2 MPP-Spannung

Die String-MPP-Spannung muss innerhalb des Betriebsbereichs des Wechselrichter-MPPT liegen. Der Betriebsbereich ist definiert durch:

- Mindestspannungsbetriebs-MPP:
  - 570 V bei 400 Vac*
  - 685 V bei 480 Vac*
  - Andere Netzspannungen: Schätzen Sie nach „ √ 2 x Netzspannung [Vac]“
- Maximale Spannung des MPP (800 V) für den Temperaturbereich der PV-Module

* Bei einer Netzanbindung über einen zugeordneten Mittelspannungstransformator kann der MPP-Bereich auf Wunsch über eine AC-Spannungsanpassung variiert werden. Nähere Angaben sind auf Anfrage bei SMA Solar Technology AG verfügbar.

Diese Anforderung impliziert ein Minimum von 23 bis 25 Modulen pro String, bei c-Si-Standardmodule mit 60 Zellen. Sie ist abhängig von Standort, Modulmodell, Installationsbedingungen und Netzspannung. Wenn die DC-Eingangsspannung über einen bestimmten Zeitraum unterhalb der MPP-Mindestspannung liegt, schaltet sich der Wechselrichter nicht ab, sondern verlagert den Betriebspunkt auf den Mindestspannungsbetriebspunkt für den MPP, sodass es zu gewissen Ertragsverlusten kommen kann.

Der MPP des Wechselrichters kann unter dem Mindestspannungsbetriebs-MPP liegen, und zwar aufgrund folgender Umstände:

- Hohe Zellentemperatur
- Partielle Verschattungsbedingungen
- Unzureichende Modulanzahl pro String
- Hohe Netzspannung

Im Allgemeinen sind die Ertragsverluste bei 400 Vac-Netzen gering. Ertragsverluste können für 480 Vac-Netze durch folgende Maßnahmen minimiert werden:

- Erhöhung der Anzahl der Module pro String
- Reduzierung der von den Wechselrichtern wahrgenommenen Netzspannung

  Die Netzspannung kann auf folgende Weisen abgesenkt werden:
  - Ändern der Position des Stufenschalters in der Transformatorstation
  - Ändern des Standortes der Wechselrichter
  - Modifizieren der AC-Kabelabschnitte

Wenn die vorangegangenen Maßnahmen aufgrund eines niedrigen MPP-Bereichs nicht ausreichend waren, um bei einem bestimmten Projekt die Ertragsverluste zu minimieren, kann ein Transformator oder Spartransformator mit 480 V bis 400 V installiert werden, um die Netzspannung zu senken.

HINWEIS

SMA Solar Technology AG kann Ihnen bei der Analyse von Ertragsverlusten aufgrund des MPP-Bereichs bei Ihrem spezifischen Projekt sowie bei der Wahl des am besten geeigneten technischen Ansatzes behilflich sein.

4.2.1.3 Kurzschluss-Strom

Der Kurzschlussstrom (Isc) darf den absoluten Höchstwert, den der Wechselrichter ohne Beschädigung überstehen kann, nicht überschreiten. Bitte prüfen Sie die Spezifikationen des Kurzschlussstroms bei höchster Betriebstemperatur des PV-Moduls und bei den höchsten zu erwartenden Strahlungswerten. 125 % des Modul-Isc unter Standardtestbedingungen werden pro String für die Berechnung verwendet, gemäß den NEC-Empfehlungen und anderen Vorschriften. Dies bedeutet, dass bei Standard-c-Si-Modulen nicht mehr als 14 Strings pro Wechselrichter verwendet werden sollten.

4.2.1.4 MPP-Strom

Der Sunny Tripower 60 ist in der Lage, auch bei einer niedrigen Schwelle des MPP-Bereichs die volle AC-Leistung zu bringen. Wenn der MPP-Strom 110 A überschreitet (aufgrund einer hohen Einstrahlung oder aufgrund der hohen Anzahl von Strings pro Wechselrichter), schaltet sich der Wechselrichter nicht ab, sondern verlagert den Betriebspunkt, sodass es zu gewissen Ertragsverlusten kommt. Darüber hinaus begrenzt der Wechselrichter die Leistungsaufnahme, indem er den MPP versetzt, wenn ein Überschuss an PV-Leistung verfügbar ist. Weitere Informationen zur PV-Überdimensionierung und den damit verbundenen Folgen finden Sie in Kapitel 4.2.2, Seite 27.

4.2.1.5 Widerstand zwischen PV-Modulen und Erde

Die Überwachung des Widerstandes zwischen PV-Modulen und Erde ist bei allen Grid Code-Dateien integriert. Der Wechselrichter und/oder die PV-Module können durch eine Netzeinspeisung bei einem zu geringen Widerstand beschädigt werden. Gemäß IEC 61215 ausgelegte PV-Module werden allerdings nur mit einem spezifischen Widerstand von mindestens 40 MΩ*m^2 geprüft. Bei einer 84-kW-Anlage mit einem PV-Modul-Wirkungsgrad von 14 % ergibt sich eine Gesamt-Modulfläche von 600 m^2. Dies ergibt wiederum einen Mindestwiderstand von 40 MΩ*m^2/600 m^2 = 66,67 kΩ. Die PV-Anlagenkonfiguration muss innerhalb der vom geltenden Grid-Code vorgegebenen Grenzwerte liegen. Siehe auch Kapitel 2.3.2, Seite 12 und Kapitel 2.5, Seite 16.

4.2.1.6 Erdung

Die Klemmen der PV-Arrays dürfen nicht geerdet werden. Entsprechend den allgemeinen Vorschriften für elektrische Anlagen kann jedoch eine Erdung sämtlicher leitende Materialien (z. B. des Montagesystems) zwingend vorgeschrieben sein. Darüber hinaus muss die PE-Klemme des Wechselrichters immer geerdet sein.

⚠ VORSICHT

Eine unzureichende Erdung kann eine Gefahr für Leib und Leben darstellen.

4.2.1.7 Parallelschaltung von PV-Arrays

Der Sunny Tripower 60 verfügt über einen Eingang und einen MPPT. Ein externer Generatoranschlusskasen ist immer erforderlich. Aufgrund der Anzahl der parallel geschalteten Strings ist eine Absicherung der Strings im Generatoranschlusskasten erforderlich. Laut Empfehlung sollte der Generatoranschlusskasten in der Nähe der Strings platziert werden. Wenn nur ein Kabel für jeden Pol vom PV-Generator zum Wechselrichter geführt wird, senkt dies die Kabel- und Installationskosten.

4.2.1.8 PV-Kabel – Dimensionierung und Verlegung

Eine DC-Kabelung besteht aus 2 verschiedene Kabelsegmenten:

- Die String-Kabel von den Modulen zum Generatoranschlusskasen (üblicherweise 4 mm^2 oder 6 mm^2)
- Die kombinierte Leitung vom Generatoranschlusskasen zum Wechselrichter (empfohlen werden mindestens 50 mm^2 (Kupfer) bzw. 70 mm^2 (Aluminium))

Der Kabelquerschnitt muss für jedes Segment je nach Strombelastbarkeit des Kabels und den maximalen DC-Kabelverlusten gemäß den örtlichen gesetzlichen Vorschriften gewählt werden.

Die Strombelastbarkeit ist abhängig vom Kabelmaterial (Kupfer oder Aluminium) und von Isolierungstyp (beispielsweise PVC oder XLPE). Faktoren wie beispielsweise eine hohe Umgebungstemperatur oder die

Kabelgruppierung führen zu einer Reduzierung der Strombelastbarkeit des Kabels. Bitte halten Sie sich hinsichtlich der Anpassung der Faktorenberechnung an die lokalen gesetzlichen Vorschriften.

Die maximal zulässigen DC-Kabelverluste richten sich ebenfalls nach den örtlichen gesetzlichen Vorschriften. Bitte beachten Sie, dass der Grenzwert gemäß der Verluste sowohl in den Strings als auch in der kombinierten Leitung ermittelt werden muss. Die Kabelverluste sind abhängig vom Kabelmaterial (Kupfer oder Aluminium), vom Querschnitt und von der Kabellänge.

Bitte bedenken Sie Folgendes:

- Die Gesamtlänge eines Strings ist definiert als die doppelte physikalische Distanz zwischen dem String und dem Generatoranschlusskasen plus die Länge der PV-Kabel, die zu den Modulen gehören.
- Die Gesamtlänge der kombinierten Leitung ist definiert als die doppelte physikalische Distanz zwischen dem Generatoranschlusskasen und dem Wechselrichter.

HINWEIS

Bei der kombinierten Leitung muss der maximal anschlussfähige Kabelabschnitt zum Wechselrichter (95mm^2 / AWG 4/0) im Systementwurf berücksichtigt werden. Wenn der berechnete Kabelabschnitt diese Beschränkung überschreitet, muss ein anderer Kabeltyp verwendet bzw. die Größe der Teilanlage oder die Position der Generatoranschlusskasenen/Wechselrichter verändert werden.

Vermeiden Sie Schleifen in der DC-Verkabelung, da diese als Antenne für Funkstörungen fungieren können, die vom Wechselrichter ausgehen. Kabel mit negativer und positiver Polarität müssen parallel mit möglichst geringem Abstand zueinander verlegt werden. Dadurch wird im Falle eines Blitzschlags die induzierte Spannung und damit das Beschädigungsrisiko reduziert.

4.2.2 Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für PV-Systeme

Bei der Bestimmung des Auslegungsverhältnisses für das PV-System ist eine spezifische Analyse vorzuziehen, insbesondere bei großen PV-Installationen. Es lassen sich ortsspezifische Faustregeln aus den örtlichen Gegebenheiten ableiten, beispielsweise aus:

- dem lokalen Klima
- der lokalen Gesetzgebung
- dem Preisniveau des Systems

Zur Auswahl der optimalen Konfiguration und des optimalen Auslegungsverhältnisses muss eine Investitionsanalyse vorgenommen werden. Große Auslegungsverhältnisse sorgen normalerweise für eine Senkung bestimmter Investitionskosten (€ /kWp), können jedoch auch zu geringeren spezifischen Erträgen (kWh/kWp) aufgrund von Leistungsreduzierungsverlusten im Wechselrichter (übermäßige DC-Leistung oder Überhitzung) und somit zu geringerem Einkommen führen. Kleine Auslegungsverhältnisse führen zu höheren Investitionskosten. Der spezifische Ertrag ist jedoch möglicherweise größer, bedingt durch geringere oder nicht vorhandene Verluste durch Leistungsreduzierung.

Installationen in Regionen mit häufigen Einstrahlungswerten von über 1.000 W/m^2 sollten mit kleinerem Auslegungsverhältnis dimensioniert werden als Anlagen in Regionen, wo derartige Einstrahlungswerte eher selten auftreten. Dies gilt insbesondere dann, wenn während der Einstrahlungsspitzen keine hohen Umgebungstemperaturen erwartet werden.

Für Trackingsysteme sollte ein niedrigeres Auslegungsverhältnis veranschlagt werden, da diese durch die Nachführung länger hohe Einstrahlungswerte erlauben. Darüber hinaus ist bei Trackingsystemen in heißen Klimata eine Leistungsreduzierung durch Überhitzung des Wechselrichters zu berücksichtigen. Dies kann zudem den empfohlenen Größenfaktor weiter reduzieren.

Der Sunny Tripower 60 ermöglicht je nach Modulanzahl pro String und Anzahl der Strings pro Wechselrichter unterschiedliche Auslegungsverhältnisse. Konfigurationen, welche die verschiedenen Bedingungen für unterschiedliche Anwendungen einhalten: die Grenzwerte in Tabelle 4.1 für Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung werden als gültig angesehen und sind daher durch die Garantie abgedeckt.

4.2.3 Dünnschichtmodule

Der Sunny Tripower 60 ist ein transformatorloser Wechselrichter ohne Hochsetzsteller daher wird die PV-Spannung symmetrisch gegen Erde verteilt. Eine Erdung des Plus- oder Minuspols ist nicht zulässig.

- Die Verwendung von transformatorlosen Wechselrichtern wie dem Sunny Tripower 60 wird von vielen Dünnschichtmodulherstellern genehmigt, wenn keine Erdung des Minuspols erforderlich ist.
- Der Sunny Tripower 60 ist nicht mit Dünnschichtmodulen kompatibel, wenn eine Notwendigkeit für eine Erdung des Minuspols besteht.

HINWEIS

Bitte holen Sie in jedem Fall die Genehmigung des Modulherstellers ein, ehe Dünnschichtmodule zusammen mit Wechselrichtern vom Typ STP 60-10 installiert werden.

⚠ VORSICHT

Die Modulspannung liegt während der Anfangsdegradation möglicherweise über dem im Datenblatt angegebenen Nennwert. Dies ist bei der Auslegung des PV-Systems zu beachten, da eine zu hohe DC-Spannung Schäden am Wechselrichter verursachen kann. Der Modulstrom kann während der Anfangsdegradation ebenfalls den Stromgrenzwert des Wechselrichters überschreiten. In diesem Fall reduziert der Wechselrichter die Ausgangsleistung entsprechend, was einen niedrigeren Ertrag zur Folge hat. Bei der Auslegung sind daher die technischen Daten des Wechselrichters und der Module vor und nach der Anfangsdegradation zu berücksichtigen.

4.2.4 Interner Überspannungsschutz

Der Sunny Tripower 60 besitzt Hochleistungs-DIN-Schienen-SPDs, sowohl auf der AC-Seite (Typ II+III, gemäß IEC 61643-11) als auch auf der DC-Seite (Typ II). Die SPDs lassen sich im Falle eines Schadens problemlos austauschen.

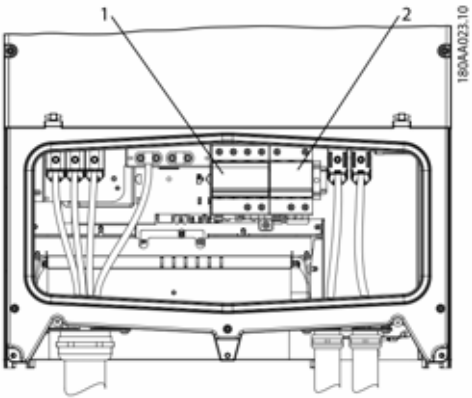


Abbildung 4.2 Überblick über den Installationsbereich

1	SPD (AC) mit 3 Sicherungen Sicherung ganz rechts außen (grün) erfordert keinen Austausch.
2	SPD (DC) mit 3 Sicherungen

Wegen der ersetzten Kombination von gasgefüllter Funkenstrecke und MO-Varistorentechnologie bieten SPDs im Sunny Tripower 60 folgende Vorteile:

- Keine Erdableitstrom oder Betriebsspannung: keine Isolationsfehler oder Abschaltung des Wechselrichters, keine Alterung
- Kein Folgestrom: keine Abschaltung des vorgeschalteten Überstromschutzes während Überspannungsereignissen

Wenn das PV-System auf einem Gebäude mit vorhandenem Blitzschutzsystem installiert wird, muss das PV-System ordnungsgemäß in dieses System eingebunden werden.

⚠ VORSICHT

Bei der Montage des Wechselrichters auf einer geerdeten Metallfläche ist sicherzustellen, dass das Erdpotenzial des Wechselrichters und die Befestigungsplatte direkt miteinander verbunden sind. Andernfalls kann es durch Lichtbogenüberschlag zwischen Wandhalterung und Wechselrichtergehäuse zu schweren Schäden am Wechselrichter kommen.

4.2.5 Wärmemanagement

Leistungselektronik erzeugt allgemein Abwärme, die überwacht und abgeleitet werden muss, um Beschädigungen des Wechselrichters zu vermeiden sowie eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer sicherzustellen. Die Temperatur im Bereich wichtiger Bauteile, wie beispielsweise der integrierten Leistungsmodule, wird zum Schutz der Elektronik vor Überhitzung kontinuierlich gemessen. Übersteigt die Temperatur die Grenzwerte, wird die Ausgangsleistung des Wechselrichters reduziert, um die Temperatur auf einem sicheren Niveau zu halten.

Das Wärmemanagement des Wechselrichters basiert auf Zwangskühlung über drehzahlgeregelte Lüfter. Die Lüfter sind elektronisch geregelt und werden nur bei Bedarf aktiviert. Die Rückseite des Wechselrichters ist als Kühlkörper ausgelegt, der die von den Leistungshalbleitern in den integrierten Leistungsmodulen erzeugte Wärme abführt. Zusätzlich erfolgt eine Zwangsumluftkühlung der magnetischen Bauteile. Bei Installation in großer Höhe muss mit einer verringerten Kühlleistung gerechnet werden. Dieser Kühlleistungsverlust wird durch die Drehzahlregelung der Lüfter kompensiert. Bei einer Installation in einer Höhe von über 1000 m über Normalhöhennull (NHN) sollte im Rahmen der Systemauslegung eine Reduzierung des

Auslegungsverhältnisses, und damit eine geringere nominale Auslastung des Wechselrichters, in Betracht gezogen werden, um Ertragsverluste zu vermeiden.

Höhenlage	2000 m
Max. Wechselrichterlast	95 %

Tabelle 4.2 Höhenkompensation

HINWEIS

Der PELV-Schutz ist nur in einer Höhe von bis zu 2000 m über Normalhöhennull (NHN) wirksam.

Berücksichtigen Sie auch andere höhenbezogene Faktoren, wie etwa eine stärkere Einstrahlung.

Zuverlässigkeit und Lebensdauer können verbessert werden, wenn der Wechselrichter an einem Ort mit niedrigen Umgebungstemperaturen montiert wird.

HINWEIS

Berücksichtigen Sie bei Innenbereichsstandorten eine maximale Luftströmung von 640 m^3/h and maximale Wärmeableitung von 1500 W pro Wechselrichter.

4.2.6 PV-Simulation

Setzen Sie sich mit dem Lieferanten in Verbindung, bevor Sie den Wechselrichter an eine Stromversorgung zu Testzwecken anschließen, z. B. für eine PV-Simulation. Der Wechselrichter verfügt über Funktionen, die zu Beschädigungen an der Stromversorgung oder am Wechselrichter führen können.

4.2.7 PV-Feldkapazität

PV-Felder haben eine geringe parasitäre Kapazität, welche direkt proportional zur Fläche und umgekehrt proportional zur Dicke der Module ist. Je nach Wetterbedingungen kann für eine Anlage mit kristallinen Modulen eine Gesamtkapazität von 50 bis 150 nF/Kw bestimmt werden. Bei Standard-Dünnschichtmodulen (CdTe, CIS und a-Si) sind ähnliche Werte zu erwarten. Unter extremen Bedingungen können Edelstahl-Dünnschichtmodule auf Blechbasis Werte im Bereich von 1 mF/kW erzeugen.

Der Sunny Tripower 60 ist auf den Betrieb bei einer PV-Feldkapazität von bis zu 8,8 µF ausgelegt. Wenn dieser Grenzwert überschritten wird, können kapazitive Ableitströme zu einer unerwünschten Abschaltung der RCMU-Klasse B des Sunny Tripower 60 führen, woraufhin der Wechselrichter vom Netz genommen wird.

WARNUNG

Anlagen ohne Erdung der Struktur können eine Gefährdung darstellen. Wenn eine geerdete Person die Module berührt, kann ein kapazitiver Ableitstrom durch ihren Körper fließen. Es ist besonders wichtig, das Trägermaterial der Modle zu erden, wenn wenn ein transformatorloser Wechselrichter mit AC-Rippel auf der DC-Seite in Kombination mit Hochkapazitäts-PV-Modulen installiert wird. Dies zieht den kapazitiven Ableitstrom zum Boden und verhindert Verletzungen.

Beachten Sie die US-Sicherheitsstandards NEC, ANSI/NFPA 70.

Eingangs- und Ausgangsstromkreise sind vom Gehäuse isoliert. Die Erdung der Anlage unterliegt der Zuständigkeit des Installateurs.

4.3 Anschluss an das Niederspannungsnetz

4.3.1 AC-Anschlussbedingungen

VORSICHT

Halten Sie immer die lokalen Richtlinien ein.

Der Sunny Tripower 60 verfügt für den Anschluss an das AC-Netzt über einen Dreiphasen- und PE-Leiteranschluss (ohne Neutralleiter). Die Anschlussbedingungen sind in Tabelle 4.3 dargestellt.

Parameter	Betriebsbereich
Netz-Schnittstelle	3P + PE (Dreieck oder Stern)
Netzspannung, Phase-Phase	400 V oder 480 V (+/- 10 %)
Netzfrequenz	50 Hz oder 60 Hz (+/- 10 %)

Tabelle 4.3 AC-Betriebsbedingungen

Bei der Auswahl eines Grid-Codes werden die oben aufgeführten Grenzwerte auf den ausgewählten Netzstandard abgestimmt.

Erdungssysteme

Die Wechselrichter vom Typ STP 60-10 sind für den Betrieb in TN-S-, TN-C-, TN-C-S- und TT-Systemen ausgelegt. IT-Systeme werden nicht unterstützt.

Wenn eine externe Fehlerstromschutzeinrichtung zusätzlich zur eingebauten Fehlerstromüberwachungseinheit erforderlich ist, muss eine Fehlerstromschutzeinrichtung vom Typ B verwendet werden. Betrachten Sie eine Stromempfindlichkeit von 600 mA pro Wechselrichter, um eine Fehlauslösung zu vermeiden. Tabelle 4.4 zeigt die Maximalwerte des Erdungswiderstands in TT-Netzen, je nach Empfindlichkeit der Fehlerstromschutzeinrichtung, damit niedrigere Werten als die 50 V Kontaktspannung und somit ein ausreichender Schutz gewährleistet sind.

Stromsensivität		Maximalwert des Erdungswiderstands
Grundlegende Empfindlichkeit	20 A	2,5 Ω
	10 A	5 Ω
	5 A	10 Ω
	3 A	17 Ω
Mittlere Empfindlichkeit	1 A	50 Ω
	500 mA	100 Ω
	300 mA	167 Ω
	100 mA	500 Ω
Hohe Empfindlichkeit	≤ 30 mA	>500 Ω

Tabelle 4.4 Maximaler Erdungswiderstand in TT-Netzen, je nach Stromsensibilität der Fehlerstromschutzeinrichtung

HINWEIS

Bei Verwendung des TN-C-Systems zur Vermeidung von Erdströmen im Kommunikationskabel ist auf ein identisches Erdpotenzial zwischen allen Wechselrichtern zu achten.

4.3.2 AC-Anschlussschutz

Zwischen Netztrennschalter/-sicherungen und Wechselrichtern darf keine Verbraucherlast angeschlossen werden. Andernfalls wird eine Überlastung des Kabels möglicherweise nicht erkannt. Verwenden Sie immer separate Leitungen für die Verbraucherlast, geschützt vor Überstroms und Kurzschluss durch ordnungsgemäße Sicherungen/Leistungsschalter.

Verwenden Sie Leistungsschalter/Sicherungen mit Schaltfunktion für einen Kurzschluss-Schutz und eine sichere Trennung der Wechselrichter. Schraubsicherungen wie „Diazed" (D-Typ) gelten nicht als geeignete Schalter. Bei einem Ausbau unter Last können Sicherungshalter beschädigt werden. „Neozed" (D03-Typ, 100 A) können in Sicherungstrennern verwendet werden, die für Schaltzwecke geeignet sind. NH-Sicherungen erfordern als zusätzliches Tool einen Griff.

Geeignete Sicherungen/Leistungsschalter für jede einzelne Wechselrichter-Ausgangsleitung müssen gemäß den in Tabelle 6.4 angegebenen Spezifikationen installiert werden, in denen berücksichtigt wurde, dass aufgrund der Selbsterwärmung bei der Installation in Gruppen oder aufgrund einer Hitzeeinwirkung eine Leistungsminderung der Sicherungen/Leistungsschalter notwendig werden kann. Die maximale Sicherungsgröße beträgt 125 A.

Bitte vergewissern Sie sich bei TN-Netzen ohne installierte Fehlerstromschutzeinrichtung, dass die Auslegung und die Kurve der gewählten Sicherungen/Leistungsschalter für eine ausreichende Fehlerstromschutzfunktion geeignet sind (das Abschalten muss schnell genug erfolgen), unter Berücksichtigung des Kabeltyps und der Kabellänge.

Berücksichtigen Sie den maximale Kurzschlussstrom in der Umgebung der Sicherungen/Leistungsschalter. Kurzschlussströme können eine Stärke von bis zu 60 kA erreichen, wenn der Kurzschlussstrom im Inneren einer 2,5-MVA-Transformatorstation auftritt. Aus diesem Grund sollten in der LV-Unterverteilung, welche in die Transformatorstation integriert ist, nur NH-Sicherungen oder MCCBs mit einer höheren Unterbrechungskapazität verwendet werden; D0-Sicherungen und MCBs mit einer niedrigeren Unterbrechungskapazität sollten bei den in der Anlage verteilten AC-Verteilern verwendet werden.

AC-Verteiler sind für die AC-Verteilung in bodengebundenen Anlagen mit Wechselrichtern vom Typ STP 60-10 nicht explizit erforderlich: Die Ausgangsleitung jedes Wechselrichters kann unmittelbar durch NH-Sicherungen in einer in der Transformatorstation integrierten LV-Unterverteilung geschützt werden. Wenn das AC-seitige Layout AC-Kombinatoren und eine LV-Unterverteilung umfasst, sollte eine selektive Koordination des Schutzes berücksichtigt werden, um ein Abschalten des Schutzes in der LV-Unterverteilung im Falle eine Kurzschlusses in einer Wechselrichterleitung zu verhindern. Diese selektive Koordination kann besonders komplex sein, wenn MCBs im AC-Verteiler und MCCBs in der LV-Unterverteilung verwendet werden.

Verwenden Sie den PV-Lasttrennschalter zum Abschalten der Wechselrichter vor dem Ausbau / Austausch von Sicherungen.

Bezüglich der Anforderungen an zu verwendende Kabel siehe Kapitel 3.4, Seite 24.

4.3.3 Netzimpedanz

Die Netzimpedanz und die installierte Leistung der Erzeugungsanlage müssen zueinander passen*, um eine versehentliche Trennung vom Netz oder eine Reduzierung der Ausgangsleistungs zu vermeiden. Sorgen Sie außerdem für die korrekte Kabeldimensionierung, um Verluste zu vermeiden. Weiterhin ist die Leerlaufspannung am Anschlusspunkt zu berücksichtigen.

*Die gesamte Systemimpedanz Ztotal ist wie folgt als Prozentwert definiert:
Ztotal [%]= ZPCC [%] + ZtrafoMVHV [%] + ZtrafoLVMV [%]

- ZPCC: Kurzschlussimpedanz am Netzverknüfpunspunkt (PCC), berechnet auf Basis der am Netzverknüfpungspunkt zu Verfügung stehenden Kurzschlussleistung. (Dieser Wert wird normalerweise durch den Netzbetreiber bereitgestellt.)
- ZtrafoMVHV: Kurzschlussimpedanz des MV/HV Transformators gemäß Datenblatt des Herstellers (sofern nicht vorhanden ist diese gleich 0% zu setzen)
- ZtrafoLVMV: Kurzschlussimpedanz des LV/MV Transformators gemäß Datenblatt des Herstellers (sofern nicht vorhanden ist diese gleich 6% zu setzen)

Für den Sunny Tripower 60 stellt Ztotal = 30% den maximalen Grenzwert der gesamten Systemimpedanz dar.

4.3.4 Überlegungen zu den AC-Kabeln

Der Kabelquerschnitt muss gemäß der Strombelastbarkeit des Kabels und gemäß den örtlichen gesetzlichen Vorschriften maximal zulässigen AC-Kabelverlusten gewählt werden. In TN-Netzen, wenn keine Fehlstrom-Schutzeinrichtungen installiert sind, muss der Kabeldurchmesser in Kombination mit dem installierten Kurzschluss-Schutz zudem einen ausreichenden Fehlerstromschutz gewährleisten.

Die Strombelastbarkeit des Kabels ist abhängig von der Art des Kabelmaterials (Kupfer oder Aluminium) und vom Isolationstyp (beispielsweise PVC oder XLPE). Faktoren wie beispielsweise eine hohe Umgebungstemperatur oder die Gruppierung der Kabel können zu einer Minderung der Strombelastbarkeit des Kabels führen. Bitte halten Sie sich hinsichtlich der Anpassung der Faktorenberechnung an die lokalen gesetzlichen Vorschriften.

Die maximal zulässigen AC-Kabelverluste sind auch von den lokalen gesetzlichen Vorschriften abhängig. Die Kabelverluste sind abhängig von Art des Kabelmaterials (Kupfer oder Aluminium), dem Kabeldurchmesser und der Kabellänge.

In TN-Netzen sind die Fehlerströme aufgrund der niedrigen Impedanz für die Fehlerschleife hoch. Dies bedeutet, dass der Kurzschlussschutz auch für den Fehlerstromschutz verwendet werden kann, sofern eine Ausschaltzeit von 0,4 Sekunden gewährleistet ist, gemäß IEC 60364-4-41, Tabelle 41.1. Dies kann mithilfe der Zeit-/Stromkurven der installierten Sicherungen/Leistungsschalter überprüft werden, im Hinblick auf den Mindestkurzschlussstrom ($I_{sc,min}$), der in den von ihnen geschützten Leitungen zu erwarten ist.

Rechnen Sie eingangs mit einem AC-Kabelabschnitt von mindestens 35 mm² (Kupfer) und 50 mm² (Aluminium).

HINWEIS

Der maximale Kabeldurchmesser, der mit dem Wechselrichter verbunden werden kann (95 mm² / AWG minimiert 4/0), muss im Systementwurf berücksichtigt werden. Falls der berechnete Kabeldurchmesser den Grenzwert überschreitet, verwenden Sie entweder AC-Kombinatoren oder einen anderen Kabeltyp bzw. ändern Sie die Größe der Unterstation oder den Standort der Wechselrichter.

5 Kommunikation und Systemplanung, SMA Inverter Manager

5.1 Ethernet-Kommunikation

5.1.1 Systemübersicht

Die Anlage besteht aus 4 Komponenten:

- PC mit LCS-Software
- Router/DHCP für das Anlagennetzwerk
- SMA Inverter Manager
- Sunny Tripower 60

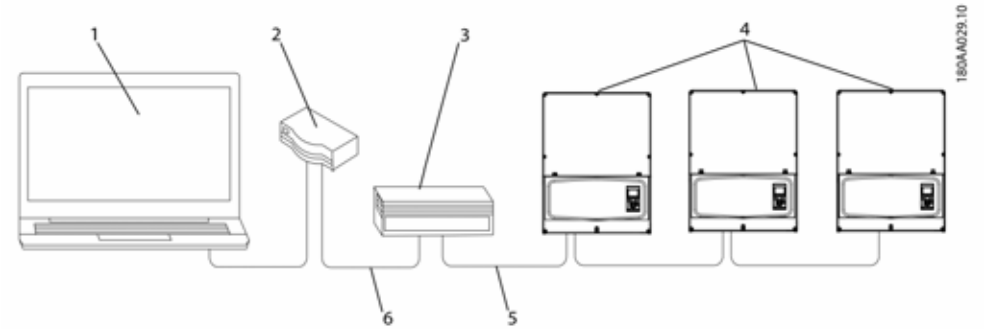


Abbildung 5.1 Inbetriebnahme von Wechselrichtern über LCS-Tool

1	LCS-Tool
2	Router/DHCP
3	SMA Inverter Manager
4	Sunny Tripower 60
5	LAN 2
6	LAN 1

Dieser Abschnitt beschreibt die Arbeitsweise des Systems und die Funktion der einzelnen Komponenten.

Das System ist in zwei Ethernet-Netzwerke unterteilt; Anlagennetzwerk und Wechselrichternetzwerk (siehe Abbildung 5.1). Das Anlagennetzwerk ist die Kommunikationsschnittstelle zur Anlage und kann zusammen mit anderer IT-Ausrüstung betrieben werden, wohingegen das Wechselrichternetzwerk nur für Wechselrichter der STP 60-Serie verwendet werden darf.

Das Anlagennetzwerk muss mit einem Router/DHCP-Server ausgestattet sein, da der SMA Inverter Manager eine automatische IP-Zuweisung benötigt. Es wird empfohlen, professionelle Router und Switches zu verwenden.

HINWEIS

Beim Entwurf des Anlagennetzwerkes muss die Netzwerksicherheit berücksichtigt werden, damit nur autorisiertes Personal Zugriff auf das Anlagennetzwerk hat. Dies ist besonders wichtig, wenn das Anlagennetzwerk mit dem Internet verbunden ist.

WARNUNG

SMA Solar Technology AG übernimmt keine Haftung für Schäden oder Verluste, die durch unbefugten Zugriff auf die Anlage entstanden sind.

Die Wechselrichter sind mit einem 2-Port-Ethernet-Switch ausgestattet, der eine verkettete Verbindung ermöglicht. Der SMA Inverter Manager hostet den DHCP-Server für die bis

zu 42 Wechselrichter, die pro SMA Inverter Manager angeschlossen werden können. Damit die Anlage in Betrieb genommen werden kann, müssen alle Wechselrichter an den SMA Inverter Manager angeschlossen sein. Wenn die Wechselrichter die Verbindung verlieren, werden sie vom Netz genommen. Anlagen, die mehr als 42 Wechselrichter benötigen, können mehrere SMA Inverter Manager im Anlagennetzwerk verwenden.

5.1.2 SMA Inverter Manager

Der SMA Inverter Manager trennt das Anlagennetzwerk und das Wechselrichternetzwerk und handhabt folgende Aufgaben auf Anlagenebene:

- Ermöglichen des Zugriffs über Sunspec-ModBus-TCP-Profile (dient als Gateway zu den Wechselrichtern)
- Dezentrale Steuerung von Wirk- und Blindleistung (beispielsweise durch Blindleistungssollwertkurven oder eine Begrenzung der Ausgangsleistung)
- Portal-Upload zum FTP-Server
- Zugriff auf die Anlagenkonfiguration und Wartung über LCS
- Verbindungsschnittstellen für externe Geräte wie die I/O-Box (Netzverwaltung) und Wetterstationen

5.2 Benutzerschnittstellen

Das lokale Inbetriebnahme- und Service-Tool (LCS) wird zur Inbetriebnahme der SMA Inverter Manager und Wechselrichter verwendet, damit diese mit der Einspeisung von Leistung in das Netz beginnen können. Folgendes ist mithilfe des LCS-Tools möglich:

- Durchführen von Software-Updates für das System
- Auslesen der Wechselrichter-Werte (Spannung, Strom usw.)
- Anzeigen von Wechselrichter-Ereignisprotokollen
- Laden kundenspezifischer Grid-Code-Dateien (Informationen darüber, wie sie kundenspezifische Grid-Dateien beantragen können, finden Sie in Kapitel 2.5, Seite 16)
- Konfigurieren des FTP-Portal-Uploads
- Zugriff auf Berichte zur Inbetriebnahme
- ModBus-Gateway-Adressenliste
- Hinzufügen/Austausch von Wechselrichtern

Die Wechselrichter vom Typ STP 60-10 und der SMA Inverter Manager müssen über das lokale Inbetriebnahme- und Service-Tool (LCS-Tool) in Betrieb genommen werden.

Die Inbetriebnahme ist erforderlich, bevor die Wechselrichter vom Typ STP 60-10 an das AC-Netz angeschlossen werden und Energie einspeisen können.

Das LCS-Tool ist im Downloadbereich unter www.SMA-Solar.com verfügbar.

Hardware Anforderungen für das LCS-Tool:

- PC mit Windows™7 oder neuer
- 1 GB HDD
- 2 GB RAM

Das LCS-Tool muss auf einem lokalen PC-Laufwerk installiert werden. Der PC muss mit dem Anlagennetzwerk des SMA Inverter Managers verbunden sein.

HINWEIS

Der SMA Inverter Manager muss über eine IP-Adresse verfügen, die vom DHCP-Server an den LAN 1 Port zugewiesen wird.

Es ist wichtig, dass der PC, auf dem das LCS-Tool läuft, an das gleiche IP-Subnetz angeschlossen ist wie der SMA Inverter Manager.

Port LAN 2 ist ausschließlich für Wechselrichter vom Typ STP 60-10 bestimmt.

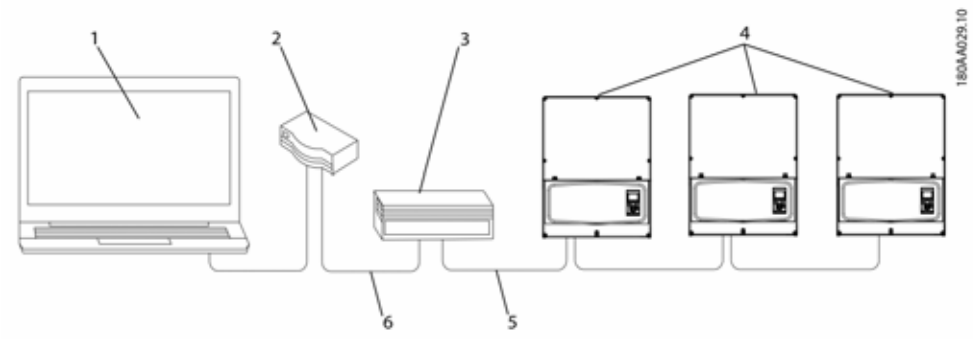


Abbildung 5.2 Inbetriebnahme von Wechselrichtern über LCS-Tool

1	LCS-Tool
2	Router/DHCP
3	SMA Inverter Manager
4	Sunny Tripower 60
5	LAN 2 (Wechselrichternetzwerk)
6	LAN 1 (Anlagennetzwerk)

5.3 I/O-Box

Die I/O-Box wird für die Übermittlung des Relaiszustandes von einem Rundsteuerempfänger (welcher vom Verteilnetzbetreibers bereitgestellt wird) an den SMA Inverter Manager via RS-485 verwendet. Für jeden SMA Inverter Manager ist eine I/O-Box erforderlich. Die I/O-Box unterstützt 6 digitale Eingänge.

5.4 Wetterstation

Jede SunSpec-konforme RS-485-Wetterstation kann an den SMA Inverter Manager angeschlossen werden.

6 Technische Daten

6.1 Technische Daten

Parameter	STP 60-10
AC	
Nenn-Scheinleistung[1)]	60 kVA
Nenn-Wirkleistung[2)]	60 kW
Blindleistungsbereich[1)]	0-60 kVAr
AC Nennspannung (Spannungsbereich)	3P + PE (WYE) /, 400 V - 480 V, (+/- 10 %)
Unterstützte Erdungssysteme	TT, TN
Nennstrom AC	3 x 87 A
Max. Strom AC	3 x 72 A @ 480 V
AC-Klirrfaktor (THD, bei Ausgangsnennleistung)	<1%
Leistungsfaktor - Standard	> 0,99 bei Nennleistung
Leistungsfaktor - geregelt	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt
Stromverbrauch im Standby-Modus (für die Kommunikation)	3 W
Nenn-Netzfrequenz (Bereich)	50/60 Hz (+/- 10 %)
DC	
Eingangsspannungsbereich	565–1000 V bei 400 Vac 680–1000 V bei 480 Vac
Nennspannung DC	630 V bei 400 Vac 710 V bei 480 Vac
MPPT-Spannungsbereich – Nennleistung	570–800 V bei 400 Vac 685–800 V bei 480 Vac
Max. Gleichspannung	1000 V
Mind.-Leistung am Netz	100 W
Max. MPPT Strom DC4)	110 A
Max. Kurzschlussstrom DC4)	150 A
MPP-Tracker/Eingang pro MPPT	1 / 1 (für die Verwendung eines externen Generatoranschlusskastens)
Wirkungsgrad	
EU/CEC Max. Wirkungsgrad	98,.8 %
EU Wirkungsgrad bei 570 Vdc	98,5 %
CEC Wirkungsgrad bei 400/480 Vac	98,0 % / 98,5 %
MPPT Wirkungsgrad, statisch	99,9 %
Gehäuse	

Parameter	STP 60-10
Abmessungen (H x B x T)	740 × 570 × 300 mm (29 × 22,5 × 12")
Gewicht	75 kg (165 lbs)[3]
Geräuschbelastung	55 dB(A) (vorläufiger Wert)

Tabelle 6.1 Spezifikationen

[1] Bei Nenn-Netzspannung.

[2] Bei Nenn-Netzspannung, Cos(phi) = 1.

[3] Je nach installierten Optionen.

[4] Unter allen Bedingungen.

Parameter		STP 60-Serie
Elektrisch		
	Elektrische Sicherheit	• IEC 62109-1/IEC 62109-2 (Klasse I, geerdet – Kommunikation Teil Klasse II, PELV) • UL 1741 für potenzialbehaftete netzgebundene PV-Wechselrichter • IEEE 1547
	PELV auf der Kommunikations- und Steuerkarte	Klasse II
Funktional		
	Funktionale Sicherheit	• Spannungs- und Frequenzüberwachung • Überwachung des Gleichstromanteils im Wechselstrom • Überwachung des Isolationswiderstands • FI-Überwachung • UL1998
	Inselbetriebserkennung – Netzausfall	• Aktive Frequenzverschiebung • Trennung • Dreiphasenüberwachung • ROCOF/SFS
	RCD-Kompatibilität[1]	Typ B, 600 mA

Tabelle 6.2 Sicherheitsspezifikationen

[1] Je nach regionalen Vorschriften.

6.2 Grenzwerte für die Reduzierung des Auslegungsverhältnisses

Um sicherzustellen, dass die Wechselrichter die Nennleistung erzeugen können, werden bei der Durchsetzung der in Kapitel 2.4.2, Seite 14 angegebenen Leistungsreduzierungsgrenzwerte etwaige Messungenauigkeiten berücksichtigt.

(Grenzwert = Nennwert + Toleranz).

6.3 Normen und Standards

Internationale Normen	STP 60-Serie
Wirkungsgrad	EU Wirkungsgrad, Standard: EN 50530
	CEC Wirkungsgrad, Standard: CEC guideline Prüfrichtlinie: Performance Test Protocol for Evaluating Inverters Used in Grid-Connected Photovoltaic Systems (Draft): March 1, 2005
EC-Niederspannungsrichtlinie	2006/95/EC
EC-Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)	2004/108/EC
Sicherheit	IEC 62109-1/IEC 62109-2
	UL 1741
	UL 508i
Funktionale Sicherheit	IEC 62109-2
	UL 1741/IEEE 1547
EMV, Störfestigkeit	EN 61000-6-1
	EN 61000-6-2
EMV, Störaussendung	EN 61000-6-3
	EN 61000-6-4
	CISPR 11 Klasse B
	FCC Teil 15
Oberschwingungsströme	EN 61000-3-12
CE	Ja
Eigenschaften des Versorgungsnetzes	IEC 61727
	EN 50160
	IEEE 1547 UI

Tabelle 6.3 Konformität mit internationalen Normen

Zulassungen und Zertifikate sind im Downloadbereich unter www.SMA-Solar.com verfügbar.

6.4 Spezifikation für die Netzsicherungen

Parameter	Spezifikation
Maximaler Wechselrichterstrom, Iacmax	87 A
Empfohlener Typ der trägen Sicherung gL/gG (IEC 60269-1)	100-125 A
Empfohlener Typ der trägen Sicherung Klasse T (UL/USA)	125 A
Empfohlener Leitungsschutzschalter (MCB) Typ B oder C	125 A
Maximale Sicherungsgröße	125 A

Tabelle 6.4 Spezifikation für Netzsicherungen

HINWEIS

Örtliche Vorschriften beachten.

6.5 Technische Daten der Kommunikationsschnittstellen

Schnittstelle	Parameter	Parameterdetails	Spezifikation
Ethernet	Kabel	Durchmesser Kabelmantel (⌀)	2 x 5-7 mm
		Kabeltyp	STP-Kabel (Shielded Twisted Pair, CAT 5e oder SFTP CAT 5e)1)
		Wellenwiderstand (Impedanz) der Kabel	100 Ω – 120 Ω
	RJ-45-Steckverbinder: 2 Stck. RJ-45 für Ethernet	Drahtstärke	24–26 AWG (je nach Ausführung des RJ-45-Steckers)
		Kabelschirmabschluss	Über RJ-45-Stecker
	Galvanische Schnittstellentrennung		Ja, 500 Veff
	Direkter Berührungsschutz	Doppelte/verstärkte Isolierung	Ja
	Kurzschlussschutz		Ja
	Kommunikation	Netzwerktopologie	Sternverbindung und verkettete Verbindung
	Kabel	Max. Kabellänge zwischen Wechselrichtern	100 m (328 ft)
	Max. Anzahl der Wechselrichter	Pro SMA Inverter Manager	42

Tabelle 6.5 Technische Daten der Kommunikationsschnittstellen

1) Achten Sie beim Einsatz im Außenbereich darauf, ein geeignetes Kabel zu verwenden. Wenn das Kabel sehr steif ist, sollte eine Zwischenklemme verwendet werden, um eine größere Biegsamkeit des Kabels zu erreichen, bevor es an den Wechselrichter angeschlossen wird. Bei einigen Kabel ist es ggf. ausreichend, die äußere harte Ummantelung an dem Teil des Kabels zu entfernen, das in das Wechselrichtergehäuse eingeführt wird.

Auf diese Weise werden die auf den Leiterplatten montierten RJ-45-Ethernetanschlüsse vor zu starker Beanspruchung geschützt, die zu Schäden oder Problemen mit der Verbindung führen könnte.

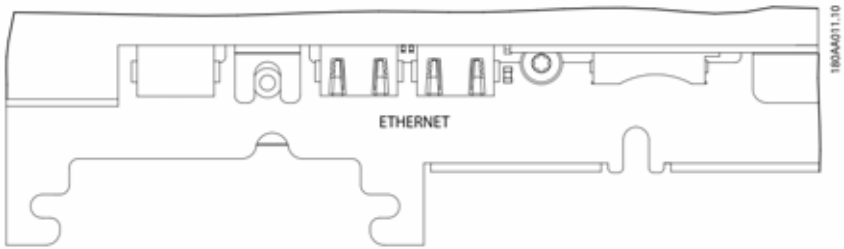


Abbildung 6.1 Hilfsschnittstellen (Cutout des Wechselrichter-Installationsteils)

6.6 Ethernet-Anschlüsse

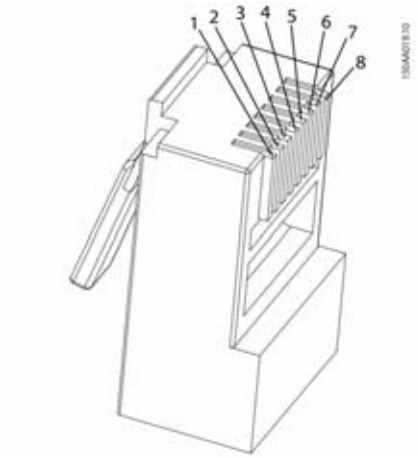


Abbildung 6.6 Pinbelegung des RJ-45-Steckers für Ethernet

Pinbelegung Ethernet	Farbstandard	
	Cat. 5 T-568A	Cat. 5 T-568B
1. RX+	Grün/Weiß	Orange/Weiß
2. RX	Grün	Orange
3. TX+	Orange/Weiß	Grün/Weiß
4.	Blau	Blau
5.	Blau/Weiß	Blau/Weiß
6. TX-	Orange	Grün
7.	Braun/Weiß	Braun/Weiß
8.	Braun	Braun

6.6.1 Netzwerktopologie

Der Wechselrichter verfügt über zwei Ethernet-RJ-45-Buchsen, die den Anschluss mehrerer Wechselrichter in einer Linientopologie ermöglichen (als Alternative zur üblichen Sterntopologie).

HINWEIS

Ringtopologie (C in Abbildung 6.3) ist nur zulässig, wenn sie mit einem Ethernet-Switch realisiert wird, der das Spanning-Tree-Protokoll unterstützt.

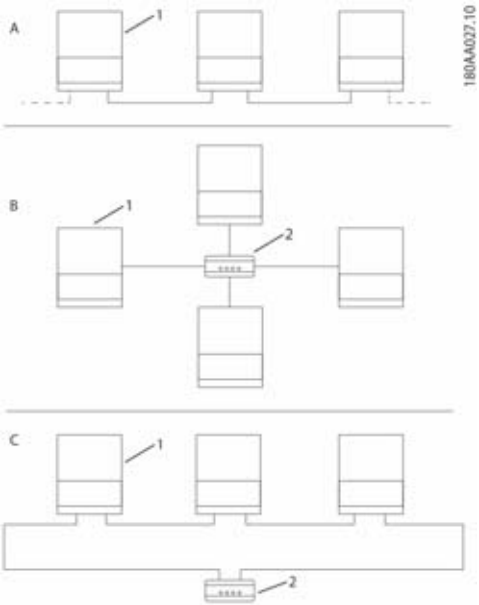


Abbildung 6.3 Netzwerktopologie

A	Lineare Verkettung
B	Sterntopologie
C	Ringtopologie (nur bei Einsatz des Spanning-Tree-Protokolls)
1	Sunny Tripower 60
2	Ethernet-Switch

Tabelle 6.7 Netzwerktopologie

Status der LEDs neben der Ethernet-Schnittstelle ist in Tabelle 6.8 erklärt. Pro Schnittstelle gibt es 2 LEDs.

Status	Gelbe LED	Grüne LED
Off	10 MBit/s Verbindungsgeschwindigkeit	Kein Link
On	100 MBit Verbindungsgeschwindigkeit	Link
Blinkt	-	Aktivität

Tabelle 6.8 LED-Status

SMA Solar Technology

www.SMA-Solar.com