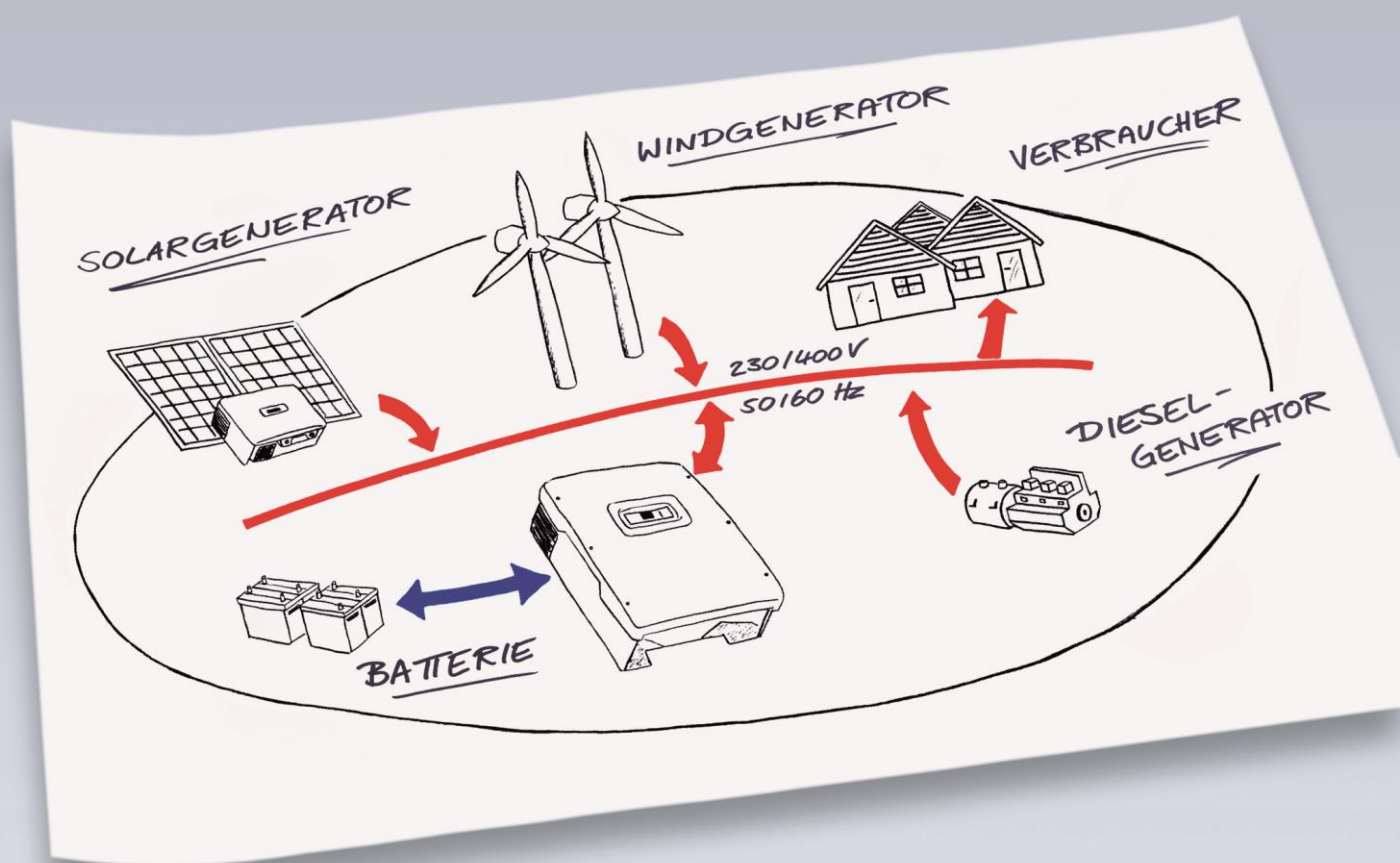


Sunny Island Generator - Whitepaper



Änderungsübersicht

Dokumenten- Nummer SIGEN	Ausgabe und Änderungstyp ¹⁾		Bemerkungen	Autor
-11:FD0412	1.0	A	Erstausgabe	C. Allert
-11:FD1212	1.1	A	Kleine Korrekturen - Format etc.	Lisitschew/Allert
-11:FD1213	1.2	A	Anpassungen SI6.0/8.0H	Allert/Rietze
-11:FD0914	1.3	A	Zusatzinfo Generatorfrequenz	Rietze

A: Änderung auf Grund fehlerhafter Unterlagen oder Verbesserung der Unterlagen

B: Änderung, die eine volle oder Vorwärts- Austauschbarkeit sicherstellt

C: Änderungen, die die Austauschbarkeit einschränken oder ausschließen

	Name	Datum	Unterschrift
Geprüft	Martin Rothert	10.09.2014	M. Rothert

Erklärungen zu den verwendeten Symbolen

Um Ihnen einen optimalen Gebrauch dieses Handbuchs und einen sicheren Baugruppeneinsatz in den Phasen der Inbetriebnahme, des Betriebs und der Wartung zu gewährleisten, beachten Sie bitte die folgenden Erklärungen zu den verwendeten Symbolen.



Dieses Symbol kennzeichnet einen Sachverhalt, der wichtig für den optimalen Betrieb Ihres Produktes ist. Lesen Sie diese Abschnitte daher aufmerksam.



Dieses Symbol kennzeichnet einen Sachverhalt, dessen Nichtbeachtung zur Beschädigung von Bauteilen oder zur Gefährdung von Personen führen kann. Bitte lesen Sie diese Passagen besonders sorgfältig.



Dieses Symbol kennzeichnet ein Beispiel.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Begriffe.....	6
3	Anforderungen an den Generator	7
4	Generatorarten.....	9
4.1	Synchrongenerator	9
4.2	Generator mit Umrichter.....	10
4.3	Generator für Netzparallelbetrieb.....	11
5	Dimensionierung des Generators	12
6	Generatorstart	13
7	Betrieb von einem Sunny Island zusammen mit einem Generator.....	14
7.1	Sunny Island Betriebsablauf für den Betrieb mit Generator	14
7.2	Sunny Island Schutzfunktionen für den Betrieb mit Generator	15
8	Generatorregelung.....	17
8.1	Spannungsregelung.....	20
8.2	Frequenzregelung.....	20
8.3	Generatorregelung durch einen Sunny Island	21
8.4	Bekannte Probleme und deren Lösung	22
9	Betrieb mehrerer Generatoren an Sunny Island Systemen	24
10	Generatoranschluss.....	25
11	Besondere Betriebsarten von einem Sunny Island zusammen mit Generatoren.....	26
11.1	Notladen	26
11.2	Manueller Betrieb.....	26
12	Was ist zu tun, wenn der Betrieb von Generator und Sunny Island nicht auf Anhieb klappt.....	27
12.1	Was kann ich selbst tun	27
12.2	Wann sollte Rücksprache mit SMA gehalten werden und welche Informationen werden hierzu benötigt	27

1 Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt die Randbedingungen, die für eine erfolgreiche Auswahl, Installation und einen reibungslosen Betrieb von Generatoren zusammen mit einem Sunny Island zu beachten sind.

Dieses Dokument enthält Informationen für folgende Sunny Island Batterie-Wechselrichter:

- **Sunny Island 6.0H**
- **Sunny Island 8.0H**
- **Sunny Island SI5048**
- **Sunny Backup SBU5000.**

Als Generatoren werden in Zusammenhang dieses Dokuments solche, i. d. R. durch Verbrennungsmaschinen angetriebenen, Synchrongeneratoren bezeichnet, die eigenständig ein Netz stellen können und damit als Spannungsquellen arbeiten.

Die Informationen zur Installation, Konfiguration und zum Betrieb von Generatoren zusammen mit einem Sunny Island sind in der Technischen Beschreibung zum Sunny Island zu finden.

Dieses Dokument listet in Kapitel 3 die grundsätzlichen Anforderungen auf und verweist bei jeder der Anforderung auf weiterführende Kapitel. In Kapitel 7 wird der grundsätzliche Betrieb von einem Sunny Island in Verbindung mit einem Generator beschrieben.

Die Kapitel 4 bis 8 beschreiben die Dinge, die im Rahmen der Generatorauswahl zu berücksichtigen sind. Kapitel 9 gibt Informationen zum Parallelbetrieb von Generatoren am Sunny Island System. Das Kapitel 10 gibt Informationen, die hinsichtlich des Generatoranschlusses zu beachten sind. Kapitel 11 beschreibt besondere Betriebsarten und Kapitel 12 gibt Hilfestellung, was zu tun ist, wenn der Betrieb nicht auf Anhieb klappt.

Tiefer gehende Details zu den einzelnen Punkten, insbesondere wann und unter welchen Bedingungen der Generator gestartet bzw. gestoppt wird, sind der Technischen Beschreibung zum Sunny Island zu entnehmen.

Wenn in diesem Dokument von einem oder dem Sunny Island gesprochen wird, sind damit selbstverständlich auch Systeme aus mehreren Sunny Islands (sog. „Cluster“) gemeint, die einphasig parallel oder mehrphasig ausgeführt sind, bis hin zu sogenannten Multicluster-Systemen.

2 Begriffe

Sunny Island - steht hier für Sunny Island und Sunny Backup

Statik - beschreibt hier eine Kennlinie für den Betrieb (z. B. Frequenz als Funktion der Wirkleistung oder Spannung als Funktion der Blindleistung)

Self-Sync - beschreibt die Anwendung von Kennlinien für den parallelen Betrieb von Sunny Island Wechselrichtern und auch mit anderen Spannungsquellen

Droop - beschreibt ebenfalls eine Statik. Dieser Begriff wird i. d. R. bei in Verbindung mit der Generatorregelung verwendet.

AVR – Automatic Voltage Regulator - Spannungsregler am Generator

Governor - Drehzahl-Regler am Generator

3 Anforderungen an den Generator

Ein Generator dient im Inselnetzsystem als Energiereserve bzw. als Backup. Genügt beispielsweise die erzeugte AC-Leistung (z.B. durch PV-Wechselrichter), nicht zur Versorgung der Verbraucher, kann der Sunny Island durch ein intelligentes Generatormanagement die zusätzliche Energie des Generators in das Inselnetz einbinden.

Im Rahmen der Projektplanung für eine Anlage mit einem Generator sollten die technischen Randbedingungen überprüft werden. Hierzu ist abzuklären, ob der ins Auge gefasste Generator die gewünschten Eigenschaften aufweist und die in diesem Dokument genannten Bedingungen für einen Betrieb zusammen mit einem Sunny Island erfüllt.

Für den erfolgreichen Einsatz eines Generators in einem System mit Sunny Island muss er die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Der Generator muss netzbildend arbeiten (→ Kapitel 4)
Bei netzbildenden Inverter-Generatoren sind weitere Punkte zu beachten (→ Kapitel 4.2))
Nicht netzbildende Generatoren – also solche für Netzparallelbetrieb – werden durch dieses Dokument nur am Rande beschrieben (→ Kapitel 4.3).
- Der Generator muss eine sinnvolle Größe haben (→ Kapitel 5)
- Der Generator soll über einen Kontakt autostartfähig sein (→ Kapitel 6)
- Für die Generatorregelung müssen Statiken (Droop) verwendet werden (→ Kapitel 8)
 - Der Generator soll dazu möglichst über weiche Kennlinien verfügen, die möglichst stetig sind (→ Kapitel 8.4)
 - Die Regelung des Generators soll einstellbar sein (→ Kapitel 8.4)
 - Die Frequenzabweichung des Generators zwischen Leerlauf und Belastung mit Nennstrom darf maximal 5 Hz betragen. Sie sollte jedoch möglichst ≤ 4 Hz sein

Neben den technischen Unterlagen (Dokumentation, Kennlinien etc.) zum Generator und der Generatorregelung, sollten vor Realisierung des Projekts auch die erforderlichen Werkzeuge (z. B. das Konfigurationsstool zur Einstellung der Generatorregelung) beschafft werden, um ggf. vor Ort Einstellungen vornehmen zu können. Das betrifft neben der Leerlaufdrehzahl insbesondere die Einstellungen für die Frequenz- und Spannungsregelung. Für die Inbetriebnahme eines Generators hat sich die Kenntnis über den genauen Aufbau des Frequenz- und des Spannungsreglers des Generators als sehr hilfreich erwiesen. Ein expliziter Zugriff auf die Generator-Regler-Parameter (P-, I-, D-Anteil) eröffnet die beste Möglichkeit, den Generator gegebenenfalls an das Sunny Island System anzupassen.



Ein Kontakt zwischen dem Hersteller des Generators und SMA ist im Rahmen der Anlagenauslegung sinnvoll, um unangenehme Überraschungen bei der Inbetriebnahme vorzubeugen.



Da Hersteller von Generatoren bzw. Generatorsteuerungen die regelungstechnischen Daten i. d. R. nicht offen zur Verfügung stellen, ist es ggf. Sache des Projektierers/Anlagenplaners, diese Informationen einzufordern bzw. den Generatorhersteller zu einem Kontakt mit SMA zu bewegen (→ Kapitel 12.1).

4 Generatorarten

Generell sollte sich der verwendete Generator hinsichtlich seines Frequenz- und Spannungsverhaltens entsprechend der Kennlinie einer Synchronmaschine verhalten.

4.1 Synchrongenerator

Das Verhalten einer Synchronmaschine bedeutet eine belastungsabhängige Drehzahl und damit eine mit steigender Belastung fallende Frequenz. Auf steigende kapazitiver Belastung reagiert die Synchronmaschine mit einem Spannungsanstieg. Dies ist beispielhaft dargestellt in Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2.

Die Anforderungen an die Regelung sind beschrieben in Kapitel 8.

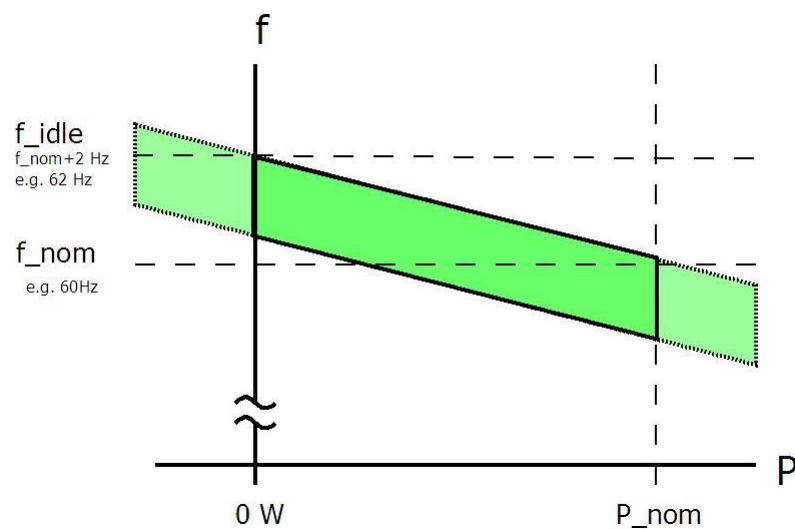


Abbildung 4.1: Generatorverhalten: Frequenz

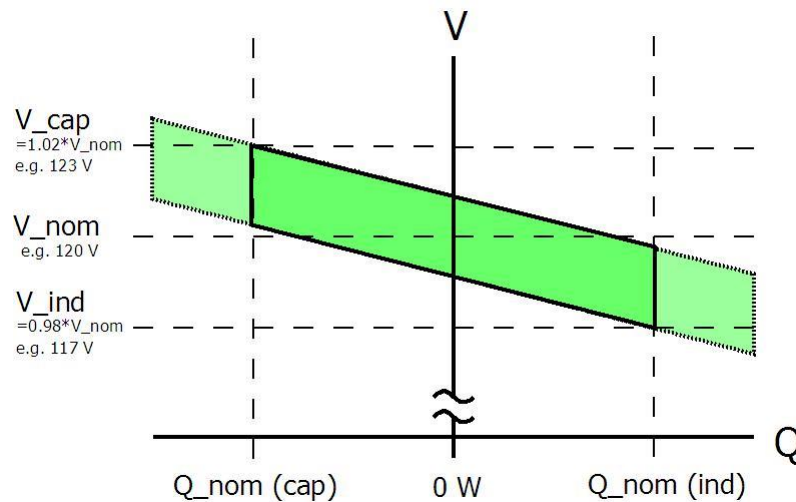


Abbildung 4.2: Generatorverhalten: Spannung

4.2 Generator mit Umrichter

Für einen besonders leisen und bei Teilbelastung auch besonders sparsamen Betrieb, bieten einige Hersteller sogenannte "Inverter-Generatoren" oder auch "drehzahlvariable Generatoren" an. Bei diesen wird die Motordrehzahl optimal passend zur abgenommenen elektrischen Leistung eingestellt. Der so angetriebene Generator liefert dementsprechend eine Frequenz und auch Spannung, die nicht direkt zur Versorgung von üblichen Lasten verwendbar ist. Sie muss daher mit einem Umrichter auf die gewünschte Frequenz bzw. Spannung gebracht werden.

Dieser Umrichter ist in der Regel nicht für die Parallelschaltung mit anderen Umrichtern bzw. Invertern geeignet. Der Sunny Island ist aber so tolerant gegenüber anderen Umrichtern, dass, bei Beachtung einiger Punkte, ein zufriedenstellender Betrieb mit Inverter-Generatoren möglich ist:

- Bei Systemkonfigurationen, in denen ein Sunny Island stromgeregelt betrieben werden kann, ist diese Einstellung bei Verwendung von Inverter-Generatoren zu bevorzugen.
- Inverter-Generatoren, die in der Lage sind, die größtmöglichen Lastschwankungen (inklusive sog. "Inrush-Currents"), die im System vorkommen können, zu übernehmen, verhalten sich aus Sunny Island Sicht wie ein öffentliches, starres Netz. Ein problemloser Betrieb ist uneingeschränkt möglich.
- Für Inverter-Generatoren, die sehr groß dimensioniert sind im Verhältnis zu den zu erwartenden Lasten, kann, entsprechend obigem Punkt, von einem reibungslosen Betrieb ausgegangen werden.

- Es können auch kleinere Inverter-Generatoren eingesetzt werden, sofern diese ein "weiches" Regelverhalten aufweisen (siehe Kapitel 8.4).



Es ist zusätzlich darauf zu achten, dass diese Generatoren tolerant gegenüber Überspannungen und -strömen sind, sich also entweder selber schützen, indem sie sich vom System trennen bevor ein Schaden eintritt, oder so aufgebaut sind, dass Rückleistungen keinen Schaden verursachen können.

4.3 Generator für Netzparallelbetrieb

Nicht netzbildende Generatoren (i. d. R. Asynchrongeneratoren oder Generatoren mit nachgeschaltetem Wechselrichter) für reinen Netzparallelbetrieb können am, durch einen Sunny Island gestellten, Inselnetz normal betrieben werden, als seien sie an ein Netz angeschlossen. Es sind ggf. Einschränkungen hinsichtlich der Leistungsbilanz im System zu beachten.

Sinnvollerweise sollten diese, nicht netzbildenden Generatoren am Sunny Island eine Abregelbarkeit über die Frequenz erlauben, siehe „FSPC - Frequency Shift Power Control“ in der Technischen Beschreibung zum Sunny Island.

5 Dimensionierung des Generators

Eine Anlagenauslegung mit Generatorleistung in der Größenordnung der installierten Sunny Island Leistung (ca. 80..120%) hat sich (insbesondere energetisch) als sinnvoll erwiesen (vorbehaltlich natürlich weiterer Randbedingungen, die für die zu installierende Anlage zu beachten sind und damit den Rahmen dieses Dokuments übersteigen).

Eine Auslegung mit Generatorleistung größer als Sunny Island Leistung führt ggf. zu einem stabileren Betrieb.

Für den Betrieb von Generatoren mit Invertern hat sich eine mindestens doppelte Generatorleistung im Vergleich zum Sunny Island als sinnvoll erwiesen (siehe hierzu auch 4.2).

Die von netzbildenden Generatoren üblicherweise gelieferte Blindleistung ($\cos\phi$ von 0,8 kapazitiv bis induktiv) ist für übliche Systeme völlig ausreichend, insbesondere vor dem Hintergrund, dass ein Sunny Island Blindleistung liefern kann (siehe auch 8.3).

6 Generatorstart

Ein Sunny Island startet und stoppt einen angeschlossenen Generator in Abhängigkeit der Konfiguration automatisch. Die üblichen Bedingungen hierzu sind

- Batterieladezustand (SOC – State of Charge) mit zweif möglichen Zeitfenstern
- Abgegebene Sunny Island Leistung
- Voll- oder Ausgleichladung der Batterie
- Zeitsteuerung für regelmäßigen Betrieb
- Manueller Start

Der Generator wird zusätzlich gestoppt, wenn der Sunny Island in den Fehlerzustand geht oder am Sunny Island ein manueller Stopp ausgelöst wird.

Für den Fernstart von Generatoren existieren mehrere Varianten. Ein Sunny Island unterstützt die am meisten verbreitete Variante: „Dry Contact“ als Start/Stoppsignalisierung. Dabei bedeutet der geschlossene Kontakt Start und Betrieb des Generators und der geöffnete Kontakt dann Stopp. D.h. der Generator muss autostartfähig sein und sich mit nur einem Kontakt starten und stoppen lassen. Dem gegenüber werden Generatoren ohne Autostartfunktion z.B. mittels Kurbel oder Seilzug gestartet.

7 Betrieb von einem Sunny Island zusammen mit einem Generator

Ein Sunny Island arbeitet als Spannungsquelle genauso wie ein Generator. Soll ein Generator und ein Sunny Island zusammen betrieben werden, ist es erforderlich, dass beide Spannungsquellen synchronisiert sind, um Ausgleichsströme beim Zusammenschalten zu vermeiden. Hierzu misst der Sunny Island die Generatorspannung. Der Sunny Island synchronisiert das vom Sunny Island gestellte Inselnetz in Frequenz, Spannung und Phasenlage mit dem Generator. Sind beide Quellen (Generator und Sunny Island) synchron, wird die Verbindung hergestellt.

Nun gilt es die Leistung beider Quellen auf die Verbraucher aufzuteilen. Diese Aufgabe übernimmt der Sunny Island. Hierzu wird durch den Sunny Island, der vom Generator abgegebene Strom, erfasst und der Generator entsprechend den Einstellungen (Generatorstrombegrenzung) be- oder entlastet. Da der Sunny Island bidirektional arbeitet, kann durch Ausnutzung der Batterie, der Generator zur Batterieladung belastet werden oder durch Reduktion der Ladung entlastet. Das geht dann soweit, dass der Sunny Island sogar den Generator durch Entladung der Batterie unterstützen kann. Dies alles natürlich nur in den durch den Installateur vorgegebenen Grenzen, wie max. Batterieladestrom, Inverternennstrom).

Bei transienten Vorgängen (Schalthandlungen) macht sich der Sunny Island den integrierten, sogenannten Selsynch-Mechanismus zu Nutze. Hierbei wird eine Leistungsaufteilung zwischen mehreren Quellen (mehreren Sunny Island und auch parallel zu einem Generator) durch sogenannte Statiken erreicht (siehe Kapitel 8.3). Diese Statiken lehnen sich an das übliche Verhalten von Synchrongeneratoren an, die z. B. bei Belastung durch Abbremsen reagieren, was sich durch die niedrigere Drehzahl in einer niedrigeren Frequenz äußert. Haben parallelgeschaltete Spannungsquellen dieses Verhalten, ergibt sich ein gemeinsamer Arbeitspunkt, der für eine geeignete Lastaufteilung sorgt.

Entsprechendes Verhalten gilt für das Verhalten der Spannung bei Belastung mit Blindleistung (Spannungserhöhung bei kapazitiver Belastung).

7.1 Sunny Island Betriebsablauf für den Betrieb mit Generator

Wichtige Phasen beim Betrieb des Generators sind die folgenden Phasen. Hierzu verfügt der Sunny Island über eine interne Generatorsteuerung, die als Zustandsmaschine abgebildet ist.

- Start – Der Generator wird durch die Generatorsteuerung des Sunny Island gestartet. Dies wird über das zugeordnete Multifunktionsrelais am Sunny Island signalisiert. Der Generator startet und liefert eine Spannung an seinem Ausgang.

- Stopp – Der Sunny Island steuert das Multifunktionsrelais an, sodass es abfällt und damit dem Generator Stopp signalisiert. Der Generator stoppt.
- Warm – Diese Phase dient dem Warmlaufen des Generators. Der Sunny Island lässt den Generator für eine einstellbare Zeit warmlaufen, bevor der Generator mit dem Inselnetz synchronisiert und verbunden wird.
- Lock – Nach der Signalisierung von Stopp an den Generator ist die erneute Anforderung des Generators über das Multifunktionsrelais sowie ein automatisches Zuschalten auf einen extern gestarteten Generator für eine einstellbare Zeit unterdrückt. Dies hilft, Generatoren, die mit einer integrierten Nachlaufzeit ausgerüstet sind, zu betreiben.
- Cool – Dies ist die Phase, wenn der Sunny Island den Generator über die Regelung entlastet und dann i. d. R. lastfrei getrennt hat, den Generator noch eine einstellbare Zeit nachlaufen lässt.

Zu beachten ist das Verhalten von Generatoren, die ihrerseits mit einem ausgefeilten Generatormanagement bestückt sind. Hier sind dann die Zeiten für die einzelnen Funktionen geeignet anzupassen.



Generatoren mit integriertem Schütz geben an ihrem Ausgang oftmals erst dann Netzspannung ab, wenn ihre Warmlaufzeit abgelaufen ist. Ein Sunny Island erwartet spätestens 2 Minuten nach Generatorstart, dass der Generator Spannung abgibt. Für einen reibungslosen Betrieb sollte hier die interne Warmlaufzeit des Generators ausgeschaltet oder weitestgehend reduziert und die Warmlaufzeit der Sunny Island Generatorsteuerung verwendet werden.

7.2 Sunny Island Schutzfunktionen für den Betrieb mit Generator

Generatorüberlastung

Ein Sunny Island verfügt neben der Begrenzung auf den eingestellten Generatornennstrom zusätzlich über optionale weitere Schutzfunktionen gegen Generatorüberlastung. Dies verhindert, dass ein Generator überlastet wird. Erreicht wird dies dadurch, dass die eingestellte Generatornennfrequenz (bei Nennleistung) beachtet wird. Unterschreitet die Frequenz diesen Wert, wird die Belastung des Generators durch den Sunny Island reduziert (Reduktion der Batterieladung bis hin zum Entladebetrieb (bis max. Sunny Island Nennleistung)).

Rückleistung in den Generator

Daneben beinhaltet ein Sunny Island auch einen integrierten Schutz des Generators vor Rückleistung aus dem Inselnetz. Mit dieser Rückleistung werden der Generator und damit der Motor angetrieben, wie der Motor in einem Fahrzeug, das bergab rollt.



Kurzfristig ist dieser Zustand für den Motor des Dieselgenerators unkritisch. Es wird empfohlen, die Dokumentation des Generators in Bezug auf die maximal erlaubten Zeiten und Leistungen zu prüfen und die Parameter im Sunny Island ggf. entsprechend anzupassen.

Rückleistung in den Generator entsteht üblicherweise dann, wenn neben dem Generator eine weitere Energiequelle im System vorhanden ist. Dies kann z. B. eine PV-Anlage sein, die auf das Inselnetz speist. Im Fall einer Lastabschaltung steht plötzlich ein Überschuss an Energie im System zur Verfügung. Diese wird i. d. R. in die Batterie abfließen. Ist die Batterie nun vollgeladen, kann sie keine oder nur noch einen Teil der Energie aufnehmen. Die überschüssige Energie sorgt dann dafür, dass der Generator entlastet wird bis hin zur Umkehrung der Energieflussrichtung.

Verhindern lässt sich dieser Zustand durch die Verwendung der Funktion FSPC – Frequency-Shift-Power-Control (Abregelung über die Frequenz) der Einspeiser. Hier hilft eine geschickte Konfiguration der zugehörigen Einstellungen in Verbindung mit der Einstellung der Generatorleerlaufrfrequenz und Nennfrequenz des Inselnetzes. Dabei wird dafür gesorgt, dass die Leerlaufrfrequenz des Generators die PV-Einspeisung z. B. auf 0 fährt.

Alternativ dazu kann z. B. die PV-Leistung ganz oder teilweise abgeschaltet werden um diesen Zustand zu verhindern.



Ein Sunny Island verfügt über eine einstellbare Rückleistungsüberwachung, die den Generator bei erkannter Rückleistung ggf. abtrennt.



Die eingestellte Leistung und die Zeit der Überschreitung sind mit der Dokumentation des Generators abzustimmen.

8 Generatorregelung

Für die hier dargestellte Generatoranbindung muss der jeweilige Generator als Spannungsquelle arbeiten und von sich aus ein Netz bilden und Lasten versorgen können.

Generell soll sich der verwendete Generator hinsichtlich seines Frequenz- und Spannungsverhaltens entsprechend der Kennlinie einer Synchronmaschine verhalten (siehe auch 4.1). Die entsprechenden Kennlinien sind beispielhaft in der Abbildung 4.1 für die Frequenz und der Abbildung 4.2 für die Spannung dargestellt.

Die Funktion der Generatorregelung erfolgt im Generator getrennt nach Spannung und Frequenz. Weitergehende Informationen zur Spannungsregelung finden sich in Kapitel 8.1 und hinsichtlich Frequenz in Kapitel 8.2.

Die Generatorregelung soll dafür sorgen, dass die Generatorfrequenz und Generatorspannung sich jeweils in einem Korridor bewegen, wie in Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2 dargestellt ist. Die Grafiken zeigen die Bereiche, in denen sich Generatorfrequenz und -spannung bei den unterschiedlichen Belastungen - im Nennbetrieb (dunkelgrün) und auch darüber hinaus (hellgrün) - befinden sollen. Dabei soll das Verhalten idealerweise linear sein. Solange die Kennlinien keine Unstetigkeiten aufweisen, ist die Voraussetzung für einen stabilen Betrieb immer noch gegeben. Die Abbildung 8.1 und Abbildung 8.2 zeigen geeignetes und die Abbildung 8.3 und Abbildung 8.4 nicht geeignetes Verhalten für die Frequenz. Vergleichbares gilt für die Spannung.



Es hat sich als sehr hilfreich erwiesen, eine Einstellmöglichkeit (insbesondere vor Ort bei der Inbetriebnahme) zu haben. Daher sollte die Dokumentation für die Regelung wie auch die Werkzeuge (z. B. Software) für eine ggf. erforderliche Verstellung bei der Inbetriebnahme vorliegen.

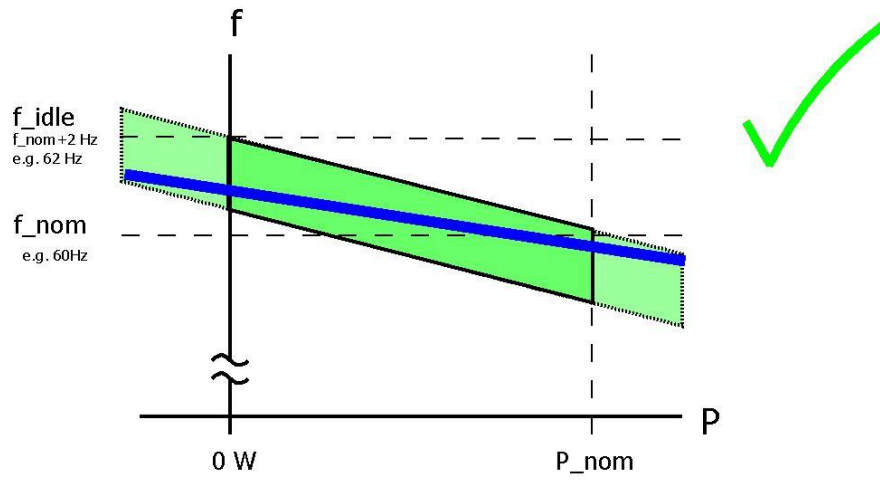


Abbildung 8.1: Generatorverhalten: Frequenz - linear - geeignet

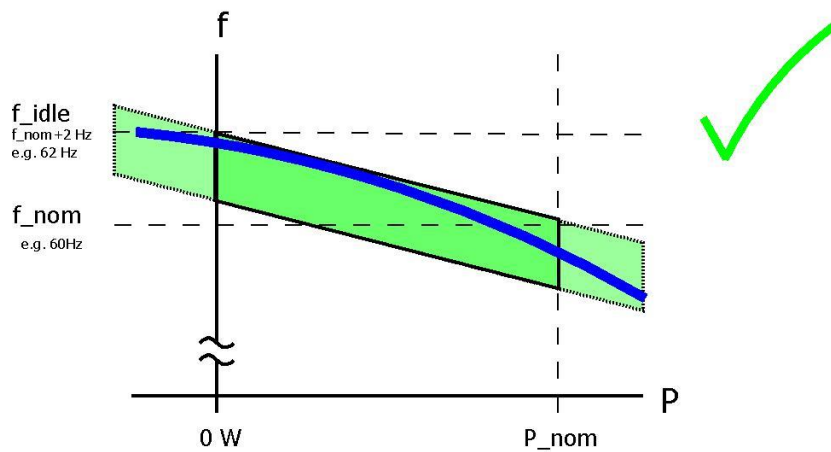


Abbildung 8.2: Generatorverhalten: Frequenz - stetig - geeignet

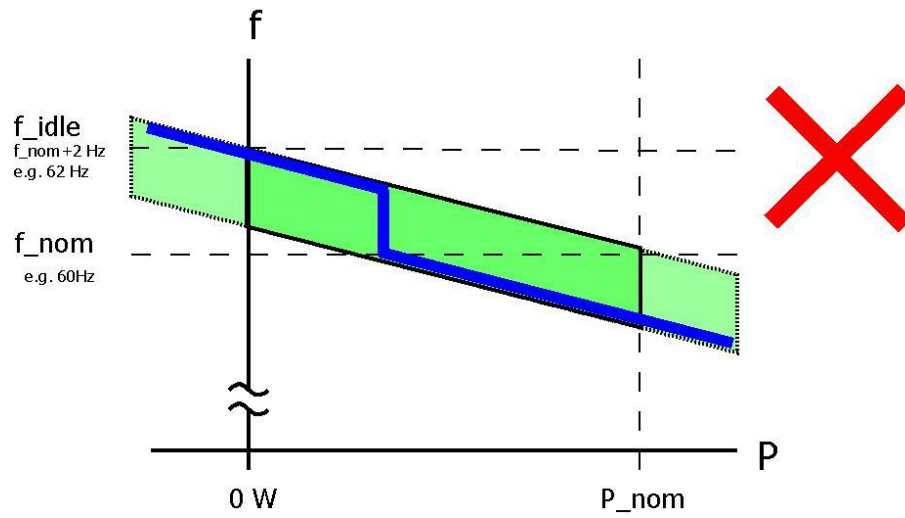


Abbildung 8.3: Generatorverhalten: Frequenz -unstetig - nicht geeignet

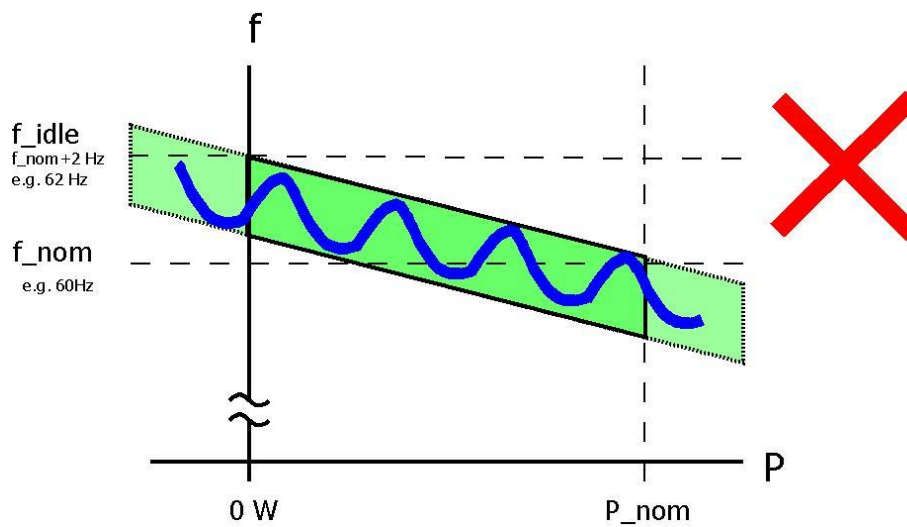


Abbildung 8.4: Generatorverhalten: Frequenz unstetig - nicht geeignet



Haben Generatoren abweichende Eigenschaften, kann das zu Instabilität im Verbund mit dem Sunny Island führen. Siehe hierzu Kapitel 8.4.



Ein nachgebendes („weiches“) Verhalten des Reglers ist gut mit der Regelung von dem Sunny Island vereinbar. Dadurch können auch ältere Generatoren oder mit einfacher Proportional-Regelung gut zusammen mit dem Sunny Island verwendet werden.

8.1 Spannungsregelung

Der Generator regelt seine Spannung mittels des AVR – Automatic Voltage Regulators auf eine voreingestellte Nennspannung bzw. in Abhängigkeit einer Kennlinie. Dabei ist das Verhalten des Generators (Synchron-Generators) in Abhängigkeit der abgegebenen bzw. aufgenommenen Blindleistung zu beachten (Spannungserhöhung bei kapazitiver Belastung). Hierdurch erfolgt im Betrieb die Aufteilung der Blindleistung zwischen parallel geschalteten Quellen (mehreren Generatoren oder eben dem Sunny Island). Die Spannung wird am Generator durch Variation der Erregerspannung geregelt.



Die Spannungsregelung kann am Generator dadurch sehr schnell erfolgen, da hier keine mechanischen Zeitkonstanten zu berücksichtigen sind. Damit ist sie i. d. R. deutlich schneller als die Frequenzregelung.

8.2 Frequenzregelung

Die Generatorfrequenz wird durch die Drehzahl bestimmt. Die Drehzahlregelung des Motors erfolgt durch den sog. „Governor“. Dieser hat i. d. R. entweder eine feste Drehzahl (Sollfrequenz) oder eine belastungsabhängige Drehzahl/Frequenz.



Die Frequenzregelung am Generator muss immer die mechanischen Zeitkonstanten (Trägheit) des Generators berücksichtigen. Sie ist damit i. d. R. deutlich langsamer als die Spannungsregelung.

8.3 Generatorregelung durch einen Sunny Island

Das Regelungsziel für einen Sunny Island bei Betrieb mit einem Generator sieht vor, möglichst die komplette Wirkleistung durch den Generator liefern zu lassen sowie möglichst die komplette Blindleistung für die angeschlossenen Verbraucher durch einen Sunny Island zu liefern. Wenn möglich soll die Batterie dann mit maximaler Ladeleistung geladen werden. Der Grund dafür ist die möglichst optimale Ausnutzung des Generators und damit einhergehend die Begrenzung der Generatorlaufzeit (Stichwort Treibstoffverbrauch) auf das erforderliche Maß.



Ein Sunny Island regelt seine Frequenz im Rahmen der Grenzen so ein, dass im stationären Betrieb die Wirkleistung durch den Generator geliefert wird.



Ein Sunny Island regelt seine Spannung im Rahmen der Grenzen so ein, dass im stationären Betrieb die Blindleistung möglichst durch einen Sunny Island geliefert wird, der Generator also möglichst nur Wirkleistung liefert.



Es ist i. d. R. auch ein Betrieb mit Generatoren möglich, die keine Blindleistung liefern können. Hier muss ein Sunny Island die komplette Blindleistung, insbesondere auch transient, liefern können. Das hängt stark von den zu versorgenden Lasten ab.

Im Betrieb misst ein Sunny Island neben der Generatorspannung auch den vom Generator abgegebenen Strom. Eine eingestellte Stromgrenze (für den Generator) wird von dem Sunny Island beachtet und die in die Batterie aufgenommene Leistung ggf. reduziert bzw. durch Zuspäsen aus der Batterie der Generator ggf. unterstützt, um eine Überlastung des Generators zu vermeiden.

Ein Sunny Island bzw. Sunny Backup verwendet die in Abbildung 8.5 dargestellten Selfsync-Mechanismus, auch als Droop bezeichnet, für die Lastaufteilung von parallel geschalteten Wechselrichtern und auch zum parallelen Betrieb mit dem Generator. Je genauer das Generatorverhalten diesen Statiken entspricht, umso gleichmäßiger werden die stromliefernden Komponenten (also Generator und die Sunny Island) an den Lastsprüngen beteiligt.

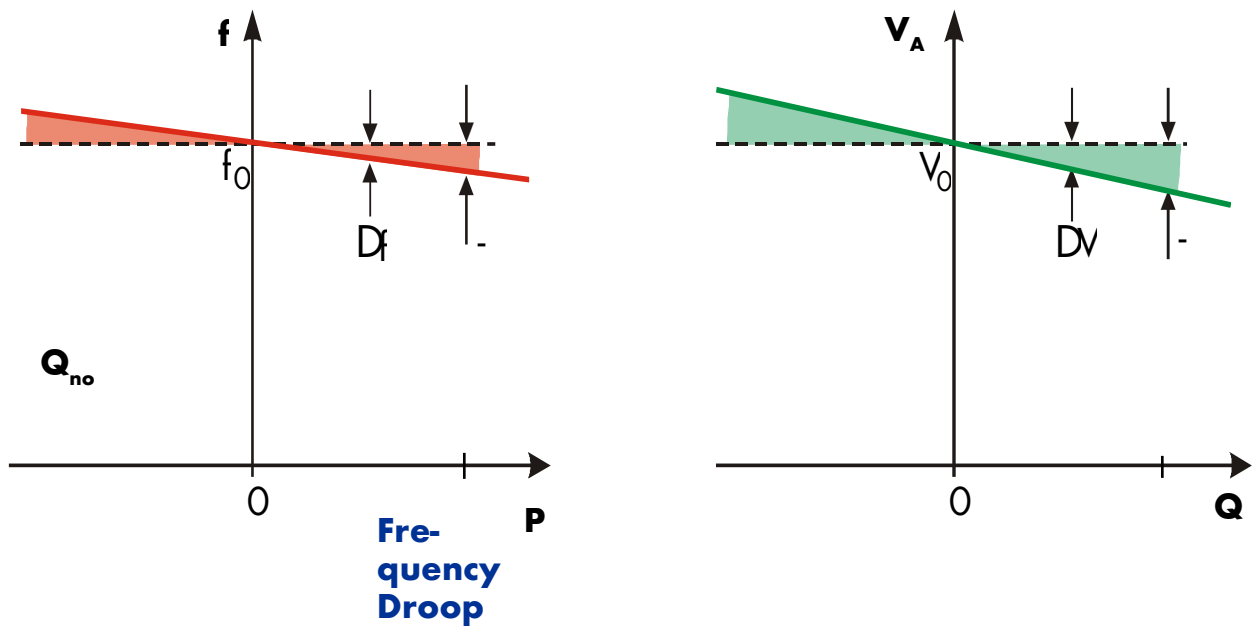


Abbildung 8.5: Selfsync - Droop

Wie man sieht, müssen Generatoren, die ihre Spannung und Frequenz stabil halten, die Laständerungen in voller Höhe übernehmen. Sind sie dazu nicht in der Lage, kann es zu Regelstörungen kommen.

8.4 Bekannte Probleme und deren Lösung

Systeme bestehend aus einem Sunny Island und Generator können unter bestimmten Bedingungen zu Schwingungen neigen.



Hat der Generator eine Kennlinie, die das gewünschte Verhalten umkehrt, also beispielsweise bei Belastung des Generators eine höhere Frequenz als die Leerlauf Frequenz erzeugt, funktioniert dieser Generator nicht zusammen mit einem Sunny Island. Es stellt sich kein stabiler Arbeitspunkt ein! Es kommt zu Instabilitäten und damit zu Schwingungen.



Generatoren mit Unstetigkeiten und Nichtlinearitäten in den Kennlinien sind für den Betrieb zusammen mit einem Sunny Island nur schlecht bis gar nicht geeignet.



Generatoren, die sehr stabil in ihrer Frequenz und Spannung („steif“) sind, sind eher problematisch. Diese Generatoren haben oft eine Regelung deren Zeitkonstante vergleichbar zu der im Sunny Island liegt. Dieser Zustand kann zu Schwingungen neigen.



Hat die Regelung des Generators einen D-Anteil, fördert das die Schwingneigung zusätzlich.



Bei sehr kleinen, einfachen Generatoren mit Nennleistungen von wenigen 100 Watt wirken sich die Regelschwankungen der Blindleistung überproportional stark aus, so dass kein Dauerhaft stabiler Betrieb erzielt werden kann.



Es hat sich als sehr hilfreich herausgestellt, eine Einstellmöglichkeit für die Generatorregelung hinsichtlich Spannung und Frequenz zu haben (insbesondere vor Ort bei der Inbetriebnahme), um etwaige Probleme auszuräumen. Daher sollte die Dokumentation für die Regelung (Regelungsstruktur, sowie P, I und D Parameter, wie auch die Werkzeuge (z. B. Software) für eine ggf. erforderliche Verstellung, bei der Inbetriebnahme vorliegen.



Es macht insbesondere keinen Sinn, das komplette Sunny Island System in seiner Regelung auf den Generator anzupassen, da dieses schon fein abgestimmt ist auf Lastverhalten, Batterieregelung, Regelung der angeschlossenen PV, Parallelbetrieb etc.

9 Betrieb mehrerer Generatoren an Sunny Island Systemen

Ein Sunny Island ist von seiner Regelungsstruktur auf einen Parallelbetrieb ausgelegt. Allerdings ist der Sunny Island nicht in der Lage mehr als einen Generator mit eigenen Mitteln – Relaisfunktion Generatoranforderung – zu starten und zu synchronisieren. Die Funktion mehrere Generatoren gestaffelt zu starten, zu synchronisieren, die Last zwischen ihnen aufzuteilen und sie wieder zu stoppen, muss extern zu dem Sunny Island ausgeführt werden.

Ist die verfügbare Generatorleistung variabel z. B. dadurch dass alternativ verschieden große Generatoren gestartet werden können, muss der Wert für die Generatorstrombegrenzung im Sunny Island jeweils angepasst werden. Dies kann im einfachsten Fall (manuelle Umschaltung zwischen den verwendeten Generatoren) natürlich manuell erfolgen, über eine Bedienung am Gerät (über das Bedienmenü) oder über eine Parameterverstellung über die serielle Kommunikation über SMA-Data (z. B. unter Verwendung einer Webbox etc.).

Sollen mehrere Generatoren gleichzeitig am Sunny Island betrieben werden, so müssen diese zunächst selbst für den Parallelbetrieb miteinander ausgelegt sein. Das betrifft insbesondere die Generatorsteuerung. Diese muss den Parallelbetrieb unterstützen, die Generatoren nach entsprechenden Kriterien starten und stoppen sowie den eigentlichen Parallelbetrieb behandeln: Wirk- und Blindleistung zwischen den Generatoren aufteilen.



Dabei gelten alle in diesem Dokument genannten Anforderungen für den Betrieb eines Generators am Sunny Island selbstverständlich auch für den parallelen Betrieb mehrerer Generatoren am Sunny Island.

10 Generatoranschluss

Ein Sunny Island wird i. d. R. so installiert, dass die angeschlossenen Verbraucher durch RCD (Fehlerstrom-Schutzschalter) vor indirektem Berühren geschützt werden. Dazu wird der Sternpunkt der Quelle, der Neutralleiter des Inselsystems nahe der Sunny Island Installation mit Erde verbunden, um eine etwaige Fehlerschleife zu schließen.

Wird ein Generator an ein solches System angeschlossen, wird üblicherweise der Sternpunkt des Generators ebenfalls mit Erde verbunden. Dies ist solange unproblematisch, wie der Generatorabgang nicht durch RCD geschützt ist. Diese werden i. d. R. auslösen, wenn der Sunny Island und der Generator verbunden werden (Multicluster-Box).



RCD sollten nur in den Abgängen zu den Verbrauchern angeordnet werden.

11 Besondere Betriebsarten von einem Sunny Island zusammen mit Generatoren

Neben dem normalen Betrieb für einen Sunny Island existieren die speziellen Betriebsarten Notladen und der Manuelle Betrieb.

11.1 Notladen

Bei einer tiefentladenen Batterie kann ein Sunny Island keine Spannung mit voller Amplitude stellen und es ist ggf. keine Synchronisation mit einem bestehenden Netz oder Generator mehr möglich. Mit dem Notladebetrieb (Emergency Charge Mode, ECM) können die Batterien im stromgeregelten Modus laden. Das genaue Vorgehen ist dem Handbuch zum Sunny Island unter Fehlersuche beschrieben.



Bitte den Hinweis zu kleinen Generatoren in Kapitel 8.4 beachten

11.2 Manueller Betrieb

Wird ein Generator manuell direkt am Generator gestartet, erkennt der Sunny Island über die Generatorspannungsmessung dies. Die im Sunny Island integrierte Generatorablaufsteuerung läuft an und sorgt dafür, dass sich der Sunny Island mit dem Generator verbindet und die Batterien aufgeladen werden. Der Sunny Island bleibt solange mit dem Generator verbunden, bis er manuell (am Generator) gestoppt wird. Der Sunny Island erkennt das Stoppen des Generators, trennt die Verbindung und versorgt die Lasten aus der Batterie.

Soll verhindert werden, dass sich der Sunny Island mit dem manuell gestarteten Generator verbindet, ist die Generatorsteuerung über die Bedienung explizit in Stopp zu stellen. Dies kann z. B. sinnvoll sein, wenn der Generator zu Testzwecken mehrfach gestartet und gestoppt werden soll oder nur zur direkten Versorgung einer am Generator angeschlossenen Last verwendet werden soll.

12 Was ist zu tun, wenn der Betrieb von Generator und Sunny Island nicht auf Anhieb klappt

12.1 Was kann ich selbst tun

Selbstverständlich unterstützen wir Sie gerne bei der Problembeseitigung, wenn ein Generator einmal nicht einwandfrei mit einem Sunny Island System zusammenarbeiten sollte. Leider haben wir bereits die Erfahrung machen müssen, dass Generatorhersteller uns gegenüber nicht sehr auskunftsfreudig sind, da wir selber den Generator nicht gekauft haben.

Hier haben Sie als Käufer eine erheblich stärkere Position. Bestehen Sie gegenüber dem Generatorlieferanten darauf, dass dieser Ihnen eine ausführliche Auskunft über alle Einstellmöglichkeiten, insbesondere des AVR, gibt. Nur mit dieser Information sind wir in der Lage, Sie effizient und schnellstmöglich zu unterstützen.

Bei entsprechendem Bedarf kann durch Einstellen des/der Regler ein Verhalten erzielt werden, wie in Kapitel 8.4 beschrieben.

12.2 Wann sollte Rücksprache mit SMA gehalten werden und welche Informationen werden hierzu benötigt

Nehmen Sie Rücksprache mit SMA, wenn obige Maßnahmen der Generatoranpassung nicht gegriffen haben.

Bei Unklarheiten über die Funktionsweise der Regelung bzw. des Generatorbetriebs, nehmen Sie bitte Kontakt mit SMA auf.

Um sinnvoll helfen zu können, benötigen wir üblicherweise mindestens folgende Informationen:

- Anlagenkonfiguration
- Generatorhersteller und -typ
- Generatorregler Hersteller, Typ und Konfiguration
- Angeschlossene Lasten
- Ggf. beobachtetes Verhalten
- Ggf. gemessene und/oder aufgezeichnete Daten