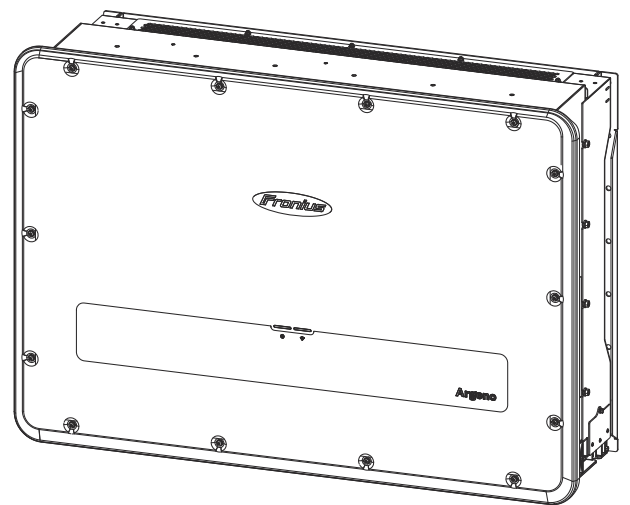


User Information

Fronius Argeno Advanced Settings



DE | Benutzerinformation



42,0426,0586,DE

001-16042025

Inhaltsverzeichnis

Blindleistungsregelung.....	4
Blindleistungsregelung.....	4
Leistungsbetriebsbereich in Abhängigkeit der Netzspannung.....	4
Dynamik und Genauigkeit.....	4
Blindleistungsfunktionen.....	5
Parameter für Blindleistungsregelung.....	9
Wirkleistungsregelung.....	13
Dynamik / Genauigkeit.....	13
Verfahren zur Wirkleistungsregelung.....	13
P-Sollwert.....	13
P-Limit.....	13
Spannungsabhängige Leistungsreduzierung $P(U)$	14
$P(f)$	16
Parameter für $P(f)$	18
Dynamische Netzstützung.....	21
Dynamische Netzstützung (Fault Ride Trough).....	21
Dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit.....	21
Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung.....	22
Parameter für FRT.....	23
Weitere netzunterstützende Funktionen bei Wirkleistung.....	26
Permanente Leistungsgradienten.....	26
Parameter für permanente Leistungsbegrenzung.....	27
Sanftanlauf / Hochlaufbegrenzung.....	27
Leistungsgradient Normalbetrieb.....	28
Erweiterte Inselnetzerkennung.....	29
Erweiterte Inselnetzerkennung.....	29
Methoden zur Inselnetzerkennung.....	29
Q on Demand.....	31
Q on Demand.....	31

Blindleistungsregelung

Blindleistungsregelung

Blindleistung kann in elektrischen Energieversorgungsnetzen zur Spannungsstützung verwendet werden. Einspeisewechselrichter tragen somit zur statischen Spannungshaltung bei. An den induktiven und kapazitiven Komponenten der Betriebsmittel bewirkt Blindleistung einen Spannungsfall, der je nach Vorzeichen die Spannung stützen oder absenken kann. Bezieht die Erzeugungsanlage während der Wirkleistungseinspeisung induktive Blindleistung, kann ein Teil des durch die Wirkleistungseinspeisung verursachten Spannungshubs durch den Bezug von Blindleistung kompensiert werden.

Der Netzbetreiber legt den Blindleistungsbetrieb und das entsprechende Regelverfahren fest. Falls kein Regelverfahren vorgegeben wird, sollte die Anlage mit einer festen Blindleistungsvorgabe von 0% betrieben werden.

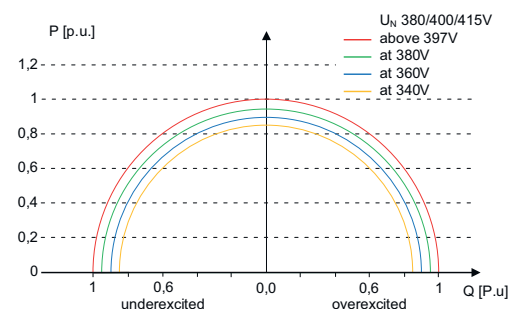
Leistungsbetriebsbereich in Abhängigkeit der Netzspannung

Das Gerät kann im angegebenen dauerhaften Spannungsbereich betrieben werden. Die maximale Scheinleistung bei Unterspannung hängt aufgrund des maximalen Dauerstroms von der Netzspannung ab, wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

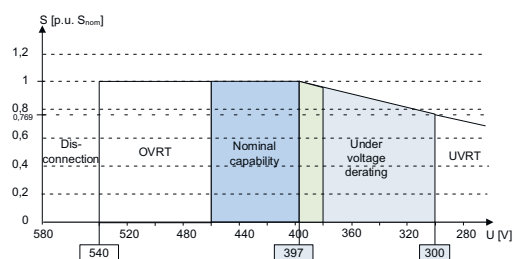
Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Blindleistungs-Betriebsbereich in Abhängigkeit von der Wirkleistung sowie den Scheinleistungsbetriebsbereich in Abhängigkeit von der Netzspannung für verschiedene Geräte.

Maximale dauerhafte Scheinleistung in Abhängigkeit der Netzspannung:

Maximale Scheinleistung [p.u.]	Argeno 125 Spannung mit U_N 380V
1,0	≥ 397
0,95	377
0,90	357
0,85	337



P-Q Betriebsbereich



Scheinleistung abhängig der Netzspannung

Dynamik und Genauigkeit

Bei allen Regelmethoden wird der vorgegebene Sollwert an den Anschlussklemmen des Wechselrichters mit einer stationären Abweichung der Blindleistung von maximal 2% S_N eingeregelt. Diese maximale Abweichung bezieht sich stets auf den Vorgabewert der Blindleistung. Wird in der Regelmethode der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ vorgegeben, bezieht sich die Abweichung auf den sich aus der aktuellen Leistung ergebenden Blindleistungswert.

Das Einschwingverhalten der Regelmethoden wird durch einen PT-1-Filter bestimmt. Die Einschwingzeit beträgt dabei 5 Tau, was dem Erreichen von etwa

99 % des Endwertes bei einem PT-1-Filter entspricht. Je nach ausgewählter Regelmethode gibt es weitere Parameter, die das dynamische Verhalten beeinflussen.

Blindleistungsfunktionen

Folgende Funktionen zur Regelung der Blindleistung sind implementiert:

- Vorgabe $\cos \varphi$
- Vorgabe Q
- $\cos j$ (P)
- Q (P) 10 Stützstellen
- Q (U) 10 Stützstellen

Bei allen Methoden ist standardmäßig die Priorität auf Blindleistung eingestellt, diese kann jedoch deaktiviert werden. Bei Verwendung der Vorgabe Q und des Q(U)-Modus kann die Priorität gewählt werden. Die maximal mögliche Wirkleistung, die eingespeist werden kann, wird bei Erreichen der maximalen Nutzleistung entsprechend dem P-Q-Betriebsbereich reduziert.

Modell	Parameter	Skalierungsfaktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
126.	ModEna	ModEna	RW	0 / 1	Das im Gerät ausgewählte Blindleistungsverfahren kann über SunSpec nur indirekt aktiviert / deaktivieren werden.

Vorgabe $\cos \varphi$

Im $\cos \varphi$ -konstanten Modus wird der angegebene Leistungsfaktor vom Wechselrichter fest eingestellt. Der Blindleistungspegel wird gemäß $Q = P \cdot \tan \varphi$ in Abhängigkeit von der Leistung eingestellt, um den angegebenen Leistungsfaktor kontinuierlich beizubehalten. Bei Änderung des Einstellwerts wird der neue Wert durch einen Filter gedämpft übernommen. Die Einschwingzeit ist parametrierbar und beträgt 1 Sekunde (entspricht 5 Tau, wobei laut SunSpec idealerweise 3 Tau vorgesehen sind) mit dem Einschwingverhalten eines PT-1-Filters mit einer Zeitkonstante von $\tau = 200$ ms. Der angegebene Leistungsfaktor kann im Display oder über Kommunikation mittels RS485-Protokoll und MODBUS/SunSpec konfiguriert werden.

Wenn der geltende Grid-Code erfordert, dass der $\cos \varphi$ um einen definierten Gradienten oder eine definierte Einschwingzeit langsamer als den konfigurierten $\tau=200$ ms auf den Sollwert reagiert, muss dieser Gradient oder diese Einschwingzeit in der Anlagensteuerung implementiert werden

Modell	Parameter	Skalierungsfaktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123.	OutPFSet Vorgabe $\cos\phi$	OutPF-Set_SF	RW	1-0,3 [°]	Leistungsfaktor auf bestimmten Wert einstellen
123.	OutPFSet_Rm-pTms Leistungsgradient steigend & Leistungsgradient fallend		R	1 – 65524 [% Slim / min]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Leistungsfaktor $\cos \varphi$ fest. Der Leistungsfaktor wird mit dem festgelegten Gradienten geändert. Hinweis: Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.

Modell	Parameter	Skalierungs- faktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123.	OutPF- Set_WinTms Einschwingzeit	VARPct_SF	RW	1000 – 120000 [ms]	Einschwingzeit bei einer sprunghaften Änderung des Blindleistungssollwer- tes einstellen (z. B. durch einen Spannungssprung).
123.	OutPFSet_Rvrt- Tms Timeout		RW	0 – 1000 [s]	Legt die Zeit fest, nach der der Wechselrichter, wenn er keine neue Leistungs- faktorvorgabe erhält, auf das zuvor gültige Blindlei- stungsverfahren zurückfällt. Wird das Timeout auf 0 Sekunden eingestellt, wird die gesendete Leistungs- faktorvorgabe dauerhaft erhalten, auch bei Kommu- nikationsausfall. Anmerkung: Bei Geräte- neustart wird das Timeout auf die eingestellt Rück- fallzeit zurückgesetzt.

Vorgabe Q

Im Q-konstanten Modus wird der spezifizierte Blindleistungswert vom Wechselrichter fest eingestellt. Bei Änderung der Vorgabe wird der neue Wert durch einen Filter gedämpft übernommen. Die Einschwingzeit und die Gradientenbegrenzung können über die Web-Oberfläche konfiguriert werden. Die Einschwingzeit beträgt 1 Sekunde und folgt dem Einschwingverhalten eines PT-1-Filters mit einer Zeitkonstante von $\tau = 200$ ms. Die spezifizierte Blindleistung kann im Display oder über Kommunikation mittels RS485-Protokoll und MODBUS/SunSpec konfiguriert werden.

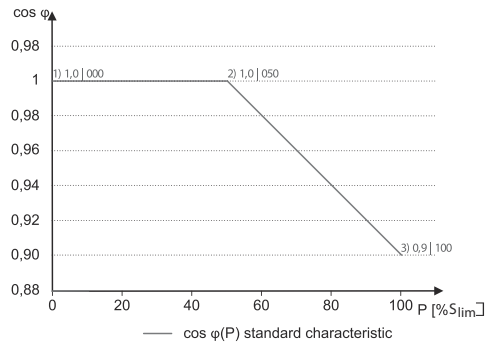
Wenn der geltende Grid-Code eine Blindleistungsreaktion auf den Sollwert mit einem definierten Gradienten oder einer Einschwingzeit verlangt, die langsamer als die konfigurierte Zeitkonstante von $\tau = 200$ ms ist, muss dieser Gradient oder diese Einschwingzeit in der Anlagensteuerung implementiert werden.

Modell	Parameter	Skalierungs- faktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123.	VARWMaxPct Vorgabe Q	VARPct_SF	RW	0-100 [%Pmax]	Sollwert der Blindleistung kann in Abhängigkeit der eingestellten maximalen Wirkleistung eingestellt werden.

Modell	Parameter	Skalierungs- faktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123.	VArPct_RvrtTms Timeout		RW	0 – 1000 [s]	Legt die Zeit fest, nach der der Wechselrichter, wenn er keine neue Blindleistungsvorgabe erhält, auf das zuvor gültige Blindleistungsverfahren zurückfällt. Wird das Timeout auf 0 Sekunden eingestellt, wird die gesendete Blindleistungsvorgabe dauerhaft erhalten, auch bei Kommunikationsausfall. Anmerkung: Bei Geräte-neustart wird das Timeout auf den Standardwert zurückgesetzt.
123.	VArPct_RmpTms Steigender Aus- gangsgradient & Fallender Aus- gangsgradient		R	1 - 65524 [% Slim / min]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Blindleistungswertes fest. Die Blindleistung wird mit dem festgelegten Gradienten geändert. Hinweis: Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
123.	VArPct_RmpTms Einschwingzeit		RW	1000 – 120000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Wirkleistungssollwertes fest. Die Wirkleistung wird entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert. HINWEIS: Die Einschwingzeit wird mit dem steigenden und fallenden Gradienten überlagert.

cos φ (P)

In der Betriebsart cos φ (P) wird der Sollwert von cos φ und der daraus abgeleitete Sollwert der Blindleistung kontinuierlich in Abhängigkeit vom tatsächlichen Leistungsniveau berechnet. Diese Funktion stellt sicher, dass die Blindleistung das Netz unterstützt, wenn aufgrund eines hohen Einspeiseniveaus ein signifikanter Spannungsanstieg zu erwarten ist. Es wird eine Kennlinie vorgegeben, mit der bis zu 10 Stützstellen, also Wertepaare für Wirkleistung und cos φ , konfiguriert werden können. Die Wirkleistung wird in Prozent in Bezug auf die eingestellte maximale Scheinleistung Slim eingegeben. Weitere Parameter ermöglichen es, die Funktionalität einzuschränken und die Aktivierung auf einen bestimmten Spannungsbereich zu begrenzen.

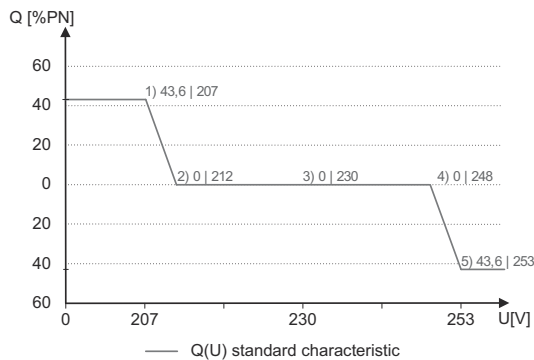


$\cos \varphi(P)$ Standard Kennlinie mit 3 Stützstellen

Q(U) 10 Stützstellen

Im Modus Q(U) wird der Sollwert der Blindleistung kontinuierlich in Abhängigkeit von der Netzspannung berechnet. Diese Funktion stellt sicher, dass die Netzerstützung durch Blindleistung erfolgt, sobald die Spannung tatsächlich von der Zielspannung abweicht. In diesem Fall wird eine Kennlinie vorgegeben, mit der bis zu 10 Stützstellen, bestehend aus Wertepaaren für Spannung und Blindleistung, konfiguriert werden können. Weitere Parameter ermöglichen die Begrenzung der Funktionalität und die Aktivierung auf bestimmte Leistungsstufen sowie die Parametrierung des Einschwingverhaltens.

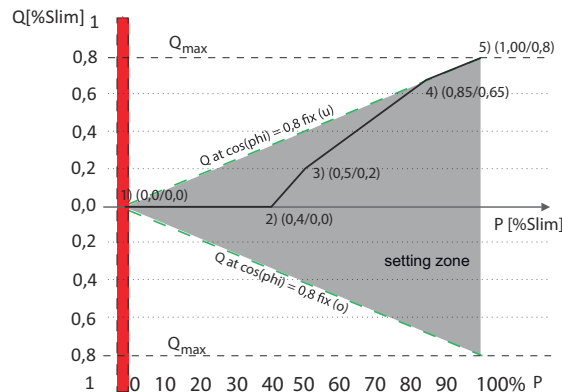
Die Verlagerungsspannung wird zur Berechnung des Blindleistungszielwertes für dreiphasige Einheiten verwendet.



Q(U) Standard Kennlinie mit 5 Stützstellen

Q(P) 10 Stützstellen

Im Modus Q(P) wird der Sollwert der Blindleistung kontinuierlich in Abhängigkeit von der Wirkleistung berechnet. In diesem Modus wird eine Kennlinie vorgegeben, mit der bis zu 10 Stützstellen, bestehend aus Wertepaaren für Leistung und Blindleistung, konfiguriert werden können. Die Funktion ermöglicht die Parametrierung des Einschwingverhaltens. Die Verlagerungsleistung wird zur Berechnung des Blindleistungszielwertes für dreiphasige Einheiten verwendet.



Q(P) Standard Kennlinie mit 5 Stützstellen

**Parameter für
Blindleistungs-
regelung**

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Modus	Vorgabe cos-phi Vorgabe Q Cos- phi(P/ Plim) Q(U) Q(P)	Aktives Verfahren zur Blindleistungsregelung auswählen und im jeweiligen Verfahren die Parameter definieren.
Cos-phi konstant		
Cos-phi konstant	0,3 - 1	Vorgegebener Leistungsfaktor
	übererregt unter- erregt	Blindleistungsbetrieb: Untererregt entspricht einer induktiven Last, übererregt entspricht einer kapazitiven Last.
Leistungsgradient steigend & fallend	1 – 65534 [% S _{lim} /min]	Maximale Änderung der Blindleistung %S _{lim} /min bei Wechsel in übererregten Betrieb. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
Einschwingzeit	1000 – 120000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des cos φ-Sollwertes fest. Bei einer Änderung der Blindleistung wird cos φ entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert.
Q konstant		
Q konstant	0 – 100 [% Slim]	In Prozent der maximalen Blindleistung einstellen.
	übererregt unter- erregt	Blindleistungsbetrieb: Untererregt entspricht einer induktiven Last, übererregt entspricht einer kapazitiven Last.
Steigender & Fallender Ausgangsgradient	1 – 65534 [% S _{lim} /min]	Zusätzlich zur Konfiguration des dynamischen Verhaltens durch die Einschwingzeit entsprechend einem Filter erster Ordnung kann die Blindleistungseinstellung durch einen maximalen Gradienten, d. h. die maximale Änderung der Blindleistung pro Zeit, eingestellt werden.
	steigend fallend	Maximale Änderung der Blindleistung %Slim/min bei Wechsel in übererregten Betrieb. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
Einschwingzeit	1000 – 120000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Q-Sollwertes fest. Bei einer Änderung der Blindleistung oder bei Lock-in oder Lock-out wird Q entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert.
Cos-phi(P)		
Lock-In-Spannung	10 – 126.6 [% Unom]	Die Regelung wird oberhalb dieser Spannung aktiviert.
Lock-Out-Spannung	10 – 126.6 [% Unom]	Die Regelung wird unterhalb dieser Spannung deaktiviert.
Leistungsgradient steigend & fallend	1 – 65534 [% S _{lim} / min]	Maximale Änderung der Blindleistung %S _{lim} /min bei Wechsel in übererregten Betrieb. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Einschwingzeit	1000 – 120000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des $\cos \varphi$ -Sollwertes fest. Bei einer Änderung der Wirkleistung oder bei Lock-in oder Lock-out wird $\cos \varphi$ entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert.
Anzahl Stützstellen	2 - 10	Anzahl der Stützstellen für die $\cos \varphi$ / (p/pn)-Kennlinie festlegen.
1. Stützstelle ... 10. Stützstelle	0V – Max. Spannung Dauerbetrieb	Leistung der Stützstelle als Prozent der Maximalleistung. Für die 1. Stützstelle muss die Leistung 0 % betragen, für die letzte Stützstelle 100 %. Die Leistungswerte der Stützstellen müssen kontinuierlich ansteigen.
	1 – 0,3	Blindleistung der Stützstelle als Prozent der Maximalleistung.
	übererregt untererregt	Blindleistungsbetrieb: Untererregt entspricht einer induktiven Last, übererregt entspricht einer kapazitiven Last.
Q(P) 10 Stützstellen		
Leistungsgradient steigend & fallend	1 – 65534 [% S_{lim} /min]	Die Änderungsrate des Ausgangs, wird bei einer Erhöhung der Ausgangsleistung durch den konfigurierten Wert begrenzt. Die Änderungsrate des Ausgangs, wird bei einer Abnahme der Ausgangsleistung auf den konfigurierten Wert begrenzt. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
Einschwingzeit	200 – 60000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Q-Sollwertes an. Bei einer Wirkleistungsänderung wird der Q-Sollwert gemäß einer PT-1- Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert.
Anzahl Stützstellen	2 - 10	Anzahl der Stützstellen für die Q(P)-Kennlinie festlegen.
1. Stützstelle ... 10. Stützstelle	0V – Max. Spannung Dauerbetrieb	Leistung der Stützstelle als Prozent der Maximalleistung. Für die 1. Stützstelle muss die Leistung 0 % betragen, für die letzte Stützstelle 100 %. Die Leistungswerte der Stützstellen müssen kontinuierlich ansteigen.
	1 – 0,3	Blindleistung der Stützstelle als Prozent der Maximalleistung.
	übererregt untererregt	Blindleistungsbetrieb: Untererregt entspricht einer induktiven Last, übererregt entspricht einer kapazitiven Last.
Q(U) 10 Stützstellen		
Lock-In-Leistung	0 – 100 [% S_{lim}]	Wirkleistungsschwelle, bei deren Überschreiten die Funktion aktiviert wird.
Lock-Out-Leistung	0 – 100 [% S_n]	Wirkleistungsschwelle, bei deren Unterschreiten die Funktion aktiviert wird.
Lock-In Zeit	0 – 60000 [ms]	Dauer, für die die Wirkleistung unterhalb der Lock-in-Leistung sein muss, bevor die Regelung deaktiviert wird.

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Lock-Out Zeit	0 – 60000 [ms]	Dauer, für die die Wirkleistung unterhalb der Lock-out-Leistung sein muss, bevor die Regelung deaktiviert wird.
Totzeit	0-10000 [ms]	Wechselt bei aktiver Regelung die Spannung von einem Kennlinien-Abschnitt mit $Q=0$ in einen Kennlinienabschnitt mit $Q \neq 0$, so wird die Einstellung der Blindleistung um die eingestellte Totzeit verzögert. Nach Ablauf der Totzeit ist der Regelkreis wieder unverzögert, die eingestellte Einschwingzeit bestimmt das Einschwingverhalten.
Steigender & Fallender Ausgangsgradient	1 – 65534 [% S_{lim}/min] steigend fallend	Zusätzlich zur Konfiguration des dynamischen Verhaltens durch die Einschwingzeit entsprechend einem Filter erster Ordnung kann die Blindleistungseinstellung durch einen maximalen Gradienten, d. h. die maximale Änderung der Blindleistung pro Zeit, eingestellt werden. Maximale Änderung der Blindleistung % S_{lim}/min bei Wechsel in übererregten Betrieb. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
Einschwingzeit	1000 – 120000 [ms]	Einschwingzeit bei einer sprunghaften Änderung des Blindleistungssollwertes (z. B. durch einen Spannungssprung). Das Einschwingverhalten entspricht einem Filter erster Ordnung (PT-1) mit Einschwingzeit = 5 Tau. Die Einschwingzeit wird mit dem steigenden und fallenden Gradienten überlagert.
Min. Cos-Phi Q1 - Min. Cos-Phi Q4	0 – 1	Um bei großer Spannungsabweichung eine übermäßige Blindleistungseinspeisung und damit deutliche Reduktion der maximal einspeisbaren Wirkleistung zu verhindern, kann der maximale Blindleistungsstellbereich durch einen minimalen $\cos \varphi$ -Faktor eingeschränkt werden
Q1		Minimaler $\cos \varphi$ im übererregten Betriebsmodus (Einspeisung).
Q4		Minimaler $\cos \varphi$ im untererregten Betriebsmodus (Einspeisung).
Q2		Minimaler $\cos \varphi$ im übererregten Betriebsmodus (Ladung).
Q3		Minimaler $\cos \varphi$ im untererregten Betriebsmodus (Ladung).
Spannungstotband	0 – 5 [% U_{ref}]	Die Regelung wird oberhalb dieser Spannung aktiviert.
Q(U) Offset (temporär) U offset Q offset	-100 -100 [% S_{lim}] -100 -100 [% S_{lim}]	Wirkleistungsschwelle, bei deren Überschreiten die Funktion aktiviert wird.
Q minimum	0 – 100 [% S_{lim}] untererregt übererregt	Blindleistung Q auf einen minimalen Wert einstellen. Art der Phasenverschiebung auswählen. Untererregt entspricht einer induktiven Last, Übererregt einer kapazitiven Last.

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Q maximum	0 – 100 [% Slim] untererregt übererregt	Blindleistung Q auf einen maximalen Wert einstellen. Art der Phasenverschiebung auswählen. Untererregt entspricht einer induktiven Last, Übererregt einer kapazitiven Last.
US, UD: Autonome Anpassung Vref		Die autonomen Anpassung der Referenzspannung ermöglicht eine dynamische Blindleistungsfunktion. Dadurch wird die Referenzspannung der Q(U) Kennlinie dynamisch über ein PT1 Filter an die Netzspannung angeglichen.
US, UD: Zeitkonstante Einstellung Vref	300 – 5000 [s]	Die Zeitkonstante definiert die Regelgeschwindigkeit in der die Referenzspannung der Q(U) Kennlinie an die Netzspannung angeglichen wird.
Prioritäts Modus	Q-Priorität P-Priorität	Alternativ zur Standardeinstellung Q-Priorität kann P-Priorität ausgewählt werden. Bei P-Priorität wird der Blindleistungsstellbereich abhängig von der Scheinleistungsbegrenzung des Wechselrichters und der aktuell verfügbaren eingespeisten Wirkleistung eingeschränkt.
Aktive Kurve	1 – 4 / Kurve 1 TMP / Kurve 2 / Kurve 3 / Kurve 4	Bis zu vier Kennlinien können unabhängig konfiguriert und jeweils eine davor für die Regelung aktiviert werden.
Anzahl Stützstellen	2 – 10	Anzahl der Stützstellen für die Q(U)-Kennlinie festlegen.
1. Stützstelle ... 10. Stützstelle	Leistung Spannung Erregung 0 – 100 [% S _{lim}]	Leistung der Stützstelle als Prozent der Maximalleistung. Für die 1. Stützstelle muss die Leistung 0 % betragen, für die letzte Stützstelle 100 %. Die Leistungswerte der Stützstellen müssen kontinuierlich ansteigen.
	Leistung Spannung Erregung 0 – 125 [% S _{lim}]	Spannung der Stützstelle in Volt. Die Spannungswerte der Stützstellen müssen kontinuierlich ansteigen. Bei Spannungen unterhalb der 1. Stützstelle und Spannungen oberhalb der letzten Stützstelle wird jeweils der Blindleistungswert der 1. bzw. letzten Stützstelle verwendet.
	Leistung Spannung Erregung übererregt untererregt	Blindleistungsbetrieb: Untererregt entspricht einer induktiven Last, übererregt entspricht einer kapazitiven Last.

Wirkleistungsregelung

Dynamik / Genauigkeit

Bei allen im Folgenden beschriebenen Regelmethode wird der vorgegebene Sollwert an den Anschlussklemmen des Wechselrichters mit einer stationären Abweichung der Wirkleistung von maximal 2 % S_N eingeregelt.

Das Einschwingverhalten der Regelmethode wird durch einen PT-1-Filter bestimmt. Die Einschwingzeit entspricht dabei 5 Tau, also dem Erreichen von ca. 99 % des Endwertes bei einem PT-1-Filter. Je nach ausgewählter Regelmethode gibt es noch weitere Parameter, die das dynamische Verhalten festlegen.

Verfahren zur Wirkleistungsregelung

Verfahren zur Regelung der Wirkleistung von Einspeisewechselrichtern können zum lokalen Management der Lastflüsse, zur Spannungshaltung im Verteilnetz und zur Sicherung der Stabilität des Verbundnetzes notwendig sein.

Im Gerät sind folgende Funktionen zur Regelung der Wirkleistung implementiert. Diese werden im Folgenden beschrieben:

- P-Sollwert (MPPT(Kommunikation))
- P-Limit (Kommunikation)
- P(U) (Kennlinie)
- P(f) (Kennlinie)

P-Sollwert

Die Funktion „P-Sollwert“ ist bei allen PV-Wechselrichtern in das MPP-Tracking des Wechselrichters integriert. Der P-Sollwert wird basierend auf dem MPP-Tracking-Algorithmus laufend neu berechnet.

Hierzu entspricht auch das Model 704 (DER AC Controls) die aktuelle Marktvorgabe.

P-Limit

Zur Begrenzung der maximalen Einspeiseleistung ist die Funktion „P-Limit“ verfügbar. Damit kann bei Bedarf die maximal mögliche Einspeisung eines Wechselrichters reduziert werden, beispielsweise zur Engpassmanagement des Verteilnetzbetreibers.

P-Limit ist nur über das MODBUS/SunSpec-Wechselrichtermodell 123 Immediate Inverter Controls und per RS485- Kommunikation verfügbar.

Bei Empfang eines Sollwertes für P-Limit wird die Ausgangsleistung des Wechselrichters auf den vorgegebenen Leistungswert begrenzt. Bei Änderung des Grenzwertes wird der neue Wert durch einen Filter und eine Gradientenbegrenzung übernommen. Die Momentanleistung kann unterhalb des festgelegten Grenzwertes liegen, da die verfügbare Leistung (PV) und der Leistungssollwert (Speicher) unterhalb des festgelegten Grenzwert liegen kann. Abhängig von der Wechselrichterserie sind die Einschwingzeit und Gradientenbegrenzung einstellbar.

Modell	Parameter	Skalierungsfaktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123	WMaxLimPct Leistungsbegrenzung	WMaxLimPct_SF	RW	0 – 100 [%]	Leistungsbegrenzung auf einen bestimmten % Wert einstellen.

Modell	Parameter	Skalierungs- faktor	R/R W	Bereich	Beschreibung
123	WMaxLimPct_Rvr tTms Timeout		RW	0 – 1000 [s]	Legt die Zeit fest, nach der der Wechselrichter, wenn er keine neue Leistungsbegrenzung erhält, diese aufhebt. Wird der Timeout auf 0 Sekunden eingestellt, wird die gesendete Leistungs- begrenzung dauerhaft erhalten, auch bei Kommunikationsausfall. Anmerkung: bei Geräte- neustart wird der Timeout auf den Standardwert zurückgesetzt.
123	WMaxLimPct_Rm pTms Steigender Ausgangsgradient		RW	1 – 65534 [% S _{lim} / min]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Wirkleistungssollwertes fest. Die Wirkleistung wird mit dem festgelegten Gradienten geändert. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.

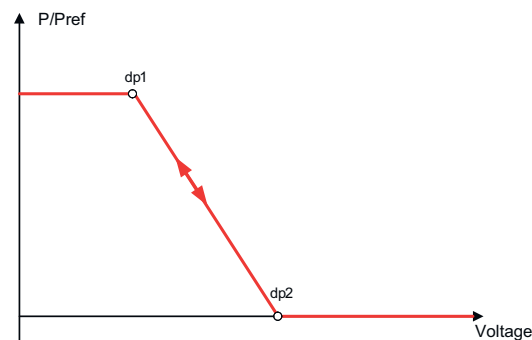
Wenn die geltende Netzanschlussrichtlinie ein Einregeln der Wirkleistung auf den Sollwert mit einem definierten Gradienten oder einer definierten Einschwingzeit fordert, kann das Gerät so konfiguriert werden, dass dieser Gradient eingehalten wird. Darüber hinaus kann der Gradient auch in der Anlagenregelung implementiert werden. Diese zweite Lösung ist für alle anderen Wechselrichter anzuwenden.

Spannungs- abhängige Leistungsreduzierung P(U)

Wenn im vorgelagerten Verteilnetz die Spannung zu stark ansteigt und nicht genug Blindleistung aufgenommen werden kann, muss eventuell die Wirkleistung reduziert werden. Um das Netz optimal zu nutzen, gibt es die P(U)-Regelung. Die P(U)-Regelung reduziert die eingespeiste Wirkleistung als Funktion der Netzspannung auf Grundlage einer vorgegebenen Kennlinie. Die P(U)-Regelung ist als absolute Leistungsgrenze implementiert. Die tatsächliche Leistung des Wechselrichters kann unterhalb dieser Grenze aufgrund einer möglichen Schwankung der verfügbaren Leistung oder des Sollwertes frei variieren, steigt jedoch nie über die absolute Leistungsgrenze an.

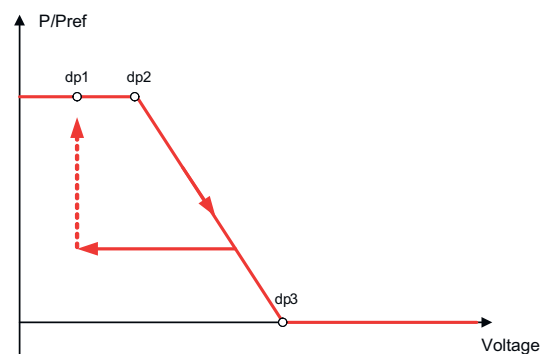
Konfigurationsbeispiele:

- **Ohne Hysterese:** Die Funktion wird aktiviert, wenn die Spannung den Wert von Datenpunkt 1 (dp1) überschreitet. Die Leistungsgrenze folgt einer geraden Linie zwischen dp1 und dp2. Fällt die Spannung unter dp1, wird die Funktion deaktiviert.



Beispiel-Kennlinie ohne Hysterese

- **Mit Hysterese:** Die Funktion wird aktiviert, wenn die Spannung den Wert von Datenpunkt 2 (dp2) überschreitet. In diesem Fall bleibt die Leistungsgrenze bei 100 %, wenn die Spannung dp1 überschreitet. Die Leistungsgrenze folgt einer geraden Linie zwischen dp2 und dp3. Wegen der aktivierten Hysterese wird die Leistungsgrenze bei fallender Spannung nicht erhöht. Die Funktion wird deaktiviert, sobald die Spannung unter dp1 fällt.



Beispiel-Kennlinie mit Hysterese und einer Deaktivierungsschwelle unterhalb der Aktivierungsschwelle

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Betriebsmodus	Aus Ein	Regelverfahren aktivieren. Aus: Deaktiviert die dynamische Netzstützung durch dynamischen Blindstrom. Die dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit bleibt aktiv.
Referenzleistung	Momentanleistung Nennleistung	Legt die Leistungsreferenz für die Kennlinie fest. 100 % entsprechen dabei der Nennleistung oder der tatsächlichen Leistung zum Zeitpunkt der Aktivierung der Funktion, dem Zeitpunkt, als die Spannung die konfigurierte Stützstelle passiert.
Bewertete Spannung	Maximale Phasenspannung Mitsystemspannung	Zu bewertende Spannung auswählen. Legt fest, welche Spannung in einem Dreiphasensystem evaluiert wird.
Hysteresenmodus	Aus Ein	Aus: Im Nicht-Hysteresenmodus wird die Wirkleistung bei fallender Spannung sofort erhöht. Ein: Im Hysteresenmodus wird die Leistung bei fallender Spannung nicht erhöht.

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Deaktivierungsgradient	0 – 65534 [% / min]	Wenn die verfügbare Leistung über der tatsächlichen Leistung zum Zeitpunkt der Deaktivierung liegt, wird die Leistungserhöhung zurück auf die maximale Leistung beschränkt. Die Beschränkung wird durch eine absolute Leistungsgrenze implementiert, die sich mit einem kontinuierlichen Gradienten bis zur maximalen Leistung erhöht. Die tatsächliche Leistung des Wechselrichters kann unterhalb dieser Grenze aufgrund einer möglichen Schwankung der verfügbaren Leistung oder des Sollwertes frei variieren, steigt jedoch nie über die absolute Leistungsgrenze an.
Deaktivierungszeit	0 – 60000000 [ms]	Wird nur bei aktiviertem Hysteresenmodus evaluiert: Beobachtungszeit, für die die Spannung unter der niedrigsten konfigurierten Stützstelle bleiben muss, bevor die Funktion deaktiviert wird.
Steigender & Fallender Ausgangsgradient	1 – 65534 [% / min]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung der Wirkleistung für Leistungsanstieg fest. Bei einer Spannungsänderung wird die Wirkleistung mit dem festgelegten Gradienten geändert. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert. Legt das dynamische Verhalten bei Änderung der Wirkleistung für Leistungsabfall fest. Bei einer Spannungsänderung wird die Wirkleistung mit dem festgelegten Gradienten geändert. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
Einschwingzeit	1000 – 120000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung des Wirkleistungssollwertes fest. Bei einer Spannungsänderung wird die Wirkleistung entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert. Die Einschwingzeit wird mit dem steigenden und fallenden Gradienten überlagert.
Aktive Kurve	1 - 5	Aktive Kurve auswählen. Bis zu 5 Kennlinien können unabhängig konfiguriert und jeweils eine davon für die Regelung aktiviert werden.
Anzahl Stützstellen	2 - 5	Bis zu fünf Stützstellen konfigurierbar. Der Leistungswert des ersten und letzten Wertepaars wird auch als maximaler oder minimaler Wirkleistungswert verwendet, der über die Grenzen der Kennlinie hinaus gültig ist.
Leistung	0,0 – 100,0 [% P _{ref}]	
Spannung	80,0 – 126,0 [% U _{nom}]	

P(f)

Einregelung der Wirkleistung P(f) bei Überfrequenz

Einspeisewechselrichter müssen sich an der Frequenzhaltung im Verbundnetz beteiligen. Verlässt die Netzfrequenz das normale Toleranzband (z. B. ± 200 mHz), so liegt ein kritischer Netzzustand vor. Bei Überfrequenz handelt es sich um einen Erzeugungsüberschuss, bei Unterfrequenz um einen Erzeugungsman-
gel. PV-Anlagen müssen ihre Einspeisewirkleistung relativ zur Frequenzabwei-

chung anpassen. Bei Überfrequenz wird die Leistungsanpassung durch eine maximale Einspeisegrenze festgelegt. Die tatsächliche Leistung des Wechselrichters kann unterhalb dieser Grenze aufgrund einer möglichen Schwankung der verfügbaren Leistung oder des Sollwerts frei variieren, steigt jedoch nie über die absolute Leistungsgrenze an.

$$P_{max-limit} = P_M + \Delta P$$

Gleichung 1

$$\Delta P = g \cdot P_{ref} \cdot (f_1 - f)$$

Gleichung 2

Gleichung 1 definiert die maximale Grenze mit ΔP entsprechend Gleichung 2, P_M die Momentanleistung zum Zeitpunkt der Aktivierung und P_{ref} die Referenzleistung. P_{ref} ist definiert als P_M , die Momentanleistung zum Zeitpunkt der Aktivierung. f ist die Momentanfrequenz und f_1 ist die festgelegte Aktivierungsschwelle.

$$\Delta P = \frac{1}{s} \times \frac{(f_1 - f)}{f_n} \times Pref$$

Gleichung 3

$$g = \frac{1}{s \cdot f_n}$$

Gleichung 4

In manchen Normen wird die Leistungsanpassung nicht durch einen Gradienten (g), sondern durch einen Abfall (s) festgelegt, wie in Gleichung 3 angegeben. Der Abfall s kann gemäß Gleichung 4 in einen Gradienten g umgewandelt werden. Während eines Überfrequenzereignisses liegt die Frequenz f oberhalb der Aktivierungsschwelle f_1 . Folglich ist der Ausdruck $(f_1 - f)$ negativ und ΔP entspricht einer Reduktion der Einspeiseleistung.

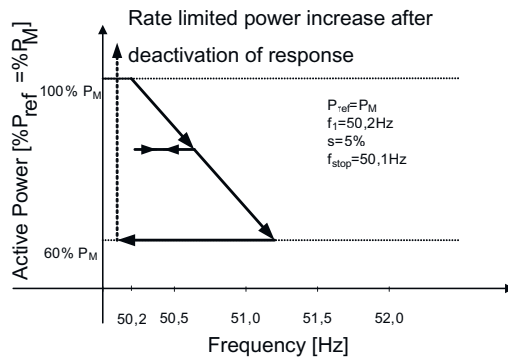
Die Messgenauigkeit der Frequenz ist dabei besser als 10 mHz.

Die genaue Betriebsweise der Funktion wird vom Netzbetreiber oder von den einschlägigen Normen oder Netzanschlussrichtlinien vorgegeben. Die Konfigurierbarkeit der Funktion erlaubt es, verschiedensten Normen und Richtlinien gerecht zu werden. In manchen Ländereinstellungen sind bestimmte Konfigurationsoptionen nicht verfügbar, da die einschlägigen Normen oder Netzanschlussrichtlinien eine Einstellbarkeit verbieten.

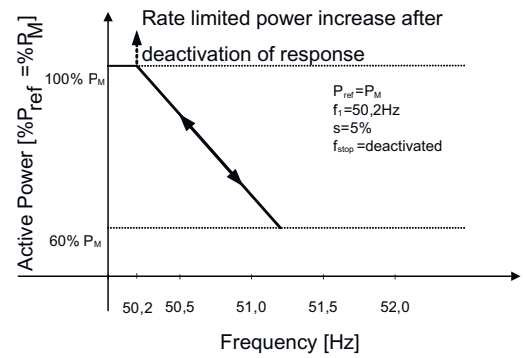
Einregelung der Wirkleistung $P(f)$ bei Unterfrequenz

Einige Netzanschlussrichtlinien erfordern zudem ein Einregeln der Wirkleistung $P(f)$ bei Unterfrequenz. Da PV-Anlagen typischerweise im Maximum Power Point betrieben werden, steht keine Leistungsreserve zur Erhöhung der Leistung bei Unterfrequenz zur Verfügung.

Bei einer Abregelung der Anlage aufgrund der Marktregelung ist jedoch eine Erhöhung der Wirkleistung bis zur verfügbaren Leistung möglich. Da der Wechselrichter nicht in der Lage ist, Sollwerte für Vorgabe P zwischen dem obligatorischen Engpassmanagement des Netzbetreibers und der Marktregelung zu unterscheiden, muss dies in der standortspezifischen Infrastruktur der Anlagenregelung implementiert werden.



Beispielverhalten mit Hysterese



Beispielverhalten ohne Hysterese

Parameter für P(f)

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
P(f) Betriebsmodus	Aus Modus 1 Modus 2 Modus 3	Funktion aktivieren oder deaktivieren. Modus 1: Mit Hysterese aktiviert - Limit Modus 2: Ohne Hysterese aktiviert – Limit Im Modus 1 & 2 wird die Leistung unterhalb oder oberhalb (je nach Über- oder Unterfrequenz) der Kennlinie über einen Pset Befehl angepasst. Plim kann auch bei aktiver P(f) Kennlinie die Leistung limitieren. Modus 3: Ohne Hysterese aktiviert – Set Im Modus 3 wird die Vorfehlerleistung eingespeichert und die Leistung bewegt sich auf dieser Kennlinie.
Modus dynamischer Gradient	Ein Aus	Dynamischer Gradient aktivieren. Gradient „Einspeisen/Laden bei Über-/Unterfrequenz“ wird nicht angezeigt.
Maximale dynamische Gradientenfrequenz	50,22 – 70,5 [Hz]	Dynamischer Gradient maximale Frequenz: Wenn der dynamische Gradientenmodus aktiviert ist, wird der Gradient berechnet, um eine lineare Leistungsanpassung zu garantieren und die maximale Ladeleistung zu erreichen, wenn die Frequenz auf die konfigurierte maximale Frequenz ansteigt. Dynamischer Gradient minimale Frequenz: Wenn der dynamische Gradientenmodus aktiviert ist, wird der Gradient berechnet, um eine lineare Leistungsanpassung zu garantieren und die maximale Einspeiseleistung zu erreichen, wenn die Frequenz auf die konfigurierte minimale Frequenz fällt.
Minimale dynamische Gradientenfrequenz	45 – 50 [Hz]	

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Aktivierungsschwelle bei Unterfrequenz	40 – 50 [Hz]	Aktivierungsschwelle (f1) Unterfrequenz: Legt die Frequenzschwelle zur Aktivierung der Funktion bei Unterfrequenzereignissen fest. Die Wirkleistungsanpassung wird aktiviert, wenn die Frequenz unter den konfigurierten Wert fällt und Modus 1 oder 2 aktiviert ist. In Modus 2 wird die Funktion deaktiviert, wenn die Frequenz über den konfigurierten Wert ansteigt. Aktivierungsschwelle (f1) Überfrequenz: Legt die Frequenzschwelle zur Aktivierung der Funktion bei Überfrequenzereignissen fest. Die Wirkleistungsanpassung wird aktiviert, wenn die Frequenz über den konfigurierten Wert ansteigt und Modus 1 oder 2 aktiviert ist. In Modus 2 wird die Funktion deaktiviert, wenn die Frequenz unter den konfigurierten Wert fällt.
Aktivierungsschwelle bei Überfrequenz	50 – 60 [Hz]	
Deaktiv. Bereich untere Grenze	40 – 50 [Hz]	Wird nur in Modus 1 evaluiert. Die Funktion wird deaktiviert, wenn die Frequenz in den Deaktivierungsbereich zurückkehrt und für die Dauer der Deaktivierungszeit in diesem Bereich bleibt.
Deaktiv. Bereich obere Grenze	50 – 60 [Hz]	
P(f) Deaktivierungszeit	0 – 6000000 [ms]	Wird nur in Modus 1 evaluiert. Die Funktion wird deaktiviert, wenn die Frequenz in den Bereich zwischen der minimalen und maximalen Deaktivierungsschwelle zurückkehrt und für die Dauer der Deaktivierungszeit in diesem Bereich bleibt.
Deakt. Begrenzungszeit nach Fehler	0 – 1000 [s]	Wird nur in Modus 2&3 evaluiert. Nach Fehlerende wird für die festgelegte Zeit die Wirkleistungsänderung auf den eingestellten Gradienten begrenzt.
Steigender & Fallender Deaktivierungsgrad. nach Fehler	0 – 65534 [% / min]	Legt das dynamischen Verhalten bei Änderung der Wirkleistung für den Leistungsanstieg und Leistungsabfall fest. Für die eingestellte Dauer wird jegliche Wirkleistungsänderung auf den eingestellten Wert limitiert.
P(f) Absichtliche Verzögerung	0 – 5000 [ms]	Die Aktivierung der Funktion basierend auf der Aktivierungsschwelle wird um die konfigurierte Zeit verzögert. Diese Funktion gilt als kritisch für die Stabilität des Übertragungsnetzes und wird daher von mehreren nationalen Netzanschlussrichtlinien verboten. Diese Funktion wird von einigen nationalen Netzanschlussrichtlinien gefordert, um negative Auswirkungen auf die Inselnetzerkennung zu vermeiden, P(f) hat jedoch keine negative Auswirkung auf die erweiterte Inselnetzerkennung.

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
P(f) Einschwingzeit	200 – 2000 [ms]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung der Wirkleistungsgrenze fest. Bei einer Frequenzänderung wird die Wirkleistung entsprechend einer PT-1-Kennlinie mit einer Einschwingzeit von 5 Tau geändert. Die Einschwingzeit wird mit dem steigenden und fallenden Gradienten überlagert.
Steigender & Fallender Ausgangsgradient	0 – 65534 [% / min]	Legt das dynamische Verhalten bei Änderung der Wirkleistung für Leistungsanstieg und -abfall fest. Bei einer Spannungsänderung wird die Wirkleistung mit dem festgelegten Gradienten geändert. Der Gradient wird mit der Einschwingzeit überlagert.
P(f) Deaktivierungsgradient	0 – 65534 [%S _{max} /min]	Wenn die verfügbare Leistung über der tatsächlichen Leistung zum Zeitpunkt der Deaktivierung liegt, wird die Leistungserhöhung zurück auf die maximale Leistung beschränkt. Die Beschränkung wird durch eine absolute Leistungsgrenze implementiert, die sich mit einem kontinuierlichen Gradienten bis zur maximalen Leistung erhöht. Die tatsächliche Leistung des Wechselrichters kann unterhalb dieser Grenze aufgrund einer möglichen Schwankung der verfügbaren Leistung oder des Leistungssollwerts frei variieren, steigt jedoch nie über die absolute Leistungsgrenze an.

Dynamische Netzstützung

Dynamische Netzstützung (Fault Ride Trough)

Die Störfestigkeit von Erzeugungsanlagen gegen Spannungseinbrüche und Spannungsspitzen im Versorgungssystem ist für eine zuverlässige Energieversorgung von großer Bedeutung. Durch die Störfestigkeit wird sichergestellt, dass kurzzeitige Störsereignisse nicht zu einem Wegfall relevanter Erzeugungsleistung in einem größeren Bereich des Verbundnetzes führen. Durch die Netzstützung durch schnelle Fehlerstromspeisung wird zusätzlich die räumliche Ausdehnung des Ereignisses verringert.

Das Gerät erfüllt die Eigenschaft hinsichtlich der dynamischen Netzstützung durch Störfestigkeit. Relevant ist die Fähigkeit, am Netz zu bleiben. Ob das Gerät vom Netz abschaltet oder nicht, hängt darüber hinaus auch von den Schutzeinstellungen ab. Schutzeinstellungen dominieren über die Fähigkeit der Störfestigkeit.

Dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit

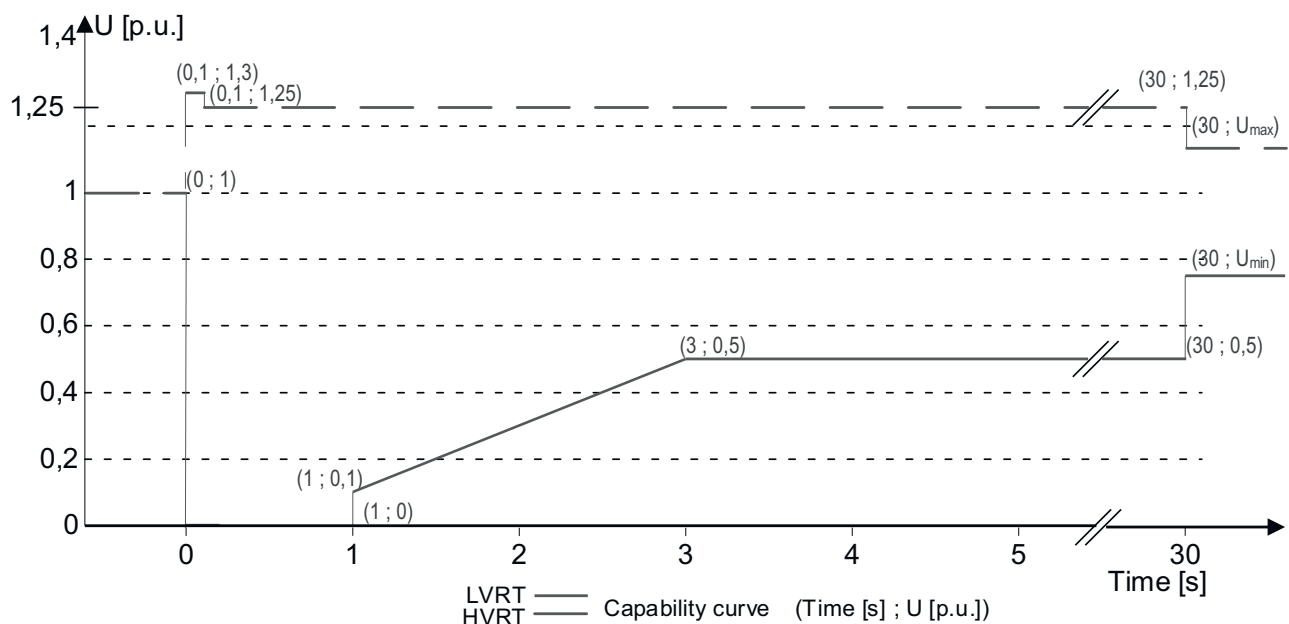
Störfestigkeit gegen Unterspannung

Spannungseinbrüche oberhalb der Grenzkurve (siehe nachfolgende Abbildung) können ohne Abschaltung vom Netz durchfahren werden. Die Einspeiseleistung wird dabei innerhalb der Grenzen des maximalen Dauerstroms des Wechselrichters konstant beibehalten.

Wenn eine Leistungsreduzierung erfolgt, wird die Leistung innerhalb von 100 ms nach Spannungswiederkehr wieder auf Vorfederleistung gesteigert.

Die Wechselrichter können Spannungsschwankungen durchfahren, sofern der Spannungspegel nicht länger als 100 s über dem Dauerbetriebsspannungsbereich bleibt und nicht über den kurzfristigen maximalen Betriebsspannungsbereich (bis 100 s) hinaus ansteigt. Die für jeden Wechselrichter spezifischen Werte finden Sie hier.

Der im Wechselrichter integrierte Schnittstellenschutz (Spannung, Frequenz, Anti-Islanding) ist in einem Bereich konfigurierbar, der das obige Verhalten zulässt. Wenn jedoch die Einstellung des Schnittstellenschutzes die Spannungs-Zeit-Kennlinie begrenzt, löst der Schnittstellenschutz aus und unterbricht die Durchfahrt wie konfiguriert.



Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung

Bei Aktivierung der dynamischen Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung wird zusätzlich zu den oben beschriebenen Eigenschaften der Störfestigkeit gegen Einbrüche und Spitzen Fehlerstrom eingespeist. Der Wechselrichter passt bei Auftreten eines Einbruches oder einer Spitze sofort seine Stromeinspeisung an, um die Netzspannung zu stützen. Die Stützung erfolgt bei einem Spannungseinbruch mit übererregtem Blindstrom (entsprechend einer kapazitiven Last), bei einer Spannungsspitze mit untererregtem Blindstrom (entsprechend einer induktiven Last). Im Blindstrom-Prioritätsmodus wird der Wirkstrom soweit reduziert, wie zur Einhaltung der Grenzen des maximalen Dauerstroms des Wechselrichters notwendig ist.

Ein Einbruch oder eine Spitze wird erkannt, wenn entweder der eingestellte normale Betriebsspannungsbereich durch mindestens eine Phase-Phase- oder Phase-Neutral-Spannung überschritten wird oder wenn ein Spannungssprung der Mit- oder Gegensystemkomponente auftritt, der größer als das eingestellte Totband ist. Die Höhe des Spannungssprungs des Mit- und Gegensystems entspricht der Differenz zwischen der Vorfehlerspannung und der Ist-Spannung basierend auf der Referenzspannung. Die Vorfehlerspannung wird als Mittelwert über 50 Perioden berechnet.

$$\Delta u = \frac{U - U_{50per}}{U_{ref}}$$

Formel 1

Die Anpassung des Blindstroms erfolgt mit einer Anschlagzeit von <20 ms und einer Einschwingzeit von <60 ms nach Eintritt des Ereignisses. Mit der gleichen Dynamik wird während des Ereignisses auf Spannungsänderungen oder bei Ereignisende auf die Spannungswiederkehr reagiert.

Der eingespeiste dynamische Blindstrom berechnet sich für das Mit- und Gegensystem gemäß folgender Formel:

$$I_b = \Delta u \cdot k \cdot I_N$$

Formel 2 abhängig von Nennstrom I_N des Wechselrichters

Δu berechnet sich für Mit- und Gegensystem jeweils aus der Differenz der Vorfehlerspannung und der aktuellen Spannung bezogen auf die Referenzspannung. Die Vorfehlerspannung wird als 1-Min.-Mittelwert berechnet.

$$\Delta u = \frac{U - U_{1min}}{U_{ref}}$$

Formel 3

Die Definition eines Spannungssprungs in Vornorm EN 50549-2 sowie in VDE-AR-N 4120 und VDE-AR-N 4110 hat zur Folge, dass in der Regel bei Ereignissen, Fehlerklärung und Rückkehr der Spannung in den fehlerfreien Zustand erneut ein Spannungssprung erkannt wird. Dies führt dazu, dass in einem aktiven Betriebsmodus die dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung auch nach Ereignisende aktiv bleibt und Blindstrom nach Formel (2) und (3) eingespeist wird. Die dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung wird dann nach der konfigurierten minimalen Support-Zeit, in der Regel 5 s, deaktiviert.

Bei Überschreiten der Nullstromschwelle stellt der Wechselrichter die Stromeinspeisung ein. Wenn der Wechselrichter vor dem Fehler Blindleistung einspeist, wird die Blindleistung nach dem Ende des Fehlers mit der im aktivierten Blindleistungsregelungsmodus eingestellten Einschwingzeit auf den Wert vor dem Fehler Q zurückgesetzt.

$$I_b = (\Delta u_1 - t_b) \cdot k \cdot I_N$$

Formel 4

Parameter für FRT

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
FRT (Fault Ride Through)		Das Gerät unterstützt die dynamische Netzstabilisierung (Fault-Ride-Through/Durchfahren von Netzstörungen).
Betriebsmodus	Ein Aus	Einstellung: Manuell Alle Parameter können unabhängig konfiguriert werden. Einstellung: Vordefinierter Nullstrom Dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit und Nullstromeinspeisung aktiv. Während eines Spannungsereignisses wird der Strom des Wechselrichters auf null reduziert. Alle Parameter sind vorkonfiguriert, nur die Aktivierungsschwelle für Nullstrom muss konfiguriert werden.
Einstellungen	Manuell Vordefinierter Nullstrom	
Priorität – Begrenzung	Blindstrom Wirkstrompriorität	Priorität: Blindstrom Priorität Dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit und schnelle Fehlerstromeinspeisung aktiv. Der Wechselrichter speist zusätzlichen Blindstrom nach Formel (2) bzw. (4) ein. Priorität: Wirkstrom Priorität Dynamische Netzstützung durch Störfestigkeit und schnelle Fehlerstromeinspeisung mit Wirkstrompriorität aktiv. Der Wechselrichter speist so viel Wirkleistung wie verfügbar ein. Falls dadurch der maximale Dauerstrom nicht erreicht wird, wird vom Wechselrichter zusätzlicher Blindstrom nach Formel (2) oder (4) bis zur Dauerstrombegrenzung eingespeist.
Nullstrom Schwelle Unterspannung	0 – 184 V	Wenn eine oder mehrere Phase-Phase- oder Phase-Neutralleiterspannungen die konfigurierte Schwelle überschreiten, wechselt der Wechselrichter in den Nullstrommodus. Der gesamte Strom wird auf nahe null geregelt.
Nullstrom Schwelle Überspannung	253 – 340 V	
Nullstrom Schwelle Unterspannung	0 – 80 [% Unom]	Wenn eine oder mehrere Phase-Phase- oder Phase-Neutralleiterspannungen die konfigurierte Schwelle überschreiten, wechselt der Wechselrichter in den Nullstrommodus. Der gesamte Strom wird auf nahe null geregelt.
Nullstrom Schwelle Überspannung	108 – 129 [% Unom]	

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Referenzspannung	80 – 110 [% Unom]	Nennwert der Phase-Neutraleiterspannung, die als Referenzspannung für Formel (1) und (3) verwendet wird. Einstellbar im Bereich zwischen Stufe 1 Unterspannungsschutz bis Stufe 1 Überspannungsschutz.
Konstante K Gegensystem Einbruch & Anstieg	k 0 – 10	Bei der Berechnung des Blindstroms nach Formel (2) und (4) verwendeter Verstärkungsfaktor für das Gegensystem. Für Einbrüche und Spitzen unabhängig konfigurierbar.
Konstante K Mitsystem Einbruch & Anstieg	k 0 – 10	Bei der Berechnung des Blindstroms nach Formel (2) und (4) verwendeter Verstärkungsfaktor für das Gegensystem. Für Einbrüche und Spitzen unabhängig konfigurierbar.
Totband	2 – 120 [% Uref]	Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung wird bei Spannungsereignissen mit einer Spannungsänderung größer als das Totband aktiviert.
Referenzspannung	80 – 110,0 [% Unom]	Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung wird bei Spannungsereignissen mit mindestens einer Phase-Phase- oder Phase-Neutraleiterspannung außerhalb des konfigurierten normalen Betriebsspannungsbereiches aktiviert. Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstromeinspeisung wird deaktiviert, wenn die Spannung in den Referenz-Betriebsspannungsbereich zurückkehrt.
Minimale Betriebsspannung Aktivierung	45 – 125,0 [% Unom]	
Maximale Betriebsspannung Aktivierung	45 – 125,0 [% Unom]	
Minimale Betriebsspannung Deaktivierung	0 – max [V]	Die dynamische Netzstützung durch schnellen Fehlerstrom wird deaktiviert, wenn die Spannung innerhalb des konfigurierten Deaktivierungsbereichs liegt. Dieser Parameter ist nur für die Ländereinstellungen VDE 4105, CH 4105 und UD verfügbar.
Maximale Betriebsspannung Deaktivierung	0 – max [V]	
Nur dynamischer Blindstrom	Aus Ein	Standard: Der Blindstrom nach Formel (2) oder (4) wird als zusätzlicher Blindstrom eingespeist. Dies bedeutet, dass die Summe aus Vorfehler und zusätzlichem Blindstrom eingespeist wird. Nur dynamisch: Der Blindstrom nach Formel (2) oder (4) wird als absoluter Blindstrom eingespeist. Dies bedeutet, dass unabhängig vom Blindstrom vor dem Spannungsereignis nur der Blindstrom nach Formel (2) oder (4) während des Spannungsereignisses eingespeist wird.
Totbandmodus	Modus 1 Modus 2	Modus 1: Bei der Berechnung des Blindstroms wird der Wert des Totbandes nicht vom Betrag der Spannungsänderung abgezogen. Für Über- und Unterspannungsereignisse gilt somit Formel (2). Modus 2: Bei der Berechnung des Blindstroms wird der Wert des Totbandes vom Betrag der Spannungsänderung abgezogen. Für Über- und Unterspannungsereignisse gilt somit Formel (4): $I_b = (\Delta U_1 - t_b) \cdot k \cdot I_N$

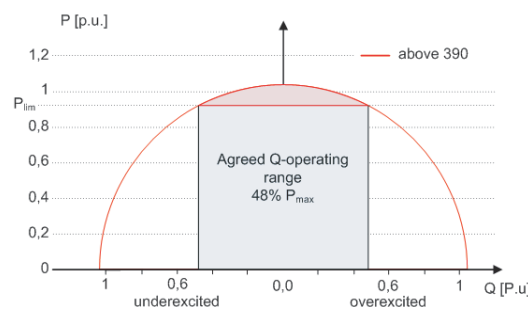
Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Minimale Betriebsspannung Aktivierung	104 – 248 [V]	Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstrom einspeisung wird bei Spannungsereignissen mit mindestens einer Phase-Phase- oder Phase-Neutralleiterspannung außerhalb des konfigurierten normalen Betriebsspannungsbereiches aktiviert. Dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstrom einspeisung wird deaktiviert, wenn die Spannung in den normalen Betriebsspannungsbereich zurückkehrt.
Maximale Betriebsspannung Aktivierung	104 – 288 [V]	
Begrenzung Blindstrom	0 – 100 [% I _{max}]	Die Blindstromkomponente der schnellen Fehlerstrom einspeisung wird begrenzt, um einen definierten Anteil der Wirkstromkomponente zu ermöglichen.
Minimale Supportzeit	1000 – 15000 [ms]	Wenn durch einen Spannungssprung gemäß Formel (1) und das konfigurierte Totband aktiviert, wird die dynamische Netzstützung durch schnelle Fehlerstrom einspeisung nach Ablauf der minimalen Support-Zeit deaktiviert.
Deaktivierungsverzögerung	0 [ms] / 0 – 500 [ms] IL_LV / UD / 500 [ms] IL-MV	Deaktiviert die dynamische Stromunterstützung nach der gewünschten Verzögerung, sobald die Spannung wieder in den normalen Betriebsbereich eintritt. Dieser Parameter ist nur für die Ländereinstellungen IL_LV, IL-MV und UD verfügbar.

Weitere netzunterstützende Funktionen bei Wirkleistung

Permanente Leistungsgradienten

Die zu installierende maximale Wirk- und Scheinleistung für eine Erzeugungsanlage wird zwischen Netzbetreiber und Anlagenbetreiber vereinbart. Mithilfe der Einstellungen S_{lim} und P_{lim} kann die Geräteleistung einer Anlage genau auf den vereinbarten Wert eingestellt werden. Um eine gleichmäßige Belastung der Geräte in einer Anlage zu erreichen, wird empfohlen, die Leistungsminderung gleichmäßig auf alle Geräte zu verteilen.

Manche Netzanschlussregeln fordern, dass die vereinbarte Blindleistung von jedem Betriebspunkt der Anlage ohne Reduktion der tatsächlichen Wirkleistung geliefert werden muss. Da der Wechselrichter den vollen P-Q-Betriebsbereich hat, ist bei Betrieb mit maximaler Wirkleistung jedoch eine Wirkleistungsreduktion erforderlich, da keine Scheinleistungsreserve verfügbar ist. Durch die Einstellung von P_{lim} kann die maximale Wirkleistung begrenzt werden, um eine Scheinleistungsreserve herzustellen und um von jedem Wirkleistungsbetriebspunkt aus, die vereinbarte Blindleistung liefern zu können. Die nachfolgende Grafik zeigt den geeigneten P-Q-Betriebsbereich mit einer erforderlichen Beispielwirkleistung von 48% der maximalen Scheinleistung der Anlage beziehungsweise von 43% der maximalen Wirkleistung der Anlage.



P-Q-Betriebsbereich mit begrenzter Wirkleistung für PV-Wechselrichter

Über das SunSpec Model DID123 lassen sich die Parameter zur Leistungsbegrenzung einstellen. Hierbei ist zu beachten, ob zusätzlich die interne und/oder externe Leistungsbegrenzung aktiv ist.

Interne Leistungsbegrenzung	Parameter für externe Leistungsbegrenzung	Parameter für Leistungsbegrenzung
Status = Aktiv	Status = Aktiv	Parameter im SunSpec Model 123:
Maximum apparent power $S_{lim} = 100000 \text{ VA}$		„WMaxLimPct“ = 50% P_{lim} (ca. 40000 W)
Maximum active power $P_{lim} = 80\%$ (ca. 80000 W)	AC fallback active power $P_{fb} = 75\% P_{lim}$ (ca. 60000 W)	„WMaxLimPct_RvrtTms“ = 60s
	PT1 Settling time = 1s	„WMaxLimPct_RmpTms“ = 2s
		„WMaxLim_Ena“ = 1

Ist die Rampenzeit „WMaxLimPct_RvrtTms“ im Sunspec Model mit 0 s definiert wird der interne Ausgangsgradient verwendet. Anderenfalls wird der eingestellte Wert verwendet.

Unabhängig vom verwendeten Kommunikationsprotokoll wird die Einschwingzeit „WMaxLim_Ena“ genutzt, um den neuen Leistungswert zu übertragen. Anderenfalls wird der intern konfigurierte Wert verwendet. Die zusätzliche Rampenzeit

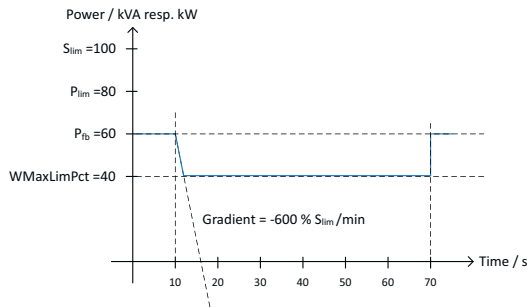
„WMaxLimPct_RmpTms“ gibt die Sprungzeit von einem Leistungswert auf den neuen Leistungswert an.

Zur Berechnung des Gradienten $S_{lim/min}$ gelten folgende Formeln:

$$\text{GradientWattPerMin} = \frac{\left(\frac{W_{MaxLimPct}}{100} \times P_{lim} - P_{actual} \right)}{W_{MaxLimPct_RmpTms}} \times 60 \times \frac{100}{S_{lim}}$$

$$\text{GradientWattPerMin} = \frac{\left(\frac{50\%}{100} \times 80000 \text{ W} - 60000 \text{ W} \right)}{2 \text{ s}} \times 60 \times \frac{100}{100000 \text{ VA}}$$

$$\text{GradientWattPerMin} = -600 \% \text{ Slim} / \text{min}$$



Leistungsgradient gemäß Musterparameter und Berechnung

Für die Berechnung des Q Filter Parameter und $\cos \varphi$ Gradient gelten folgende Formeln:

$$\text{GradientVArPerMin} = \frac{\left(\frac{VAr_{MaxPct}}{100} \times S_{lim} - Q_{actual} \right)}{VAr_{Pct_RmpTms}} \times 60 \times \frac{100}{S_{lim}}$$

Formel für Berechnung des Q-Filter Parameters

$$\text{GradientVArPerMin} = \frac{\left(\frac{VAr_{MaxPct}}{100} \times S_{lim} - Q_{actual} \right)}{OutPFSet_RmpTms} \times 60 \times \frac{100}{S_{lim}}$$

Formel für Berechnung des $\cos \varphi$ Gradienten(interner Leistungsgradient)

Parameter für permanente Leistungsbegrenzung

Anzeige	Einstellung	Beschreibung
Leistungsbegrenzung	Aktivierung prüfen	Aktivieren, deaktivieren Sie die Leistungsbegrenzung.
Maximale Scheinleistung (S_{lim})	1000 – S_{max} [VA]	Die Scheinleistung wird global auf den konfigurierten Wert in VA begrenzt. Sobald S_{lim} konfiguriert ist, verwenden alle Wirk- und Blindleistungs-Steuerungswerte S_{lim} anstelle von S_{max} als 100%.
Maximale Wirkleistung (P_{lim})	1 – 100 [% S_{lim}]	Die Wirkleistung ist global auf den konfigurierten Wert in % S_{lim} begrenzt.

Sanftanlauf / Hochlaufbegrenzung

Zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf das Netz aufgrund einer plötzlichen Leistungssteigerung der Einspeisung durch die Wechselrichter ist eine Sanftanlauf-funktion verfügbar.

Beim Ein- und Zuschalten des Wechselrichters wird die Leistungssteigerung durch den eingestellten Gradienten begrenzt.

Es kann konfiguriert werden,

- ob der Sanftanlauf bei jeder Zuschaltung,
- nur bei der ersten Zuschaltung an einem Tag oder
- nur bei einer Zuschaltung nach vorhergehender Abschaltung durch den Netzschutz erfolgen soll.

Da vor allem bei einer vorhergehenden Abschaltung durch den Netzschutz die Gefahr besteht, dass viele Anlagen gleichzeitig die Leistung steigern, ist in der Regel der Sanftanlauf nur bei Zuschaltung nach vorhergehender Abschaltung durch den Netzschutz erforderlich.

Der Sanftanlauf wird durch eine absolute Leistungsgrenze implementiert, die sich mit einem kontinuierlichen Gradienten bis zur maximalen Leistung erhöht. Die tatsächliche Leistung des Wechselrichters kann unterhalb dieser Grenze aufgrund einer möglichen Schwankung der verfügbaren Leistung oder des Sollwertes frei variieren, steigt jedoch nie über die absolute Leistungsgrenze an.

Leistungsgradient Normalbetrieb

Bei sehr großen Anlagen kann es erforderlich sein, im Normalbetrieb die maximale Leistungsänderung zu begrenzen. Bei Änderung der Sollwertvorgabe (für steigende und fallende Leistung) und bei Änderung der Solareinstrahlung (für steigende Leistung) wird die Netzeinspeiseleistung gemäß dem eingestellten Gradienten gesteigert oder gesenkt. Bei Reduzierung der Solareinstrahlung ist eine Begrenzung nicht möglich.

Die Funktion ist nicht aktiv bei Leistungsänderungen, die durch eine andere Netzstützfunktion definiert werden, wie Leistungswiederkehr nach Fault Ride Through, P(f), P(U).

Erweiterte Inselnetzerkennung

Erweiterte Inselnetzerkennung

Aufgrund der dezentralen Erzeugung besteht die Möglichkeit, dass ein abgeschalteter Teil des Netzes, aufgrund eines lokalen Gleichgewichtes zwischen Last und Erzeugung in diesem Teil des Netzes, in einer unbeabsichtigten Insel verbleibt. Das Erkennen einer unbeabsichtigten Inselbildung ist eine wichtige Funktion von dezentralen Erzeugungseinheiten und bezieht sich auf die Verhinderung von Schäden an Geräten sowie die Sicherheit von Personal.

Abhängig von der Struktur und der Betriebs des Verteilungsnetzes bestehen mehrere Gefahren:

- Bei Wartungsarbeiten in einem Verteilnetz können Personen gefährdet werden, wenn der abgeschaltete Teil des Netzes als Insel unter Spannung bleibt. Dies ist insbesondere der Fall, wenn nicht alle Sicherheitsregeln befolgt werden.
- Wenn die schnelle Wiedereinschaltung in einem Verteilnetz verwendet wird und der abgeschaltete Teil des Netzes als Insel unter Spannung bleibt, erfolgt die Wiedereinschaltung wahrscheinlich mit einem Phasenversatz, wodurch die rotierenden Maschinen im Netz beschädigt werden können.
- Bei einem Fehler in einem Mittelspannungsnetz wird der fehlerhafte Teil des Netzes getrennt. Wenn der Fehler einen erheblichen Widerstand hat, bleibt der abgeschaltete Teil eines Mittelspannungsnetzes als Insel unter Spannung. Je nach Art des Fehlers, aber explizit im Fall eines Transformatorfehlers, wird möglicherweise gefährliche Mittelspannung berührbar eventuell sogar bei Niederspannungsgeräten.

Insbesondere für das letzte Beispiel ist ein sehr schnelles Trennen der Erzeugungseinheiten erforderlich, um den Zusammenbruch einer Inselbildung zu verursachen. Gleichzeitig kann jedes Erkennungsverfahren der Inselbildung einer falschen Auslösung verursachen. Die Industrie arbeitet daher ständig daran, Methoden zu entwickeln, die schnell und zuverlässig sind und gleichzeitig eine falsche Auslösung zuverlässig verhindern.

Methoden zur Inselnetzerkennung

Die erweiterte Inselnetzerkennung verwendet eine Strategie zur zuverlässigen Erkennung der Inselbildung, die auf den unterschiedlichen Eigenschaften eines Verbundnetzes und eines Inselnetzes basiert und somit eine zuverlässige schnelle Erkennung und Vermeidung von Fehlauslösungen gewährleistet.

Ein Verbundnetz wird von rotierenden Maschinen dominiert, als Folge ist die Frequenz proportional zur Wirkleistungsbilanz und die Spannung proportional zur Blindleistungsbilanz. Im Gegensatz dazu verhält sich ein Inselnetz wie ein Schwingkreis, folglich ist die Frequenz proportional zur Blindleistungsbilanz und die Spannung proportional zur Wirkleistungsbilanz. Die aktive erweiterte Inselerkennungsmethode erkennt diesen Unterschied, indem sie das Verhalten des Netzes überwacht. Die verbesserte Inselerkennung überwacht die natürliche Fluktuation der Netzfrequenz und speist eine minimale Blindleistung ein, die proportional zur Änderungsrate der Frequenz ist. Im Moment der Bildung einer Insel schließt das angeschlossene Stromnetz eine positive Rückkopplungsschleife, wodurch der Wechselrichter die veränderte Situation erkennen und die Verbindung trennen kann. Bei Bildung einer Insel trennt sich der Wechselrichter innerhalb einiger 100ms, weit unter 1000ms.

- Die Anzahl der parallelgeschalteten Geräte beeinflusst die Zuverlässigkeit dieser Funktion nicht.
- Diese Methode garantiert auch die Minimierung der Auswirkungen auf das Verteilnetz.
- Im normalen Betrieb sind keine Auswirkungen auf Oberwellengehalt, Flicker und Netzstabilität festzustellen.

Dieses Erfassungsverfahren wird mit einer zweistufigen Beobachtung der passiven Frequenzänderungsrate (ROCOF) kombiniert. Wenn der ROCOF des Netzes die konfigurierte Abschaltschwelle (Stufe 1) für die konfigurierte Abschaltzeit überschreitet, wechselt das Gerät in den Nullstrommodus. Wenn der ROCOF des Netzes für die konfigurierte Abschaltschwelle (Stufe 2) für die konfigurierte Abschaltzeit überschreitet, schaltet das Gerät ab. Im Falle einer Insel wird die Insel sofort abgeschaltet. Wenn sich das Netz stabilisiert, was möglicherweise der Fall ist, wenn das ROCOF-Ereignis auf eine kurze Störung im Stromnetz zurückzuführen ist, nimmt das Gerät den Normalbetrieb wieder auf. Bei aktiver Stufe 1 hat das Gerät in den Nullstrommodus geschaltet, und nimmt die Einspeisung nach wenigen 100ms wieder auf. Bei Stufe 2 hat sich das Gerät abgeschaltet und die eingestellten Wiederschaltbedingungen gelten.

Q on Demand

Q on Demand



GEFAHR!

Bei Deaktivieren der Nachtabstaltung („Q on Demand“-Betrieb) kann trotz abgeschaltetem Stringsammler weiterhin eine hohe DC-Spannung sowohl am Stringsammler als auch am Gerät anliegen.

Tod oder schwere Verletzungen können die Folge sein.

- ▶ Gerät muss im Wartungsfall auch AC-seitig spannungsfrei geschaltet werden.
- ▶ Wir empfehlen auf dem Stringsammler einen übereinstimmenden Gefahrenhinweis anzubringen.

Die Funktion "Q on Demand" kann zur Netzstabilisierung eine Blindleistung Q auch außerhalb des Einspeisebetriebs (z.B. bei Nacht) bereitstellen.

Wichtige Voraussetzungen:

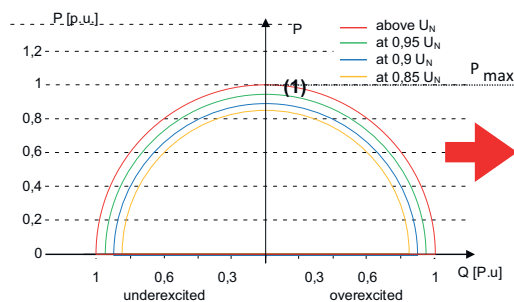
- Funktion „Nachtabstaltung“ im Menü deaktiviert
- Gerät ist AC-seitig angeschlossen
- Gerät befand sich im Einspeisebetrieb.

Erste Priorität haben die Vorgaben, die der Wechselrichter vom Netzbetreiber über den Parkregler über Ethernet oder RS485 empfängt. Zweite Priorität haben die im Wechselrichter hinterlegten Parameter zu Q-Konstant und Q(U).

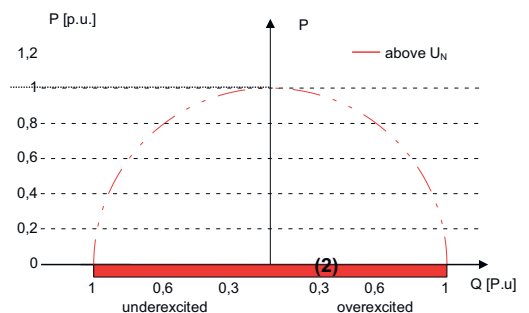
Bei einer AC-Trennung während des "Q on Demand"-Betriebs außerhalb des Einspeisebetriebs, ist eine erneute Nutzung der „Q on Demand“-Funktion erst wieder nach einem ordnungsgemäßen Einspeisebetrieb möglich (bei ausreichender DC-Versorgung). Die bestehende deaktivierte „Nachtabstaltung“ bleibt auch weiterhin aktiv.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen im P-Q Betriebsbereich den Normalbetrieb, bei Tag (Einspeisebetrieb) (1) und „Q on Demand“-Betrieb bei Nacht (2).

Bei Nacht wird nur Blindleistung generiert. Unvermeidbar wird ein wenig Wirkleistung für die interne Stromversorgung benötigt um die voreingestellten Blindleistungsfunktionen im „Q on Demand“-Betrieb aufrechterhalten zu können (Siehe Pos. 2 im negativen P Bereich).



(1) Normalbetrieb: Wirkleistung und Blindleistungsbereitstellung bei unterschiedlichen Spannungen.



(2) „Q on Demand“-Betrieb: Blindleistungsbereitstellung bei Netznennspannung außerhalb des Einspeisebetriebs.



fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/products-solutions/monitoring-digital-tools

MONITORING &
DIGITAL TOOLS

Fronius International GmbH

Froniusstraße 1
4643 Pettenbach
Austria
contact@fronius.com
www.fronius.com

At www.fronius.com/contact you will find the contact details of all Fronius subsidiaries and Sales & Service Partners.