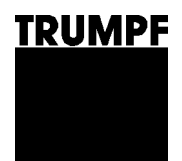


Ergänzung zur Betriebsanleitung

# TruConvert System Control

Grid-Codes

---





**Ergänzung zur Betriebs-  
anleitung**

# **TruConvert System Control**

Grid-Codes

Ausgabe **2023-10-16**

## **Bestellinformationen**

Bitte bei der Bestellung dieses Dokuments angeben:

Ergänzung zur Betriebsanleitung

TruConvert System Control

Ausgabe 2023-10-16

Dokumentnummer A67-0146-00.BKde-001-05

## **Bestelladresse**

TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG

Technische Redaktion

Bötzingen Straße 80

D-79111 Freiburg

Fon: +49 761 8971 - 0

Fax: +49 761 8971 - 1150

Internet: <http://www.trumpf-huettinger.com>

E-Mail: [info.elektronik@de.trumpf.com](mailto:info.elektronik@de.trumpf.com)

---

## Gut zu wissen

**Brauchen Sie Hilfe?** Teilen Sie die **Seriennummer** mit, wenn Sie Verbindung mit dem Service aufnehmen.

So erreichen Sie unseren Service:

**Telefon** +49 761 8971-2170

**Fax** +49 761 8971-1178

**E-Mail** [service.electronic@trumpf.com](mailto:service.electronic@trumpf.com)



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
1.1	Notwendige Voreinstellungen treffen	8
1.2	AC-Netz wählen	9
1.3	Grid-Code wählen	9
1.4	Grid-Code-Einstellungen ins System übernehmen	10
1.5	Gewählten Grid-Code anzeigen	10
1.6	Status der Leistungsbegrenzung anzeigen	10
1.7	Parameter ändern	11
<b>2</b>	<b>UL1741SA</b>	<b>12</b>
2.1	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	12
2.2	Low and high voltage ride through (SA9) "FRT voltage mode" einschalten	12
2.3	Low and high frequency ride through (SA10) "FRT frequency mode" einschalten	14
2.4	Volt-Watt mode (SA15) "P(U) mode" einschalten	16
2.5	Frequency-Watt mode (SA14) "P(f) mode" einschalten	20
2.6	Volt/Var mode (SA13) "Volt/Var mode" einschalten	23
2.7	Specified power factor (SA12) Specified power factor einstellen	25
2.8	Normal ramp rate and soft-start ramp rate (SA11) Normal ramp rate and soft-start ramp rate einstellen	26
2.9	Anti-islanding protection (SA8) Anti-islanding protection einschalten	26
2.10	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria" Ein-/Ausschaltbedingungen einstellen	27
<b>3</b>	<b>ARN4105</b>	<b>28</b>
3.1	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	28
3.2	Anti-islanding protection Anti-islanding protection einschalten	29

3.3	Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"	29
	Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"	29
	"RT voltage mode" einschalten	31
	Parametrierung "RT voltage mode"	31
	Weitere Informationen zu "RT voltage mode"	31
3.4	Bypass	33
	Funktionsbeschreibung "Bypass"	33
	"Bypass" einschalten	33
	Parametrierung "Bypass"	33
3.5	Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"	33
	Funktionsbeschreibung "P(f) mode"	33
	"P(f) mode" einschalten	35
	Parametrierung "P(f) mode"	35
	Weitere Informationen zu "P(f) mode"	37
3.6	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung "Q modes"	39
	Blindleistung als Funktion der Netzspannung "Q(U)"	39
	Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"	42
	Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"	43
3.7	Sprungantwort "Step response for Q"	45
	Funktionsbeschreibung "Step response for Q"	45
	"Step response for Q" einschalten	46
	Parametrierung "Step response for Q"	46
3.8	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"	47
	Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"	47
	"Switch on criteria" einschalten	47
	Parametrierung "Switch on criteria"	48
3.9	Zuschaltrampe "Startup ramp"	48
	Funktionsbeschreibung "Startup ramp"	48
	"Startup ramp" einschalten	48
	Parametrierung "Startup ramp"	49
	Weitere Informationen zu "Startup ramp"	49
3.10	Leistungsbegrenzer "Active power limiting"	49
	Funktionsbeschreibung "Active power limiting"	49
	"Active power limiting" einschalten	50
	Parametrierung "Active power limiting"	50

<b>4</b>	<b>ARN4110</b>	<b>51</b>
4.1	Voraussetzungen zur Einhaltung der ARN4110	51
	Zertifizierter Regler	52
	Messtechnik am zentralen Netzanschlusspunkt (NAP)	53
	Netz-Anlagen-Schutz (NA-Schutz)	54
	Netzseitiger Schalter (CB1)	55
	Hilfsversorgung	55
	Blindleistungsvermögen bei Verwendung der ARN4110	56
4.2	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	58
4.3	Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"	58
	Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"	58
	"RT voltage mode" einschalten	62
	Parametrierung "RT voltage mode"	62
	Weitere Informationen zu "RT voltage mode"	63
4.4	Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"	64
	Funktionsbeschreibung "P(f) mode"	64
	"P(f) mode" einschalten	65
	Parametrierung "P(f) mode"	65
	Weitere Informationen zu "P(f) mode"	68
4.5	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"	69
	Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"	69
	"Switch on criteria" einschalten	70
	Parametrierung "Switch on criteria"	70
<b>5</b>	<b>EN50549-1</b>	<b>71</b>
5.1	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	71
5.2	Anti-islanding protection	72
	Anti-islanding protection einschalten	72
5.3	Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"	72
	Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"	72
	"RT voltage mode" einschalten	74
	Parametrierung "RT voltage mode"	74
	Weitere Informationen zu "RT voltage mode"	74
5.4	Bypass	76
	Funktionsbeschreibung "Bypass"	76

	"Bypass" einschalten	76
	Parametrierung "Bypass"	76
5.5	Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"	76
	Funktionsbeschreibung "P(f) mode"	76
	"P(f) mode" einschalten	78
	Parametrierung "P(f) mode"	78
	Weitere Informationen zu "P(f) mode"	81
5.6	Wirkleistungsanpassung bei Überspannung "P(U) mode"	83
	Funktionsbeschreibung "P(U) mode"	83
	"P(U) mode" einschalten	84
	Parametrierung "P(U) mode"	84
	Weitere Informationen zu "P(U) mode"	86
5.7	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung "Q modes"	86
	Blindleistung als Funktion der Netzspannung "Q(U)"	86
	Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"	90
	Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"	91
	Konstante Blindleistungsbereitstellung "Q = const"	93
5.8	Sprungantwort "Step response for Q"	94
	Funktionsbeschreibung "Step response for Q"	94
	"Step response for Q" einschalten	95
	Parametrierung "Step response for Q"	95
5.9	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"	96
	Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"	96
	"Switch on criteria" einschalten	96
	Parametrierung "Switch on criteria"	97
5.10	Zuschaltrampe "Startup ramp"	97
	Funktionsbeschreibung "Startup ramp"	97
	"Startup ramp" einschalten	97
	Parametrierung "Startup ramp"	98
	Weitere Informationen zu "Startup ramp"	98
5.11	Leistungsbegrenzer "Active power limiting"	99
	Funktionsbeschreibung "Active power limiting"	99
	"Active power limiting" einschalten	99
	Parametrierung "Active power limiting"	99

<b>6</b>	<b>TOR Typ A</b>	<b>101</b>
6.1	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	101
6.2	Anti-islanding protection	102
	Anti-islanding protection einschalten	102
6.3	Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"	102
	Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"	102
	"RT voltage mode" einschalten	104
	Parametrierung "RT voltage mode"	104
	Weitere Informationen zu "RT voltage mode"	104
6.4	Bypass	106
	Funktionsbeschreibung "Bypass"	106
	"Bypass" einschalten	106
	Parametrierung "Bypass"	106
6.5	Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz	106
	Funktionsbeschreibung "P(f) mode"	106
	"P(f) mode" einschalten	108
	Parametrierung "P(f) mode"	108
	Weitere Informationen zu "P(f) mode"	110
6.6	Wirkleistungsanpassung bei Überspannung "P(U) mode"	111
	Funktionsbeschreibung "P(U) mode"	111
	"P(U) mode" einschalten	113
	Parametrierung "P(U) mode"	113
	Weitere Informationen zu "P(U) mode"	114
6.7	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung "Q modes"	115
	Blindleistung als Funktion der Netzspannung "Q(U)"	116
	Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"	119
	Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"	120
	Konstante Blindleistungsbereitstellung "Q = const"	122
6.8	Sprungantwort "Step response for Q"	123
	Funktionsbeschreibung "Step response for Q"	123
	"Step response for Q" einschalten	124
	Parametrierung "Step response for Q"	124
6.9	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"	125
	Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"	125

	"Switch on criteria" einschalten	125
	Parametrierung "Switch on criteria"	126
6.10	Zuschaltrampe "Startup ramp"	126
	Funktionsbeschreibung "Startup ramp"	126
	"Startup ramp" einschalten	126
	Parametrierung "Startup ramp"	127
	Weitere Informationen zu "Startup ramp"	127
6.11	Leistungsbegrenzer "Active power limiting"	128
	Funktionsbeschreibung "Active power limiting"	128
	"Active power limiting" einschalten	128
	Parametrierung "Active power limiting"	128
<b>7</b>	<b>AS/NZS 4777.2</b>	<b>130</b>
7.1	Hierarchie der Grid-Code-Funktionen	130
7.2	Anti-islanding protection	131
	Anti-islanding protection einschalten	131
7.3	Regionale Einstellungen ("Regional settings")	131
	"Regional settings" wählen	132
7.4	"Voltage limit mode" (passive anti islanding protection)	132
	Funktionsbeschreibung "Voltage limit mode"	132
	"Voltage limit mode" einschalten	134
	Parametrierung "Voltage limit mode"	134
	Weitere Informationen zu "Voltage limit mode"	134
7.5	Frequency limit mode (passive anti islanding protection)	136
	Funktionsbeschreibung "Frequency limit mode"	136
	"Frequency limit mode" einschalten	137
	Parametrierung "Frequency limit mode"	137
7.6	Sustained operation voltage mode	138
	Funktionsbeschreibung "Sustained operation voltage mode"	138
	"Sustained operation voltage mode" einschalten	138
	Parametrierung "Sustained operation voltage mode"	139
7.7	"P(f): Sustained operation frequency mode"	139
	Funktionsbeschreibung "P(f): Sustained operation frequency mode"	139

	"P(f): Sustained operation frequency mode" einschalten	141
	Parametrierung "P(f): Sustained operation frequency mode"	141
7.8	P(U): Volt-watt response modes	143
	Funktionsbeschreibung "P(U): Volt-watt response modes"	143
	"P(U): Volt-watt response modes" einschalten	144
	Parametrierung "P(U): Volt-watt response modes"	144
	Weitere Informationen zu "P(U): Volt-watt response modes"	145
7.9	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung "Q modes"	146
	Q(U): Volt-var response mode	146
	Constant cosPhi: Fixed power factor mode	149
	Constant Q: Reactive power mode	150
7.10	Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"	152
	Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"	152
	"Switch on criteria" einschalten	152
	Parametrierung "Switch on criteria"	152
	Weitere Informationen zu "Switch on criteria"	153
7.11	Zuschaltrampe "Startup ramp"	153
	Funktionsbeschreibung "Startup ramp"	153
	"Startup ramp" einschalten	153
	Parametrierung "Startup ramp"	153
	Weitere Informationen zu "Startup ramp"	154

# 1. Einleitung

Grid-Codes bilden Regeln ab, die Erzeugungsanlagen einhalten müssen, um Netzzugang zu erhalten. Insbesondere ist das Verhalten bei Netzschwankungen geregelt.

Durch den Netzbetreiber werden die Verhaltensweisen von Anlagen bei Unter- und Überspannung, Frequenzabweichung festgelegt sowie die Zu- und Abschaltbedingungen definiert.

## 1.1 Notwendige Voreinstellungen treffen

Bevor die Grid-Codes parametrieren werden, müssen folgende Voreinstellungen getroffen werden.

### Voraussetzungen

- Erstinbetriebnahme wurde durchgeführt, siehe Betriebsanleitung, Kapitel "Bedienung", "Erstinbetriebnahme".
- Passwort für Grid-Codes wurde bei TRUMPF Service angefordert.

### Hinweis

Damit ein Grid-Code korrekt arbeitet, muss bei der Inbetriebnahme 1 Mal die Parametrierung durchgeführt werden.

Bei einem neu ausgelieferten Gerät (Werkseinstellung) ist kein Grid-Code aktiv.

### ACHTUNG

### Grid-Codes nicht eigenmächtig ändern!

**Dies führt zum sofortigen Erlöschen der Betriebserlaubnis sowie der Produktgarantie des TruConvert Systems.**

- Die Parametrierung der Grid-Codes sind vor dem Anschluss mit dem Netzbetreiber abzustimmen, umzusetzen und zu dokumentieren.
  - Während des Betriebes dürfen die Bedingungen (Grid-Codes, TAB) die den Entscheidungen über den Anschluss der Erzeugungsanlage und/oder des Speichers zugrunde gelegt wurden, **nur** mit Zustimmung des Netzbetreibers geändert werden.
  - Die Einstellungen für die Grid-Codes sind passwortgeschützt.
- 
- Parametrierung zu folgenden Punkten erstellen:
    - AC-Netz wählen (siehe "AC-Netz wählen", S. 9)
    - Grid-Code wählen (siehe "Grid-Code wählen", S. 9)

- Grid-Code-Einstellungen ins System übernehmen (siehe "Grid-Code-Einstellungen ins System übernehmen", S. 10)
- Gewählten Grid-Code anzeigen (siehe "Gewählten Grid-Code anzeigen", S. 10)
- Status der Leistungsbegrenzung anzeigen (siehe "Status der Leistungsbegrenzung anzeigen", S. 10)

### Tipp

Um sich die bereits eingestellten Parameterwerte anzeigen zu lassen, >Configuration >System configuration wählen. Im Untermenü den Namen des Grid-Codes wählen.

## 1.2 AC-Netz wählen

### Hinweis

Alle Eingaben über die webbasierte Bedienoberfläche müssen anschließend bestätigt werden: Eingabetaste ↵ drücken.

1. AC-DC-Modul in Leerlauf schalten:
  - >Operation >Device control AC-DC mode wählen.
  - Im Bereich "Device control AC-DC" bei "Activate power stage": Schieberegler anklicken..

In der Statuszeile wird angezeigt: "Divice status: Idle". Das Gerät befindet sich im Leerlauf und kann nun parametrisiert werden.
2. Damit die Einstellungen für alle AC-DC-Module gelten:

Im Bereich "Module selection" bei "Select slave module" "All modules" wählen.
3. Zu Untermenü >AC-DC module settings wechseln.
4. Im Bereich "General AC settings" bei "Controller and grid type selection": Das für die Betriebsumgebung vorhandene AC-Netz wählen.

## 1.3 Grid-Code wählen

### Grid-Code wählen

1. >Configuration >System configuration wählen.
2. Im Bereich "Grid code configuration" bei "Password" das Passwort zur Bearbeitung der Grid-Codes eingeben.
3. Im Bereich "Grid code configuration" bei "Select grid code" den gewünschten Grid-Code wählen.

Der gewählte Grid-Code muss zum vorher gewählten AC-Netz passen.

Im Untermenü wird der gewählte Grid-Code als zusätzlicher Untermenüpunkt angezeigt.

4. *>Configuration >"Grid code xxx"* wählen.
5. Parameter für den gewählten Grid-Code setzen.

Die einzelnen Funktionen sind im Folgenden separat beschrieben.

## 1.4 Grid-Code-Einstellungen ins System übernehmen

### Grid-Code-Einstellungen ins System übernehmen

#### Hinweis

Nach der Eingabe des Passwortes gibt es ein Zeitfenster von 15 min, in dem die Parameter gesetzt und dauerhaft gespeichert werden können.

Werden die Parameter erst nach Ablauf des Zeitfensters gespeichert, werden sie nur für den aktuellen Betrieb übernommen. Nach einem 24-V-Reset, Neustart der CPU oder einem Software-Update gehen die Einstellungen verloren.

- Um die Änderungen zu speichern:
  - *>Configuration >System configuration* wählen.
  - Im Bereich "Grid code configuration" auf "Save grid code settings" klicken.

## 1.5 Gewählten Grid-Code anzeigen

### Gewählten Grid-Code anzeigen

- Auf der Bedienoberfläche ganz oben in der Statusleiste wird bei "Grid code" der aktive Grid-Code angezeigt.

#### oder

- *>Operation >System configuration* wählen.

Im Bereich *>Grid code configuration* wird bei *>Active grid code* der gewählte Grid-Code angezeigt.

## 1.6 Status der Leistungsbegrenzung anzeigen

### Status der Leistungsbegrenzung anzeigen

1. *>Operation >Device control AC-DC mode* wählen.

2. Im Bereich "Device control AC-DC" bei "Power limiting status" momentanen Status ablesen.

Status	Bedeutung
"inactive"	Keine Leistungsbegrenzung.
"DC link limiting controller"	Zwischenkreisbegrenzungsregler ist aktiv.
"Grid code"	Eine Grid-Code-Funktion ist aktiv.
"Overload limiting"	Überlastbegrenzung ist aktiv.
"Temperature derating"	Temperatur begrenzt Leistungsabgabe.

Status der Leistungsbegrenzung

Tab. 1

## 1.7 Parameter ändern

Die meisten Parameter lassen sich nur ändern, wenn sich das AC-DC-Modul im Leerlauf befindet.

### Hinweis

Alle Eingaben über die webbasierte Bedienoberfläche müssen anschließend bestätigt werden: Eingabetaste ↵ drücken.

1. AC-DC-Modul in Leerlauf schalten:
  - >Operation >Device control AC-DC mode wählen.
  - Im Bereich "Device control AC-DC" bei "Activate power stage": Schieberegler anklicken..

In der Statuszeile wird angezeigt: "Divice status: Idle". Das Gerät befindet sich im Leerlauf und kann nun parametrieren werden.

2. Damit die Einstellungen für alle AC-DC-Module gelten:
 

Im Bereich "Module selection" bei "Select slave module" "All modules" wählen.

## 2. UL1741SA

### 2.1 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle. Funktionen derselben Hierarchiestufe können gleichberechtigt eingreifen.

Hierarchie	Abkürzung der Funktion	Name der Funktion	SA
0	Anti-islanding	Anti-islanding protection	8
1	FRT voltage	Low and high voltage ride through	9
1	FRT frequency	Low and high frequency ride through	10
2	P(U)	Volt-Watt	15
3	P(f)	Frequency-Watt	14
4	Q(U)	Volt/Var mode	13
5	SPF cos(Phi)	Specified power factor	12
5	Ramp rate	Normal ramp rate and soft-start ramp rate	11

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Tab. 2

### 2.2 Low and high voltage ride through (SA9)

#### "FRT voltage mode" einschalten

Die Funktion "FRT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz. Das AC-DC-Modul bleibt für eine vorgegebene Zeitspanne am Netz und trennt sich anschließend vom Netz. Die Alarmmeldung wird angezeigt: "Grid code ride through time exceeded".

#### "FRT voltage mode" einschalten

1. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
2. Im Bereich "Fault ride through mode" bei "FRT voltage mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parameter für "FRT voltage mode" eingeben

Um das Netz zu stützen, sind 6 Betriebsbereiche definiert:

- Unterspannung: 3 Bereiche
- Nennspannung ("Near Nominal"): 1 Bereich
- Überspannung: 2 Bereiche

Befindet sich die Netzspannung im Bereich der Nennspannung, verhält sich das AC-DC-Modul normal.

Befindet sich die Netzspannung in einem der Unter- oder Überspannungsbereiche, werden manche Eingaben des Anwenders ignoriert, da die netzstützenden Maßnahmen Vorrang haben.

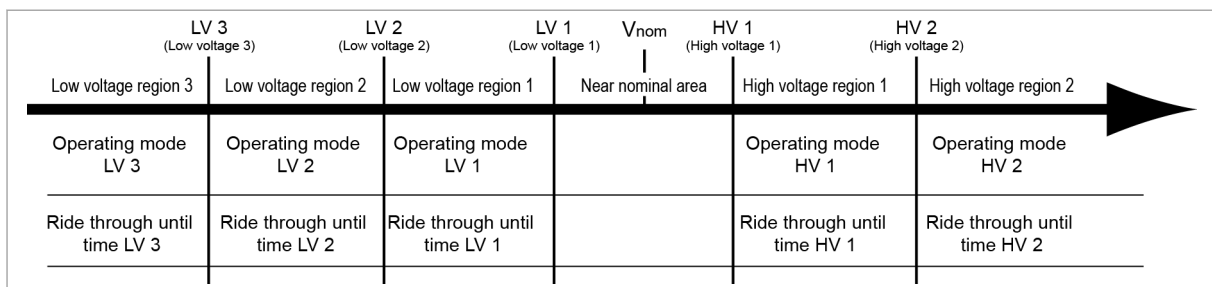
Für jeden Unter- oder Überspannungsbereich kann eine Zeitspanne festgelegt werden.

Zusätzlich kann pro Bereich angegeben werden, in welchem Modus das AC-DC-Modul am Netz bleiben soll:

- "Mandatory operation"  
Das AC-DC-Modul versucht die Ausgangsscheinleistung zu halten.
- "Momentary cessation"  
Das AC-DC-Modul verringert die die Ausgangsscheinleistung auf 0.

In beiden Modi versucht das AC-DC-Modul den Leistungsfaktor und die Phasenlage (induktiv/kapazitiv) zu halten. Ist einer der Modi aktiv, können diese Werte nicht geändert werden.

Alle 3 Phasen werden separat betrachtet.



Mögliche Spannungsbereiche und die entsprechenden Parameter

Fig. 1

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
Low voltage 3	V	0,01	138,5	120	276
Low voltage 2	V	0,01	193,9	190	276
Low voltage 1	V	0,01	243,76	240	276
High voltage 1	V	0,01	304,7	279	306
High voltage 2	V	0,01	332,4	279	335
Operating mode LV 3*	–	1	0	0	1
Operating mode LV 2*	–	1	1	0	1
Operating mode LV 1*	–	1	1	0	1
Operating mode HV 1*	–	1	0	0	0

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
Operating mode HV 2*	–	1	0	0	0
Ride through until time LV 3	s	0,1	1	0	1
Ride through until time LV 2	s	0,1	10	0	10
Ride through until time LV 1	s	0,1	20	0	20
Ride through until time HV 1	s	0,1	12	0	12
Ride through until time HV 2	s	0,1	0	0	0

\*) 0 = Momentary cessation; 1 = Mandatory operation

Parameter für "FRT voltage mode"

Tab. 3

Voraussetzung:

- Die Ausgangsspannung ist  $\geq 15\% U_{nom}$ .
  - Bei einer Ausgangsspannung unterhalb von  $15\% U_{nom}$  trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.
3. *>Configuration >UL1741SA FRTs* wählen.
  4. Im Bereich "Fault ride through voltage settings" die gewünschten Werte eintragen.

## 2.3 Low and high frequency ride through (SA10)

### "FRT frequency mode" einschalten

Die Funktion "FRT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Frequenzschwankungen im Netz. Dynamische Frequenzschwankungen sollen möglichst ausgeglichen werden, ohne dass eine Trennung des AC-DC-Moduls vom Netz notwendig wird.

Das AC-DC-Modul bleibt für eine vorgegebene Zeitspanne am Netz und trennt sich anschließend vom Netz, falls nötig. Die Alarmmeldung wird angezeigt: "Grid code ride through time exceeded".

#### "FRT frequency mode" einschalten

1. *>Configuration >UL1741SA FRTs* wählen.
2. Im Bereich "Fault ride through mode" bei "FRT frequency mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

#### Parameter für "FRT frequency mode" eingeben

Um die Netzfrequenz zu stützen, sind 5 Betriebsbereiche definiert:

- Unterfrequenz: 2 Bereiche
- Nennfrequenz ("Near Nominal"): 1 Bereich
- Überfrequenz: 2 Bereiche

Befindet sich die Netzfrequenz im Bereich der Nennfrequenz ("Near Nominal"), verhält sich das AC-DC-Modul normal. Die Leistungsvorgaben sind nicht durch die Funktion "FRT frequency mode" beschränkt.

Die Funktion "FRT frequency mode" ist sowohl im Lade- als auch im Entladebetrieb aktiv.

Befindet sich die Netzfrequenz in einem der Unter- oder Überfrequenzbereiche, werden manche Eingaben des Anwenders ignoriert, da die netzstützenden Maßnahmen Vorrang haben.

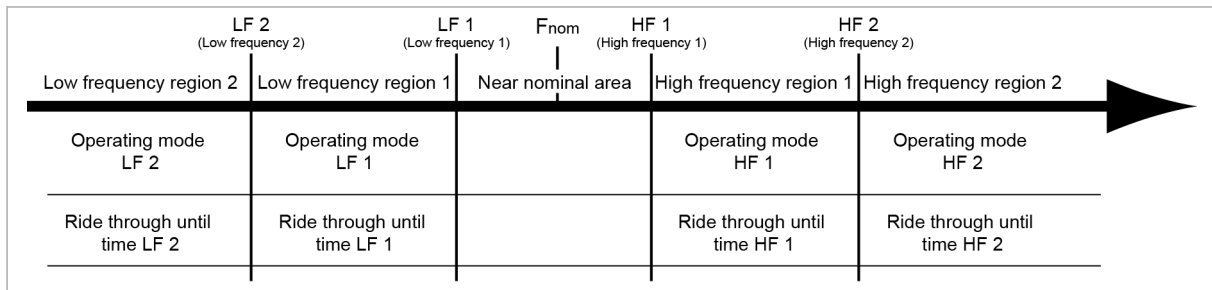
Für jeden Unter- oder Überfrequenzbereich kann eine Zeitspanne festgelegt werden.

Zusätzlich kann pro Bereich angegeben werden, in welchem Modus das AC-DC-Modul am Netz bleiben soll:

- "Mandatory operation"  
Das AC-DC-Modul versucht die Ausgangsscheinleistung zu halten.
- "Momentary cessation"  
Das AC-DC-Modul verringert die die Ausgangsscheinleistung auf 0.

In beiden Modi versucht das AC-DC-Modul den Leistungsfaktor und die Phasenlage (induktiv/kapazitiv) zu halten. Ist einer der Modi aktiv, können diese Werte nicht geändert werden.

Alle 3 Phasen werden separat betrachtet.



Mögliche Frequenzbereiche und die entsprechenden Parameter

Fig. 2

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
Low frequency 2	Hz	0,01	57	53	59,9
Low frequency 1	Hz	0,01	58,5	57	59,9
High frequency 1	Hz	0,01	60,5	60,1	62
High frequency 2	Hz	0,01	62	60,1	64
Operating mode LF 2*	–	1	0	0	0
Operating mode LF 1*	–	1	1	0	1
Operating mode HF 1*	–	1	1	0	1
Operating mode HF 2*	–	1	0	0	0
Ride through until time LF 2	s	0,1	0	0	0

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
Ride through until time LF 1	s	0,1	297	0	600
Ride through until time HF 1	s	0,1	297	0	600
Ride through until time HF 2	s	0,1	0	0	0

\*) 0 = Momentary cessation; 1 = Mandatory operation

Parameter für "FRT frequency mode"

Tab. 4

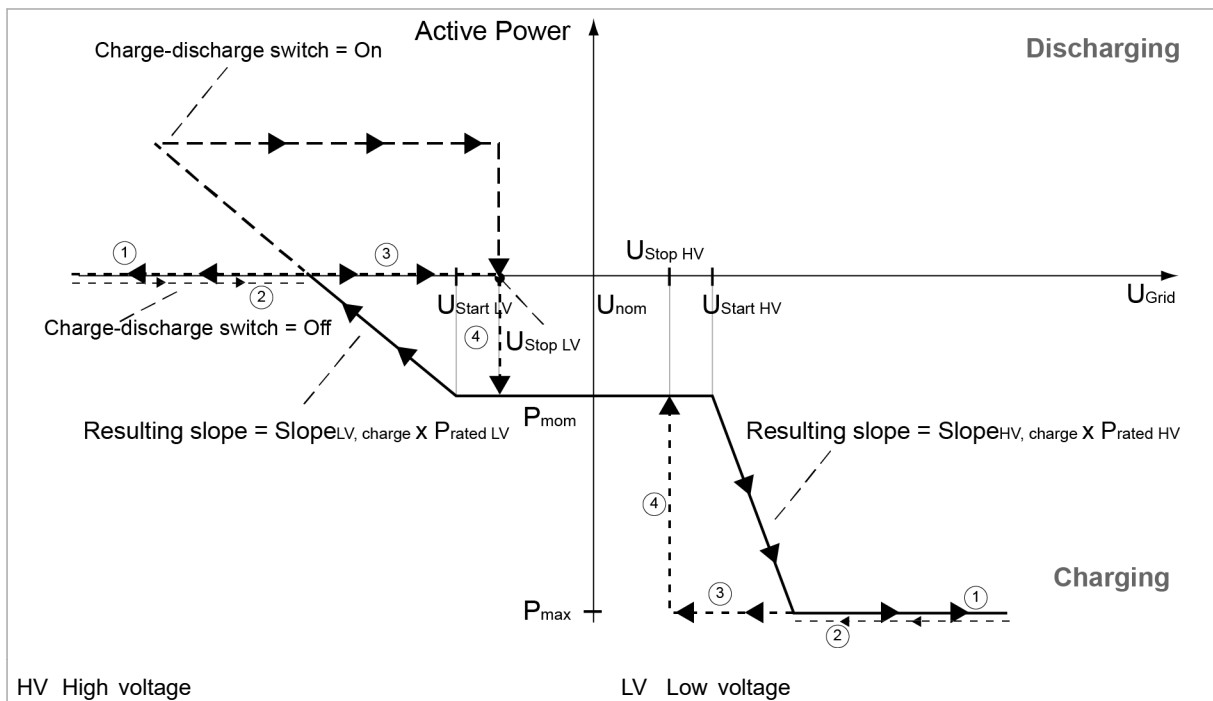
3. >Configuration >UL1741SA FRTs wählen.
4. Im Bereich "Fault ride through frequency settings" die gewünschten Werte eintragen.

## 2.4 Volt-Watt mode (SA15)

### Wirkleistung in Abhängigkeit von der Spannung

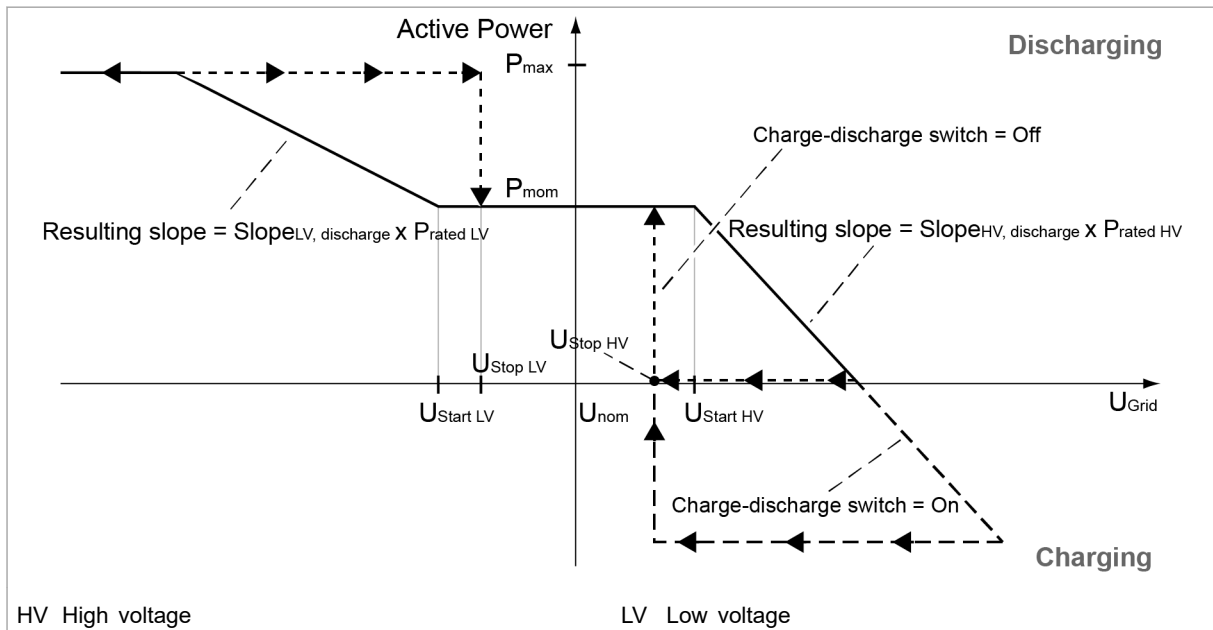
Die Funktion Volt-Watt mode (SA15) wird auch als "P(U) mode" bezeichnet.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Wirkleistung bezogen auf den arithmetischen Mittelwert der Leiter L1, L2, L3 in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einem definierten Kennlinienverlauf.



Laden: Kennlinie Funktion P(U)

Fig. 3



Entladen: Kennlinie Funktion P(U)

Fig. 4

**Funktion aktiv** Die Funktion ist aktiv, sobald eine dieser Bedingungen erfüllt ist:

- U<sub>Grid</sub> > U<sub>start\_HV</sub>
- U<sub>Grid</sub> < U<sub>start\_LV</sub>

**Funktion inaktiv** Die Funktion wird inaktiv geschaltet, sobald sich die Spannung wieder innerhalb des erlaubten Spannungsbereichs befindet und weitere Bedingungen erfüllt sind.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein, damit die Funktion P(U) inaktiv wird:

- U<sub>stop\_LV</sub> ≤ U<sub>Grid</sub> ≤ U<sub>stop\_HV</sub>
- "Return time" für "Return to NN" ist abgelaufen.
- Nach Ablauf der "Return time":
  - Wirkleistung vor Aktivierung der Funktion P(U) wird wieder erreicht.
  - Oder: "Max time" für "Return to NN" ist abgelaufen.

#### Hinweis

Das AC-DC-Modul wird durch diese Funktion nicht abgeschaltet.

Es sind die Einstellungen in der Funktion "Fault Ride Through" oder die Werkseinstellungen im Gerät, die zur Abschaltung führen.

## "P(U) mode" einschalten

- "P(U) mode" einschalten**
1. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
  2. Im Bereich "Grid code mode" bei "P(U) mode" wählen: "Active".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

- Parameter für "P(U) mode" eingeben**
3. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
  4. Im Bereich "P(U) mode settings" die gewünschten Werte eingeben.

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
High voltage: Voltage start	V	0,1	280	280	305
Low voltage: Voltage start	V	0,1	275	250	275
High voltage: Slope charge	% P <sub>rated</sub> /V	0,1	10	0	100
High voltage: Slope discharge	% P <sub>rated</sub> /V	0,1	10	10	100
Low voltage: Slope charge	% P <sub>rated</sub> /V	0,1	10	0	100
Low voltage: Slope discharge	% P <sub>rated</sub> /V	0,1	10	10	100
High voltage: Rated Power	–	–	1: Nominal power	0: Momentary power	1: Nominal power
Low voltage: Rated Power	–	–	1: Nominal power	0: Momentary power	1: Nominal power
High voltage: Voltage stop	V	0,1	280	278	305
Low voltage: Voltage stop	V	0,1	275	250	277
Charge-discharge switch	–	–	0: OFF	0: OFF	1: ON
"Return to NN": "Slope"	% W/s	0,01	1	1	10
"Return to NN": "Max time"	s	0,1	600	0	3600
"Return to NN": "Return to NN"	s	0,1	1	0	100

Einstellbare Parameter für Funktion P(U) (SA15)

Tab. 5

Parameter	Beschreibung
Voltage start	<p>Hier gibt es 2 Parameter. Einen für Überspannung und einen für Unterspannung.</p> <p>Die Startspannung ist die Spannung, ab der die Funktion P(U) aktiviert wird.</p> <p>Ist <math>U_{Grid} &gt; U_{start\_HV}</math> oder <math>U_{Grid} &lt; U_{start\_LV}</math> ist P(U) aktiv und die Funktion übernimmt die Kontrolle.</p>
Steigungen und Rated power	<p>Sobald die Funktion P(U) aktiviert wurde, wird die P(U)-Kennlinie abgefahren.</p> <p>Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung S, Leistungsfaktor <math>\cos\phi</math> und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden.</p> <p>Es gibt insgesamt 4 einstellbare Steigungen s:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entladen und Überspannung</li> <li>▪ Entladen und Unterspannung</li> <li>▪ Laden und Überspannung</li> <li>▪ Laden und Unterspannung</li> </ul> <p>Die jeweilige relative Steigung s wird mit der Einstellung für "Rated power" multipliziert, um die resultierende Steigung zu erhalten.</p> <p>Wahlmöglichkeiten für "Rated power" sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Nominal power" (25 kW)</li> <li>▪ "Momentary power": Scheinleistung vor Aktivierung der Funktion P(U) wird wieder erreicht.</li> </ul> <p><b>Beispiele</b></p> <p>Ist <math>s = 10\% \text{ W/V}</math> und "Rated power" = "Nominal power" (25 kW) =&gt; Resultierende Steigung = <math>10\% \times 25 \text{ kW/V} = 2,5 \text{ kW/V}</math>.</p> <p>Ist <math>s = 20\% \text{ W/V}</math> und "Rated power" = "Momentary power" und die Leistung zum Start der Funktion <math>P_{Mom} = 15 \text{ kW}</math> =&gt; Resultierende Steigung = <math>20\% \times 15 \text{ kW/V} = 3 \text{ kW/V}</math>.</p> <p><b>Hinweis</b></p> <p>Die Funktion P(U) ist kein reines „Fahren auf der Kennlinie“. Bei Überspannung gilt: Sobald sich die Spannung erhöht ist die Funktion P(U) ein Fahren auf der Kennlinie. Verringert sich die Spannung wieder, wird der momentane Wirkleistungswert während der Spannungsrückführung zu "Near nominal" konstant gehalten. Die Reduktion der Wirkleistung passiert erst im Modus "Return to NN".</p>
Charge-discharge switch	<p>Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(U)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.</p> <p>Schalter "Charge-discharge switch" auf "1: Switch possible" stellen, um die automatische Umschaltung zu erlauben.</p>
Voltage stop	<p>Hier gibt es 2 Parameter. Einer für Überspannung und einer für Unterspannung.</p> <p>Sobald <math>U_{stop\_LV} &lt; U_{Grid} &lt; U_{stop\_HV}</math> ist, wechselt die Funktion P(U) in den Return to NN mode.</p>
Return to NN mode	<p>Sobald sich die Netzspannung wieder zwischen <math>U_{stop\_HV}</math> und <math>U_{stop\_LV}</math> befindet, startet der "Return to NN mode". Zunächst wird eine festgelegte Zeit ("Return time") die Wirkleistung konstant gehalten. Nach Ablauf der "Return time" wird die Wirkleistung vor Aktivierung der Funktion P(U) wieder erreicht. mit der eingestellten Steigung ("Return to NN: Slope") angefahren. Die Funktion P(U) ist beendet, sobald die Wirkleistung vor Aktivierung der Funktion P(U) wieder erreicht wird oder die eingestellte "Max time" abgelaufen ist.</p>
Funktionalität	<p>Um die vordefinierte Wirkleistung P zu erhalten, wird Blindleistung Q so lange wie möglich konstant gehalten und die Scheinleistung S angepasst. Ist dies nicht mehr möglich wird der Leistungsfaktor <math>\cos\phi</math> in Richtung 1 gedreht.</p>

Beschreibung der Parameter

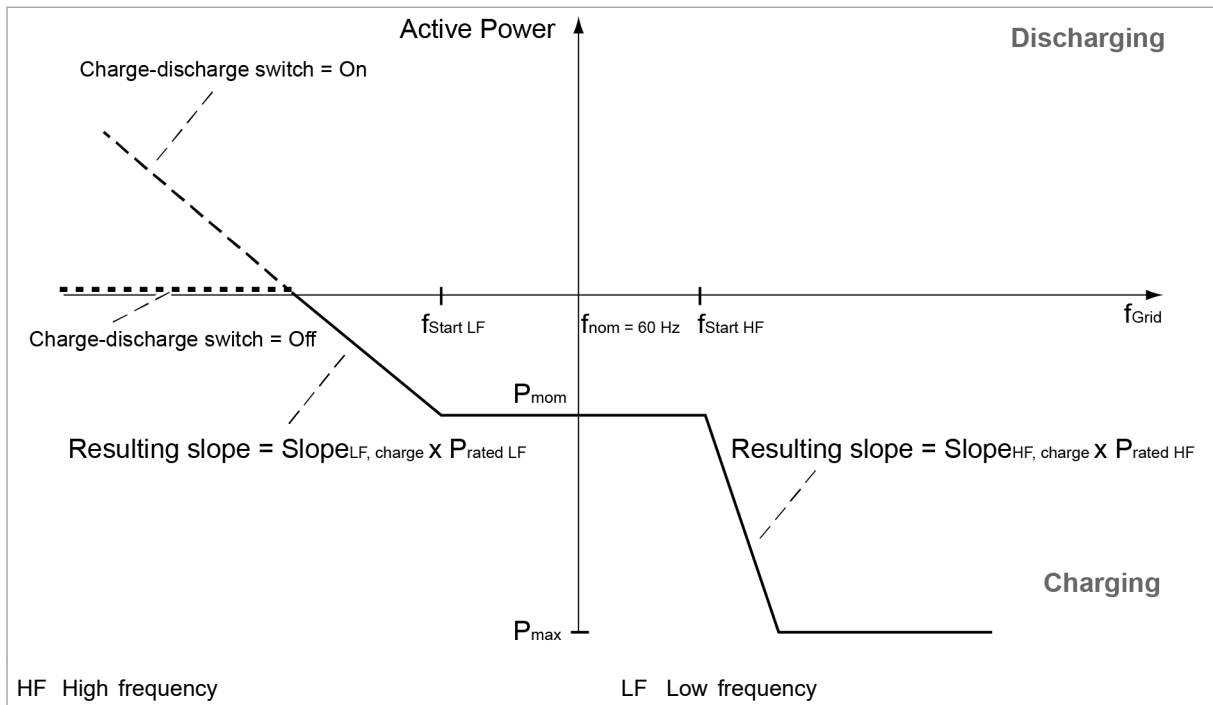
Tab. 6

## 2.5 Frequency-Watt mode (SA14)

### Wirkleistung in Abhängigkeit von der Netzfrequenz

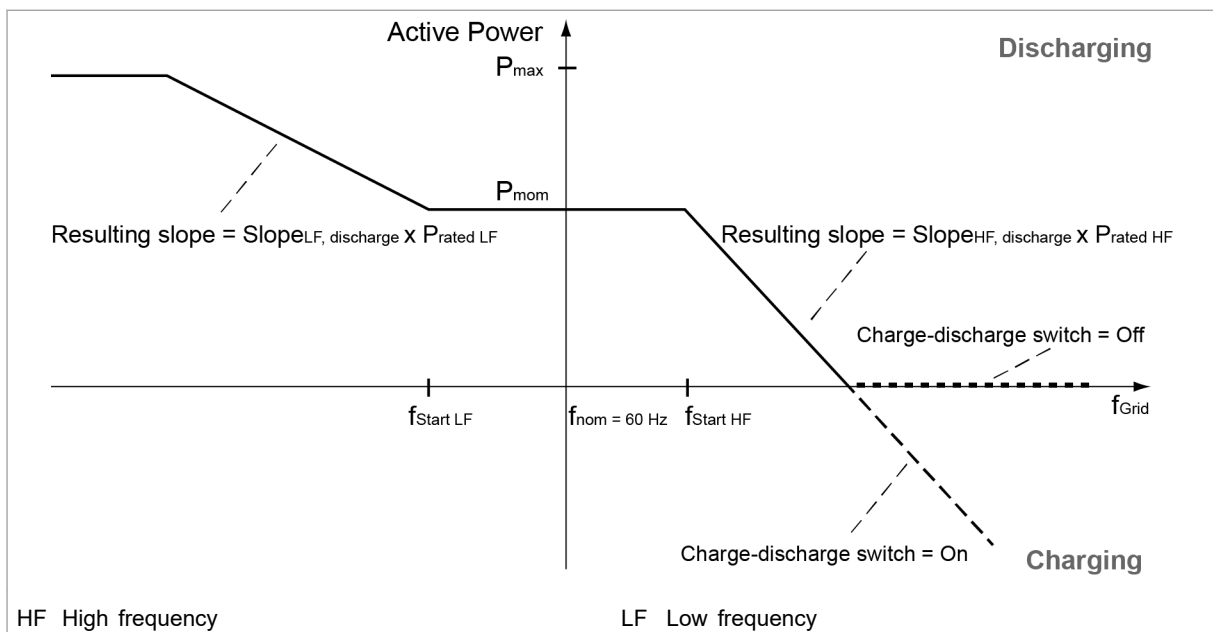
Die Funktion Frequency-Watt mode (SA14) wird auch als "P(f) mode" bezeichnet.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.



Laden: Kennlinie Funktion P(f)

Fig. 5



Entladen: Kennlinie Funktion P(f)

Fig. 6

**Funktion aktiv** Die Funktion ist aktiv, sobald eine dieser Bedingungen erfüllt ist:

- $f_{\text{Grid}} \geq f_{\text{start\_HF}}$
- $f_{\text{Grid}} \leq f_{\text{start\_LF}}$

**Funktion inaktiv** Die Funktion wird wieder inaktiv geschaltet, sobald die Frequenz wieder innerhalb des erlaubten Frequenzbereichs befindet. Hierbei gibt es einen Unterschied, ob zusätzlich der Alarm-Modus aktiv oder inaktiv ist.

- Ohne Alarm-Modus:  $f_{\text{start\_LF}} < f_{\text{Grid}} < f_{\text{start\_HF}}$
- Mit Alarm-Modus müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:
  - $f_{\text{start\_LF}} < f_{\text{Grid}} < f_{\text{start\_HF}}$
  - Zeitspanne (Duration) für den Alarm-Modus ist abgelaufen.

#### Hinweis

Das AC-DC-Modul wird durch diese Funktion nicht abgeschaltet.

Es sind die Einstellungen in der Funktion "Fault Ride Through" oder die Werkseinstellungen im Gerät, die zur Abschaltung führen.

## "P(f) mode" einschalten

- "P(f) mode" einschalten**
1. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.
  2. Im Bereich "Grid code mode" bei "P(f) mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

- Parameter für "P(f) mode" eingeben**
3. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.
  4. Im Bereich "P(f) mode settings" die gewünschten Werte eingeben.

Parameter	Einheit	Schrittweite	Default	Minimum	Maximum
High frequency: Frequency start	Hz	0,001	60.2	60.01	64.00
Low frequency: Frequency start	Hz	0,001	59.8	56.00	59.99
High frequency: Slope charge	% P <sub>rated</sub> /Hz	0,1	10	0	100
High frequency: Slope discharge	% P <sub>rated</sub> /Hz	0,1	50	25	100
Low frequency: Slope charge	% P <sub>rated</sub> /Hz	0,1	10	0	100
Low frequency: Slope discharge	% P <sub>rated</sub> /Hz	0,1	50	25	100
High frequency: Rated Power	–	–	1: Nominal power	0: Momentary power	1: Nominal power
Low frequency: Rated Power	–	–	1: Nominal power	0: Momentary power	1: Nominal power
Charge-discharge switch	–	–	0: Off	0: Off	1: On
Alarm mode	–	–	0: Off	0: Off	1: On
Alarm mode: Slope	% W/s	0,01	1	1	10
Alarm mode: Duration	s	0,1	60	0	3600

Einstellbare Parameter für Funktion P(f) (SA14)

Tab. 7

Parameter	Beschreibung
Frequency start	<p>Hier gibt es 2 Parameter. Einen für Überfrequenz und einen für Unterfrequenz. Die Startfrequenz ist die Frequenz, ab der die Funktion P(f) aktiviert wird. Ist <math>f_{Grid} \geq f_{start\_HF}</math> oder <math>f_{Grid} \leq f_{start\_LF}</math> ist P(f) aktiv und die Funktion übernimmt die Kontrolle.</p>
Steigungen und Rated power	<p>Sobald die Funktion P(f) aktiviert wurde, wird die P(f)-Kennlinie abgefahren. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung S, Leistungsfaktor <math>\cos\phi</math> und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden.</p> <p>Es gibt insgesamt 4 einstellbare Steigungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entladen und Überfrequenz</li> <li>▪ Entladen und Unterfrequenz</li> <li>▪ Laden und Überfrequenz</li> <li>▪ Laden und Unterfrequenz</li> </ul> <p>Die jeweilige relative Steigung s wird mit der Einstellung für "Rated power" multipliziert, um die resultierende Steigung zu erhalten.</p> <p>Wahlmöglichkeiten für "Rated power" sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Nominal power" (25 kW)</li> <li>▪ "Momentary power": Scheinleistung vor Aktivierung der Funktion P(U) wird wieder erreicht.</li> </ul> <p><b>Beispiele</b></p> <p>Ist <math>s = 10\% \text{ W/Hz}</math> und "Rated power" = "Nominal power" (25 kW) =&gt; Resultierende Steigung = <math>10\% \times 25 \text{ kW/Hz} = 2,5 \text{ kW/Hz}</math>.</p> <p>Ist <math>s = 20\% \text{ W/Hz}</math> und "Rated power" = "Momentary power" und die Leistung zum Start der Funktion P_Mom = 15 kW =&gt; Resultierende Steigung = <math>20\% \times 15 \text{ kW/Hz} = 3 \text{ kW/Hz}</math>.</p>

Parameter	Beschreibung
Charge-discharge switch	Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.  Schalter "Charge-discharge switch" auf "1: Switch possible" stellen, um die automatische Umschaltung zu erlauben.
Alarm mode	Ist der Alarm-Modus deaktiviert, wird die Funktion P(f) deaktiviert, sobald $f_{start\_LF} < f_{Grid} < f_{start\_HF}$ ist.  Ist der Alarm-Modus aktiviert sind danach für einen gewissen Zeitraum ("Alarm mode": "Duration") nur eingeschränkt Sollwertänderungen erlaubt. Der Sollwert S ändert sich mit einer Steigung von: $s = Slope \times S_{max}$ .
Funktionalität	Um die vordefinierte Wirkleistung P zu erhalten, wird Blindleistung Q so lange wie möglich konstant gehalten und die Scheinleistung S angepasst. Ist dies nicht mehr möglich wird der Leistungsfaktor $\cos\phi$ in Richtung 1 gedreht.

Beschreibung der Parameter

Tab. 8

## 2.6 Volt/Var mode (SA13)

### "Volt/Var mode" einschalten

Diese Funktion ermöglicht es, Blindleistung aus dem Netz aufzunehmen oder in das Netz abzugeben.

Die Funktion ist aktiv, sobald sich die Netzspannung außerhalb eines angegebenen Wertebereichs befindet. Dieser Wertebereich und weitere Schwellenwerte sind nach den Vorgaben des Netzbetreibers einzustellen.

Während die Funktion aktiv ist, kann der Anwender die Ausgangsscheinleistung, den Leistungsfaktor und die Phasenlage (induktiv/kapazitiv) nicht verändern.

#### "Volt/Var mode" einschalten

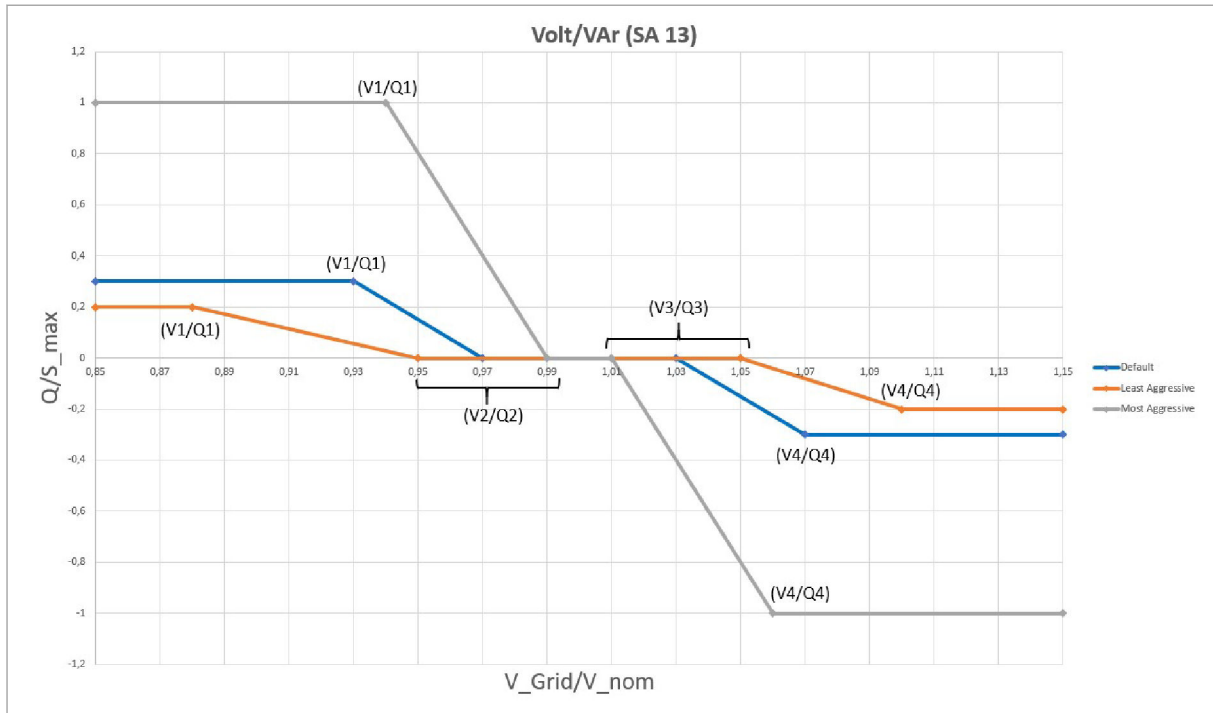
1. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Q(U)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

#### Parameter für Q(U) eingeben

3. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.

Es gibt 4 Wertepaare, die die Kennlinie definieren:  
Punkt1(V1;Q1 = "Max rated Q"), Punkt2(V2;Q2 = 0 kVAr),  
Punkt3(V3;Q3 = 0 kVAr), Punkt4(V4;Q4 = "Max rated Q"). Das

heißt, es gibt 5 Werte, die festgelegt werden müssen: V1 bis V4 und maximale Blindleistung "Max rated Q".



Strom-/Blindleistungskennlinie für die Bereiche, in denen Blindleistungskompensation erfolgt.

Fig. 7

4. Im Bereich "Q mode settings" bei "Q(U): ..." die gewünschten Werte eintragen.

Parameter	Default	Min	Max	Schrittweite
Voltage 1	93%	88% ( $\pm$ 244 V)	94% ( $\pm$ 260 V)	0,1
Voltage 2	97%	95 % ( $\pm$ 260 V)	99% ( $\pm$ 274 V)	0,1
Voltage 3	103%	101 % ( $\pm$ 280 V)	105% ( $\pm$ 291 V)	0,1
Voltage 4	107%	106% ( $\pm$ 291 V)	110% ( $\pm$ 305 V)	0,1
Max rated Q	30% kVAr	20% kVAr ( $\pm$ 5 kVAr)	100% kVAr ( $\pm$ 25 kVAr)	0,1

Wertebereiche für V1 bis V4 und "Max rated Q"

Tab. 9

Zwischen den Spannungsschwellwerten V2 und V1 bzw. V3 und V4 wird der Betrag der Blindleistung linear zu der sich ändernden Netzspannung an das Netz abgegeben.

Die Steigung zwischen diesen Spannungsschwellwerten ist abhängig von den vorher festgelegten Werten V1 bis V4 und "Max rated Q".

## 2.7 Specified power factor (SA12)

### Specified power factor einstellen

Mit dieser Funktion können ein konstanter Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und eine konstante Phasenlage für den Entladebetrieb vorgegeben werden.

Trotz des festgelegten Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  im Entladebetrieb, kann während des Betriebs zwischen Laden und Entladen umgeschaltet werden.

Betriebszustand	Bedeutung für Leistungsfaktor $\cos\varphi$	Einstellen
Entladen	Der vorgegebene Leistungsfaktor $\cos\varphi$ wird verwendet.	(siehe "Cos(Phi)-Wert eingeben", S. 25)
Laden	Es sind weiterhin alle Werte für Leistungsfaktor $\cos\varphi$ möglich.	>Operation >Device control AC-DC module im Bereich "Device control AC-DC" bei "Power factor (CosPhi)" den Wert eingeben. Gewähltes Zählpeilsystem beachten und Vorzeichen entsprechend setzen.
Entladen → Laden (Umschalten)	Es kann vom festen Wert für den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ im Entladebetrieb auf einen beliebigen Wert mit entgegengesetztem Vorzeichen in den Ladebetrieb umgeschaltet werden.	>Operation >Device control AC-DC module im Bereich "Device control AC-DC" bei "Power factor (CosPhi)" den Wert eingeben. Gewähltes Zählpeilsystem beachten und Vorzeichen entsprechend setzen.
Laden → Entladen (Umschalten)	Es kann von einem Wert für den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ im Ladebetrieb auf den festen Wert mit entgegengesetztem Vorzeichen in den Entladebetrieb umgeschaltet werden.	>Operation >Device control AC-DC module im Bereich "Device control AC-DC" bei "Power factor (CosPhi)" entgegengesetztes Vorzeichen eingeben (Wert irrelevant). Es wird auf Entladebetrieb mit festem Wert für den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ umgeschaltet.

Betriebszustände und Betriebszustände wechseln

Tab. 10

#### "Specified power factor" einschalten

1. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
2. Im Bereich "Grid code mode" bei "Q mode" wählen: "SPF cos(Phi)".

Die Funktion ist eingeschaltet.

#### Cos(Phi)-Wert eingeben

3. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
4. Im Bereich "Q mode settings" bei "SPF: cos(Phi) value" den gewünschten Wert eintragen.

Sobald am AC-DC-Modul die Leistungsabgabe aktiviert wurde ("Activate power stage"), wird der eingetragene Leistungsfaktor übernommen und kann für den Entladevorgang während des Betriebs nicht mehr verändert werden.

## 2.8 Normal ramp rate and soft-start ramp rate (SA11)

### Normal ramp rate and soft-start ramp rate einstellen

#### Rampe rate mode einstellen

Mit dieser Funktion kann im Entladebetrieb die Ausgangsscheinleistung linear von einem Soll-Wert zu einem neuen Soll-Wert gefahren werden. Die Steigung der linearen Sollwertänderung wird mit der Änderungsgeschwindigkeit [kVA/s] angegeben.

Voraussetzung:

- Entladebetrieb:  $\cos\varphi \geq 0$ .

1. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.
2. Im Bereich "Grid code mode" bei "Ramp rate mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

#### Parameter für Rampe rate mode eingeben

3. *>Configuration >UL1741SA Grid Codes* wählen.
4. Im Bereich "Ramp rate mode settings" bei "Ramp rate: slope" den gewünschten Wert eintragen.
  - Minimaler Steigungswert: 0,1 kVA/s
  - Maximaler Steigungswert: 833 kVA/s

Die "Ramp rate" ist für alle Sollwertänderungen im Entladebetrieb aktiv und gilt für die Leistungserhöhung genauso wie für die Leistungsverringerung.

## 2.9 Anti-islanding protection (SA8)

### Anti-islanding protection einschalten

Wird ein unbeabsichtigter Inselbetrieb erkannt, wird das AC-DC-Modul innerhalb von 2 s abgeschaltet.

Diese Funktion ist immer eingeschaltet, wenn ein "netzfolgender Betrieb" ausgewählt ist. Die Funktion ist im Hintergrund aktiv, unabhängig davon, ob weitere Grid-Code-Funktionen aktiviert sind.

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "General AC settings" bei "Controler and grid type selection" den Reglertyp sowie die Netzspannung und Netzfrequenz wählen:

- Netzstromregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
z. B. "Current control 400 V / 50 Hz (grid-tied only)"
- Spannungsregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
Zusätzlich bei "Voltage source mode" den Regelmodus "grid-following" wählen.  
z. B. "Voltage control 480 V / 60 Hz" und "grid-following".

## 2.10 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

### Ein-/Ausschaltbedingungen einstellen

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

#### "Switch on criteria" einschalten

1. >Configuration >UL1741SA FRTs wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

#### Parameter für "Switch on criteria" eingeben

3. >Configuration >UL1741SA Grid Codes wählen.
4. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.
  - Bei "Voltage min" und "Voltage max": Minimalen und Maximalen Wert für die Netzspannung eingeben.
  - Bei "Frequency min" und "Frequency max": Minimalen und Maximalen Wert für die Netzfrequenz eingeben.
  - Bei "Time": Zeitspanne eingeben.

Parameter	Einheit	Schrittweite	Standardwert	Bereich
Spannung, min.	V	0,01	263,15	250– 276
Spannung, max.	V	0,01	290,85	278– 300
Frequenz, min.	Hz	0,01	59,3	58 – 59,9
Frequenz, max.	Hz	0,01	60,5	60,1 – 61
Time	s	0,1	10	0 – 300

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 11

### 3. ARN4105

#### 3.1 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle.

Aus den Funktionen der Q modes kann im Vorfeld nur eine Funktion gewählt werden. Es kann somit immer nur die gewählte Funktion der Q modes eingreifen.

Hierarchie	Name der Funktion		Bedeutung der Funktion
0	Anti-islanding		Anti-islanding protection
1	RT voltage		Dynamische Netzstützung
2	Bypass		Reduzierung der Ausgangsleistung auf 0 kVA
3	P(f)		Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz
4	Q modes	Q(U)	Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
4	Statische Spannungshaltung/	Constant cosPhi	Fester Leistungsfaktor $\cos\phi$
4	Blindleistungsbereitstellung	cosPhi(P)	Leistungsfaktor-/Wirkleistungskennlinie $\cos\phi$ (P)

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Tab. 12

Die einzelnen Funktionen sind in weiteren Abschnitten gesondert beschrieben.

(Siehe auch "VDE-AR-N 4105.2018-11 – Erzeugungsanlage am Niederspannungsnetz".)

#### Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Step response for Q	Sprungantwortverhalten für Blindleistung Q  Diese Zusatzfunktionen verändert das Verhalten der Funktionen Q(U), Constant cos(Phi), cosPhi(P) und RT voltage.
Switch on criteria	Zuschaltbedingungen
Startup ramp	Zuschaltrampe
Active power limiting	Leistungsbegrenzer

Zusatzfunktionen

Tab. 13

## 3.2 Anti-islanding protection

### Anti-islanding protection einschalten

Wird ein unbeabsichtigter Inselbetrieb erkannt, wird das AC-DC-Modul innerhalb von 2 s abgeschaltet.

Diese Funktion ist immer eingeschaltet, wenn ein "netzfolgender Betrieb" ausgewählt ist. Die Funktion ist im Hintergrund aktiv, unabhängig davon, ob weitere Grid-Code-Funktionen aktiviert sind.

1. >Operation >AC-DC module settings wählen.
2. Im Bereich "General AC settings" bei "Controler and grid type selection" den Reglertyp sowie die Netzspannung und Netzfrequenz wählen:
  - Netzstromregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
z. B. "Current control 400 V / 50 Hz (grid-tied only)"
  - Spannungsregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
Zusätzlich bei "Voltage source mode" den Regelmodus "grid-following" wählen.  
z. B. "Voltage control 480 V / 60 Hz" und "grid-following".

## 3.3 Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"

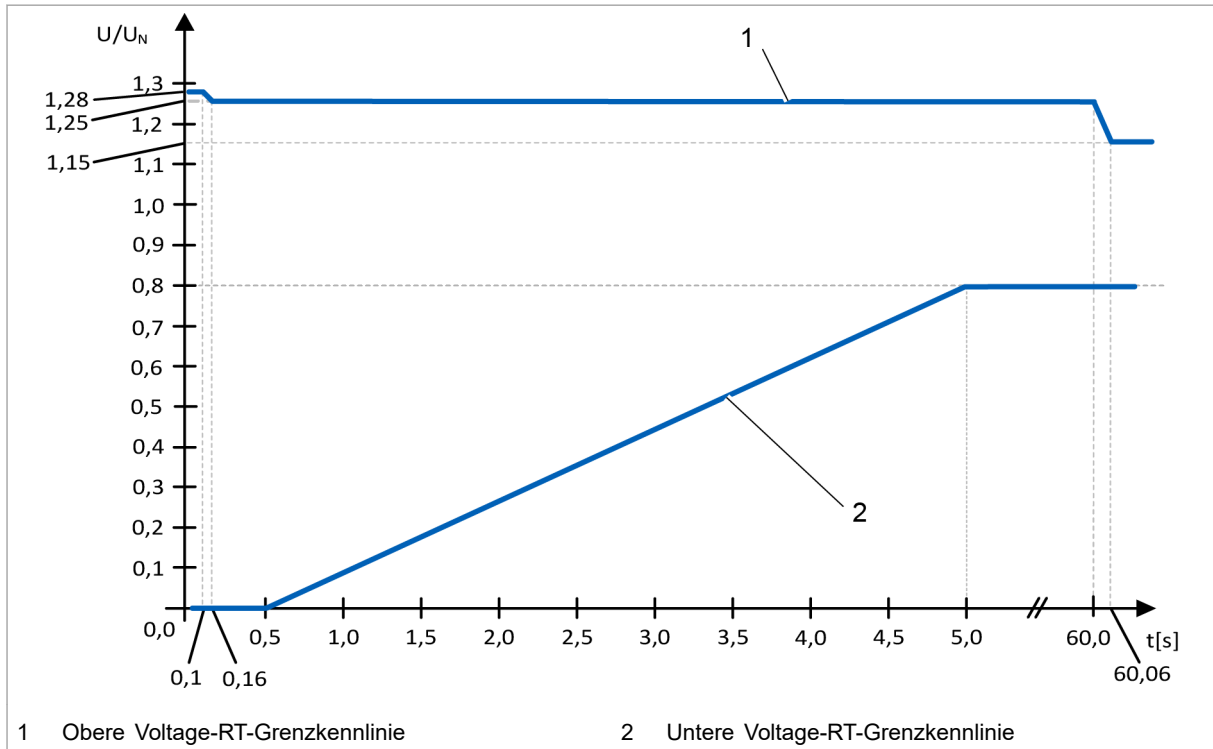
### Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"

Die Funktion "RT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

Verhalten bei extremen Netzschwankungen:

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 8", S. 30)
- Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Voltage-RT-Grenzkennlinie des AC-DC-Moduls

Fig. 8

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	128
2	0,1	128
3	0,16	125
4	60,0	125
5	60,06	115
6	∞	115

Obere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 14

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	0
2	0,5	0
3	5,0	80
4	∞	80

Untere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 15

Liegt die Netzspannung unterhalb von 85 % von  $U_{nom}$  oder oberhalb von 115 % von  $U_{nom}$  wird die Ausgangsscheinleistung so schnell wie möglich auf 0 kVA heruntergeregelt (max. 60 ms).

Dies ist ein kritischer Netzzustand und der Wechselrichter befindet sich im netzstützenden Betrieb: Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert

werden. Alle Eingaben zu diesen Größen werden ignoriert, solange der netzstützende Betrieb anhält.

Sobald der Netzfehler beendet ist, versucht das AC-DC-Modul den Vorfehlerwert wiederherzustellen. Dies geschieht entweder sofort oder mittels eines PT1-Verhaltens (siehe "[Step response for Q einschalten](#)", S. 46).

Netzfehler ist beendet, wenn eines dieser Kriterien erfüllt ist:

- Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen des Geräts befinden sich wieder innerhalb des Bereichs von  $-15\% U_{nom}$  bis  $+10\% U_{nom}$ .
  - Die kleinste der 3 Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen wird gegen die Unterspannungsgrenzkennlinie geprüft.
  - Die größte der 3 Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen wird gegen die Überspannungsgrenzkennlinie geprüft.
- 5 s nach Beginn des Netzfehlers sind vergangen.

Die Funktion "RT voltage mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

## "RT voltage mode" einschalten

1. `>Configuration >ARN4105` wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "RT voltage mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Zusätzlich zu dieser Funktion kann eine Sprungantwort eingestellt werden. (siehe "[Step response for Q einschalten](#)", S. 46)

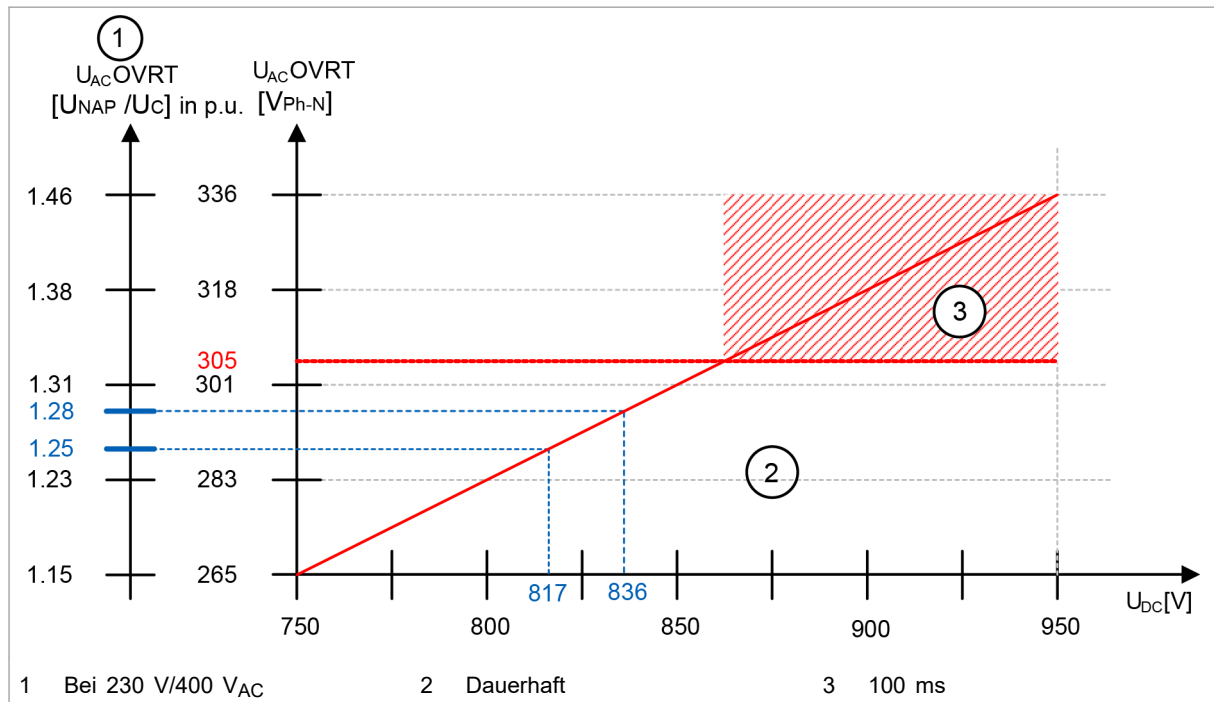
## Parametrierung "RT voltage mode"

Es sind keine Parameter einstellbar.

## Weitere Informationen zu "RT voltage mode"

### Trennung vom Netz bei Unterschreiten der Minimalspannung

Für die Überspannung gibt es eine zusätzliche Einschränkung: Die zum Zeitpunkt der Überspannung anliegende Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung. Die notwendige Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung wird in Abhängigkeit der Spannungserhöhung dargestellt.



Mindestanforderungen für Überspannungsfähigkeit des Geräts

Fig. 9

Liegt die Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung während einer netzseitigen Überspannung unterhalb der geforderten Minimalspannung, so droht ein unkontrollierter Strom aus dem Netz in Richtung der Batterie zu fließen. Zum Schutz des AC-DC-Moduls und der Batterie trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Um die Überspannungsfähigkeit zu garantieren, muss die minimale DC-Zwischenkreisspannung gemäß der gewählten AC-Netzspannung angepasst werden:

- Überspannungsfähigkeit von 125%:  $U_{dc\_min} = 817 \text{ V}$ .  
(Mindestanforderung nach Norm)
- Überspannungsfähigkeit von 128%:  $U_{dc\_min} = 836 \text{ V}$ .  
(maximale Überspannungsfähigkeit des TruConvert AC 3025)

#### Hinweis

Wenn die Batterie direkt am DC-Zwischenkreis angeschlossen wird, folgendes sicherstellen:

Die OCV-Batteriespannung muss mindestens der Minimalspannung  $U_{dc\_min}$  entsprechen.

## 3.4 Bypass

### Funktionsbeschreibung "Bypass"

Die Funktion "Bypass" setzt die Ausgangsleistung sofort auf  $S = 0$  kVA, sobald sie aktiv ist.

Da die Funktion "Bypass" höher als die meisten Grid-Codes priorisiert ist, kann die Leistung des Geräts auch bei aktivem Grid-Code auf  $S = 0$  kVA gesetzt werden.

### "Bypass" einschalten

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Grid code bypass function" wählen: "Set S to 0 W".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

### Parametrierung "Bypass"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Grid code bypass function (Modbus-ID: 4280)	Aktivieren/deaktivieren der Bypass-Funktion. Wenn aktiv, wird die Ausgangsleistung auf $S = 0$ kVA gesetzt.	–	0: Inactive	1: Set S to 0 W	0: Inactive	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Bypass"

Tab. 16

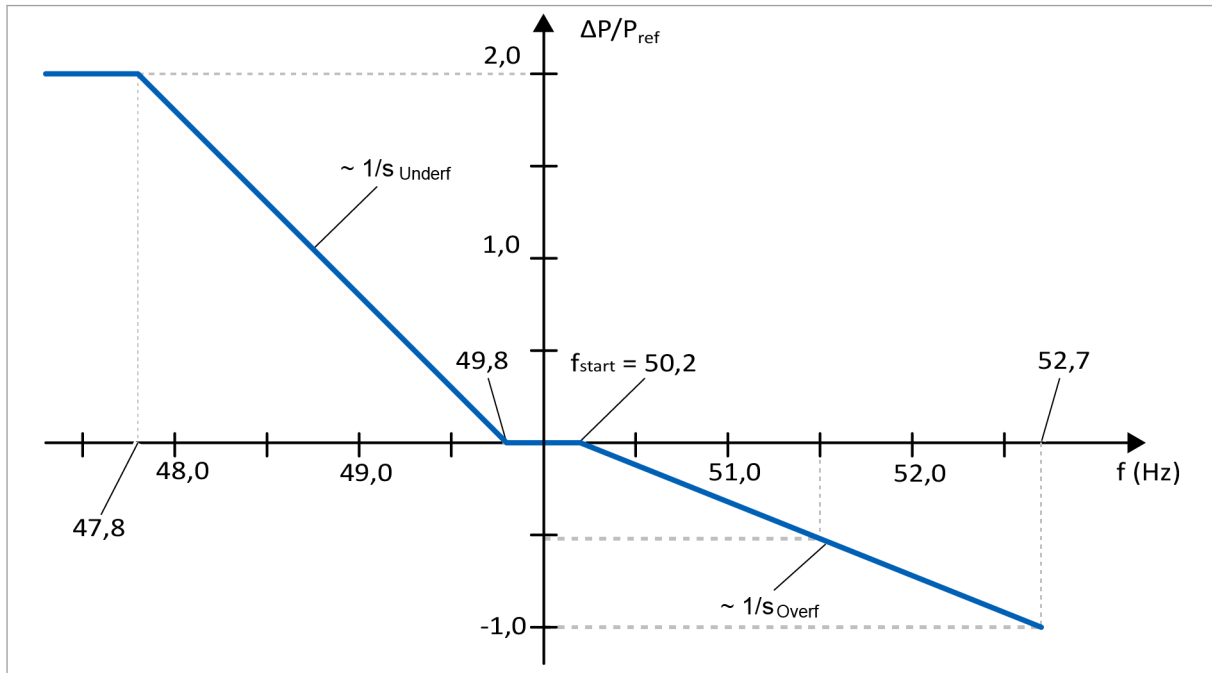
## 3.5 Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"

### Funktionsbeschreibung "P(f) mode"

Die Funktion "P(f) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

Beispielhafte Kennlinie für  $P(f)$ , hier mit  $s_{\text{Overf}} = 5\%$ ,  $s_{\text{Underf}} = 2\%$ ,  $P_{\text{mom}} = 100\% \times P_{b \text{ inst}}$ :



Kennlinie Funktion  $P(f)$

Fig. 10

### **P(f)-Funktion greift aktiv ein**

Die  $P(f)$ -Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters. Sie greift aktiv ein, sobald das definierte Toleranzband verlassen wurde. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der  $P(f)$ -Kennlinie.

Toleranzband:

$$49,8 \text{ Hz} \leq f_{\text{Grid}} \leq \text{Overf: frequency start}$$

### **Rückkehr in den Normalbetrieb**

Befindet sich die Netzfrequenz wieder innerhalb des definierten Toleranzbandes, so hat die Ausgangsleistung wieder ihren Vorfehlerwert für Scheinleistung  $S$  und Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  erreicht. Es liegt aber weiterhin ein kritischer Netzzustand vor. Für eine Zeitdauer von 10 min werden alle Sollwertänderungen der Wirkleistung durch einen festen Gradienten begrenzt. Der Wert des Gradienten liegt bei  $10\% P_{b \text{ inst}}/\text{min}$ . In den Geräteeinstellungen ist der Gradient so ausgeführt, dass die Scheinleistung begrenzt wird und der Vorgabewert des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  konstant bleibt. Die Wirkleistungsänderung fällt somit etwas langsamer aus als der eingestellte Gradient. Die Wirkleis-

tungsänderung kann jedoch nie schneller sein als  $10 \% P_{\text{binst}}/\text{min}$ .

Der kritische Netzzustand endet, nachdem sich die Netzfrequenz volle 10 min im zulässigen Toleranzband befunden hat. Alle damit verbundenen Einschränkungen sind aufgehoben.

### Anforderungen an die Blindleistung

Durch die P(f)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird die Blindleistung möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Verlassen des Toleranzbandes die momentane Blindleistung gespeichert und dieser Wert gehalten.

Sollte die maximale Scheinleistung nicht ausreichen, um die Wirkleistungsanforderung zu erfüllen, wird die bereitgestellte Blindleistung zugunsten der Wirkleistung reduziert.

## "P(f) mode" einschalten

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(f) mode" wählen: "P(f)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(f) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Overf: frequency start $f_{\text{start}}$	Überfrequenzgrenze	Hz	50.2	50.5	50.2	0.1
Overf: s charge s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Ladebetrieb	%	2.0	12.0	2.0	0.1
Underf: s charge s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz im Ladebetrieb	%	2.0	12.0	2.0	0.1
Overf: s discharge s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Entladebetrieb	%	2.0	12.0	2.0	0.1

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Underf: s discharge s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz im Entladebetrieb	%	2.0	12.0	2.0	0.1
Charge-discharge switch	Wenn aktiviert, darf von Lade- in Entladebetrieb gewechselt werden und umgekehrt. Wenn deaktiviert, dann Stop bei S = 0 kVA.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	0: No switch possible	1

Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz; S = Scheinleistung

Einstellbare Parameter für Funktion P(f)

Tab. 17

Parameter	Beschreibung
Overf: frequency start f <sub>start</sub>	<p>Dies ist die Obergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Die Obergrenze ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Die Untergrenze ist fest: 49,8 Hz.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p> <p>Wird die Ober- oder Untergrenze erreicht, wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Der Wert <math>P_{mom}</math> ist dabei der Mittelwert aller 3 Phasen. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst und bildet so die angepasste Leistung <math>P_{adapted}</math>.</p> $P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$
Overf: s charge Overf: s discharge s	<p>Diese 2 Statiken werden für den Fall einer Überfrequenz definiert. Welche Statik zum Einsatz kommt, hängt davon ab, ob der Wechselrichter zum Zeitpunkt der Frequenzüberschreitung im Lade- oder Entlademodus befindet.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei s = 2 % <math>\Rightarrow</math> 100 % <math>P_{ref}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei s = 12 % <math>\Rightarrow</math> 16,67 % <math>P_{ref}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p> <p>Bei Überfrequenz gilt: <math>P_{ref} = P_{mom}</math>.</p>

Parameter	Beschreibung
Underf: s charge Underf: s discharge s	Diese 2 Statiken werden für den Fall einer Unterfrequenz definiert. Welche Statik zum Einsatz kommt, hängt davon ab, ob der Wechselrichter zum Zeitpunkt der Frequenzüberschreitung im Lade- oder Entlademodus befindet.  Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei s = 2 % ⇒ 100 % P<sub>ref_down</sub> je Hertz</li> <li>▪ Bei s = 12 % ⇒ 16,67 % P<sub>ref_down</sub> je Hertz</li> </ul> P <sub>ref</sub> ist der Referenzwert für die Statik.  Bei Unterfrequenz gilt: P <sub>ref</sub> = P <sub>b_inst</sub> . P <sub>b_inst</sub> ist die installierte Leistung.
Charge-discharge switch	Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0: No switch possible Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird die Ausgangsleistung bei P = 0 kW festgehalten.</li> <li>▪ 1: Switch possible Der Wechsel von Erzeuger zu Verbraucher und umgekehrt ist erlaubt.</li> </ul>

Beschreibung der Parameter

Tab. 18

### Parameter für "P(f) mode" eingeben

1. >Configuration >ARN4105 wählen.
2. Im Bereich "P(f) mode settings" die gewünschten Werte eingeben.

### Weitere Informationen zu "P(f) mode"

#### Berechnung der angepassten Leistung

Bei Überfrequenz wird die Leistungsanpassung ΔP berechnet (Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz):

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - f_{start}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 11

Bei Unterfrequenz wird die Leistungsanpassung ΔP berechnet:

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - 49,8 \text{ Hz}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 12

Die angepasste Leistung wird anschließend berechnet:

$$P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$$

Fig. 13

### Beispiel

Zum Verständnis wird ein Beispiel für Überfrequenz gegeben mit folgenden Parametern:

Beschreibung	Symbol	Wert
Nennfrequenz	$f_n$	50.00 Hz
Obere Startfrequenz	$f_{start}$	50.20 Hz
Momentane Netzfrequenz	$f_{Grid}$	51.40 Hz
Statik zur Überfrequenz	$s = s_{discharge}$	2 %
Gespeicherter Wert der Wirkleistung beim Erreichen der oberen Startfrequenz	$P_{ref} = P_{mom}$	80 % von $P_{b\ inst}$
Charge-discharge switch	–	True

Tab. 19

Mit Referenzleistung gleich Momentanleistung ( $P_{ref} = P_{mom}$ ) ergibt sich folgende Leistungsanpassung  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \frac{51.40 - 50.20}{50} * \frac{1}{2\%} * 0.8 * P_{b\ inst} = 0,96 * P_{b\ inst}$$

Fig. 14

Und schließlich folgende Leistung:

$$P_{adapted} = 0.80 * P_{b\ inst} - 0.96 * P_{b\ inst} = -0.16 * P_{b\ inst}$$

Fig. 15

Für das genannte Beispiel wird die Leistung des AC-DC-Moduls von 80% Einspeisung zu 16% Bezug angepasst.

Bis zur Rückkehr in das definierte Toleranzband und bis zum Beenden des kritischen Netzzustandes erfolgt die Leistungsanpassung entsprechend der aktuell gemessenen Frequenz  $f_{Grid}$  (Fahren auf Kennlinie).

Statiken können nur positive Werte annehmen (netzstützende Rückkopplung). Bei Überfrequenz wird die Einspeiseleistung reduziert oder der Bezug vom Netz erhöht. Bei Unterfrequenz wird die Einspeiseleistung gesteigert oder der Bezug vom Netz reduziert.

### 3.6 Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung "Q modes"

Um die statische Netzstützung durch Blindleistung zu unterstützen kann eines der folgenden Verfahren ausgewählt werden:

- Blindleistung als Funktion der Netzspannung: "Q(U)"
- Fester Leistungsfaktor  $\cos\varphi$ : "Constant cosPhi"
- Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung: "CosPhi(P)"

#### Blindleistung als Funktion der Netzspannung "Q(U)"

##### Funktionsbeschreibung "Q(U)"

Die Funktion "Q(U)" steuert die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzspannung bezogene Blindleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Blindleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

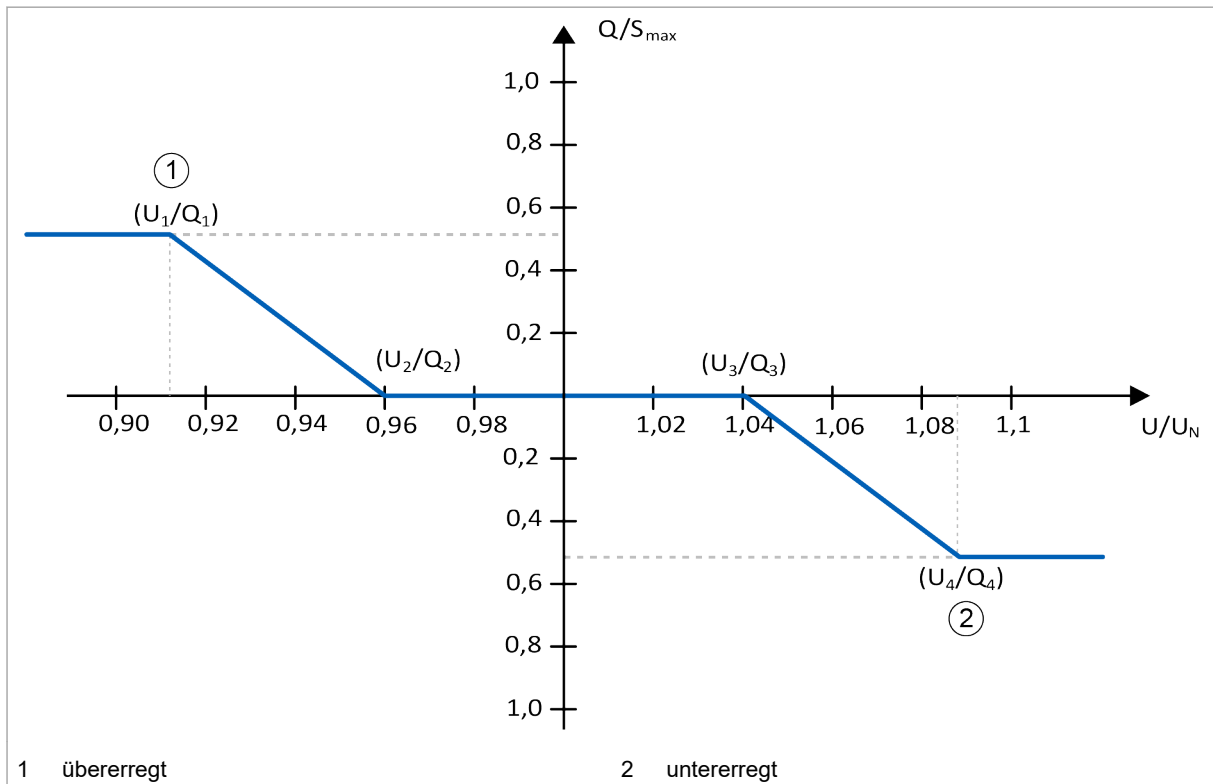


Fig. 16

Stützpunkt Nr.	Spannung [U/U <sub>N</sub> ]	Blindleistung [Q/S <sub>max</sub> ]
1	Voltage 1 (U1)	Q1
2	Voltage 2 (U2)	Q2 = 0.0
3	Voltage 3 (U3)	Q3 = 0.0
4	Voltage 4 (U4)	Q4 = Q1

Stützpunkte für die implementierte Kennlinie

Tab. 20

Innerhalb welcher Wertebereiche die einzelnen Stützpunkte liegen, ist für jeden Parameter definiert. (siehe "Parametrierung Q(U)", S. 41)

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung S, der Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und die Phasenlage vorgegeben werden.

Generell wird bei eingeschalteter Q(U)-Funktion die Eingabe des Soll-Wertes für die Scheinleistung ("Set value AC") als Wirkleistung P interpretiert.

- Im Normalbetrieb wird  $\cos\phi = 1$  gesetzt.
- Im gestörten Fall ergibt sich  $\cos\phi$  aus der Kennlinie. Aus der Soll-Wert-Vorgabe ( $\triangleq P$ ) und  $\cos\phi$  ergibt sich dann die wirklich abgegebene/aufgenommene Scheinleistung.

Durch die Q(U)-Kennlinie sind durch die Soll-Wert-Vorgabe ( $\triangleq P$ ) und die Netzspannung die Werte des Leistungsfaktors  $\cos\phi$

und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert.

Der durch die Kennlinie bestimmte Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  berechnet sich aus dem eingegebenen Soll-Wert und der vorgegebenen Blindleistung (Kennlinie).

$$\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{Q^2}{P^2 + Q^2}}$$

Fig. 17

### "Q(U)" einschalten

1. >Configuration >ARN4105 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Q(U)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Q(U)"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Q(U): voltage 1* U1	1. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0,88	0,95	0,93	0.01
Q(U): voltage 2* U2	2. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0,95	0,99	0,97	0.01
Q(U): voltage 3* U3	3. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	1,01	1,05	1,03	0.01
Q(U): voltage 4* U4	4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	1,05	1,10	1,07	0.01
Q(U): Q1 and Q4	Blindleistung beim 1. und 4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $S_{max}$	0,0	1,0	0,436	0.001
*) $U_{1-4} = x \% U_{nom}$ , $U_{nom} = 231 V$ Abkürzungen: p.u. = per unit						

Einstellbare Parameter für Funktion Q(U)

Tab. 21

## Parameter für Q(U) eingeben

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Q(U): ..." die gewünschten Werte eintragen.

## Weitere Informationen zu "Q(U)"

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die eingestellte Scheinleistung kleiner ist als die geforderte Blindleistung (Kennlinie). In diesem Fall wird die Scheinleistung automatisch entsprechend erhöht.
- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46)

## Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"

### Funktionsbeschreibung "Constant cosPhi"

Mit dieser Funktion können ein konstanter Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und eine konstante Phasenlage für den Entladebetrieb vorgegeben werden. Durch diesen konstanten Leistungsfaktor wird sichergestellt, dass immer etwas Blindleistung ins Netz abgegeben wird.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "Constant cosPhi" sind bei vorgegebener Scheinleistung durch die Grid-Code-Einstellungen die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die eingestellten Werte benutzt.

### "Constant cosPhi" einschalten

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Constant cos(Phi)".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Constant cosPhi"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Constant cosPhi: cosPhi	Konstanter Power Faktor im Entladebetrieb	–	0,0	1,0	0,9	0.01
Constant cosPhi: phase position	Konstante Phasenposition im Entladebetrieb	–	0: capacitive	1: inductive	0: capacitive	–

Einstellbare Parameter für Funktion Constant cosPhi

Tab. 22

### Parameter für "Constant cosPhi" eingeben

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Constant cosPhi" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Constant cosPhi"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46)

## Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"

### Funktionsbeschreibung "cosPhi(P)"

Die Funktion "cosPhi(P)" steuert die Blindleistungsbereitstellung durch einen veränderten Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung. Durch die Funktion kann eine vorgegebene Blindleistung in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung in das Netz abgegeben werden. Dies ist als cosPhi(S)-Kennlinie implementiert.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "cosPhi(P)" sind bei vorgegebener Scheinleistung die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage

eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die Werte der  $\cos\Phi(S)$ -Kennlinie genutzt.

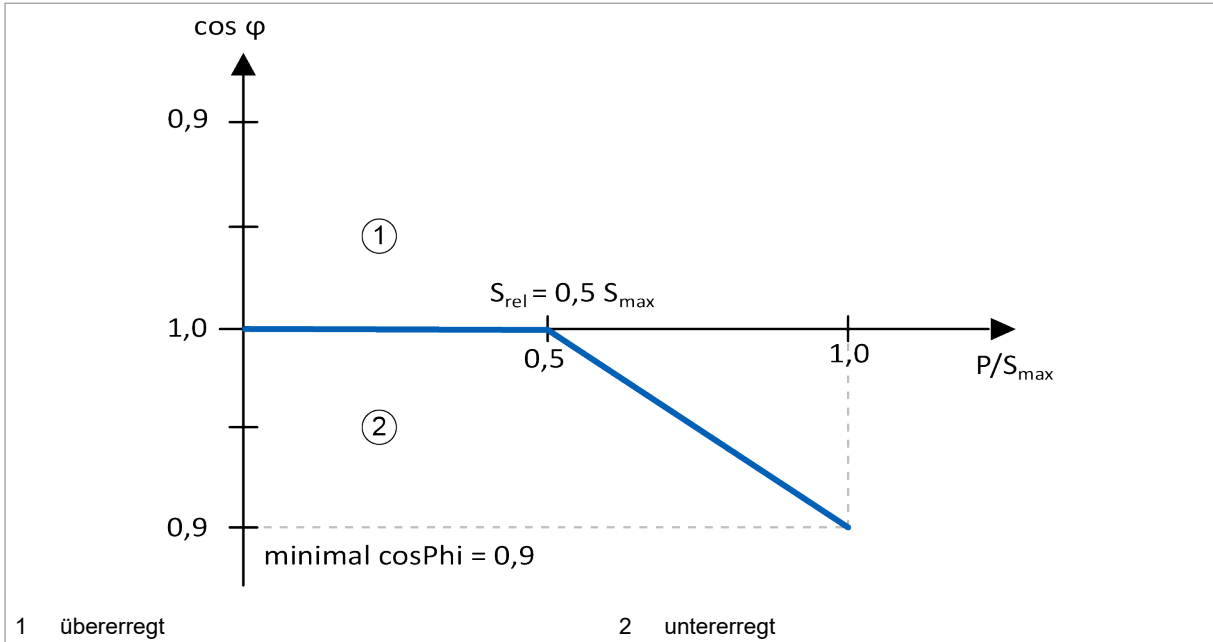


Fig. 18

### "cosPhi(P)" einschalten

1. >Configuration >ARN4105 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "cosPhi(P)".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "cosPhi(P)"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
CosPhi(P): Srel	Start der Blindleistungsbereitstellung	p.u. of $S_{max}$	0	1	0.5	0.01
CosPhi(P): minimal cosPhi	Minimales cosPhi bei maximaler Leistung	–	0	1	0.9	0.01

Abkürzungen: p.u. = per unit

Einstellbare Parameter für Funktion "cosPhi(P)"

Tab. 23

Parameter	Beschreibung
CosPhi(P): Srel	Für alle eingestellten Werte von $S/S_{\max} < S_{\text{rel}}$ wird ein fester Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 1$ angenommen. Erhöht sich der eingestellte Wert von S weiter, so folgt er der oben angegebenen Kennlinie, bis er seinen minimalen Leistungsfaktor "minimal cosPhi" erreicht.
CosPhi(P): minimal cosPhi	

Beschreibung der Parameter

Tab. 24

### Parameter für "cosPhi(P)" eingeben

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "cosPhi(P)" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "cosPhi(P)"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe ["Step response for Q einschalten"](#), S. 46)

## 3.7 Sprungantwort "Step response for Q"

### Funktionsbeschreibung "Step response for Q"

Für Änderungen der Blindleistung kann eine Sprungantwort eingestellt werden. Dies ist bei den 3 Q-Mode-Funktionen "Q(U)", "Constant cos(Phi)" und "cosPhi(P)" sowie bei der Funktion "RT voltage mode" möglich.

Die Sprungantwort definiert, in welchem Zeitraum der neue Wert erreicht wird. So kann eine eher abrupte oder allmähliche Änderung eingestellt werden.

Die Zeitkonstante  $\tau$  bestimmt dabei die Geschwindigkeit der Änderung. Nach  $3\tau$  sind etwa 95 % des Soll-Wertes erreicht.

$$Q(t) = Q_{\text{set}} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Fig. 19

## "Step response for Q" einschalten

1. >Configuration >ARN4105 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Activate step response for Q" wählen: "PT1 of Q".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Step response for Q"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
PT1 of Q: tau	$\tau$ ist die Zeitkonstante der Sprungantwort.	s	1.0	30.0	3.0	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "Step response for Q"

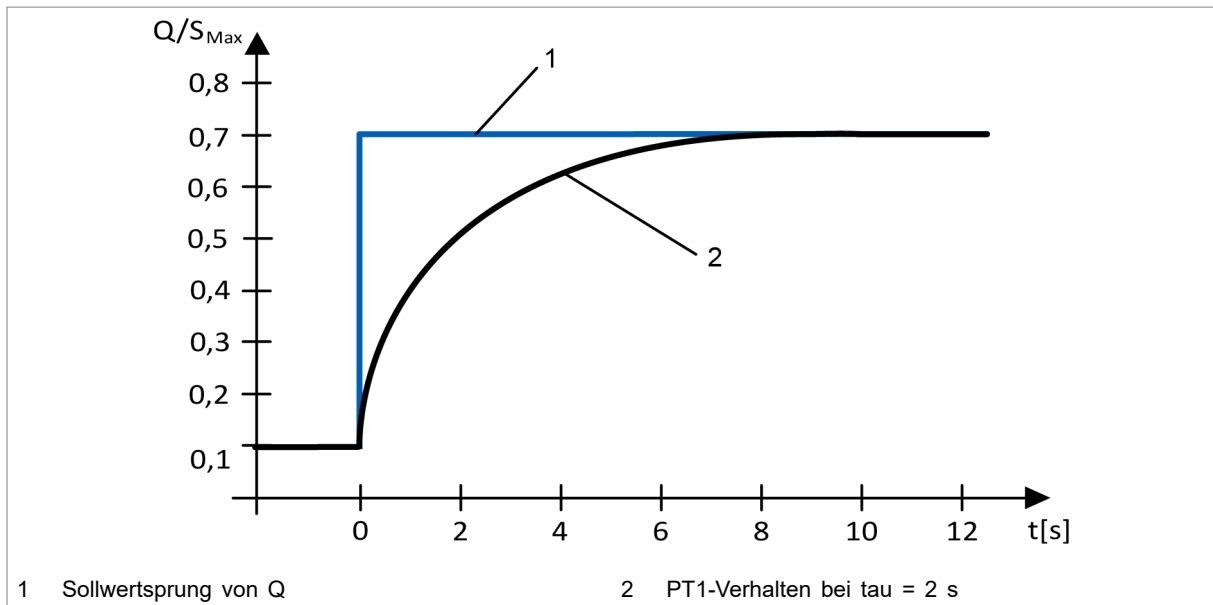
Tab. 25

### Hinweis

Die Sprungantwort wirkt sich nur auf das Wiedereinschalten nach einem Netzfehler aus. Nicht bei normalem Einschalten oder Sollwertänderungen.

### Parameter für "Step response for Q" eingeben

1. >Configuration >ARN4105 wählen.



Kennlinie für Sprungantwort (Beispiel)

Fig. 20

2. Im Bereich "Step response for Q settings" bei "PT1 of Q: tau" die gewünschten Werte eintragen.

### 3.8 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

#### Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

Das AC-DC-Modul erwartet einen externen Befehl, um sich wieder mit dem Netz zu verbinden. Es erfolgt keine automatische Wiedereinschaltung.

#### "Switch on criteria" einschalten

1. `>Configuration >ARN4105` wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Switch on criteria"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Voltage min	Minimaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	0.80	0.99	0.85	0.01
Voltage max	Maximaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.01	1.15	1.10	0.01
Frequency min	Minimaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	44.0	49.9	47.5	0.1
Frequency max	Maximaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	50.1	56.0	50.1	0.1
Time	Zeitspanne der Zuschaltüberprüfung	s	0.1	300.0	60.0	0.1

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 26

### Parameter für "Switch on criteria" eingeben

1. >Configuration >ARN4105 wählen.
2. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.

## 3.9 Zuschaltrampe "Startup ramp"

### Funktionsbeschreibung "Startup ramp"

Die Funktion "Startup ramp" sorgt dafür, dass beim Zuschalten des Geräts ans Netz der Sollwert der Wirkleistung mit einer linearen Rampe angefahren wird.

### "Startup ramp" einschalten

1. >Operation >AC-DC module settings wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Startup ramp after next power stage activation" wählen: "Active".

oder

- Modbus ID 4282

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

## Parametrierung "Startup ramp"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Startup ramp slope	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	6	3000	10	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Startup ramp"

Tab. 27

### Parameter für "Startup ramp" eingeben

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Startup ramp slope" die gewünschten Werte eintragen.

## Weitere Informationen zu "Startup ramp"

Die Zuschaltrampe startet, wenn das erste Mal Energie ins Netz eingespeist wird.

Die Zuschaltrampe ist nur im Entlademodus aktiv.

## 3.10 Leistungsbegrenzer "Active power limiting"

### Funktionsbeschreibung "Active power limiting"

Die Funktion "Active power limiting" sorgt dafür, dass eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  mit einer linearen Rampe angefahren wird.

Ist die Funktion eingeschaltet, kann dem AC-DC-Modul eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  vorgegeben werden.

Die Funktion greift aktiv ein, sobald der gewünschte Sollwert größer ist als der eingestellte  $P_{max}$ -Wert. Die Ausgangswirkleistung wird auf den angegebenen  $P_{max}$ -Wert begrenzt und dieser  $P_{max}$ -Wert wird mit einer linearen Rampe angefahren. Die Rampe hat eine Steigung von  $0,5 \% \times P_{nom}$  pro Sekunde.

## "Active power limiting" einschalten

1. *>Configuration >ARN4105* wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Activate active power limit ramp" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Active power limiting"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Active power limit (Modbus-ID: 4281)	Zielwert der Rampe	% of $P_{nom}$	0.00	200.00	150.00	0.01

Einstellbare Parameter für Funktion "Active power limiting"

Tab. 28

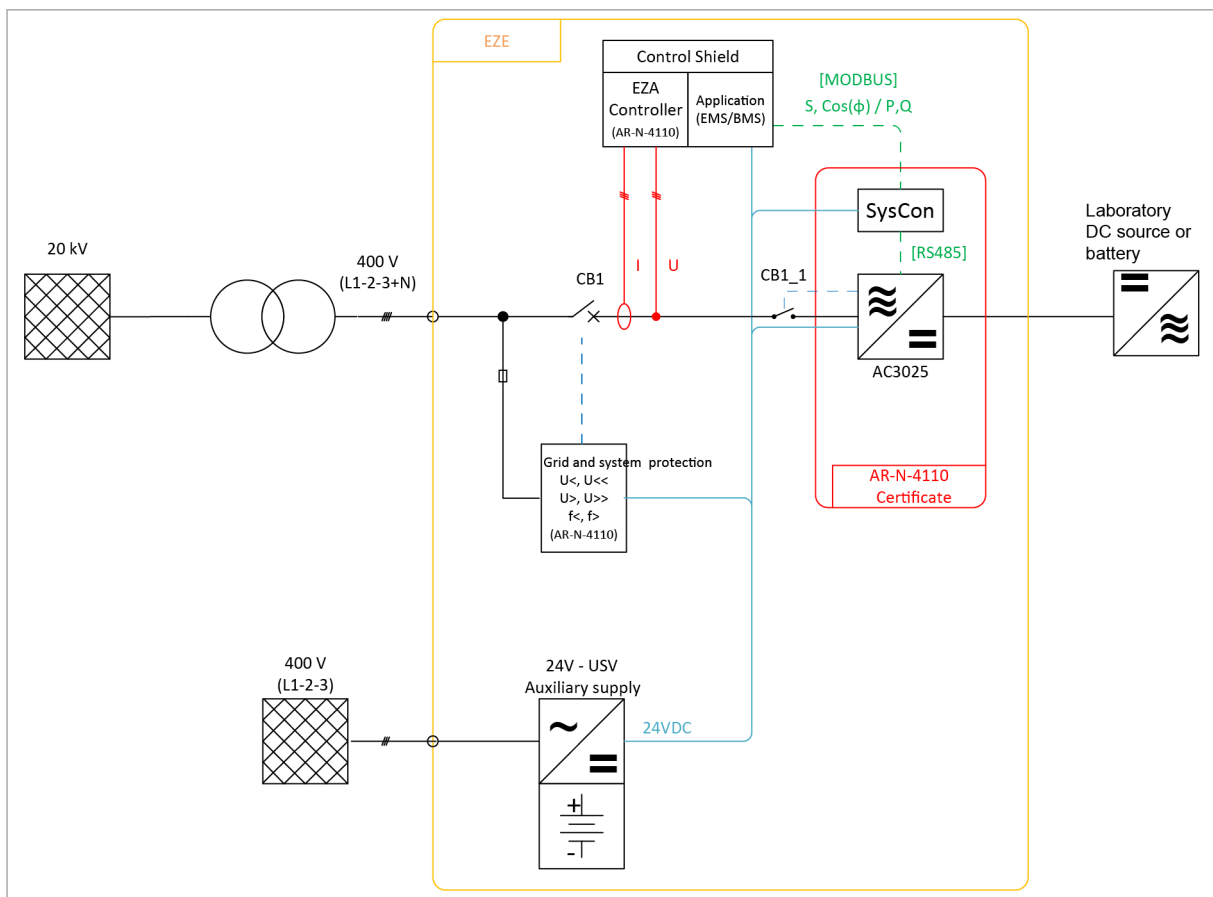
## Parameter für "Active power limiting" eingeben

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Active power limit" den gewünschten Wert eintragen.

## 4. ARN4110

### 4.1 Voraussetzungen zur Einhaltung der ARN4110

Um die ARN4110 einzuhalten, müssen externe Komponenten eingebunden werden, mit deren Hilfe am zentralen Anschlusspunkt der Erzeugungsanlage die Wirk- und Blindleistungsvorgaben sowie die Funktion des Netzentkupplungsschutzes umgesetzt werden. Die gesamte Anlage muss als Ganzes zertifiziert werden. Die im Folgenden geschilderten Anforderungen sind als Leitpfad zu verstehen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



Erforderliche externe Komponenten für ARN4110

Fig. 21

Um die Anlage als vollständige Erzeugungseinheit (EZE) bzw. Erzeugungsanlage (EZA) zu betreiben, sind externe Zusatzkomponenten erforderlich:

- NA-Schutz (nach ARN4110 zertifiziert)
- EZA-Regler mit zugehörigen Messwandlern (nach ARN4110 zertifiziert)

- FRT-fähige 24-V-Stromversorgung
- Netzseitiger und wechselrichterseitiger Schalter (CB1, CB1\_1) (siehe "Fig. 21", S. 51).

**Beispiel für externe Komponenten**

Komponente	Hersteller	Typ	Weitere Informationen
Strom-Messwandler	WAGO	855-2701/064-001	64 A, Genauigkeitsklasse 1
Leistungsmessung	WAGO	750-494/000-001	–
EZA-Regler	WAGO	750-8212/025-001 (PFC200) + 2759-203/211-1000 (Power Plant Control)	SW-Baustein (nach ARN4110 zertifiziert) Auf PFC200 2nd Gen.
24-V <sub>DC</sub> -Netzteil	PULS	QT20.241	24 V / 480 W
24-V <sub>DC</sub> -USV	WAGO	787-870 + 787-876	24 V / 1,2 Ah Autonomie > 5 min
NA-Schutz	ZIEHL	UFR1001E	(nach ARN4110 zertifiziert)
Netzseitiger Schalter CB1	EATON	DILMP125(RDC24)	<b>Hinweis</b> Auslegung ist anwendungs- und NAP-spezifisch.
Wechselrichterseitiger Schalter CB1_1	EATON	DILMP125(RDC24)	–

Beispielhafte Auswahl von notwendigen externen Komponenten Tab. 29

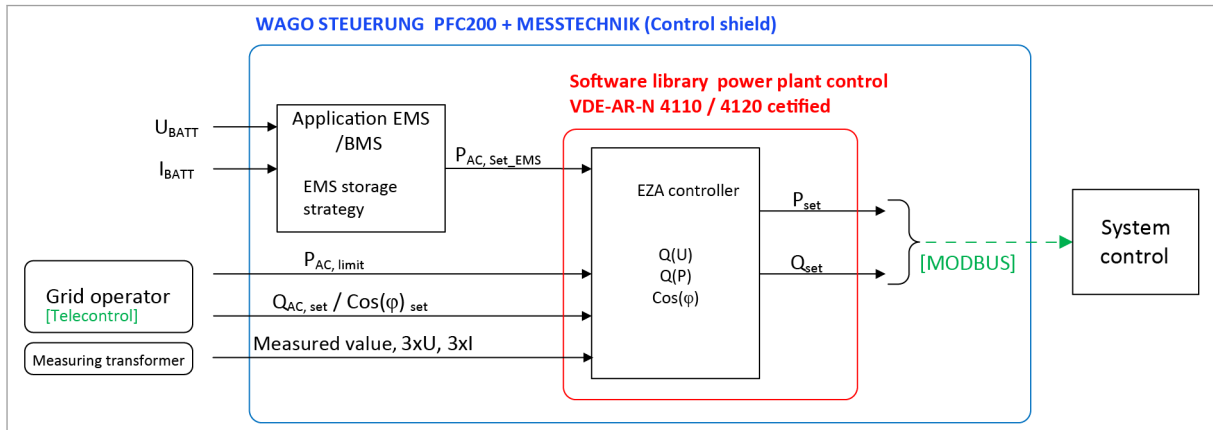
## Zertifizierter Regler

Die Umsetzung der statischen Netzstützung bzw. die Aufbereitung der Sollwerte zur Blindleistungsfahrweise und Wirkleistungsbegrenzung wird durch einen "EZA-Regler" übernommen. Dieser EZA-Regler ist ein Softwarebaustein, der auf einer SPS läuft. Der EZA-Regler priorisiert und koordiniert die Vorgaben des Netzbetreibers und der Applikation. Er erzeugt anschließend passende Wirk- und Blindleistungssollwerte.

Die Komponenten des Herstellers WAGO wurden für den EZA-Regler-Aufbau exemplarisch ausgewählt (siehe "Tab. 29", S. 52). Um die Zertifizierung für den WAGO EZA-Regler zu erhalten, ist dieser auf einer SPS Typ "PFC 200" der zweiten Generation (oder neuer) umzusetzen.

Lösungen von alternativen Anbietern sind zulässig, sie müssen folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Zertifizierung nach VDE-AR-N4110 (Gültige Fassung)
- Sollwertausgabe über Modbus
- Kompatibilität zu gängigen Fernwirktechniken (IEC 60870, Rundfunkempfänger, Binäreingänge)



Beispiel für Sollwertaufbereitung in der zentralen Steuerung (Applikation + EZA-Regler)

Fig. 22

Signal	Bedeutung
$U_{BATT}$	Batteriespannung
$I_{BATT}$	Batteriestrom
$P_{AC,SOLL\_EMS}$	Wirkleistungssollwert des Energie- oder Batteriemanagementsystems
$P_{AC\_begrenzung}$	Wirkleistungsbegrenzung durch den Netzbetreiber
$Q_{AC\_SOLL} / \cos(\varphi)\_SOLL$	Blindleistungs- oder $\cos(\varphi)$ -Vorgabe durch den Netzbetreiber
$P_{SOLL}$	Wirkleistungsvorgabe aus dem zertifizierten EZA-Regler
$Q_{SOLL}$	Blindleistungsvorgabe aus dem zertifizierten EZA-Regler

Erläuterung zu den Ein- und Ausgangssignalen des EZA-Reglers

Tab. 30

## Messtechnik am zentralen Netzanschlusspunkt (NAP)

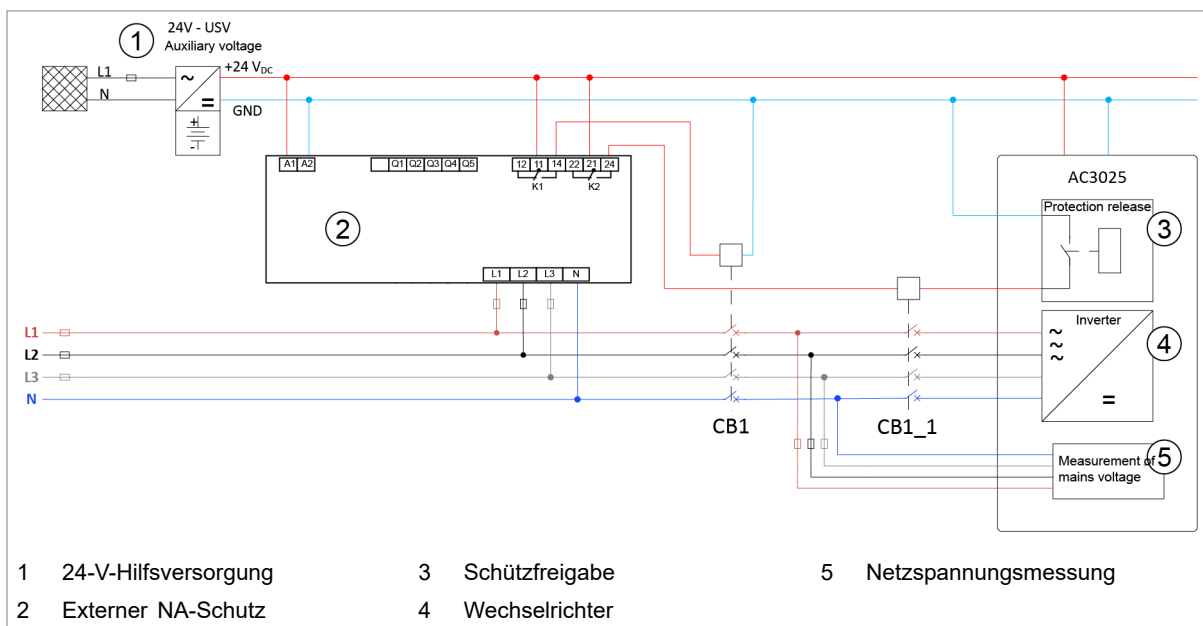
Strom, Spannung und Leistung müssen vom zentralen Regler am Netzanschlusspunkt erfasst werden. Die Messwandler müssen die Anforderungen in Kap. 6.2.2.7 der ARN4110 erfüllen.

Zitat aus ARN4110: "Messkerne und Messwicklungen zum Anschluss von EZA-Reglern für die Blindleistungsregelung / statische Spannungshaltung müssen mindestens der Klasse 0,5, bei

Anschlusscheinleistungen der Kundenanlage >1 MVA mindestens der Klasse 0,2, genügen."

## Netz-Anlagen-Schutz (NA-Schutz)

Die Funktion des NA-Schutzes wird durch einen externen NA-Schutz (nach ARN4110 zertifiziert) gewährleistet. Dieser NA-Schutz steuert den zentralen Kuppelschalter CB1 (siehe "Fig. 23", S. 54). Als Beispiel wird hier das Gerät Typ UFR1001E vom Hersteller Ziehl verwendet. Über einen eigenen Relaiskontakt steuert der Wechselrichter den Schalter CB1\_1.



Beispiel zur Einbindung von Eigen- und Entkupplungsschutz

Fig. 23

Lösungen von alternativen Anbietern sind zulässig, sie müssen folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Zertifizierung nach VDE-AR-N4110 (Gültige Fassung)
- 3-phasige Netzüberwachung
- Schützfregabe über 2 Relaiswechsler-Kontakte (K1, K2)
- Parameter sind durch Passwort schützbar

Hersteller	Typ
ABB	CM-UFD.M31
Ziehl	UFR1001E

NA-Schutz: Beispiele für Anbieter und Typen

Tab. 31

### Hinweis

Die NA-Schutzeinrichtung muss **ohne** Ausklemmen von Drähten geprüft werden können. Hierfür ist eine Prüfklemmleiste zur Schutzprüfung zu installieren, gemäß Abschnitt 11.4.17 der VDE-AR-N-4110:2018-11.

Der TruConvert AC 3025 selbst besitzt keine Prüfklemmleiste. Die Prüfklemmleiste auf EZA-Ebene ist projektspezifisch auszuführen.

## Netzseitiger Schalter (CB1)

Der netzseitige Schalter (CB1) dient als Kuppelschalter und sorgt für eine 4-polige galvanische Trennung.

Lösungen von alternativen Anbietern sind zulässig, sie müssen folgende Mindestanforderungen erfüllen:

Bezeichnung	Bedingung	Einheit	Beschreibung
Anzahl der Pole	$N \geq 3$	–	Entsprechende PE-Ausführung
Nennstrom bei 60 °C	$\geq 1,5 \times I_r \times N_{AC3025}$	A	$N_{AC3025}$ ist die Anzahl der parallel geschalteten Wechselrichter TruConvert AC 3025 innerhalb der EZA. Bei einer einzigen EZE, $N_{AC3025} = 1$ .
Nennspannung	$\geq 400$	$V_{AC}$	–
Kurzschlussstromfestigkeit SCCR	k.a.	kA	Auslegung gemäß der Kurzschlussleistung des Netzanschlusspunktes NAP.
Steuerspannung	k.a.	–	Gemäß Gesamtkonzept für Hilfsversorgung und Steuerspannung.
Zeitverzögerung (Schließen)	$\leq 60$	ms	–
Zeitverzögerung (Öffnen)	$\leq 60$	ms	–
Zeit Lichtbogenerlösch	$\leq 25$	ms	–

Anforderungen an den netzseitigen Schalter CB1

Tab. 32

## Hilfsversorgung

Die eingesetzte Hilfsversorgung muss einen Schutz gegen Spannungseinbrüche aufweisen. Dies kann mit einer zusätzlichen USV-Funktionalität erzielt werden. Die USV-Funktionalität kann abgedeckt werden, in dem eine zusätzliche USV vor das 24-VDC-Netzteil geschaltet wird oder ein 24-VDC-Netzteil mit integrierter USV-Funktionalität verwendet wird. Der netzseitige Eingang der Hilfsversorgung muss für einen Frequenzbereich von 47 Hz bis 53 Hz ausgelegt sein. Es ist darauf zu achten, dass

der Eingangsspannungsbereich auch die HVRT-Grenzen der gewählten Nennspannung vom Hilfsnetz einhält.

Die USV-Funktionalität bzw. der Puffer muss so ausgelegt sein, dass bei maximaler Last der Hilfsversorgung eine Autonomie von mindestens 5 s gewährleistet ist. Diese Autonomie muss auch dann gewährleistet sein, wenn der USV-Puffer das Ende seiner regulären Lebenszeit erreicht hat.

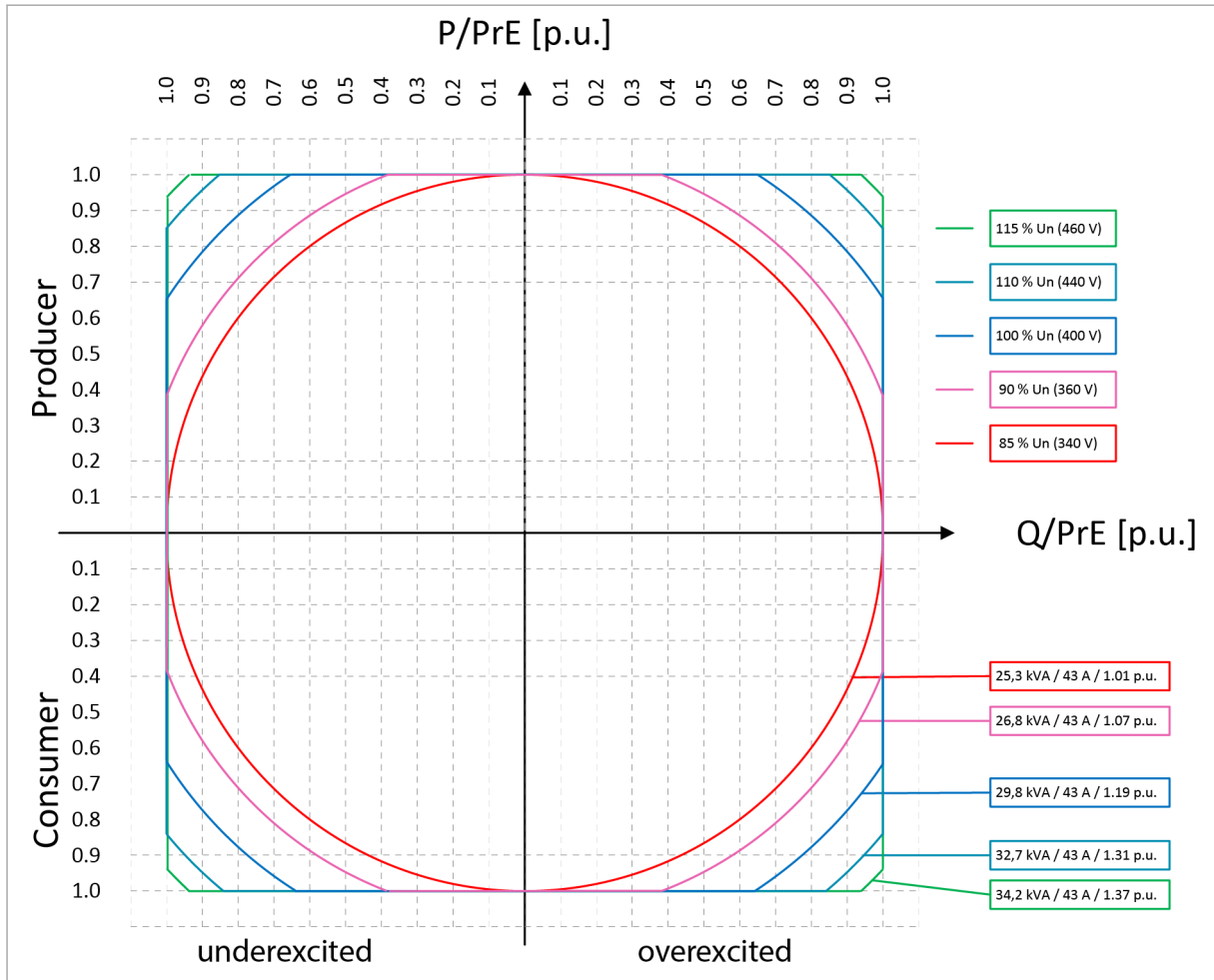
Die Wartung bzw. der präventive Austausch der Batterie oder des USV-Puffers soll gemäß Angaben des Herstellers erfolgen, spätestens jedoch beim Auftreten einer Warnmeldung. Der Puffer muss nicht zwangsläufig eine Batterie sein.

## **Blindleistungsvermögen bei Verwendung der ARN4110**

Das spannungsabhängige Blindleistungsvermögen des Wechselrichters ändert sich wenn die ARN4110 unter den Grid-Codes gewählt wird.

Die einstellbaren Arbeitspunkte bzw. der Arbeitsbereich wird gemäß Bild (siehe "Fig. 24", S. 57) und Tabelle (siehe "Tab. 33", S. 58) definiert. Die nominale Scheinleistung von 25 kVA wird bei jeder Betriebsspannung von 0.85 bis 1.15 p.u. (z. B. 85 % bis 115 % der Nominalspannung) und über den gesamten Wirk-Blindleistungskreis erbracht.

Sollte die Wirkleistungsvorgabe kombiniert mit der Blindleistungsvorgabe des Netzbetreibers das gesamte Scheinleistungsvermögen der Einheit übersteigen, so wird in der Sollwertvorgabe des EZA-Reglers die Blindleistungsvorgabe priorisiert und die Wirkleistungsvorgabe entsprechend reduziert.



P-Q-Diagramm für die Funktion als Speicher im Spannungsbereich 0.85 bis 1.15 p.u.

Fig. 24

Spannung [p.u]	Wirkleistung P/PrE [p.u]	$Q_{max}$ unter/übererregt [p.u]
1.15	1	0.93
1.15	0.93	1
1.15	-0.93	1
1.15	-1	0.93
1.1	1	0.84
1.1	0.84	1
1.1	-0.84	1
1.1	-1	0.84
1	1	0.65
1	0.65	1
1	-0.65	1
1	-1	0.65
0.9	1	0.38
0.9	0.38	1
0.9	-0.38	1
0.9	-1	0.38

Spannung	Wirkleistung P/PrE	Q <sub>max</sub> unter/übererregt
0.85	1	0
0.85	0	1
0.85	0	1
0.85	-1	0

Maximale Blindleistung an Eckpunkten von Spannung und Wirkleistung Tab. 33

## 4.2 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle.

Hierarchie	Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
1	RT voltage	Dynamische Netzstützung
2	P(f)	Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen Tab. 34

Die einzelnen Funktionen sind in weiteren Abschnitten gesondert beschrieben.

(Siehe auch "VDE-AR-N 4110.2018-11 – Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb".)

### Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Switch on criteria	Zuschaltbedingungen

Zusatzfunktionen Tab. 35

## 4.3 Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"

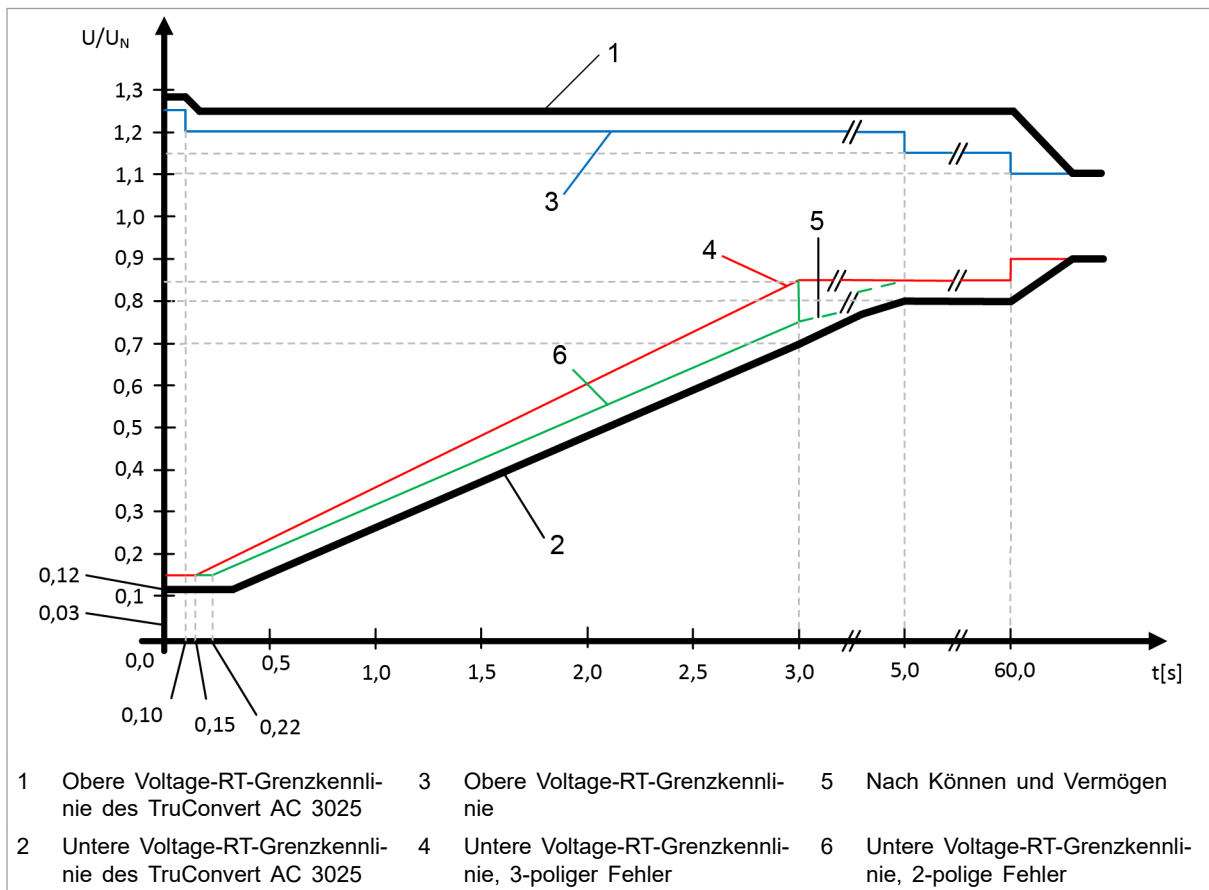
### Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"

Die Funktion "RT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

### Verhalten bei Netzfehler oder sprunghafter Spannungsänderung (Voltage RT)

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 25", S. 59)
- Zusätzlich kann angegeben werden, in welchem Modus das AC-DC-Modul am Netz bleiben soll:
  - Modus 1 – Dynamische Netzstützung:  
Zusatzblindströme im Mit- und Gegensystem werden gemäß den Vorgaben aus ARN4110 eingepreist.
  - Modus 2 – Eingeschränkte dynamische Netzstützung:  
Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Voltage-RT-Grenzkennlinie des AC-DC-Moduls

Fig. 25

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	128
2	0,1	128
3	0,16	125

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
4	60,0	125
5	65,0	110
6	∞	110

Obere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie Tab. 36

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	12
2	0,3	12
3	3,0	70
4	5,0	80
5	60,0	80
6	65,0	90
7	∞	90

Untere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie Tab. 37

**Verhalten bei Netzfehler**

Ein Netzfehler wird erkannt, wenn die Leiter-Leiter-Spannungen (bezogen auf die Mittelspannung) eines dieser Kriterien erfüllt:

- Das ±10%-Toleranzband der Nennspannung wird über- oder unterschritten.
- Die Spannung steigt oder fällt sprunghaft in Bezug auf den 1-Minuten-Mittelwert der Vorfehlerspannung.  
(Es wird kontinuierlich der Spannungsmittelwert über die vorangegangene Minute berechnet.)

Diese beiden Kriterien werden für jede Leiter-Leiter-Spannung beobachtet und als Spannungseinbruch gekennzeichnet, wenn die kleinste der drei Leiter-Leiter-Spannungen eines der Kriterien erfüllt. Analog wird eine Spannungserhöhung gekennzeichnet, wenn die größte der drei Leiter-Leiter-Spannung eines der Kriterien als erstes erfüllt.

Bis zum Fehlerende werden die Kundesollwerte für Wirk- und Blindleistung ignoriert und stattdessen die Netzbetreibervorgaben erfüllt.

Die Funktion "RT voltage mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

**Modus 1 – Dynamische Netzstützung**

Wenn ein Netzfehler auftritt, wird ein Blindstrom eingepreßt gemäß eingestelltem "K-Faktor". Für einen Spannungseinbruch (LVRT) wird ein übererregter Blindstrom eingepreßt. Für einen Spannungshub (HVRT) wird ein untererregter Blindstrom eingepreßt. Amplitude und Winkel der einzelnen Ströme werden gesteuert, um den geforderten Vorgaben für das Mit- und Gegenstromsystem zu entsprechen.

Der geforderte Blindstrom wird innerhalb von 30 ms eingeregelt (Anschwingzeit) und innerhalb von 60 ms stabilisiert (Einschwingzeit).

Der einzuspeisende zusätzlicher Blindstrom berechnet sich aus der Spannungsdifferenz der Netzspannung zum 1-Minuten-Mittelwert der Spannung vor dem Netzfehler und dem Verstärkungsfaktor (siehe "Fig. 26", S. 61). Diese Gleichung gilt für das Mit- und Gegensystem.

$$\Delta I_B = k \times \Delta U$$

Fig. 26

Dabei ist k der Verstärkungsfaktor und  $\Delta U$  die relative Spannungsänderung bezogen auf die vereinbarte Versorgungsspannung  $U_C$  gemäß Gleichung:

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

Fig. 27

$\Delta I_B$  ist der zusätzliche Blindstrom, der während eines Netzfehlers eingepreßt wird.

Die Sollwertberechnung für den zusätzlichen Blindstrom (siehe "Fig. 26", S. 61) erfolgt getrennt im Mit- und im Gegensystem.

Der resultierende Blindstrom aus Vorfehlerblindstrom und eingepreßtem Zusatzblindstrom ergibt den FRT-bedingtem Blindstrom.

Übersteigt die Kombination aus Wirkstrom und FRT-bedingtem Blindstrom den maximalen Scheinstrom, so wird der Wirkstrom anteilig reduziert.

## Modus 2 – Eingeschränkte dynamische Netzstützung

Liegt die Netzspannung unterhalb von 70 % von  $U_{nom}$ , wird der Strom in allen Phasen so schnell wie möglich auf 0 A heruntergeregelt (max. 30 ms).

### Verhalten nach Netzfehlerende

Netzfehler ist beendet, wenn eines dieser Kriterien erfüllt ist:

- Alle Netzspannungen kehren in das  $\pm 10\%$ -Toleranzband zurück.

Das AC-DC-Modul stellt die Vorfehlerwerte für Wirk- und Blindleistung wiederher (max. 1 s).

- 5 s nach Beginn des Netzfehlers sind vergangen, ohne dass die Netzspannungen in das  $\pm 10\%$ -Toleranzband zurückkehren.

Das AC-DC-Modul stellt die Vorfehlerwerte für Wirk- und Blindströme wiederher (max. 1 s). Dies erfolgt mittels eines PT1-Verhaltens und einer Zeitkonstante  $\tau = 200$  ms.

Das Fehlerende durch Zeitüberschreitung erklärt wird, kann eintreten, wenn:

- Eine sprunghafte Spannungsänderung innerhalb vom  $\pm 10\%$ -Toleranzband stattgefunden hat. Eine Rückkehr

ins Toleranzband ist nicht möglich, da es nicht verlassen wurde.

- Mindestens eine Spannung das  $\pm 10\%$ -Toleranzband verlassen hat und nicht  $\pm 10\%$ -Toleranzband zurückkehrt.

## "RT voltage mode" einschalten

1. >Configuration >ARN4110 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "RT voltage mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "RT voltage mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Calculation mode	Art der Netzstützung <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1: Normal (dynamische Netzstützung)</li> <li>▪ 2: Restricted (Eingeschränkte dynamische Netzstützung)</li> </ul>	–	1	2	1	1
K factor	Verstärkungsfaktor Gemäß Vorgaben des Netzbetreibers setzen.	–	0.0	6.0	2.0	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "RT voltage mode"

Tab. 38

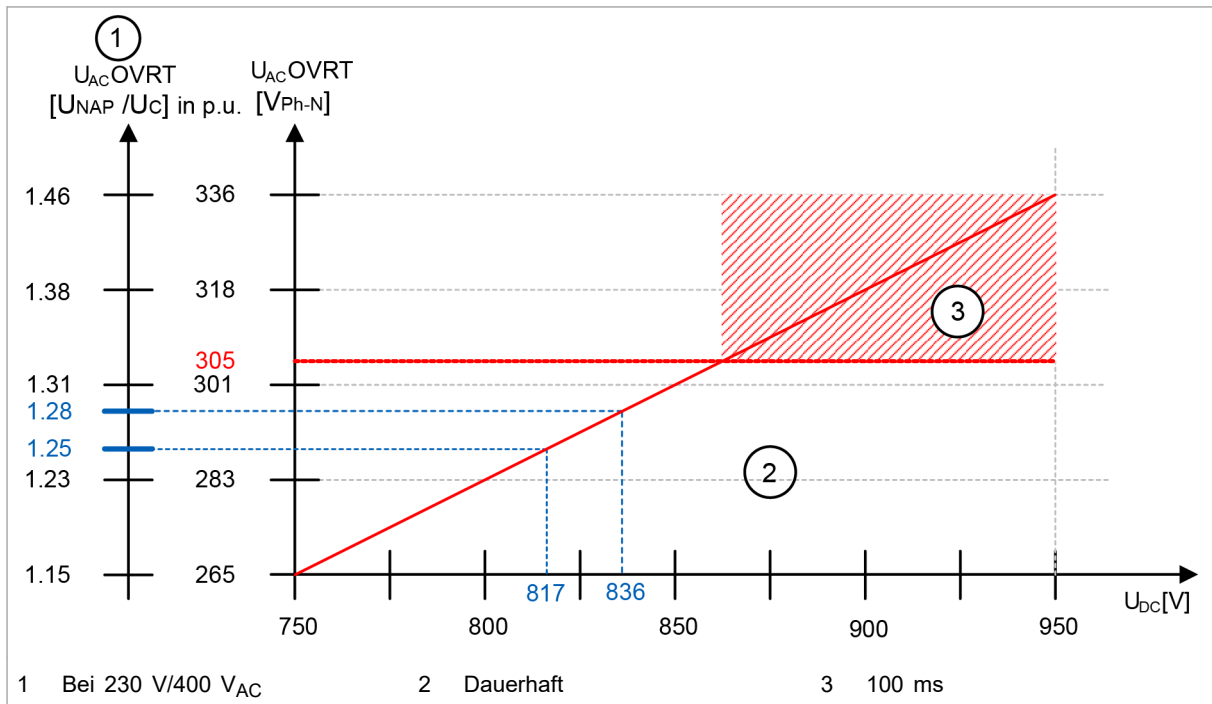
## Parameter für "RT voltage mode" eingeben

1. >Configuration >ARN4110 wählen.
2. Im Bereich "Voltage Ride Through settings" die gewünschten Werte eintragen.

## Weitere Informationen zu "RT voltage mode"

### Trennung vom Netz bei Unterschreiten der Minimalspannung

Für die Überspannung gibt es eine zusätzliche Einschränkung: Die zum Zeitpunkt der Überspannung anliegende Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung. Die notwendige Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung wird in Abhängigkeit der Spannungserhöhung dargestellt.



Mindestanforderungen für Überspannungsfähigkeit des Geräts

Fig. 28

Liegt die Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung während einer netzseitigen Überspannung unterhalb der geforderten Minimalspannung, so droht ein unkontrollierter Strom aus dem Netz in Richtung der Batterie zu fließen. Zum Schutz des AC-DC-Moduls und der Batterie trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Um die Überspannungsfähigkeit zu garantieren, muss die minimale DC-Zwischenkreisspannung gemäß der gewählten AC-Netzspannung angepasst werden:

- Überspannungsfähigkeit von 125%:  $U_{dc\_min} = 817 \text{ V}$ . (Mindestanforderung nach Norm)
- Überspannungsfähigkeit von 128%:  $U_{dc\_min} = 836 \text{ V}$ . (maximale Überspannungsfähigkeit des TruConvert AC 3025)

### Hinweis

Wenn die Batterie direkt am DC-Zwischenkreis angeschlossen wird, folgendes sicherstellen:  
Die OCV-Batteriespannung muss mindestens der Minimalspannung  $U_{dc\_min}$  entsprechen.

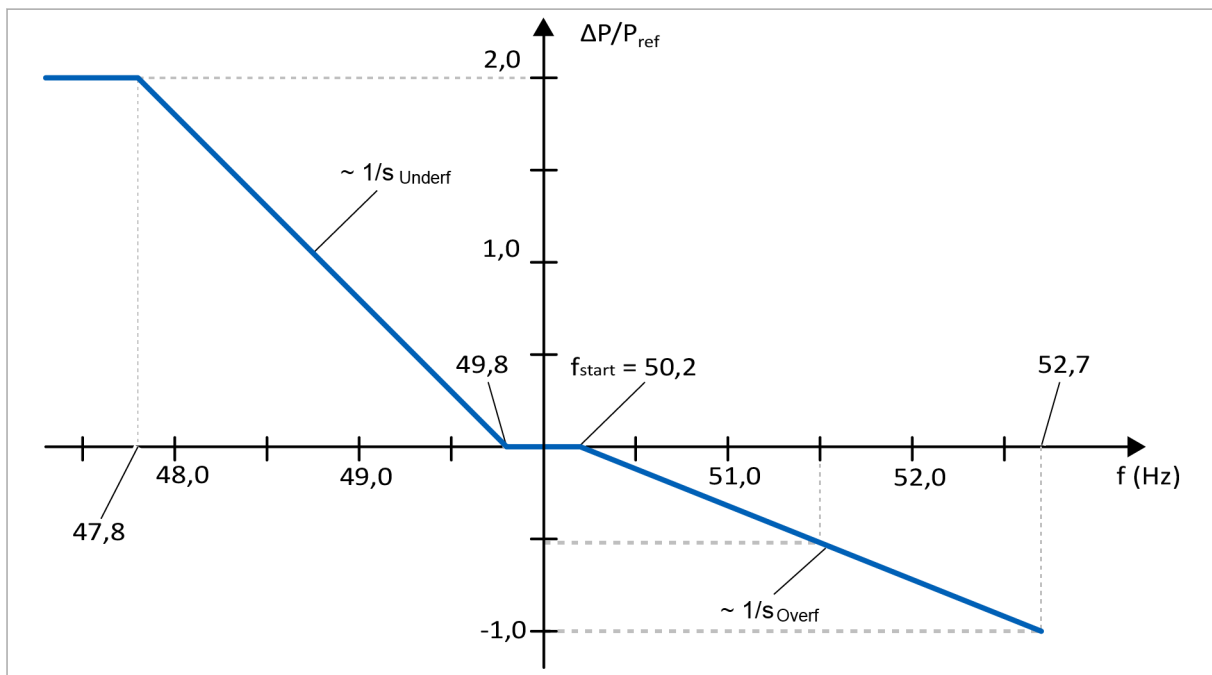
## 4.4 Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"

### Funktionsbeschreibung "P(f) mode"

Die Funktion "P(f) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

Beispielhafte Kennlinie für P(f), hier mit  $s_{Overf} = 5\%$ ,  $s_{Underf} = 2\%$ ,  $P_{mom} = 100\% \times P_{b\ inst}$ :



Kennlinie Funktion P(f)

Fig. 29

#### P(f)-Funktion greift aktiv ein

Die P(f)-Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters. Sie greift aktiv ein, sobald das definierte Toleranzband verlassen wurde. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung S, Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und die Phasenlage können nicht mehr verän-

dert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der P(f)-Kennlinie.

Toleranzband:

Underf: frequency start  $\leq$  f\_Grid  $\leq$  Overf: frequency start

### Rückkehr in den Normalbetrieb

Befindet sich die Netzfrequenz wieder innerhalb des definierten Toleranzbandes, so hat die Ausgangsleistung wieder ihren Vorfehlerwert für Scheinleistung S und Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  erreicht. Es liegt aber weiterhin ein kritischer Netzzustand vor. Für eine Zeitdauer von 10 min bzw. die für den Alarm-Modus festgelegte Zeit werden alle Sollwertänderungen der Wirkleistung durch einen festen Gradienten begrenzt. Der Wert des Gradienten liegt bei 8 %  $P_{\text{binst}}/\text{min}$ .

Der kritische Netzzustand endet, nachdem sich die Netzfrequenz volle 10 min im zulässigen Toleranzband befunden hat. Alle damit verbundenen Einschränkungen sind aufgehoben.

### Anforderungen an die Blindleistung

Durch die P(f)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird die Blindleistung möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Verlassen des Toleranzbandes die momentane Blindleistung gespeichert und dieser Wert gehalten.

Sollte die maximale Scheinleistung nicht ausreichen, um die Wirkleistungsanforderung zu erfüllen, wird die bereitgestellte Blindleistung zugunsten der Wirkleistung reduziert.

## "P(f) mode" einschalten

1. *>Configuration >ARN4110* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(f) mode" wählen:  
"Active"

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(f) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Overf: frequency start $f_{start}$	Überfrequenzgrenze	Hz	50.2	50.5	50.2	0.01
Underf: frequency start	Unterfrequenzgrenze	Hz	45.0	49.8	49.8	0.01
Overf: reference power	Referenz zur Berechnung der Leistungsreduktion/-erhöhung	–	0: Maximum power	1: Momentarily power	1: Momentarily power	1
Underf: reference power	Referenz zur Berechnung der Leistungsreduktion/-erhöhung	–	0: Maximum power	1: Momentarily power	1: Momentarily power	1
Overf: s s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Underf: s s	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Charge_discharge_switch	Wenn aktiviert, darf von Lade- in Entladebetrieb gewechselt werden und umgekehrt. Wenn deaktiviert, dann Stop bei S = 0 kVA.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	1: Switch possible	1
Alarm mode: slope	Maximal erlaubte Steigung der Wirk- und Blindleistungsänderung im kritischen Netzzustand.	% P <sub>inst</sub> /min	0	10	8	1
Alarm mode: duration	Zeitverzögerung bis zur Aufhebung des kritischen Netzzustandes.	s	1	36000	600	1
Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz; S = Scheinleistung						

Einstellbare Parameter für Funktion P(f)

Tab. 39

Parameter	Beschreibung
Overf: frequency start $f_{start,Overf}$ Underf: frequency start $f_{start,Underf}$	<p>Das sind die Obergrenze und die Untergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Die Grenzen sind innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p> <p>Wird die Ober- oder Untergrenze erreicht, wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Der Wert <math>P_{mom}</math> ist dabei der Mittelwert aller 3 Phasen. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst und bildet so die angepasste Leistung <math>P_{adapted}</math>.</p> $P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$
Overf: s $s_{Over}$	<p>Diese Statik wird für den Fall einer Überfrequenz definiert.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei <math>s = 2 \% \Rightarrow 100 \% P_{ref}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei <math>s = 12 \% \Rightarrow 16,67 \% P_{ref}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p>
Overf: reference power $P_{ref,Overf}$	<p>Das ist der Referenzwert für die Statik bei Überfrequenz.</p> <p>Er entspricht entweder der installierten Leistung <math>P_{b\_inst}</math> oder der gespeicherten Leistung <math>P_{mom}</math>. Hier ist die installierte Leistung <math>P_{b\_inst}</math> mit der Bemessungswirkleistung <math>PrE</math> gleich zu setzen, da nur eine Erzeugereinheit betrachtet wird.</p>
Underf: s $s_{Underf}$	<p>Die Statik wird für den Fall einer Unterfrequenz definiert.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei <math>s = 2 \% \Rightarrow 100 \% P_{ref\_down}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei <math>s = 12 \% \Rightarrow 16,67 \% P_{ref\_down}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p>
Underf: reference power $P_{ref,Underf}$	<p>Das ist der Referenzwert für die Statik bei Unterfrequenz.</p> <p>Er entspricht entweder der installierten Leistung <math>P_{b\_inst}</math> oder der gespeicherten Leistung <math>P_{mom}</math>. Hier ist die installierte Leistung <math>P_{b\_inst}</math> mit der Bemessungswirkleistung <math>PrE</math> gleich zu setzen, da nur eine Erzeugereinheit betrachtet wird.</p>
Charge-discharge switch	<p>Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0: No switch possible Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird die Ausgangsleistung bei <math>P = 0</math> kW festgehalten.</li> <li>▪ 1: Switch possible Der Wechsel von Erzeuger zu Verbraucher und umgekehrt ist erlaubt.</li> </ul>
Alarm mode: slope	Maximal erlaubte Steigung der Wirk- und Blindleistungsänderung im kritischen Netzzustand.
Alarm mode: duration	Zeit in Sekunden ab der Rückkehr ins Toleranzband bis zur Aufhebung des kritischen Netzzustandes. Jede neue Verletzung des Toleranzbandes setzt den Zähler zurück.

Beschreibung der Parameter

Tab. 40

**Parameter für "P(f) mode" eingeben**

1. >Configuration >ARN4110 wählen.
2. Im Bereich "P(f) mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

**Weitere Informationen zu "P(f) mode"**

**Berechnung der angepassten Leistung**

Bei Überfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet (Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz):

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - f_{start,Overf}}{f_n} * \frac{1}{S_{Overf}} * P_{ref,Overf}$$

Fig. 30

Bei Unterfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet:

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - f_{start,Underf}}{f_n} * \frac{1}{S_{Underf}} * P_{ref,Underf}$$

Fig. 31

Die angepasste Leistung wird anschließend berechnet:

$$P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$$

Fig. 32

**Beispiel**

Zum Verständnis wird ein Beispiel für Überfrequenz gegeben mit folgenden Parametern:

Beschreibung	Symbol	Wert
Nennfrequenz	$f_n$	50.00 Hz
Obere Startfrequenz	$f_{start}$	50.20 Hz
Momentane Netzfrequenz	$f_{Grid}$	51.40 Hz
Statik zur Überfrequenz	$s = s_{discharge}$	2 %

Gespeicherter Wert der Wirkleistung beim Erreichen der oberen Startfrequenz	$P_{ref} = P_{mom}$	80 % von $P_{b\ inst}$
Charge-discharge switch	–	True

Tab. 41

Mit Referenzleistung gleich Momentanleistung ( $P_{ref} = P_{mom}$ ) ergibt sich folgende Leistungsanpassung  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \frac{51.40 - 50.20}{50} * \frac{1}{2\%} * 0.8 * P_{b\ inst} = 0,96 * P_{b\ inst}$$

Fig. 33

Und schließlich folgende Leistung:

$$P_{adapted} = 0.80 * P_{b\ inst} - 0.96 * P_{b\ inst} = -0.16 * P_{b\ inst}$$

Fig. 34

Für das genannte Beispiel wird die Leistung des AC-DC-Moduls von 80% Einspeisung zu 16% Bezug angepasst.

Bis zur Rückkehr in das definierte Toleranzband und bis zum Beenden des kritischen Netzzustandes erfolgt die Leistungsanpassung entsprechend der aktuell gemessenen Frequenz  $f_{Grid}$  (Fahren auf Kennlinie).

Statiken können nur positive Werte annehmen (netzstützende Rückkopplung). Bei Überfrequenz wird die Einspeiseleistung reduziert oder der Bezug vom Netz erhöht. Bei Unterfrequenz wird die Einspeiseleistung gesteigert oder der Bezug vom Netz reduziert.

## 4.5 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

### Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

Das AC-DC-Modul erwartet einen externen Befehl, um sich wieder mit dem Netz zu verbinden. Es erfolgt keine automatische Wiederzuschaltung.

## "Switch on criteria" einschalten

1. *>Configuration >ARN4110* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Switch on criteria"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Voltage min	Minimaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	0.80	0.99	0.85	0.01
Voltage max	Maximaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.01	1.15	1.10	0.01
Frequency min	Minimaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	44.0	49.9	47.5	0.1
Frequency max	Maximaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	50.1	56.0	50.1	0.1
Time	Zeitspanne der Zuschaltüberprüfung	s	0.1	300.0	60.0	0.1

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 42

## Parameter für "Switch on criteria" eingeben

1. *>Configuration >ARN4110* wählen.
2. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.

## 5. EN50549-1

### 5.1 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle.

Die P(U)-Funktion kann parallel zu den Q modes eingreifen. Aus den Funktionen der Q modes kann im Vorfeld nur eine Funktion gewählt werden. Es kann somit immer nur die gewählte Funktion der Q modes eingreifen.

Hierarchie	Name der Funktion		Bedeutung der Funktion
0	Anti-islanding		Anti-islanding protection
1	RT voltage		Dynamische Netzstützung
2	Bypass		Reduzierung der Ausgangsleistung auf 0 kVA
3	P(f)		Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz
4	P(U)		Wirkleistungsanpassung bei Überspannung
4	Q modes Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung	Q(U)	Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
4		Constant cosPhi	Fester Leistungsfaktor $\cos\phi$
4		cosPhi(P)	Leistungsfaktor-/Wirkleistungskennlinie $\cos\phi$ (P)
4		Const Q	Konstante Blindleistungsbereitstellung

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Tab. 43

Die einzelnen Funktionen sind in weiteren Abschnitten gesondert beschrieben.

(Siehe auch "EN50549-1:2019 – Anforderungen für zum Parallelbetrieb mit einem Verteilnetz vorgesehene Erzeugungsanlagen".)

#### Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Step response for Q	Sprungantwortverhalten für Blindleistung Q  Diese Zusatzfunktionen verändert das Verhalten der Funktionen Q(U), Constant cos(Phi), cosPhi(P) und RT voltage.
Switch on criteria	Zuschaltbedingungen
Startup ramp	Zuschaltrampe
Active power limiting	Leistungsbegrenzer

Zusatzfunktionen

Tab. 44

## 5.2 Anti-islanding protection

### Anti-islanding protection einschalten

Wird ein unbeabsichtigter Inselbetrieb erkannt, wird das AC-DC-Modul innerhalb von 2 s abgeschaltet.

Diese Funktion ist immer eingeschaltet, wenn ein "netzfolgender Betrieb" ausgewählt ist. Die Funktion ist im Hintergrund aktiv, unabhängig davon, ob weitere Grid-Code-Funktionen aktiviert sind.

1. >Operation >AC-DC module settings wählen.
2. Im Bereich "General AC settings" bei "Controler and grid type selection" den Reglertyp sowie die Netzspannung und Netzfrequenz wählen:
  - Netzstromregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
z. B. "Current control 400 V / 50 Hz (grid-tied only)"
  - Spannungsregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
Zusätzlich bei "Voltage source mode" den Regelmodus "grid-following" wählen.  
z. B. "Voltage control 480 V / 60 Hz" und "grid-following".

## 5.3 Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"

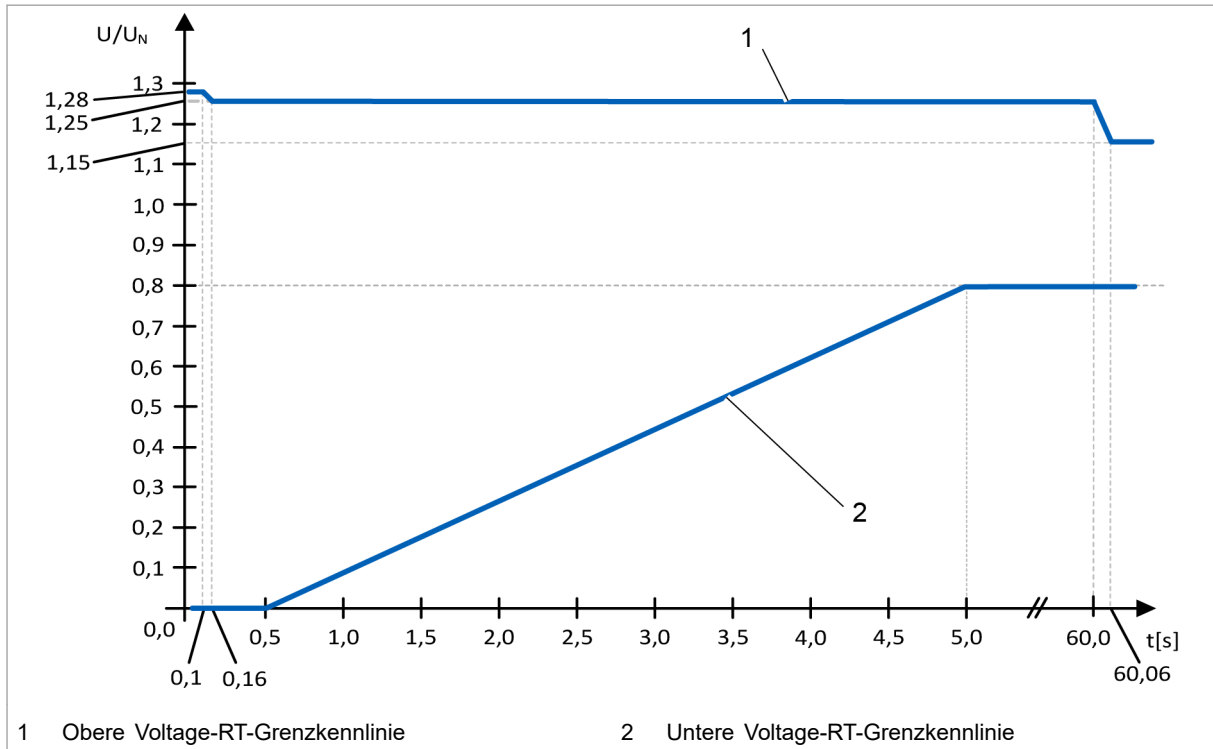
### Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"

Die Funktion "RT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

Verhalten bei extremen Netzschwankungen:

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 8", S. 30)
- Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Voltage-RT-Grenzkennlinie des AC-DC-Moduls

Fig. 35

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	128
2	0,1	128
3	0,16	125
4	60,0	125
5	60,06	115
6	∞	115

Obere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 45

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	0
2	0,5	0
3	5,0	80
4	∞	80

Untere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 46

Liegt die Netzspannung unterhalb von 85 % von  $U_{nom}$  oder oberhalb von 115 % von  $U_{nom}$  wird die Ausgangsleistung so schnell wie möglich auf 0 kVA heruntergeregelt (max. 60 ms).

Dies ist ein kritischer Netzzustand und der Wechselrichter befindet sich im netzstützenden Betrieb: Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert

werden. Alle Eingaben zu diesen Größen werden ignoriert, solange der netzstützende Betrieb anhält.

Sobald der Netzfehler beendet ist, versucht das AC-DC-Modul den Vorfehlerwert wiederherzustellen. Dies geschieht entweder sofort oder mittels eines PT1-Verhaltens (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46).

Netzfehler ist beendet, wenn sich die Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen des Geräts wieder innerhalb des Bereichs befindet:  $-15\% U_{nom}$  bis  $+15\% U_{nom}$ .

Die Funktion "RT voltage mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

## "RT voltage mode" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "RT voltage mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Zusätzlich zu dieser Funktion kann eine Sprungantwort eingestellt werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46)

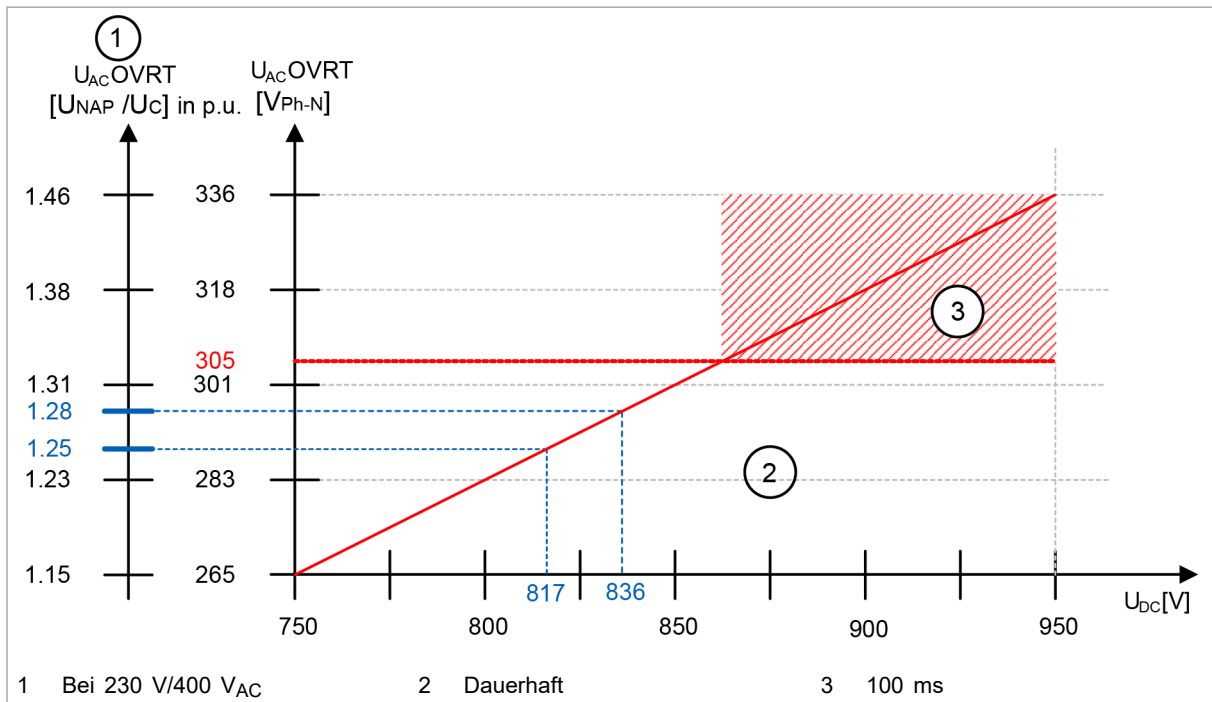
## Parametrierung "RT voltage mode"

Es sind keine Parameter einstellbar.

## Weitere Informationen zu "RT voltage mode"

### Trennung vom Netz bei Unterschreiten der Minimalspannung

Für die Überspannung gibt es eine zusätzliche Einschränkung: Die zum Zeitpunkt der Überspannung anliegende Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung. Die notwendige Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung wird in Abhängigkeit der Spannungserhöhung dargestellt.



Mindestanforderungen für Überspannungsfähigkeit des Geräts

Fig. 36

Liegt die Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung während einer netzseitigen Überspannung unterhalb der geforderten Minimalspannung, so droht ein unkontrollierter Strom aus dem Netz in Richtung der Batterie zu fließen. Zum Schutz des AC-DC-Moduls und der Batterie trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Um die Überspannungsfähigkeit zu garantieren, muss die minimale DC-Zwischenkreisspannung gemäß der gewählten AC-Netzspannung angepasst werden:

- Überspannungsfähigkeit von 125%: Udc\_min = 817 V.  
(Mindestanforderung nach Norm)
- Überspannungsfähigkeit von 128%: Udc\_min = 836 V.  
(maximale Überspannungsfähigkeit des TruConvert AC 3025)

### Hinweis

Wenn die Batterie direkt am DC-Zwischenkreis angeschlossen wird, folgendes sicherstellen:

Die OCV-Batteriespannung muss mindestens der Minimalspannung Udc\_min entsprechen.

## 5.4 Bypass

### Funktionsbeschreibung "Bypass"

Die Funktion "Bypass" setzt die Ausgangsleistung sofort auf  $S = 0$  kVA, sobald sie aktiv ist.

Da die Funktion "Bypass" höher als die meisten Grid-Codes priorisiert ist, kann die Leistung des Geräts auch bei aktivem Grid-Code auf  $S = 0$  kVA gesetzt werden.

### "Bypass" einschalten

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Grid code bypass function" wählen: "Set S to 0 W".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

### Parametrierung "Bypass"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Grid code bypass function (Modbus-ID: 4280)	Aktivieren/deaktivieren der Bypass-Funktion. Wenn aktiv, wird die Ausgangsleistung auf $S = 0$ kVA gesetzt.	–	0: Inactive	1: Set S to 0 W	0: Inactive	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Bypass"

Tab. 47

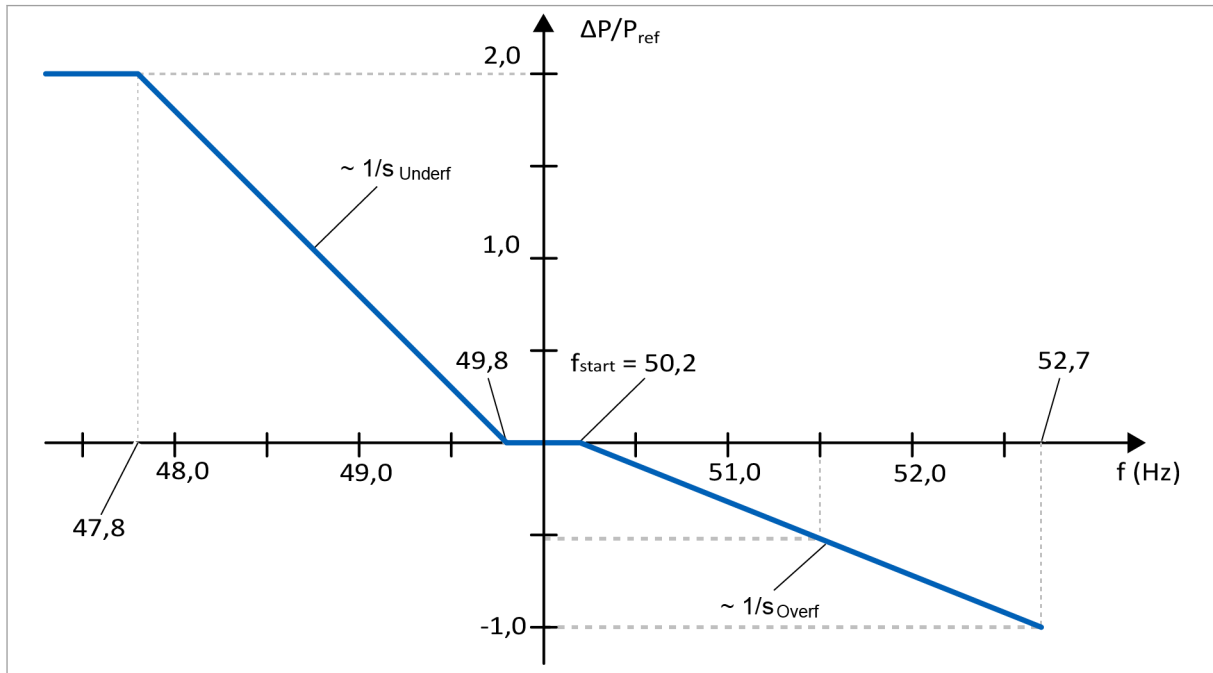
## 5.5 Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz "P(f) mode"

### Funktionsbeschreibung "P(f) mode"

Die Funktion "P(f) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

Beispielhafte Kennlinie für  $P(f)$ , hier mit  $s_{\text{Overf}} = 5\%$ ,  $s_{\text{Underf}} = 2\%$ ,  $P_{\text{mom}} = 100\% \times P_{\text{b inst}}$ :



Kennlinie Funktion  $P(f)$

Fig. 37

### **P(f)-Funktion greift aktiv ein**

Die  $P(f)$ -Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters. Sie greift aktiv ein, sobald das definierte Toleranzband verlassen wurde. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der  $P(f)$ -Kennlinie.

Toleranzband:

Underf: frequency start  $\leq f_{\text{Grid}} \leq$  Overf: frequency start

Welche Grenzen berücksichtigt werden, ist individuell einstellbar:

- "P(f) for overfrequency": Die Funktion ist nur für Überfrequenz aktiv.
- "P(f) for underfrequency": Die Funktion ist nur für Unterfrequenz aktiv.
- "P(f) for over- and underfrequency": Die Funktion ist für Über- und Unterfrequenz aktiv.

### **Rückkehr in den Normalbetrieb**

Das Ende des kritischen Netzzustandes ist erreicht, sobald die Ausgangswirkleistung wieder den Vorgefehlerwert erreicht hat. Je

nach eingestelltem Modus läuft die Rückkehr in den Normalbetrieb unterschiedlich ab.

Rückkehr in Normalbetrieb je nach eingestelltem Modus:

- "Stay On Curve":  
Ist "Overf: frequency stop"  $\geq$  "Overf: frequency start (Stay On Curve)", so endet der kritische Netzzustand sofort nach Rückkehr der Netzfrequenz in den zulässigen Frequenzbereich.
- Alternativer Modus:  
Der kritische Netzzustand endet nach Ablauf der eingestellten Stopzeit und dem Erreichen des Vorfehlerwertes der Wirkleistung mit dem eingestellten Gradienten.

### Anforderungen an die Blindleistung

Durch die P(f)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird die Blindleistung möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Verlassen des Toleranzbandes die momentane Blindleistung gespeichert und dieser Wert gehalten.

Sollte die maximale Scheinleistung nicht ausreichen, um die Wirkleistungsanforderung zu erfüllen, wird die bereitgestellte Blindleistung zugunsten der Wirkleistung reduziert.

## "P(f) mode" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
  2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(f) mode" wählen:
    - "P(f) for overfrequency"  
Die Funktion ist nur für Überfrequenz aktiv.
    - "P(f) for underfrequency"  
Die Funktion ist nur für Unterfrequenz aktiv.
    - "P(f) for over- and underfrequency"  
Die Funktion ist für Über- und Unterfrequenz aktiv.
- Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(f) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Overf: frequency start	Überfrequenzgrenze	Hz	50.2	52.0	50.2	0.1
Overf: time delay	Zeitverzögerung für den Start der P(f)-Funktion	s	0.0	2.0	0.0	0.1
Overf: s charge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Ladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Overf: s discharge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Entladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Overf: reference power	Referenz zur Berechnung der Leistungsreduktion/-erhöhung	–	0: Maximum power	1: Momentarily power	1: Momentarily power	1
Overf: frequency stop	Überfrequenzgrenze zum Deaktivieren	Hz	50.20	52.0	50.20	0.1
Overf: time stop	Zeitverzögerung für das Verlassen der P(f)-Funktion	s	0.0	600.0	0	0.1
All f: charge_discharge_switch	Wenn aktiviert, darf von Lade- in Entladebetrieb gewechselt werden und umgekehrt. Wenn deaktiviert, dann Stop bei S = 0 kVA.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	0: No switch possible	1
Underf: start	Unterfrequenzgrenze	Hz	45.0	49.80	49.80	0.1
Underf: time delay	Zeitverzögerung für den Start der P(f)-Funktion	s	0.0	2.0	0.0	0.1
Underf: s charge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz im Ladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Underf: s discharge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz im Entladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Underf: reference power	Referenz zur Berechnung der Leistungsreduktion/-erhöhung	–	0: Maximum power	1: Switch possible	0: Maximum power	1
Startup ramp slope	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	6	3000	10	1

Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz; S = Scheinleistung

Einstellbare Parameter für Funktion P(f)

Tab. 48

Parameter	Beschreibung
Overf: frequency start Underf: start Overf: time delay Underf: time delay	<p>Das sind die Obergrenze und die Untergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Die Grenzen sind innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Zusätzlich gibt es eine einstellbare Zeitverzögerung (Totzeit) für die Überfrequenz und die Unterfrequenz.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband für die eingestellte Zeitverzögerung, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p> <p>Während die Zeitverzögerung abläuft, muss sich die Frequenz permanent außerhalb des Toleranzbandes befinden, damit die P(f)-Funktion die Kontrolle übernimmt. Sollte die Frequenz während der Zeitverzögerung kurzzeitig wieder innerhalb des Toleranzbandes liegen, wird der Timer zurückgesetzt.</p> <p>Wird die Ober- oder Untergrenze erreicht, wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Der Wert <math>P_{mom}</math> ist dabei der Mittelwert aller 3 Phasen. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst und bildet so die angepasste Leistung <math>P_{adapted}</math>.</p> $P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$
Overf: s charge Overf: s discharge	<p>Diese 2 Statiken werden für den Fall einer Überfrequenz definiert. Welche Statik zum Einsatz kommt, hängt davon ab, ob der Wechselrichter zum Zeitpunkt der Frequenzüberschreitung im Lade- oder Entlademodus befindet.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei <math>s = 2\% \Rightarrow 100\% P_{ref}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei <math>s = 12\% \Rightarrow 16,67\% P_{ref}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p> <p>Bei Überfrequenz gilt: <math>P_{ref} = P_{mom}</math>.</p>
Overf: reference power	<p>Das ist der Referenzwert für die jeweilige Statik bei Überfrequenz.</p> <p>Er entspricht entweder der installierten Leistung <math>P_{b\_inst}</math> oder der gespeicherten Leistung <math>P_{mom}</math>. Hier ist die installierte Leistung <math>P_{b\_inst}</math> mit der Bemessungswirkleistung <math>PrE</math> gleich zu setzen, da nur eine Erzeugereinheit betrachtet wird.</p>
Underf: s charge Underf: s discharge	<p>Diese 2 Statiken werden für den Fall einer Unterfrequenz definiert. Welche Statik zum Einsatz kommt, hängt davon ab, ob der Wechselrichter zum Zeitpunkt der Frequenzüberschreitung im Lade- oder Entlademodus befindet.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei <math>s = 2\% \Rightarrow 100\% P_{ref\_down}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei <math>s = 12\% \Rightarrow 16,67\% P_{ref\_down}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p> <p>Bei Unterfrequenz gilt: <math>P_{ref} = P_{b\_inst}</math>. <math>P_{b\_inst}</math> ist die installierte Leistung.</p>
Underf: reference power	<p>Das ist der Referenzwert für die jeweilige Statik bei Unterfrequenz.</p> <p>Er entspricht entweder der installierten Leistung <math>P_{b\_inst}</math> oder der gespeicherten Leistung <math>P_{mom}</math>. Hier ist die installierte Leistung <math>P_{b\_inst}</math> mit der Bemessungswirkleistung <math>PrE</math> gleich zu setzen, da nur eine Erzeugereinheit betrachtet wird.</p>

Parameter	Beschreibung
Charge-discharge switch	<p>Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0: No switch possible Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird die Ausgangsleistung bei P = 0 kW festgehalten.</li> <li>▪ 1: Switch possible Der Wechsel von Erzeuger zu Verbraucher und umgekehrt ist erlaubt.</li> </ul>
Overf: frequency stop Overf: time stop	<p>Durch diesen Parameter kann ein alternativer P(f)-Modus aktiviert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Standardmodus "Stay On Curve": "Overf: frequency stop" = "Overf: frequency start" Die Wirkleistungsanpassung folgt der eingestellten Statik.</li> <li>▪ Alternativer Modus: "Overf: frequency stop" &lt; "Overf: frequency start" Die Wirkleistung wird bei steigender Frequenz verringert, entsprechend der eingestellten Statik. Aber die Wirkleistung wird bei fallender Frequenz nicht wieder erhöht. Bei fallender Frequenz wird die Ausgangsleistung konstant gehalten, bis die Frequenz für die eingestellte Stopzeit ("Overf: time stop") unter "Overf: frequency stop" fällt. Nach Ablauf der Stopzeit erhöht sich die Wirkleistung schrittweise mit dem eingestellten Gradienten ("Startup ramp slope". Diesen Modus gibt es nur bei Überfrequenz.</li> </ul>
Startup ramp slope	<p>Gradient, mit dem sich die Wirkleistung nach Ablauf der Stopzeit wieder erhöht. (Im Bereich "Active power limiting" bei "Startup ramp slope")</p>

Beschreibung der Parameter

Tab. 49

### Parameter für "P(f) mode" eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.
2. Im Bereich "P-mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "P(f) mode"

#### Berechnung der angepassten Leistung

Bei Überfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet (Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz):

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - f_{start}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 38

Bei Unterfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet:

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - 49,8 \text{ Hz}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 39

Die angepasste Leistung wird anschließend berechnet:

$$P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$$

Fig. 40

### Beispiel

Zum Verständnis wird ein Beispiel für Überfrequenz gegeben mit folgenden Parametern:

Beschreibung	Symbol	Wert
Nennfrequenz	$f_n$	50.00 Hz
Obere Startfrequenz	$f_{start}$	50.20 Hz
Momentane Netzfrequenz	$f_{Grid}$	51.40 Hz
Statik zur Überfrequenz	$s = s_{discharge}$	2 %
Gespeicherter Wert der Wirkleistung beim Erreichen der oberen Startfrequenz	$P_{ref} = P_{mom}$	80 % von $P_{b\ inst}$
Charge-discharge switch	–	True

Tab. 50

Mit Referenzleistung gleich Momentanleistung ( $P_{ref} = P_{mom}$ ) ergibt sich folgende Leistungsanpassung  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \frac{51.40 - 50.20}{50} * \frac{1}{2\%} * 0.8 * P_{b\ inst} = 0,96 * P_{b\ inst}$$

Fig. 41

Und schließlich folgende Leistung:

$$P_{adapted} = 0.80 * P_{b\ inst} - 0.96 * P_{b\ inst} = -0.16 * P_{b\ inst}$$

Fig. 42

Für das genannte Beispiel wird die Leistung des AC-DC-Moduls von 80% Einspeisung zu 16% Bezug angepasst.

Bis zur Rückkehr in das definierte Toleranzband und bis zum Beenden des kritischen Netzzustandes erfolgt die Leistungsanpassung entsprechend der aktuell gemessenen Frequenz  $f_{Grid}$  (Fahren auf Kennlinie).

Statiken können nur positive Werte annehmen (netzstützende Rückkopplung). Bei Überfrequenz wird die Einspeiseleistung reduziert oder der Bezug vom Netz erhöht. Bei Unterfrequenz

wird die Einspeiseleistung gesteigert oder der Bezug vom Netz reduziert.

## 5.6 Wirkleistungsanpassung bei Überspannung "P(U) mode"

### Funktionsbeschreibung "P(U) mode"

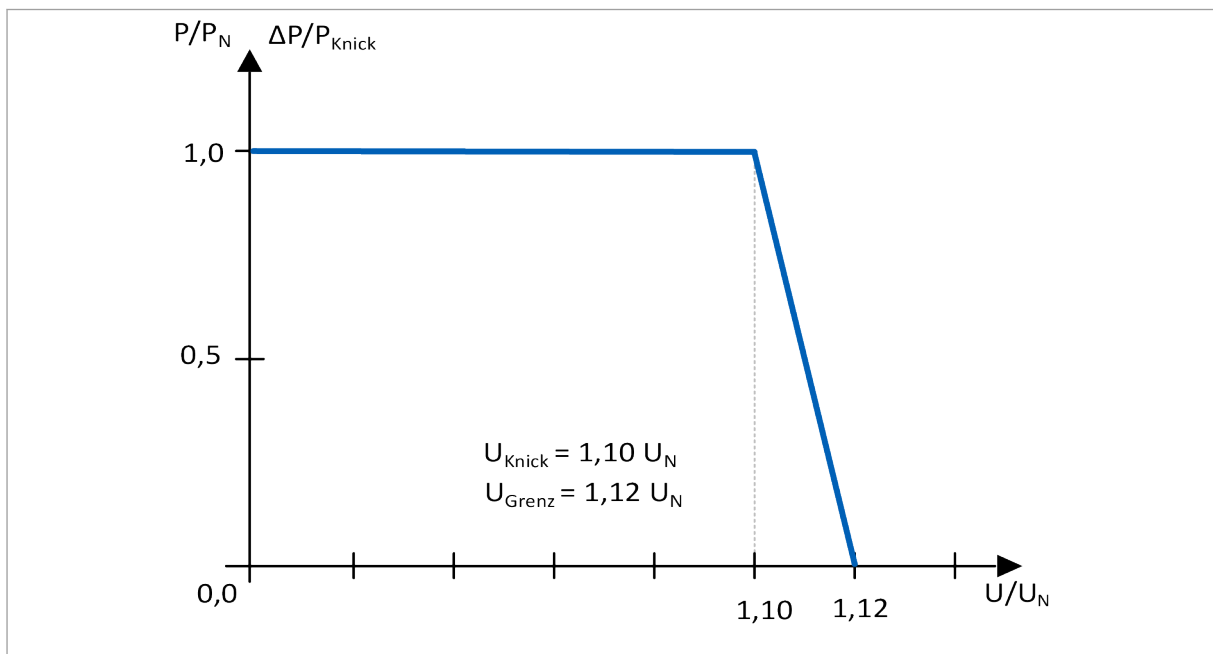
Die Funktion "P(U) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Überspannung.

Die Funktion reduziert die Wirkleistung in Abhängigkeit der anliegenden Netzspannung.

Es gibt 2 verschiedene Modi:

- "Stay on curve"
- "Limitation of maximum power"

Die schematische Kennlinie sieht folgendermaßen aus:



Kennlinie Funktion P(U)

Fig. 43

#### P(U)-Funktion greift aktiv ein

Die P(U)-Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters.

Sie greift aktiv ein, sobald:

- "Stay on curve":  
die Netzspannung die Knickspannung überschreitet.
- "Limitation of maximum power":  
die Netzspannung die Knickspannung überschreitet und gleichzeitig die Ausgangswirkleistung die Leistung der P(U)-Kennlinie überschreitet.

Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung S, Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der P(U)-Kennlinie.

#### Rückkehr in den Normalbetrieb

Der kritische Netzzustand endet, sobald:

- "Stay on curve":  
die Netzspannung die Knickspannung wieder unterschreitet.
- "Limitation of maximum power":  
die Netzspannung die Knickspannung wieder unterschreitet oder die Ausgangsleistung die P(U)-Kennlinie wieder unterschreitet.
- Die P(U)-Funktion greift nicht mehr ein und es wird wieder der Vorfehlerwert angenommen.

#### Anforderungen an die Blindleistung

Durch die P(U)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Eintreten des kritischen Netzzustandes der momentane Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  gespeichert und dieser Wert gehalten. Somit führt die Reduktion der Wirkleistung auch zu einer Reduktion der Blindleistung.

## "P(U) mode" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(U) mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(U) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Calculation mode	Auswahl des Berechnungsverfahrens	–	0: Stay on curve	1: Limitation of maximum power	0: Stay on curve	1
Buckling voltage	Knickspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.09	1.11	1.10	0.01
Cut-off voltage	Grenzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.11	1.15	1.12	0.01
Activate step response for P	Aktivieren eines PT1-Verhaltens für P	–	0: Inactive	1: PT1 of P	1: PT1 of P	1
PT1 of P: tau	Zeitkonstante der Sprungantwort	s	1.0	60.0	5	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion P(U)

Tab. 51

Parameter	Beschreibung
Calculation mode Buckling voltage Cut-off voltage	<p>Es kann zwischen 2 verschiedenen Berechnungsverfahren gewählt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Stay on curve": Anhand der definierten Knickspannung "Buckling voltage" wird eine Startspannung definiert. Sollte zu irgendeinem Zeitpunkt die Netzspannung diese Spannung überschreiten, übernimmt die P(U)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(U)-Kennlinie an. Beim Erreichen der Knickspannung wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst. Die Ausgangswirkleistung erreicht bei ihrer Grenzspannung "Cut-off voltage" ihr Minimum <math>P = 0</math> kW.</li> <li>▪ "Limitation of maximum power": Es wird die maximale Wirkleistungsabgabe begrenzt. Sollte die Wirkleistung zu einem Zeitpunkt die Kennlinie überschreiten, so wird die Ausgangsleistung auf den Wert der P(U)-Kennlinie begrenzt. Die Begrenzung wirkt erst bei Netzspannungen, die größer sind als die Knickspannung. Die Ausgangswirkleistung erreicht bei ihrer Grenzspannung "Cut-off voltage" ihr Minimum <math>P = 0</math> kW.</li> </ul>
Activate step response for P PT1 of P: tau	<p>Für Änderungen der Ausgangswirkleistung kann eine Sprungantwort eingestellt werden. Die Sprungantwort definiert, in welchem Zeitraum der neue Wert erreicht wird. So kann eine eher apprupte oder allmähliche Änderung eingestellt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PT1-Verhalten einschalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Parameter "Activate step response for P" auf "1: PT1 of P" setzen.</li> <li>– Zeitkonstante <math>\tau</math> ("PT1 of P: tau") eingeben.</li> <li>– Die Zeitkonstante <math>\tau</math> bestimmt dabei die Geschwindigkeit der Änderung. Nach <math>3 \tau</math> sind etwa 95 % des Soll-Wertes erreicht.</li> </ul> </li> <li>▪ PT1-Verhalten ausschalten: Parameter "Activate step response for P" auf "0: Inactive" setzen. Bei ausgeschaltetem PT1-Verhalten findet die Wirkleistungsreduzierung ohne Verzögerung statt.</li> </ul>

Beschreibung der Parameter

Tab. 52

### Parameter für "P(f) mode" eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.

2. Im Bereich "P(f) mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

## Weitere Informationen zu "P(U) mode"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe ["Step response for Q einschalten"](#), S. 95)

## 5.7 Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung "Q modes"

Um die statische Netzstützung durch Blindleistung zu unterstützen kann eines der folgenden Verfahren ausgewählt werden:

- Blindleistung als Funktion der Netzspannung: "Q(U)"
- Fester Leistungsfaktor  $\cos\varphi$ : "Constant cosPhi"
- Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung: "CosPhi(P)"
- Konstante Blindleistungsbereitstellung: "Q = const"

### Blindleistung als Funktion der Netzspannung "Q(U)"

#### Funktionsbeschreibung "Q(U)"

Die Funktion "Q(U)" steuert die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzspannung bezogene Blindleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Blindleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

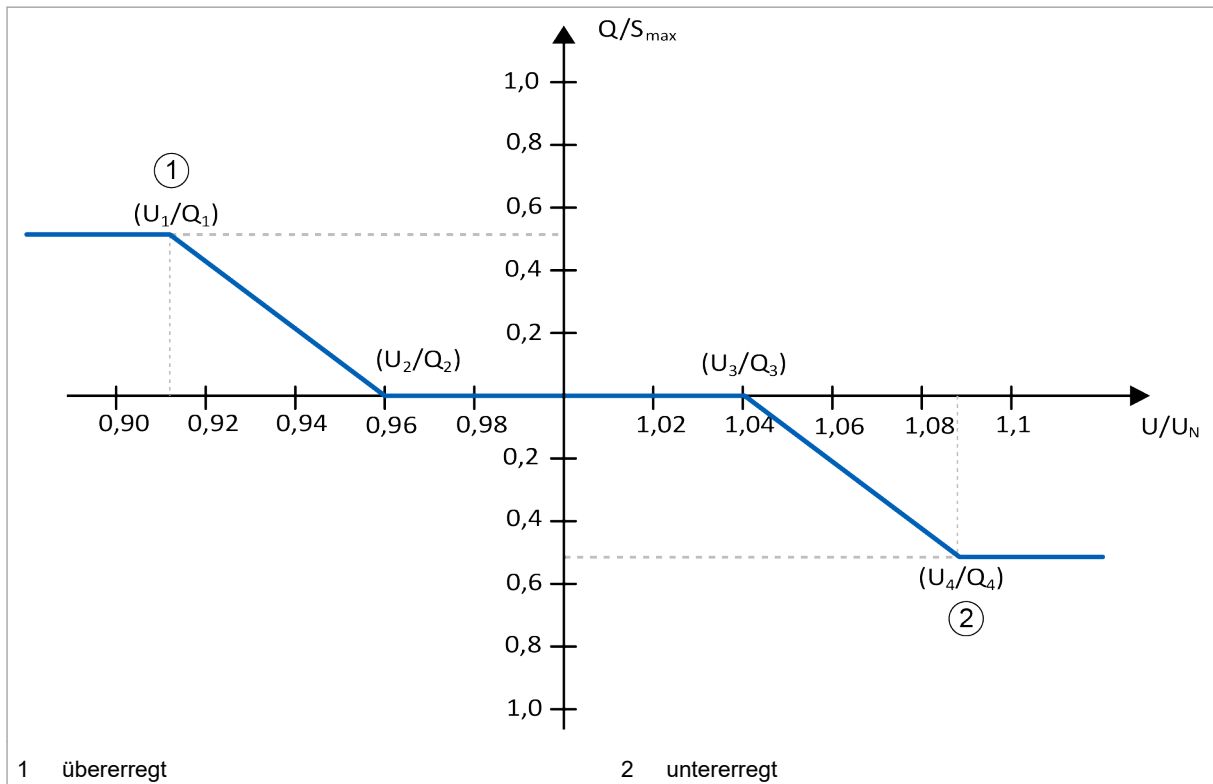


Fig. 44

Stützpunkt Nr.	Spannung [U/U <sub>N</sub> ]	Blindleistung [Q/S <sub>max</sub> ]
1	Voltage 1 (U1)	Q1
2	Voltage 2 (U2)	Q2
–	Unom	0.0
3	Voltage 3 (U3)	Q3 = Q2
4	Voltage 4 (U4)	Q4 = Q1

Stützpunkte für die implementierte Kennlinie

Tab. 53

Innerhalb welcher Wertebereiche die einzelnen Stützpunkte liegen, ist für jeden Parameter definiert. (siehe "Parametrierung Q(U)", S. 89)

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung S, der Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und die Phasenlage vorgegeben werden.

Generell wird bei eingeschalteter Q(U)-Funktion die Eingabe des Soll-Wertes für die Scheinleistung ("Set value AC") als Wirkleistung P interpretiert.

- Im Normalbetrieb wird  $\cos\phi = 1$  gesetzt.
- Im gestörten Fall ergibt sich  $\cos\phi$  aus der Kennlinie. Aus der Soll-Wert-Vorgabe ( $\hat{=} P$ ) und  $\cos\phi$  ergibt sich dann die wirklich abgegebene/aufgenommene Scheinleistung.

Durch die Q(U)-Kennlinie sind durch die Soll-Wert-Vorgabe ( $\triangleq P$ ) und die Netzspannung die Werte des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert.

Der durch die Kennlinie bestimmte Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  berechnet sich aus dem eingegebenen Soll-Wert und der vorgegebenen Blindleistung (Kennlinie).

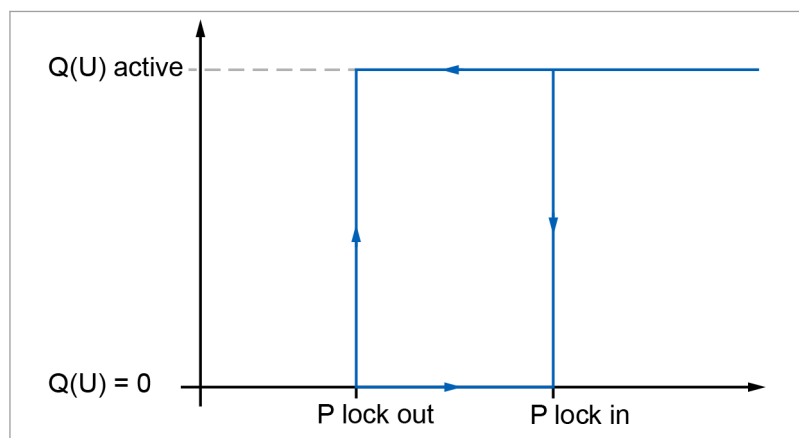
$$\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{Q^2}{P^2 + Q^2}}$$

Fig. 45

## 2 verschiedene Modi für die Funktion wählbar

Für die Q(U)-Funktion können 2 verschiedene Modi ausgewählt werden:

- Modus "Minimum cosPhi"
  - Es wird der Wert für das minimale  $\cos\varphi$  vorgegeben. Das AC-DC-Modul versucht dann diesen Wert niemals zu unterschreiten.
- Modus "P lock"
  - Es werden 2 Leistungspegel vorgegeben:  $P_{\text{lock in}}$  und  $P_{\text{lock out}}$  (siehe "Fig. 46", S. 88).
    - Ist die eingestellte Wirkleistung größer als  $P_{\text{lock in}}$ , greift die Q(U)-Funktion aktiv ein.
    - Ist die eingestellte Wirkleistung wieder kleiner als  $P_{\text{lock out}}$ , wird die Q(U)-Funktion wieder deaktiviert.
  - Bei deaktivierter Q(U)-Funktion wird  $Q = 0$  gesetzt.



Aktivierung der Q(U)-Funktion durch P<sub>lock</sub>

Fig. 46

## "Q(U)" einschalten

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Q(U)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Q(U)"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Q(U): voltage 1* U1	1. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.85	0.95	0.93	0.01
Q(U): voltage 2* U2	2. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.95	0.99	0.97	0.01
Q(U): voltage 3* U3	3. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	1.01	1.05	1.03	0.01
Q(U): voltage 4* U4	4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	1.05	1.10	1.07	0.01
Q(U): Q2 and Q3	Blindleistung beim 2. und 3. Spannungsstützpunkt Blindleistung beim 1. und 4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $S_{max}$	0	1	0	0.001
Q(U): Q1 and Q4	Blindleistung beim 1. und 4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $S_{max}$	0	1	0,436	0.001
Q(U): Mode	Unterscheidung der beiden verschiedenen Q(U)-Modi	–	0: Mini-mum cosPhi	1: P lock	0: Mini-mum cosPhi	1
Q(U) min cosPhi: cosPhi	Das minimale $\cos\phi$ im Q(U)-Modus "Minimum cosPhi"	–	0	1	0.9	0.01
Q(U): P lock in**	Das "P lock in" im Q(U)-Modus "P lock"	p.u. of $S_{max}$	0	1	0.2	0.01
Q(U): P lock out**	Das "P lock out" im Q(U)-Modus "P lock"	p.u. of $S_{max}$	0	1	0.2	0.01
*) $U_{1-4} = x \% U_{nom}$ , $U_{nom} = 231 V$						
**) $P_{lock\ in} - lock\ out = x \% S_{max}$						
Abkürzungen: p.u. = per unit						

Einstellbare Parameter für Funktion Q(U)

Tab. 54

## Parameter für Q(U) eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.

2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Q(U): ..." die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Q(U)"

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die eingestellte Scheinleistung kleiner ist als die geforderte Blindleistung (Kennlinie). In diesem Fall wird die Scheinleistung automatisch entsprechend erhöht.
- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 95)

## Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"

### Funktionsbeschreibung "Constant cosPhi"

Mit dieser Funktion können ein konstanter Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und eine konstante Phasenlage für den Entladebetrieb vorgegeben werden. Durch diesen konstanten Leistungsfaktor wird sichergestellt, dass immer etwas Blindleistung ins Netz abgegeben wird.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "Constant cosPhi" sind bei vorgegebener Scheinleistung durch die Grid-Code-Einstellungen die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die eingestellten Werte benutzt.

### "Constant cosPhi" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Constant cos(Phi)"

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Constant cosPhi"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Constant cosPhi: cosPhi	Konstanter Power Faktor im Entladebetrieb	–	0.0	1.0	0.9	0.01
Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition im Entladebetrieb	–	0: capacitive	1: inductive	0: capacitive	–

Einstellbare Parameter für Funktion Constant cosPhi

Tab. 55

### Parameter für "Constant cosPhi" eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Constant cosPhi" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Constant cosPhi"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 95)

## Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"

### Funktionsbeschreibung "cosPhi(P)"

Die Funktion "cosPhi(P)" steuert die Blindleistungsbereitstellung durch einen veränderten Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung. Durch die Funktion kann eine vorgegebene Blindleistung in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung in das Netz abgegeben werden. Dies ist als cosPhi(S)-Kennlinie implementiert.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "cosPhi(P)" sind bei vorgegebener Scheinleistung die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage



Parameter	Beschreibung
CosPhi(P): Srel	Für alle eingestellten Werte von $S/S_{\max} < S_{\text{rel}}$ wird ein fester Leistungsfaktor von $\cos\varphi = 1$ angenommen. Erhöht sich der eingestellte Wert von S weiter, so folgt er der oben angegebenen Kennlinie, bis er seinen minimalen Leistungsfaktor "minimal cosPhi" erreicht.
CosPhi(P): minimal cosPhi	

Beschreibung der Parameter

Tab. 57

### Parameter für "cosPhi(P)" eingeben

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "cosPhi(P)" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "cosPhi(P)"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe ["Step response for Q einschalten"](#), S. 95)

## Konstante Blindleistungsbereitstellung "Q = const"

### Funktionsbeschreibung "Q = const"

Die Funktion "Q = const" steuert die Blindleistungsbereitstellung durch einen konstanten Blindleistungswert.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung S, der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "Q = const" sind bei vorgegebener Scheinleistung die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die eingestellten Werte benutzt.

### "Q = const" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.

2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Constant Q".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Q = const"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Constant Q: Q	Konstante Blindleistung im Entladebetrieb	p.u. of $S_{max}$	0.0	1.0	0.436	0.001
Constant Q: Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition im Entladebetrieb	–	0: capacitive	1: inductive	0: capacitive	–
Abkürzungen: p.u. = per unit						

Einstellbare Parameter für Funktion "Q = const"

Tab. 58

### Weitere Informationen zu "Q = const"

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die eingestellte Scheinleistung kleiner ist als die geforderte Blindleistung (Kennlinie). In diesem Fall wird die Scheinleistung automatisch entsprechend erhöht.
- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 95)

## 5.8 Sprungantwort "Step response for Q"

### Funktionsbeschreibung "Step response for Q"

Für Änderungen der Blindleistung kann eine Sprungantwort eingestellt werden. Dies ist bei den 4 Q-Mode-Funktionen "Q(U)", "Constant cos(Phi)", "cosPhi(P)" und "Q=const" sowie bei der Funktion "RT voltage mode" möglich.

Die Sprungantwort definiert, in welchem Zeitraum der neue Wert erreicht wird. So kann eine eher abrupte oder allmähliche Änderung eingestellt werden.

Die Zeitkonstante  $\tau$  bestimmt dabei die Geschwindigkeit der Änderung. Nach  $3 \tau$  sind etwa 95 % des Soll-Wertes erreicht.

$$Q(t) = Q_{set} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Fig. 48

## "Step response for Q" einschalten

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Activate step response for Q" wählen: "PT1 of Q".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Step response for Q"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
PT1 of Q: tau	$\tau$ ist die Zeitkonstante der Sprungantwort.	s	1.0	30.0	3.3	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "Step response for Q"

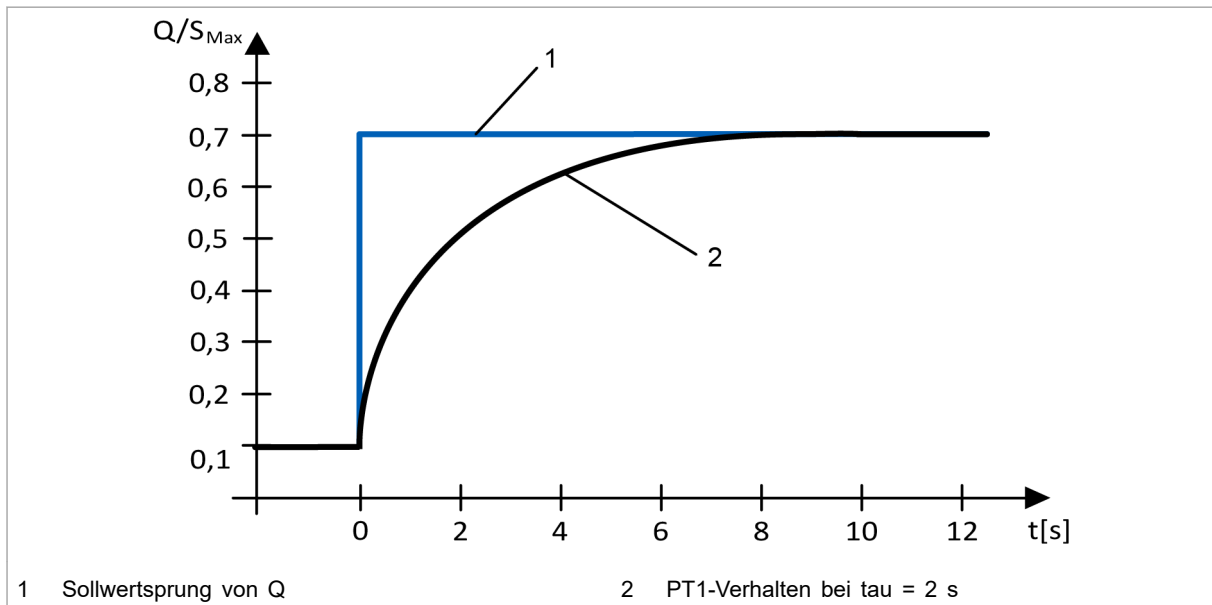
Tab. 59

### Hinweis

Die Sprungantwort wirkt sich nur auf das Wiedereinschalten nach einem Netzfehler aus. Nicht bei normalem Einschalten oder Sollwertänderungen.

### Parameter für "Step response for Q" eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.



1 Sollwertsprung von Q  
Kennlinie für Sprungantwort (Beispiel)

2 PT1-Verhalten bei  $\tau = 2$  s

Fig. 49

2. Im Bereich "Step response for Q settings" bei "PT1 of Q: tau" die gewünschten Werte eintragen.

## 5.9 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

### Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

Das AC-DC-Modul erwartet einen externen Befehl, um sich wieder mit dem Netz zu verbinden. Es erfolgt keine automatische Wiederschaltung.

### "Switch on criteria" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Switch on criteria"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Voltage min	Minimaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	0.5	0.99	0.85	0.01
Voltage max	Maximaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1	1.2	1.1	0.01
Frequency min	Minimaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	47	50	49.5	0.1
Frequency max	Maximaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	50	52	50.1	0.1
Time	Zeitspanne der Zuschaltüberprüfung	s	10	600	60	0.1

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 60

### Parameter für "Switch on criteria" eingeben

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.

## 5.10 Zuschaltrampe "Startup ramp"

### Funktionsbeschreibung "Startup ramp"

Die Funktion "Startup ramp" sorgt dafür, dass beim Zuschalten des Geräts ans Netz der Sollwert der Wirkleistung mit einer linearen Rampe angefahren wird.

### "Startup ramp" einschalten

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Startup ramp after next power stage activation" wählen: "Active".

**oder**

- Modbus ID 4282

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

## Parametrierung "Startup ramp"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Startup ramp slope	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	6	3000	10	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Startup ramp"

Tab. 61

### Parameter für "Startup ramp" eingeben

#### Hinweis

Parameter können nicht im laufenden Betrieb geändert werden.

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Startup ramp slope" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Startup ramp"

Die Zuschaltrampe startet, wenn das erste Mal Energie ins Netz eingespeist wird.

Die Zuschaltrampe ist nur im Entlademodus aktiv.

## 5.11 Leistungsbegrenzer "Active power limiting"

### Funktionsbeschreibung "Active power limiting"

Die Funktion "Active power limiting" sorgt dafür, dass eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  mit einer linearen Rampe angefahren wird.

Ist die Funktion eingeschaltet, kann dem AC-DC-Modul eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  vorgegeben werden.

Die Funktion greift aktiv ein, sobald der gewünschte Sollwert größer ist als der eingestellte  $P_{\max}$ -Wert. Die Ausgangswirkleistung wird auf den angegebenen  $P_{\max}$ -Wert begrenzt und dieser  $P_{\max}$ -Wert wird mit einer linearen Rampe angefahren. Die Rampe hat eine Steigung von  $0,5 \% \times P_{\text{nom}}$  pro Sekunde.

### "Active power limiting" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Activate active power limit ramp" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Active power limiting"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Active power limit (Modbus-ID: 4281)	Zielwert der Rampe	% of $P_{\text{nom}}$	0.00	200.00	150.00	0.01

Einstellbare Parameter für Funktion "Active power limiting"

Tab. 62

### Parameter für "Active power limiting" eingeben

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.

- 
- 2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Active power limit" den gewünschten Wert eintragen.

## 6. TOR Typ A

### 6.1 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle.

Die P(U)-Funktion kann parallel zu den Q modes eingreifen. Aus den Funktionen der Q modes kann im Vorfeld nur eine Funktion gewählt werden. Es kann somit immer nur die gewählte Funktion der Q modes eingreifen.

Hierarchie	Name der Funktion		Bedeutung der Funktion
0	Anti-islanding		Anti-islanding protection
1	RT voltage		Dynamische Netzstützung
2	Bypass		Reduzierung der Ausgangsleistung auf 0 kVA
3	P(f)		Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz
4	P(U)		Wirkleistungsanpassung bei Überspannung
4	Q modes Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung	Q(U)	Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
4		Constant cosPhi	Fester Leistungsfaktor $\cos\phi$
4		cosPhi(P)	Leistungsfaktor-/Wirkleistungskennlinie $\cos\phi$ (P)
4		Const Q	Konstante Blindleistungsbereitstellung

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Tab. 63

Die einzelnen Funktionen sind in weiteren Abschnitten gesondert beschrieben.

(Siehe auch "TOR Erzeuger Typ A2019-12 (Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinstenerzeugungsanlagen)")

Netzanschlussregel: TOR Erzeuger Typ A2019-12 (Anschluss und Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen des Typs A und von Kleinstenerzeugungsanlagen)

#### Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Step response for Q	Sprungantwortverhalten für Blindleistung Q  Diese Zusatzfunktionen verändert das Verhalten der Funktionen Q(U), Constant cos(Phi), cosPhi(P) und RT voltage.
Switch on criteria	Zuschaltbedingungen

## Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Startup ramp	Zuschaltrampe
Active power limiting	Leistungsbegrenzer

Zusatzfunktionen

Tab. 64

## 6.2 Anti-islanding protection

### Anti-islanding protection einschalten

Wird ein unbeabsichtigter Inselbetrieb erkannt, wird das AC-DC-Modul innerhalb von 2 s abgeschaltet.

Diese Funktion ist immer eingeschaltet, wenn ein "netzfolgender Betrieb" ausgewählt ist. Die Funktion ist im Hintergrund aktiv, unabhängig davon, ob weitere Grid-Code-Funktionen aktiviert sind.

1. >Operation >AC-DC module settings wählen.
2. Im Bereich "General AC settings" bei "Controler and grid type selection" den Reglertyp sowie die Netzspannung und Netzfrequenz wählen:
  - Netzstromregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
z. B. "Current control 400 V / 50 Hz (grid-tied only)"
  - Spannungsregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
Zusätzlich bei "Voltage source mode" den Regelmodus "grid-following" wählen.  
z. B. "Voltage control 480 V / 60 Hz" und "grid-following".

## 6.3 Dynamische Netzstützung "RT voltage mode"

### Funktionsbeschreibung "RT voltage mode"

Die Funktion "RT voltage mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

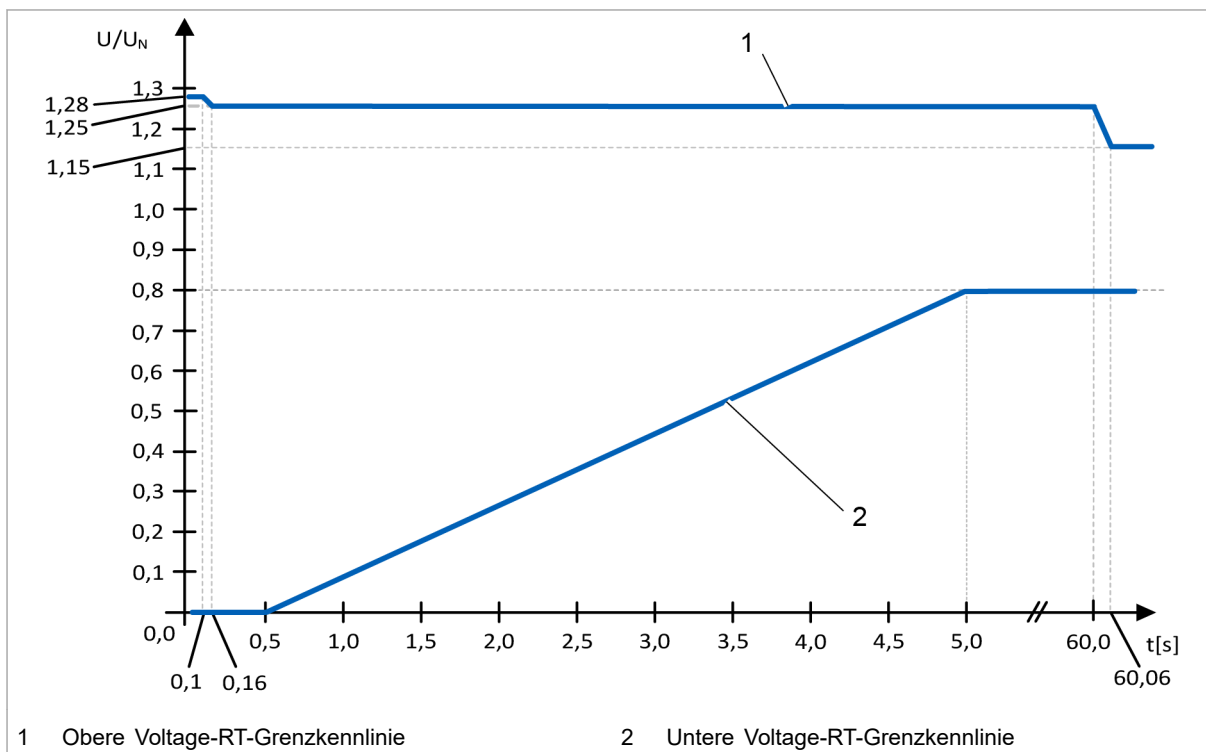
Verhalten bei extremen Netzschwankungen:

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für

eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 8", S. 30)

- Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Voltage-RT-Grenzkennlinie des AC-DC-Moduls

Fig. 50

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	128
2	0,1	128
3	0,16	125
4	60,0	125
5	60,06	115
6	$\infty$	115

Obere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 65

Stützpunkt-Nr.	Zeit [s]	U [% Unom]
1	0,0	0
2	0,5	0
3	5,0	80
4	$\infty$	80

Untere Voltage-RT-Grenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierte Grenzkennlinie

Tab. 66

Liegt die Netzspannung unterhalb von 85 % von  $U_{nom}$  oder oberhalb von 115 % von  $U_{nom}$  wird die Ausgangsscheinleistung so schnell wie möglich auf 0 kVA heruntergeregelt (max. 60 ms).

Dies ist ein kritischer Netzzustand und der Wechselrichter befindet sich im netzstützenden Betrieb: Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Alle Eingaben zu diesen Größen werden ignoriert, solange der netzstützende Betrieb anhält.

Sobald der Netzfehler beendet ist, versucht das AC-DC-Modul den Vorfehlerwert wiederherzustellen. Dies geschieht entweder sofort oder mittels eines PT1-Verhaltens (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46).

Netzfehler ist beendet, wenn sich die Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen des Geräts wieder innerhalb des Bereichs befindet:  $-15\% U_{nom}$  bis  $+15\% U_{nom}$ .

Die Funktion "RT voltage mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

## "RT voltage mode" einschalten

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "RT voltage mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Zusätzlich zu dieser Funktion kann eine Sprungantwort eingestellt werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 46)

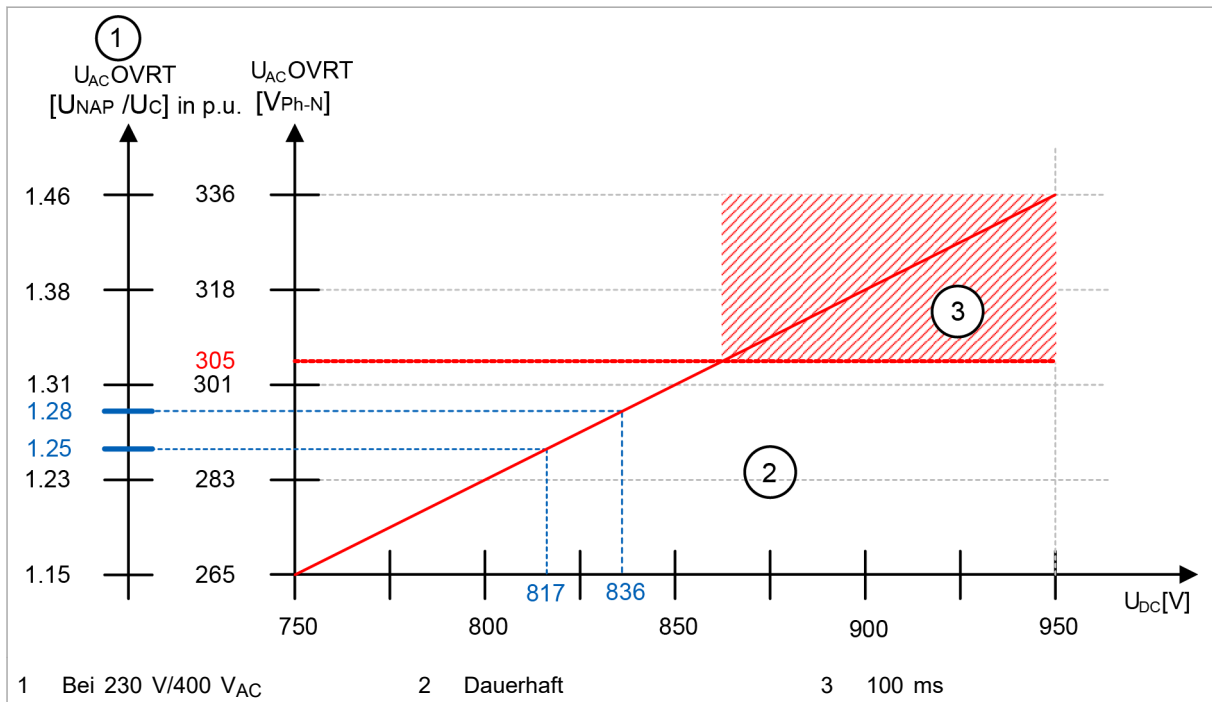
## Parametrierung "RT voltage mode"

Es sind keine Parameter einstellbar.

## Weitere Informationen zu "RT voltage mode"

### Trennung vom Netz bei Unterschreiten der Minimalspannung

Für die Überspannung gibt es eine zusätzliche Einschränkung: Die zum Zeitpunkt der Überspannung anliegende Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung. Die notwendige Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung wird in Abhängigkeit der Spannungserhöhung dargestellt.



Mindestanforderungen für Überspannungsfähigkeit des Geräts

Fig. 51

Liegt die Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung während einer netzseitigen Überspannung unterhalb der geforderten Minimalspannung, so droht ein unkontrollierter Strom aus dem Netz in Richtung der Batterie zu fließen. Zum Schutz des AC-DC-Moduls und der Batterie trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Um die Überspannungsfähigkeit zu garantieren, muss die minimale DC-Zwischenkreisspannung gemäß der gewählten AC-Netzspannung angepasst werden:

- Überspannungsfähigkeit von 125%:  $U_{dc\_min} = 817 \text{ V}$ .  
(Mindestanforderung nach Norm)
- Überspannungsfähigkeit von 128%:  $U_{dc\_min} = 836 \text{ V}$ .  
(maximale Überspannungsfähigkeit des TruConvert AC 3025)

### Hinweis

Wenn die Batterie direkt am DC-Zwischenkreis angeschlossen wird, folgendes sicherstellen:

Die OCV-Batteriespannung muss mindestens der Minimalspannung  $U_{dc\_min}$  entsprechen.

## 6.4 Bypass

### Funktionsbeschreibung "Bypass"

Die Funktion "Bypass" setzt die Ausgangsleistung sofort auf  $S = 0$  kVA, sobald sie aktiv ist.

Da die Funktion "Bypass" höher als die meisten Grid-Codes priorisiert ist, kann die Leistung des Geräts auch bei aktivem Grid-Code auf  $S = 0$  kVA gesetzt werden.

### "Bypass" einschalten

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Grid code bypass function" wählen: "Set S to 0 W".

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

### Parametrierung "Bypass"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Grid code bypass function (Modbus-ID: 4280)	Aktivieren/deaktivieren der Bypass-Funktion. Wenn aktiv, wird die Ausgangsleistung auf $S = 0$ kVA gesetzt.	–	0: Inactive	1: Set S to 0 W	0: Inactive	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Bypass"

Tab. 67

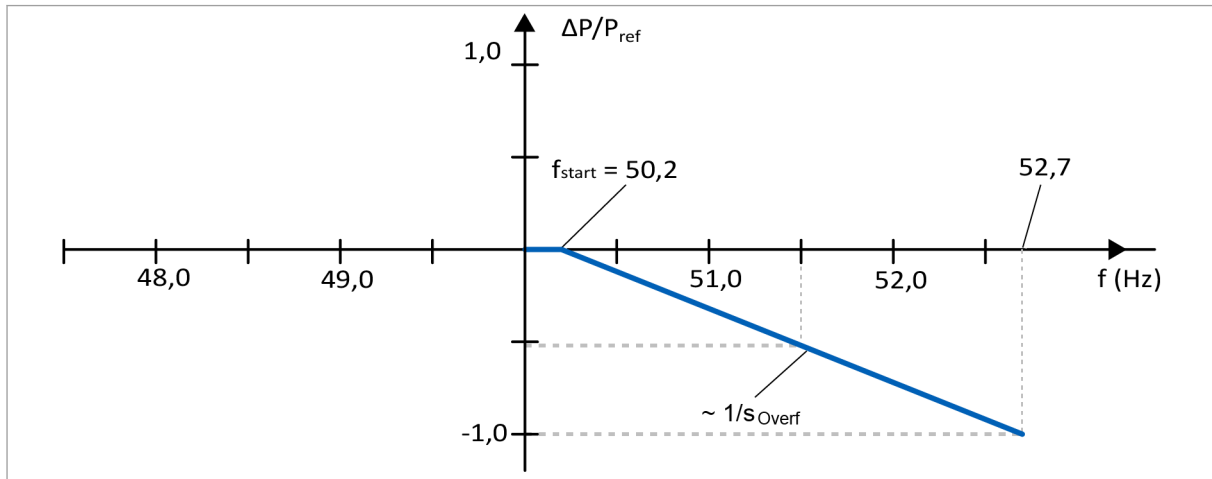
## 6.5 Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz

### Funktionsbeschreibung "P(f) mode"

Die Funktion "P(f) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

Beispielhafte Kennlinie für  $P(f)$ , hier mit  $s_{\text{Overf}} = 5\%$ ,  $P_{\text{mom}} = 100\% \times P_{\text{b inst}}$ :



Kennlinie Funktion  $P(f)$

Fig. 52

#### **P(f)-Funktion greift aktiv ein**

Die  $P(f)$ -Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters. Sie greift aktiv ein, sobald das definierte Toleranzband verlassen wurde. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung  $S$ , Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der  $P(f)$ -Kennlinie.

Toleranzband:

$f_{\text{Grid}} \leq \text{Overf}$ : frequency start

#### **Rückkehr in den Normalbetrieb**

Befindet sich die Netzfrequenz wieder unterhalb des Startwerts, ist das Ende des kritischen Netzzustandes erreicht.

#### **Anforderungen an die Blindleistung**

Durch die  $P(f)$ -Kennlinie wird die Wirkleistung  $P$  vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird die Blindleistung möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Verlassen des Toleranzbandes die momentane Blindleistung gespeichert und dieser Wert gehalten.

Sollte die maximale Scheinleistung nicht ausreichen, um die Wirkleistungsanforderung zu erfüllen, wird die bereitgestellte Blindleistung zugunsten der Wirkleistung reduziert.

## "P(f) mode" einschalten

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(f) mode" wählen: "P(f)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(f) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Overf: frequency start	Überfrequenzgrenze	Hz	50.2	50.5	50.2	0.1
Overf: reference power	Referenz zur Berechnung der Leistungsreduktion/-erhöhung	–	0: Maxi-mum power	1: Momen-tarily power	1: Momen-tarily power	1
Overf: s charge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Ladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Overf: s discharge	Statik der frequenzabhängigen Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz im Entladebetrieb	%	2.0	12.0	5.0	0.1
Charge_discharge_switch	Wenn aktiviert, darf von Lade- in Entladebetrieb gewechselt werden und umgekehrt. Wenn deaktiviert, dann Stop bei S = 0 kVA.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	0: No switch possible	1
Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz; S = Scheinleistung						

Einstellbare Parameter für Funktion P(f)

Tab. 68

Parameter	Beschreibung
Overf: frequency start	<p>Dies ist die Obergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Die Obergrenze ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Die Untergrenze ist fest: 49,8 Hz.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p> <p>Wird die Ober- oder Untergrenze erreicht, wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Der Wert <math>P_{mom}</math> ist dabei der Mittelwert aller 3 Phasen. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst und bildet so die angepasste Leistung <math>P_{adapted}</math>.</p> $P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$
Overf: reference power	<p>Das ist der Referenzwert für die jeweilige Statik bei Überfrequenz.</p> <p>Er entspricht entweder der installierten Leistung <math>P_{b\_inst}</math> oder der gespeicherten Leistung <math>P_{mom}</math>. Hier ist die installierte Leistung <math>P_{b\_inst}</math> mit der Bemessungswirkleistung <math>PrE</math> gleich zu setzen, da nur eine Erzeugereinheit betrachtet wird.</p>
Overf: s charge Overf: s discharge	<p>Diese 2 Statiken werden für den Fall einer Überfrequenz definiert. Welche Statik zum Einsatz kommt, hängt davon ab, ob der Wechselrichter zum Zeitpunkt der Frequenzüberschreitung im Lade- oder Entlademodus befindet.</p> <p>Die Statik ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar. Sie entspricht einer Leistungsrampe von:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bei <math>s = 2 \% \Rightarrow 100 \% P_{ref}</math> je Hertz</li> <li>▪ Bei <math>s = 12 \% \Rightarrow 16,67 \% P_{ref}</math> je Hertz</li> </ul> <p><math>P_{ref}</math> ist der Referenzwert für die Statik.</p> <p>Bei Überfrequenz gilt: <math>P_{ref} = P_{mom}</math>.</p>
Charge-discharge switch	<p>Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 0: No switch possible Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird die Ausgangsleistung bei <math>P = 0</math> kW festgehalten.</li> <li>▪ 1: Switch possible Der Wechsel von Erzeuger zu Verbraucher und umgekehrt ist erlaubt.</li> </ul>

Beschreibung der Parameter

Tab. 69

### Parameter für "P(f) mode" eingeben

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "P-mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

## Weitere Informationen zu "P(f) mode"

### Berechnung der angepassten Leistung

Bei Überfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet (Abkürzungen: s = Statik; f = Frequenz):

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - f_{start}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 53

Bei Unterfrequenz wird die Leistungsanpassung  $\Delta P$  berechnet:

$$\Delta P = \frac{f_{Grid} - 49,8 \text{ Hz}}{f_n} * \frac{1}{s} * P_{ref}$$

Fig. 54

Die angepasste Leistung wird anschließend berechnet:

$$P_{adapted} = P_{mom} - \Delta P$$

Fig. 55

### Beispiel

Zum Verständnis wird ein Beispiel für Überfrequenz gegeben mit folgenden Parametern:

Beschreibung	Symbol	Wert
Nennfrequenz	$f_n$	50.00 Hz
Obere Startfrequenz	$f_{start}$	50.20 Hz
Momentane Netzfrequenz	$f_{Grid}$	51.40 Hz
Statik zur Überfrequenz	$s = s_{discharge}$	2 %
Gespeicherter Wert der Wirkleistung beim Erreichen der oberen Startfrequenz	$P_{ref} = P_{mom}$	80 % von $P_b \text{ inst}$
Charge-discharge switch	–	True

Tab. 70

Mit Referenzleistung gleich Momentanleistung ( $P_{ref} = P_{mom}$ ) ergibt sich folgende Leistungsanpassung  $\Delta P$ :

$$\Delta P = \frac{51.40 - 50.20}{50} * \frac{1}{2\%} * 0.8 * P_{b_{inst}} = 0,96 * P_{b_{inst}}$$

Fig. 56

Und schließlich folgende Leistung:

$$P_{adapted} = 0.80 * P_{b_{inst}} - 0.96 * P_{b_{inst}} = -0.16 * P_{b_{inst}}$$

Fig. 57

Für das genannte Beispiel wird die Leistung des AC-DC-Moduls von 80% Einspeisung zu 16% Bezug angepasst.

Bis zur Rückkehr in das definierte Toleranzband und bis zum Beenden des kritischen Netzzustandes erfolgt die Leistungsanpassung entsprechend der aktuell gemessenen Frequenz  $f_{Grid}$  (Fahren auf Kennlinie).

Statiken können nur positive Werte annehmen (netzstützende Rückkopplung). Bei Überfrequenz wird die Einspeiseleistung reduziert oder der Bezug vom Netz erhöht. Bei Unterfrequenz wird die Einspeiseleistung gesteigert oder der Bezug vom Netz reduziert.

## 6.6 Wirkleistungsanpassung bei Überspannung "P(U) mode"

### Funktionsbeschreibung "P(U) mode"

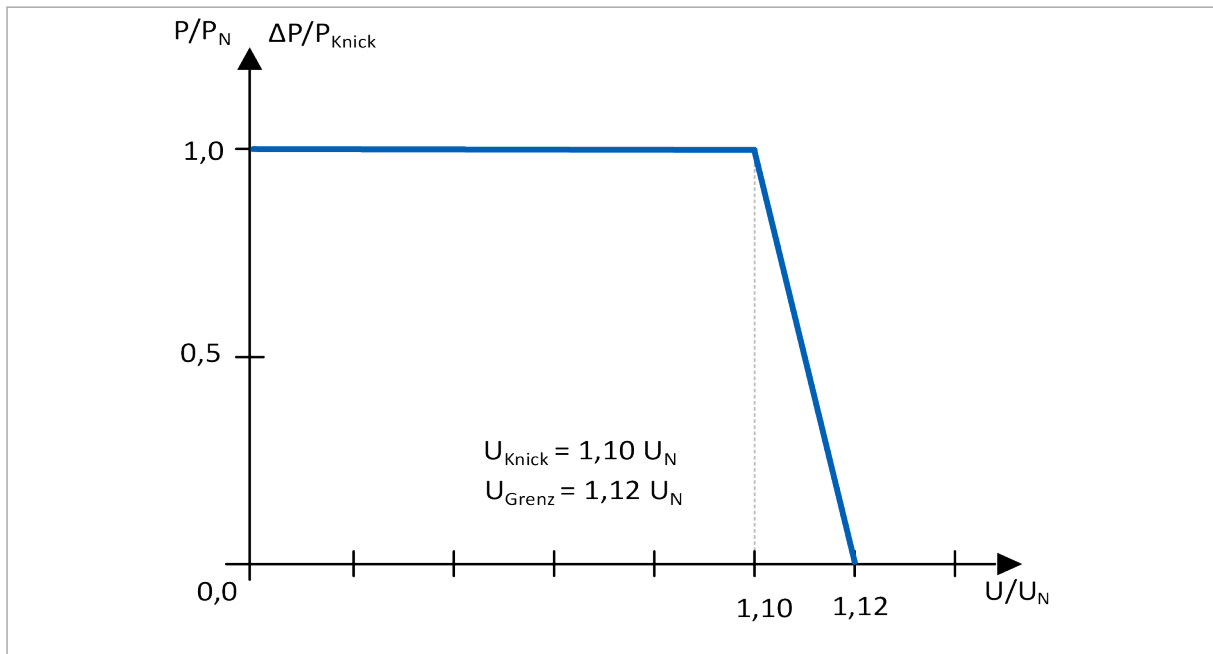
Die Funktion "P(U) mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Überspannung.

Die Funktion reduziert die Wirkleistung in Abhängigkeit der anliegenden Netzspannung.

Es gibt 2 verschiedene Modi:

- "Stay on curve"
- "Limitation of maximum power"

Die schematische Kennlinie sieht folgendermaßen aus:



Kennlinie Funktion P(U)

Fig. 58

**P(U)-Funktion greift aktiv ein** Die P(U)-Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters.

Sie greift aktiv ein, sobald:

- "Stay on curve":  
die Netzspannung die Knickspannung überschreitet.
- "Limitation of maximum power":  
die Netzspannung die Knickspannung überschreitet und gleichzeitig die Ausgangswirkleistung die Leistung der P(U)-Kennlinie überschreitet.

Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Scheinleistung S, Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage können nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der P(U)-Kennlinie.

**Rückkehr in den Normalbetrieb**

Der kritische Netzzustand endet, sobald:

- "Stay on curve":  
die Netzspannung die Knickspannung wieder unterschreitet.
- "Limitation of maximum power":  
die Netzspannung die Knickspannung wieder unterschreitet oder die Ausgangsleistung die P(U)-Kennlinie wieder unterschreitet.
- Die P(U)-Funktion greift nicht mehr ein und es wird wieder der Vorfehlerwert angenommen.

**Anforderungen an die Blindleistung**

Durch die P(U)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird der Leistungsfaktor  $\cos\phi$  möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Eintreten des kritischen Netzzustandes der momentane Leistungsfaktor  $\cos\phi$  gespeichert und dieser Wert gehalten. Somit führt die Reduktion der Wirkleistung auch zu einer Reduktion der Blindleistung.

## "P(U) mode" einschalten

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(U) mode" wählen: "P(U)".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(U) mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Calculation mode	Auswahl des Berechnungsverfahrens	–	0: Stay on curve	1: Limitation of maximum power	0: Stay on curve	1
Buckling voltage	Knickspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.09	1.11	1.10	0.01
Cut-off voltage	Grenzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.11	1.15	1.12	0.01
Activate step response for P	Aktivieren eines PT1-Verhaltens für P	–	0: Inactive	1: PT1 of P	1: PT1 of P	1
PT1 of P: tau	Zeitkonstante der Sprungantwort	s	3.0	60.0	5	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion P(U)

Tab. 71

Parameter	Beschreibung
Calculation mode Buckling voltage Cut-off voltage	<p>Es kann zwischen 2 verschiedenen Berechnungsverfahren gewählt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ "Stay on curve": Anhand der definierten Knickspannung "Buckling voltage" wird eine Startspannung definiert. Sollte zu irgendeinem Zeitpunkt die Netzspannung diese Spannung überschreiten, übernimmt die P(U)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(U)-Kennlinie an. Beim Erreichen der Knickspannung wird der Wert der momentanen Wirkleistung <math>P_{mom}</math> gespeichert. Dieser Wert <math>P_{mom}</math> wird um den Betrag <math>\Delta P</math> angepasst. Die Ausgangswirkleistung erreicht bei ihrer Grenzspannung "Cut-off voltage" ihr Minimum <math>P = 0</math> kW.</li> <li>▪ "Limitation of maximum power": Es wird die maximale Wirkleistungsabgabe begrenzt. Sollte die Wirkleistung zu einem Zeitpunkt die Kennlinie überschreiten, so wird die Ausgangsleistung auf den Wert der P(U)-Kennlinie begrenzt. Die Begrenzung wirkt erst bei Netzspannungen, die größer sind als die Knickspannung. Die Ausgangswirkleistung erreicht bei ihrer Grenzspannung "Cut-off voltage" ihr Minimum <math>P = 0</math> kW.</li> </ul>
Activate step response for P PT1 of P: tau	<p>Für Änderungen der Ausgangswirkleistung kann eine Sprungantwort eingestellt werden. Die Sprungantwort definiert, in welchem Zeitraum der neue Wert erreicht wird. So kann eine eher abrupte oder allmähliche Änderung eingestellt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PT1-Verhalten einschalten:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parameter "Activate step response for P" auf "1: PT1 of P" setzen.</li> <li>- Zeitkonstante <math>\tau</math> ("PT1 of P: tau") eingeben.</li> <li>- Die Zeitkonstante <math>\tau</math> bestimmt dabei die Geschwindigkeit der Änderung. Nach <math>3 \tau</math> sind etwa 95 % des Soll-Wertes erreicht.</li> </ul> </li> <li>▪ PT1-Verhalten ausschalten: Parameter "Activate step response for P" auf "0: Inactive" setzen. Bei ausgeschaltetem PT1-Verhalten findet die Wirkleistungsreduzierung ohne Verzögerung statt.</li> </ul>

Beschreibung der Parameter

Tab. 72

### Parameter für "P(f) mode" eingeben

1. >Configuration >EN50549-1 wählen.
2. Im Bereich "P(f) mode settings" die gewünschten Werte eingeben.

### Weitere Informationen zu "P(U) mode"

- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 124)

## 6.7 Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung "Q modes"

Um die statische Netzstützung durch Blindleistung zu unterstützen kann eines der folgenden Verfahren ausgewählt werden:

- Blindleistung als Funktion der Netzspannung: "Q(U)"
- Fester Leistungsfaktor  $\cos\varphi$ : "Constant  $\cos\Phi$ "
- Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung: "CosPhi(P)"
- Konstante Blindleistungsbereitstellung: "Q = const"

### Minimaler Leistungsfaktor

In allen Blindleistungsverfahren wird versucht, dass sich das bereitgestellte Verhältnis von Wirkleistung zu Blindleistung nicht außerhalb der blau abgegrenzten Linie befindet.

Dies bedeutet insbesondere, dass bei kleinen Wirkleistungen ( $P/S_r < 0,2$ ) ein minimaler Leistungsfaktor von  $\cos\varphi = 0,4$  gilt. Bei größeren Wirkleistungen wird dieser Grenzwert entsprechend der blauen Kennlinie angepasst. Durch dieses Verfahren wird die maximale Blindleistung relativ zur bereitgestellten Wirkleistung begrenzt. Eine Ausnahme ist die Funktion "Constant  $\cos\Phi$ ". Hier wird der eingegebene Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  benutzt.

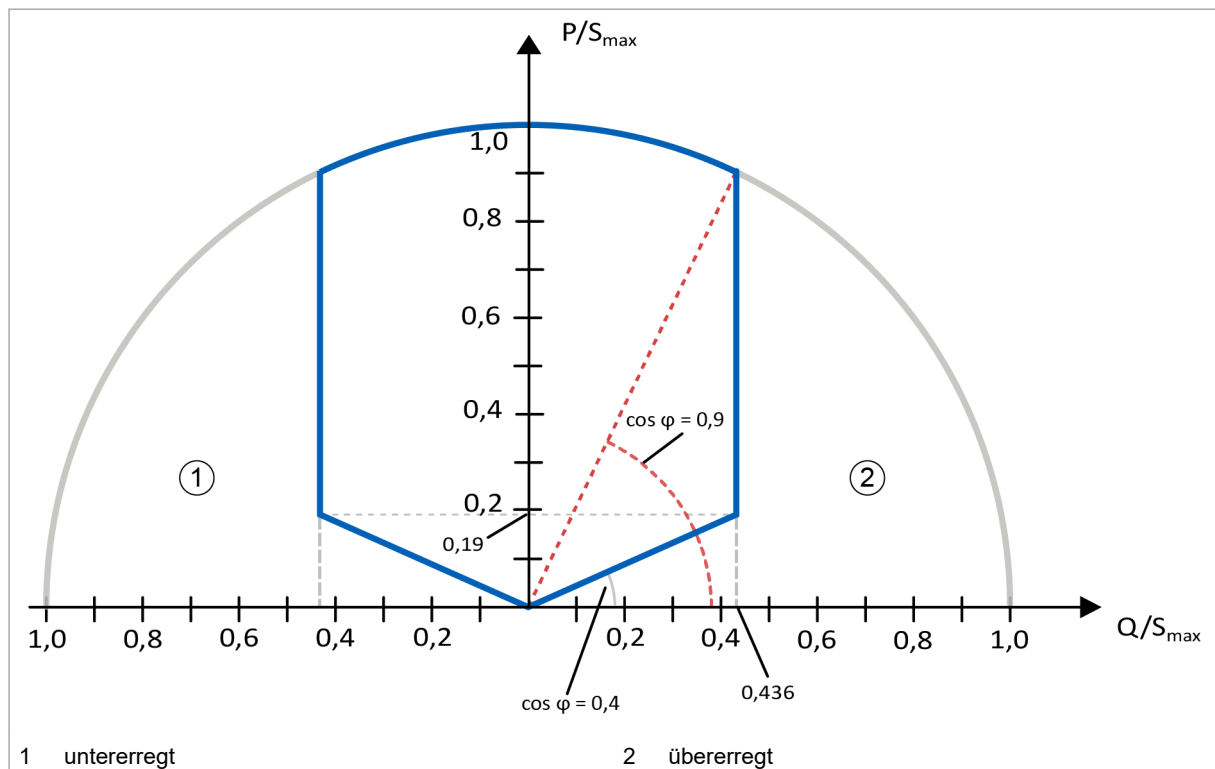


Fig. 59



Innerhalb welcher Wertebereiche die einzelnen Stützpunkte liegen, ist für jeden Parameter definiert. (siehe "Parametrierung Q(U)", S. 117)

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung S, der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden.

Generell wird bei eingeschalteter Q(U)-Funktion die Eingabe des Soll-Wertes für die Scheinleistung ("Set value AC") als Wirkleistung P interpretiert.

- Im Normalbetrieb wird  $\cos\varphi = 1$  gesetzt.
- Im gestörten Fall ergibt sich  $\cos\varphi$  aus der Kennlinie. Aus der Soll-Wert-Vorgabe ( $\triangleq P$ ) und  $\cos\varphi$  ergibt sich dann die wirklich abgegebene/aufgenommene Scheinleistung.

Durch die Q(U)-Kennlinie sind durch die Soll-Wert-Vorgabe ( $\triangleq P$ ) und die Netzspannung die Werte des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert.

Der durch die Kennlinie bestimmte Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  berechnet sich aus dem eingegebenen Soll-Wert und der vorgegebenen Blindleistung (Kennlinie).

$$\cos\varphi = \sqrt{1 - \frac{Q^2}{P^2 + Q^2}}$$

Fig. 61

### "Q(U)" einschalten

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Q(U)".  
Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Q(U)"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Q(U): voltage 1* U1	1. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.8	1.1	0.92	0.01
Q(U): voltage 2* U2	2. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.8	1.1	0.96	0.01
Q(U): voltage 3* U3	3. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.8	1.1	1.05	0.01
Q(U): voltage 4* U4	4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0.8	1.1	1.08	0.01
Q(U): Q1 and Q4	Blindleistung beim 1. und 4. Spannungsstützpunkt	p.u. of $V_{nom}$	0	1	0.436	0.001
*) $U_{1-4} = x \% U_{nom}$ , $U_{nom} = 231 V$ Abkürzungen: p.u. = per unit						

Einstellbare Parameter für Funktion Q(U)

Tab. 74

### Parameter für Q(U) eingeben

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Q(U): ..." die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Q(U)"

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die eingestellte Scheinleistung kleiner ist als die geforderte Blindleistung (Kennlinie). Es kann auch sein, dass die Anforderung an das minimale  $\cos\phi$  nicht erfüllt wird aufgrund des Verhältnisses von Wirkleistung zu Blindleistung. In diesem Fall wird die Scheinleistung automatisch entsprechend erhöht.
- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 124)

## Fester Leistungsfaktor "Constant cosPhi"

### Funktionsbeschreibung "Constant cosPhi"

Mit dieser Funktion können ein konstanter Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und eine konstante Phasenlage für den Entladebetrieb vorgegeben werden. Durch diesen konstanten Leistungsfaktor wird sichergestellt, dass immer etwas Blindleistung ins Netz abgegeben wird.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "Constant cosPhi" sind bei vorgegebener Scheinleistung durch die Grid-Code-Einstellungen die Werte von  $\cos\phi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\phi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die eingestellten Werte benutzt.

### Eingestellter Leistungsfaktor $\cos\phi$ verwendet

Bei dieser Funktion werden für alle Wirkleistungswerte  $P$  der eingestellte Leistungsfaktor  $\cos\phi$  verwendet. In diesem Fall sind also auch Werte erlaubt, die kleiner sind als minimale Leistungsfaktor  $\cos\phi = 0,4$ .

### "Constant cosPhi" einschalten

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Constant cos(Phi)"

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Constant cosPhi"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Constant cosPhi: cosPhi	Konstanter Power Faktor im Entladebetrieb	–	0.0	1.0	1.0	0.01
Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition im Entladebetrieb	–	0: capa-citive	1: induc-tive	0: capa-citive	–

Einstellbare Parameter für Funktion Constant cosPhi

Tab. 75

### Parameter für "Constant cosPhi" eingeben

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" bei "Constant cosPhi" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Constant cosPhi"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 124)

## Leistungsfaktor als Funktion der Wirkleistung "cosPhi(P)"

### Funktionsbeschreibung "cosPhi(P)"

Die Funktion "cosPhi(P)" steuert die Blindleistungsbereitstellung durch einen veränderten Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung. Durch die Funktion kann eine vorgegebene Blindleistung in Abhängigkeit der eingestellten Wirkleistung in das Netz abgegeben werden. Dies ist als cosPhi(S)-Kennlinie implementiert.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "cosPhi(P)" sind bei vorgegebener Scheinleistung die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die Werte der cosPhi(S)-Kennlinie genutzt.

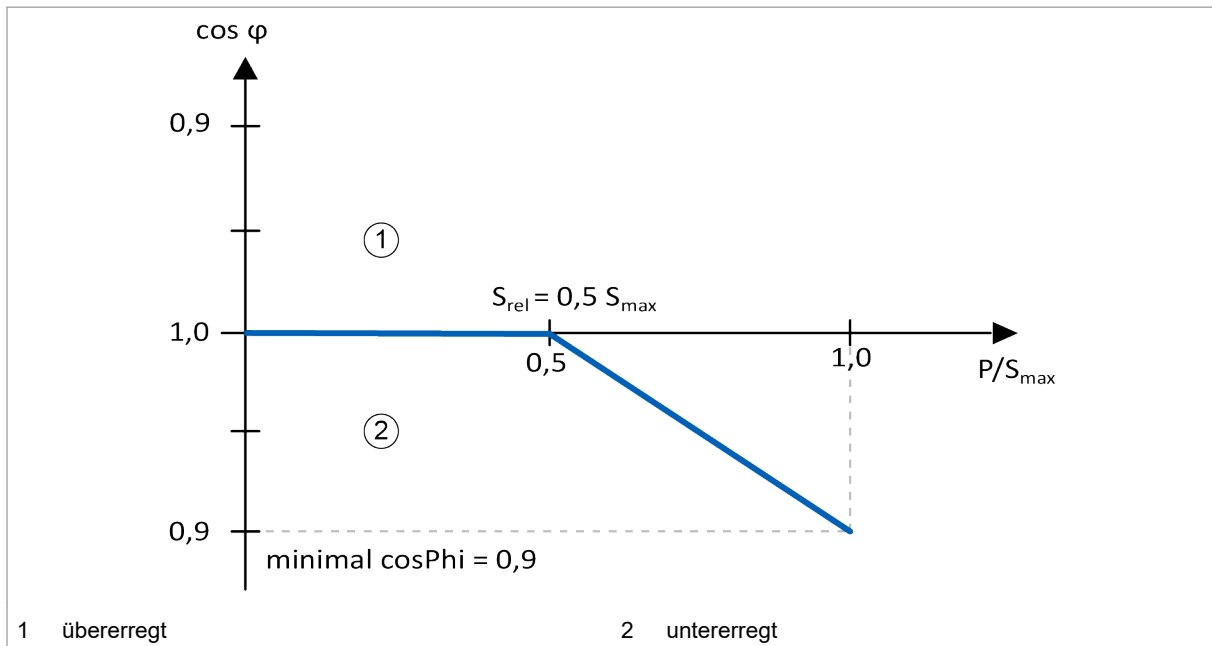


Fig. 62

### "cosPhi(P)" einschalten

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "cosPhi(P)".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "cosPhi(P)"

Es sind keine Parameter einstellbar.

Die Werte sind fest vorgegeben:  $S_{\text{rel}} = 0,5$  und "minimal cosPhi" = 0,9.

### Weitere Informationen zu "cosPhi(P)"

- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 124)

## Konstante Blindleistungsbereitstellung "Q = const"

### Funktionsbeschreibung "Q = const"

Die Funktion "Q = const" steuert die Blindleistungsbereitstellung durch einen konstanten Blindleistungswert.

Im AC-DC-Modul können zur Steuerung die Scheinleistung  $S$ , der Leistungsfaktor  $\cos\varphi$  und die Phasenlage vorgegeben werden. Durch die Auswahl der Funktion "Q = const" sind bei vorgegebener Scheinleistung die Werte von  $\cos\varphi$  und der Phasenlage eindeutig bestimmt. Aus diesem Grund werden bei aktiv eingreifender Funktion die eingegebenen Parameter des Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  und der Phasenlage ignoriert. Es werden stattdessen die eingestellten Werte benutzt.

### Minimaler Leistungsfaktor

Auch bei dieser Funktion wird versucht, dass sich das bereitgestellte Verhältnis von Wirkleistung zu Blindleistung nicht außerhalb der blau abgegrenzten Linie befindet (siehe "Fig. 59", S. 115). Bei kleinen Wirkleistungen wird somit die Anforderung an die konstante Blindleistung ignoriert und der minimale Leistungsfaktor  $\cos\varphi = 0,4$  erfüllt. Erst wenn die Wirkleistung groß genug ist, wird die volle Blindleistung zur Verfügung gestellt.

### "Q = const" einschalten

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q mode" wählen: "Constant Q".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Q = const"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Constant Q: Q	Konstante Blindleistung im Entladebetrieb	p.u. of $S_{max}$	0.0	1.0	0.0	0.001
Constant Q: Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition im Entladebetrieb	–	0: capa-citive	1: induc-tive	0: capa-citive	–
Abkürzungen: p.u. = per unit						

Einstellbare Parameter für Funktion "Q = const"

Tab. 76

**Weitere Informationen zu "Q = const"**

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die eingestellte Scheinleistung kleiner ist als die geforderte Blindleistung (Kennlinie). Es kann auch sein, dass die Anforderung an das minimale  $\cos\phi$  nicht erfüllt wird aufgrund des Verhältnisses von Wirkleistung zu Blindleistung. In diesem Fall wird die Scheinleistung automatisch entsprechend erhöht.
- Die Funktion gilt nur im Entladebetrieb. Im Ladebetrieb sind alle Parameter frei wählbar.
- Zusätzlich kann ein PT1-Verhalten der Ausgangsblindleistung aktiviert werden. (siehe "Step response for Q einschalten", S. 124)

**6.8 Sprungantwort "Step response for Q"**

**Funktionsbeschreibung "Step response for Q"**

Für Änderungen der Blindleistung kann eine Sprungantwort eingestellt werden. Dies ist bei den 4 Q-Mode-Funktionen "Q(U)", "Constant cos(Phi)", "cosPhi(P)" und "Q=const" sowie bei der Funktion "RT voltage mode" möglich.

Die Sprungantwort definiert, in welchem Zeitraum der neue Wert erreicht wird. So kann eine eher abrupte oder allmähliche Änderung eingestellt werden.

Die Zeitkonstante  $\tau$  bestimmt dabei die Geschwindigkeit der Änderung. Nach  $3 \tau$  sind etwa 95 % des Soll-Wertes erreicht.

$$Q(t) = Q_{set} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

Fig. 63

## "Step response for Q" einschalten

1. *>Configuration >EN50549-1* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Activate step response for Q" wählen: "PT1 of Q".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Step response for Q"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
PT1 of Q: tau	$\tau$ ist die Zeitkonstante der Sprungantwort.	s	3.0	60.0	5.0	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "Step response for Q"

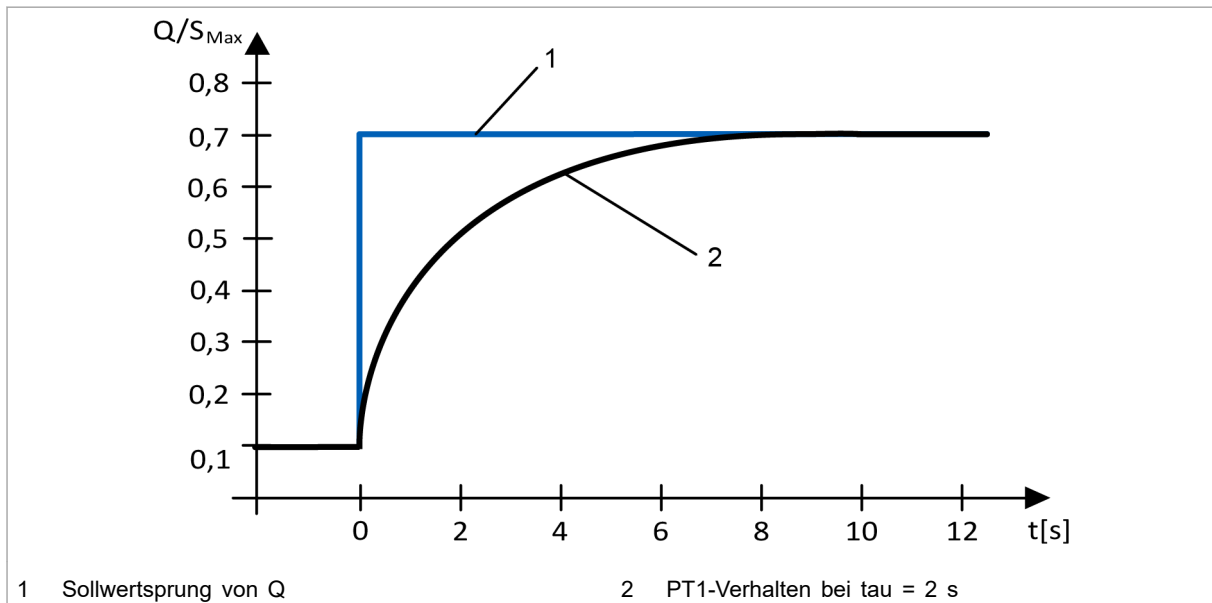
Tab. 77

### Hinweis

Die Sprungantwort wirkt sich nur auf das Wiedereinschalten nach einem Netzfehler aus. Nicht bei normalem Einschalten oder Sollwertänderungen.

### Parameter für "Step response for Q" eingeben

1. *>Configuration >TOR A* wählen.



Kennlinie für Sprungantwort (Beispiel)

Fig. 64

2. Im Bereich "Step response for Q settings" bei "PT1 of Q: tau" die gewünschten Werte eintragen.

## 6.9 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

### Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

Das AC-DC-Modul erwartet einen externen Befehl, um sich wieder mit dem Netz zu verbinden. Es erfolgt keine automatische Wiederschaltung.

### "Switch on criteria" einschalten

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Switch on criteria"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Voltage min	Minimaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	0.8	0.99	0.85	0.01
Voltage max	Maximaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1	1.15	1.09	0.01
Frequency min	Minimaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	47	50	47.5	0.1
Frequency max	Maximaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	50	52	50.1	0.1
Time	Zeitspanne der Zuschaltüberprüfung	s	10	300	60	0.1

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 78

### Parameter für "Switch on criteria" eingeben

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.

## 6.10 Zuschaltrampe "Startup ramp"

### Funktionsbeschreibung "Startup ramp"

Die Funktion "Startup ramp" sorgt dafür, dass beim Zuschalten des Geräts ans Netz der Sollwert der Wirkleistung mit einer linearen Rampe angefahren wird.

### "Startup ramp" einschalten

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.
2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Startup ramp after next power stage activation" wählen: "Active".

**oder**

- Modbus ID 4282

Die Funktion ist eingeschaltet.

Die Funktion kann auch im laufenden Betrieb ein- und ausgeschaltet werden.

## Parametrierung "Startup ramp"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Startup ramp slope	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	6	10	10	1

Einstellbare Parameter für Funktion "Startup ramp"

Tab. 79

### Parameter für "Startup ramp" eingeben

#### Hinweis

Parameter können nicht im laufenden Betrieb geändert werden.

1. >Configuration >TOR A wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Startup ramp slope" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Startup ramp"

Die Zuschaltrampe startet, wenn das erste Mal Energie ins Netz eingespeist wird.

Die Zuschaltrampe ist nur im Entlademodus aktiv.

## 6.11 Leistungsbegrenzer "Active power limiting"

### Funktionsbeschreibung "Active power limiting"

Die Funktion "Active power limiting" sorgt dafür, dass eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  mit einer linearen Rampe angefahren wird.

Ist die Funktion eingeschaltet, kann dem AC-DC-Modul eine maximale Wirkleistung  $P_{\max}$  vorgegeben werden.

Die Funktion greift aktiv ein, sobald der gewünschte Sollwert größer ist als der eingestellte  $P_{\max}$ -Wert. Die Ausgangswirkleistung wird auf den angegebenen  $P_{\max}$ -Wert begrenzt und dieser  $P_{\max}$ -Wert wird mit einer linearen Rampe angefahren. Die Rampe hat eine Steigung von  $0,5 \% \times P_{\text{nom}}$  pro Sekunde.

### "Active power limiting" einschalten

1. *>Configuration >TOR A* wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Activate active power limit ramp" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Active power limiting"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Active power limit (Modbus-ID: 4281)	Zielwert der Rampe	% of $P_{\text{nom}}$	0.00	200.00	150.00	0.01

Einstellbare Parameter für Funktion "Active power limiting"

Tab. 80

### Parameter für "Active power limiting" eingeben

1. *>Operation >AC-DC module settings* wählen.

- 
- 2. Im Bereich "Grid code control settings" bei "Active power limit" den gewünschten Wert eintragen.

## 7. AS/NZS 4777.2

### 7.1 Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Sind gleichzeitig mehrere Grid-Code-Funktionen aktiv, übernimmt die Funktion mit der höchsten Hierarchiestufe die Kontrolle.

Aus den Funktionen der Q modes kann im Vorfeld nur eine Funktion gewählt werden. Es kann somit immer nur die gewählte Funktion der Q modes eingreifen.

Die anderen Funktionen mit derselben Hierarchiestufe können parallel arbeiten.

Hierarchie	Name der Funktion		Bedeutung der Funktion
0	Anti-islanding		Anti-islanding protection
1	Voltage limit mode (passive anti islanding protection)		Dynamische Netzstützung
1	Frequency limit mode (passive anti islanding protection)		Dynamische Netzstützung
1	Sustained operation voltage mode		Abschaltung bei Überspannung.
2	P(f): Sustained operation frequency mode		Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz
3	P(U): Volt-watt response modes		Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterspannung
3	Q modes Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung	Q(U): Volt-var response mode	Blindleistungs-Spannungskennlinie Q(U)
3		Constant cosPhi: Fixed power factor mode	Fester Leistungsfaktor $\cos\phi$
3		Constant Q: Reactive power mode	Feste Blindleistung

Hierarchie der Grid-Code-Funktionen

Tab. 81

Die einzelnen Funktionen sind in weiteren Abschnitten gesondert beschrieben.

(Siehe auch "AS/NZS 4777.2 – Grid connection of energy systems via inverters".)

## Zusatzfunktionen

Name der Funktion	Bedeutung der Funktion
Switch on criteria	Zuschaltbedingungen
Startup ramp	Zuschaltrampe

Zusatzfunktionen

Tab. 82

## 7.2 Anti-islanding protection

### Anti-islanding protection einschalten

Wird ein unbeabsichtigter Inselbetrieb erkannt, wird das AC-DC-Modul innerhalb von 2 s abgeschaltet.

Diese Funktion ist immer eingeschaltet, wenn ein "netzfolgender Betrieb" ausgewählt ist. Die Funktion ist im Hintergrund aktiv, unabhängig davon, ob weitere Grid-Code-Funktionen aktiviert sind.

1. >Operation >AC-DC module settings wählen.
2. Im Bereich "General AC settings" bei "Controler and grid type selection" den Reglertyp sowie die Netzspannung und Netzfrequenz wählen:
  - Netzstromregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
z. B. "Current control 400 V / 50 Hz (grid-tied only)"
  - Spannungsregelung + Spannung/Frequenz des AC-Netzes.  
Zusätzlich bei "Voltage source mode" den Regelmodus "grid-following" wählen.  
z. B. "Voltage control 480 V / 60 Hz" und "grid-following".

## 7.3 Regionale Einstellungen ("Regional settings")

Je nachdem in welchem Land bzw. welchem Landesteil das Gerät betrieben wird, sind bestimmte Vorgaben zu beachten.

Mögliche Regionen:

- Australia A
- Australia B
- Australia C
- New Zealand
- Custom

Ggfls. beim Netzbetreiber nachfragen, welche Region passend zum Anlagenstandort gewählt werden muss.

Wird eine der angegebenen Regionen ausgewählt, sind bereits alle Parameter eindeutig definiert (siehe Werkseinstellungen).

Wird Custom gewählt, können die Parameter innerhalb der angegebenen Minimal- und Maximalwerte manuell eingestellt werden.

## "Regional settings" wählen

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Regional settings" bei "Region" die gewünschte Landesregion wählen.

Alle für diese Region vordefinierten Parameter werden verwendet. Je nach gewählter Region werden Auswahlmöglichkeiten in den Untermenüs eingeschränkt oder bereits feste Werte eingesetzt.

## 7.4 "Voltage limit mode" (passive anti islanding protection)

### Funktionsbeschreibung "Voltage limit mode"

Die Funktion "Voltage limit mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

Verhalten bei extremen Netzschwankungen:

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 65", S. 133)
- Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Die Funktion "Voltage limit mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

## "Voltage limit mode" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Voltage limit mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Voltage limit mode"

Es sind keine Parameter einstellbar.

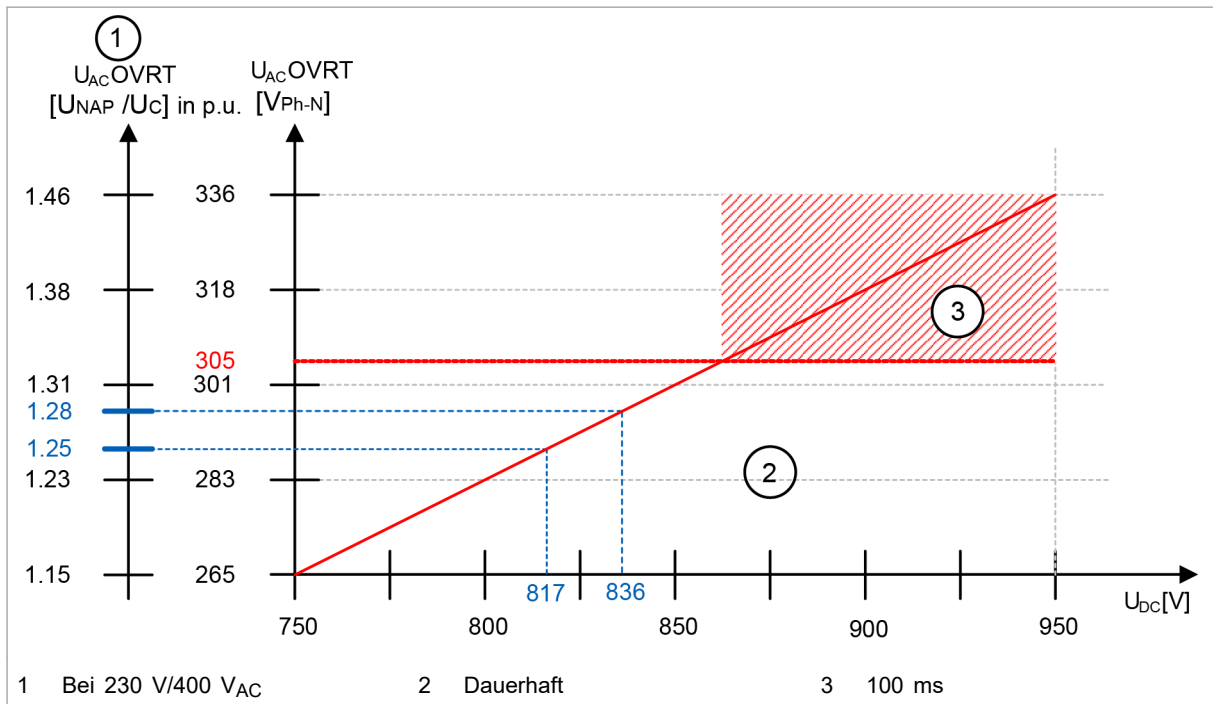
## Weitere Informationen zu "Voltage limit mode"

### Multiple voltage disturbances

Der "Voltage limit mode" unterstützt mehrere aufeinanderfolgende Spannungseinbrüche. Dabei werden alle Spannungseinbrüche innerhalb von 15 s als zusammengehörig betrachtet. Es wird die Dauer aller Spannungseinbrüche addiert, die innerhalb der letzten 15 s stattgefunden haben. Diese Summe wird mit der jeweiligen Verzögerungszeit verglichen. Ist das Netz für 15 s am Stück stabil, werden die summierten Zeiten auf 0 s zurückgesetzt und alle folgenden Spannungseinbrüche werden als neue Störung behandelt.

### Trennung vom Netz bei Unterschreiten der Minimalspannung

Für die Überspannung gibt es eine zusätzliche Einschränkung: Die zum Zeitpunkt der Überspannung anliegende Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung. Die notwendige Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung wird in Abhängigkeit der Spannungserhöhung dargestellt.



Mindestanforderungen für Überspannungsfähigkeit des Geräts

Fig. 66

Liegt die Batteriespannung bzw. DC-Zwischenkreisspannung während einer netzseitigen Überspannung unterhalb der geforderten Minimalspannung, so droht ein unkontrollierter Strom aus dem Netz in Richtung der Batterie zu fließen. Zum Schutz des AC-DC-Moduls und der Batterie trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Um die Überspannungsfähigkeit zu garantieren, muss die minimale DC-Zwischenkreisspannung gemäß der gewählten AC-Netzspannung angepasst werden:

- Überspannungsfähigkeit von 120 % (entspricht  $\approx 275$  V):  
U<sub>dc\_min</sub> = 784 V.  
(Mindestanforderung nach Norm)
- Überspannungsfähigkeit von 128%: U<sub>dc\_min</sub> = 836 V.  
(maximale Überspannungsfähigkeit des TruConvert AC 3025)

**Hinweis**

Wenn die Batterie direkt am DC-Zwischenkreis angeschlossen wird, folgendes sicherstellen:  
Die OCV-Batteriespannung muss mindestens der Minimalspannung U<sub>dc\_min</sub> entsprechen.

## 7.5 Frequency limit mode (passive anti islanding protection)

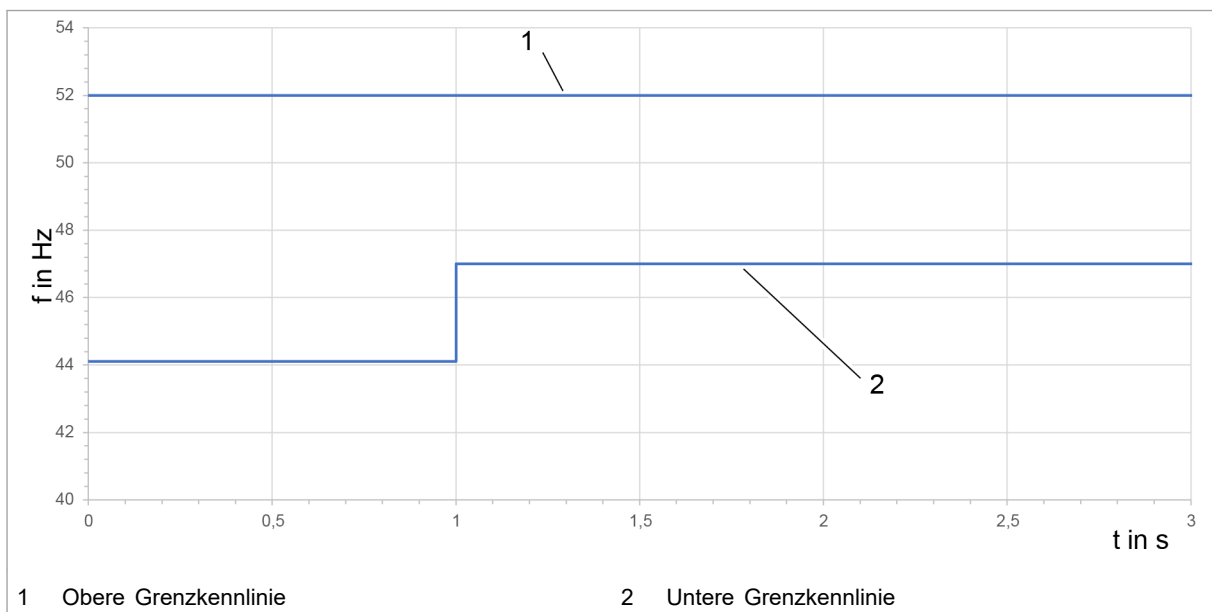
### Funktionsbeschreibung "Frequency limit mode"

Die Funktion "Frequency limit mode" steuert das Verhalten des AC-DC-Moduls bei Unter- und Überspannung im Netz.

Verhalten bei extremen Netzschwankungen:

- Das AC-DC-Modul bleibt mit dem Netz verbunden. Erst wenn die Netzschwankungen die festgelegten Grenzen für eine Netzperiode überschreiten, wird das Gerät nach einer Verzögerungszeit vom Netz getrennt. (siehe "Fig. 67", S. 136)
- Das AC-DC-Modul reduziert seine Ausgangsscheinleistung auf  $S = 0$  kVA.

Solange sich die Netzschwankungen innerhalb der Grenzkennlinien befinden, bleibt das AC-DC-Modul mit dem Netz verbunden.



Frequency limit mode: Grenzkennlinie des AC-DC-Moduls (Beispiel für Australien A)

Fig. 67

	Region	Australien A	Australien B	Australien C	Neuseeland
Unterfrequenz ( $F <$ )	Grenzwert [Hz]	47	47	45	45
	Verzögerungszeit [s]	1	1	5	1
Überfrequenz ( $F >$ )	Grenzwert [Hz]	52	52	55	55
	Verzögerungszeit [s]	–	–	–	–

Obere und untere Frequenzgrenzkennlinie: Stützpunkte für die implementierten Grenzkennlinien

Tab. 85

Liegt die Netzfrequenz unterhalb von 44.1 Hz trennt sich der Wechselrichter vom Netz.

Die Funktion "Frequency limit mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

## "Frequency limit mode" einschalten

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Frequency limit mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Frequency limit mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werkseinstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Over-frequency 1 (F > ) value	Überfrequenzgrenze	Hz	52	55	Australia A: 52 Australia B: 52 Australia C: 55 New Zealand: 55	0.1
Under-frequency 1 (F > ) value	Unterfrequenzgrenze	Hz	45	47	Australia A: 47 Australia B: 47 Australia C: 45 New Zealand: 45	0.1
Under-frequency 1 (F < ) trip delay time	Zeitverzögerung bis sich das Gerät vom Netz trennt.	s	1	5	Australia A: 1 Australia B: 1 Australia C: 5 New Zealand: 1	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "Frequency limit mode"

Tab. 86

## Parameter für "Frequency limit mode" eingeben

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Regional settings" bei "Region" die zugehörige Region wählen.

Dadurch sind alle Parameter eindeutig definiert.

3. Um die Parameter manuell einzustellen:
  - Im Bereich "Regional settings" bei "Region" "Customer" wählen.
  - Im Bereich "Voltage and frequency limit mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

## 7.6 Sustained operation voltage mode

### Funktionsbeschreibung "Sustained operation voltage mode"

Durch die Funktion "Sustained operation voltage mode" wird die Netzspannung über einen Zeitraum von 10 min überwacht. Überschreitet der 10-Minuten-Mittelwert den eingestellten Grenzwert, so trennt sich das AC-DC-Modul vom Netz.

Die Grenzwerte sind abhängig von der jeweiligen Region.

Region	Grenzwert $V_{nom-max}$	Schrittweite
Australien A	258 V	–
Australien B	258 V	–
Australien C	258 V	–
Neuseeland	249 V	–
Erlaubter Bereich	244 V bis 258 V	0.1

Voreingestellte Grenzwerte für  $V_{nom-max}$

Tab. 87

Die Funktion "Sustained operation voltage mode" ist während des Lade- und Entladebetriebs aktiv.

### "Sustained operation voltage mode" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Sustained operation voltage mode" wählen: "Activate".

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "Sustained operation voltage mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werkseinstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
10 minute Vnom-max value	Grenzwert für den 10-Minuten-Mittelwert von $V_{nom}$ .	V	244	258	Australia A: 258 Australia B: 258 Australia C: 258 New Zealand: 249	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "Sustained operation voltage mode"

Tab. 88

### Parameter für "Sustained operation voltage mode" eingeben

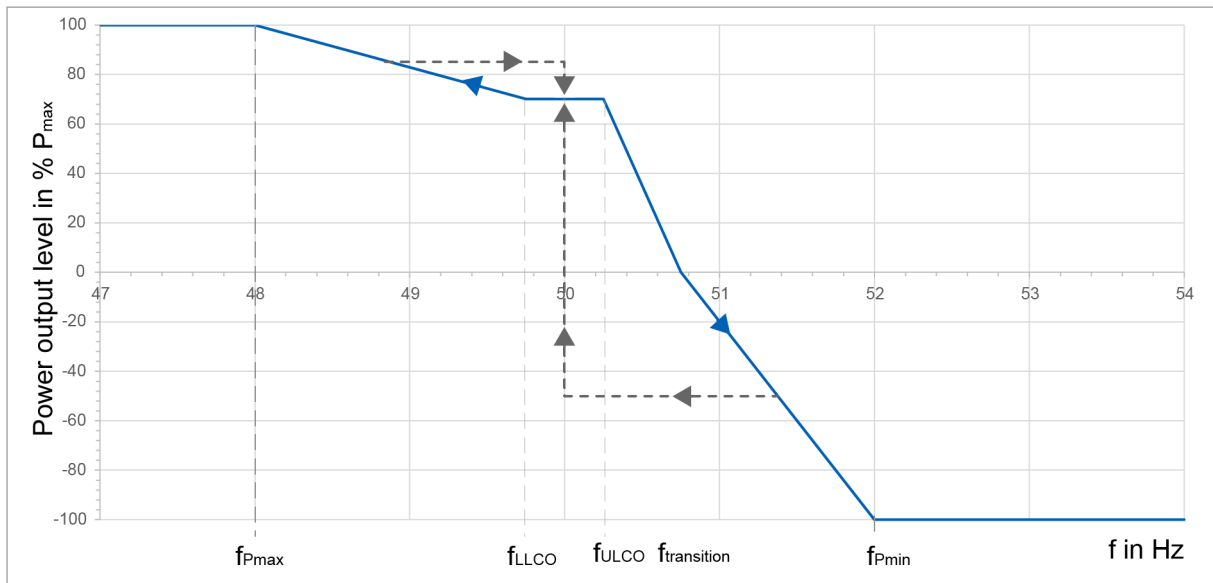
1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Voltage and frequency limit mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

## 7.7 "P(f): Sustained operation frequency mode"

### Funktionsbeschreibung "P(f): Sustained operation frequency mode"

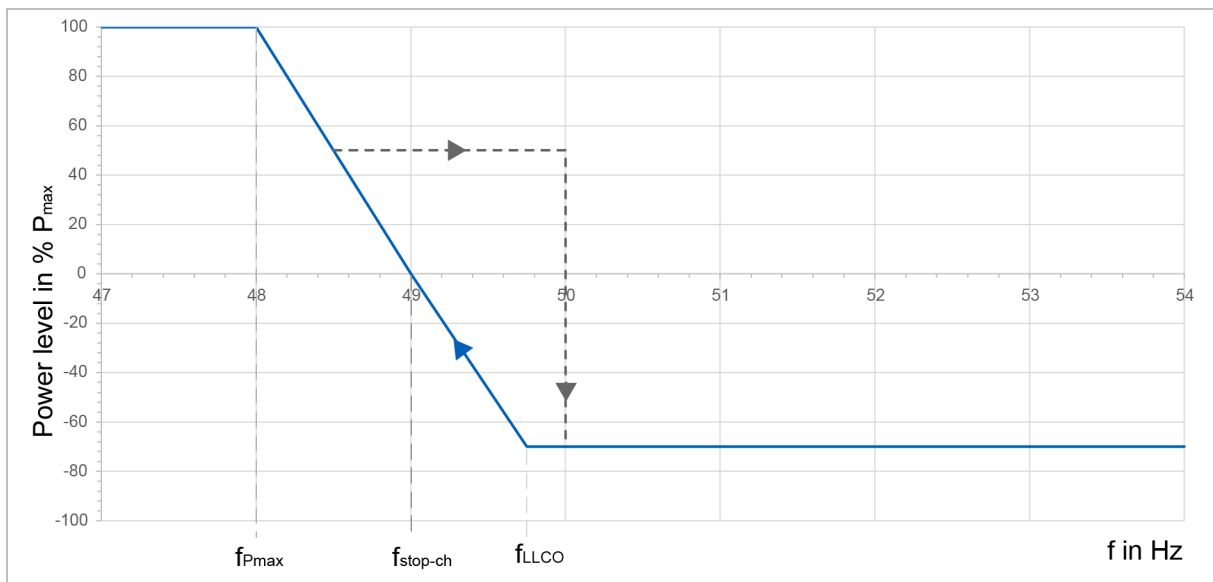
Die Funktion "P(f): Sustained operation frequency mode" steuert die Wirkleistungsanpassung bei Über- und Unterfrequenz.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzfrequenz bezogene Wirkleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Wirkleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.



Entladen: Kennlinie Funktion P(f) am Beispiel für Region Australia A

Fig. 68



Laden: Kennlinie Funktion P(f) am Beispiel für Region Australia A

Fig. 69

**P(f)-Funktion greift aktiv ein**

Die P(f)-Funktion hat im Normalbetrieb keinen Einfluss auf das Verhalten des Wechselrichters. Sie greift aktiv ein, sobald das definierte Toleranzband verlassen wurde. Zu diesem Zeitpunkt liegt ein kritischer Netzzustand vor und Wirkleistung P kann nicht mehr verändert werden. Die Funktion ist aktiv und richtet sich nach der P(f)-Kennlinie.

Toleranzband:

$$f_{LLCO} \leq f_{Grid} \leq f_{ULCO}$$

**Rückkehr in den Normalbetrieb**

Befindet sich die Netzfrequenz 20 s lang wieder innerhalb des definierten Toleranzbandes (unter Berücksichtigung der Hysterese), so wird der kritische Netzzustand verlassen.

Toleranzband für die Rückkehr in den Normalbetrieb:

$$f_{LLCO} + f_{hyst} \leq f_{Grid} \leq f_{ULCO} - f_{hyst}$$

Wenn die Bedingungen für die Rückkehr in den Normalbetrieb eingehalten werden, ändert sich der Leistungswert mit der Steigung "WGr".

Dabei wird die Wechselrichterleistung auf dem höchsten Wert zwischen  $f_{LLCO}$  und  $f_{Pmax}$  festgehalten, bis die Funktion wieder in den Normalbetrieb zurückkehrt. Wenn die Frequenz  $f_{LLCO} + f_{hyst}$  für mindestens 20 Sekunden übersteigt, kehrt der Wechselrichter in den Normalbetrieb zurück. Weiterhin dürfen die Abweichungen des Leistungswerts nicht größer sein als die Steigung "WGr".

#### Anforderungen an die Blindleistung

Durch die P(f)-Kennlinie wird die Wirkleistung P vorgegeben. Es werden jedoch keine Anforderungen an die Blindleistung gestellt.

Um das Netz während eines kritischen Netzzustands nicht zusätzlich zu belasten, wird die Blindleistung möglichst konstant gehalten. Dazu wird beim Verlassen des Toleranzbandes die momentane Blindleistung gespeichert und dieser Wert gehalten.

Sollte die maximale Scheinleistung nicht ausreichen, um die Wirkleistungsanforderung zu erfüllen, wird die bereitgestellte Blindleistung zugunsten der Wirkleistung reduziert.

### "P(f): Sustained operation frequency mode" einschalten

1. `>Configuration >AS/NZS 4777.2` wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(f): Sustained operation frequency mode" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "P(f): Sustained operation frequency mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werkseinstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
f_LLCO	Lower limit of continuous operation range.	Hz	49.5	49.9	Australia A: 49.75 Australia B: 49.85 Australia C: 49.50 New Zealand: 49.80	0.01
f_ULCO	Upper limit of continuous operation range.	Hz	50.10	50.50	Australia A: 50.25 Australia B: 50.15 Australia C: 50.50 New Zealand: 50.20	0.01
f_Pmax	Frequency where power output level is maximum.	Hz	47.00	49.00	Australia A: 48.00 Australia B: 48.00 Australia C: 47.00 New Zealand: 48.00	0.01
f_stop-ch	Frequency where charging power level is zero.	Hz	48.00	49.50	Australia A: 49.00 Australia B: 49.00 Australia C: 48.25 New Zealand: 49.00	0.01
f_transition	Frequency where discharging power level is zero.	Hz	50.50	52.00	Australia A: 50.75 Australia B: 50.75 Australia C: 51.75 New Zealand: 51.00	0.01
f_Pmin	Frequency where power level is minimum.	Hz	51.00	53.00	Australia A: 52.00 Australia B: 52.00 Australia C: 52.00 New Zealand: 52.00	0.01
f_hyst	Values for hysteresis margin	Hz	0.00	0.20	Australia A: 0.10 Australia B: 0.10 Australia C: 0.05 New Zealand: 0.10	0.01
Allows to switch from discharge to charge	Umschalten zwischen Entladen und Laden erlauben.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	0: No switch possible	1
Allows to switch from charge to discharge	Umschalten zwischen Laden und Entladen erlauben.	–	0: No switch possible	1: Switch possible	0: No switch possible	1
Startup ramp slope: W_Gra	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	5	100	16.67	0.01

Einstellbare Parameter für Funktion "P(f): Sustained operation frequency mode"

Parameter	Beschreibung
f_LLCO	<p>Dies ist die Untergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Je nach gewählter Region ist die Untergrenze festgelegt oder ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p>
f_ULCO	<p>Dies ist die Obergrenze des Frequenz-Toleranzbandes. Je nach gewählter Region ist die Obergrenze festgelegt oder ist innerhalb des angegebenen Wertebereichs einstellbar.</p> <p>Verlässt die Netzfrequenz das Toleranzband, übernimmt die P(f)-Funktion die Kontrolle und passt die Ausgangswirkleistung entsprechend der eingestellten P(f)-Kurve an.</p>
<p>Allows to switch from discharge to charge</p> <p>Allows to switch from charge to discharge</p>	<p>Das automatische Umschalten zwischen Laden und Entladen bzw. Entladen und Laden während die P(f)-Kennlinie gefahren wird, kann erlaubt oder verboten werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No switch possible Zum Zeitpunkt des Umschaltens wird die Ausgangsleistung bei P = 0 kW festgehalten.</li> <li>▪ Switch possible Der Wechsel von Erzeuger zu Verbraucher bzw. von Verbraucher zu Erzeuger ist erlaubt.</li> </ul>

Beschreibung der Parameter

Tab. 90

### Parameter für "P(f): Sustained operation frequency mode" eingeben

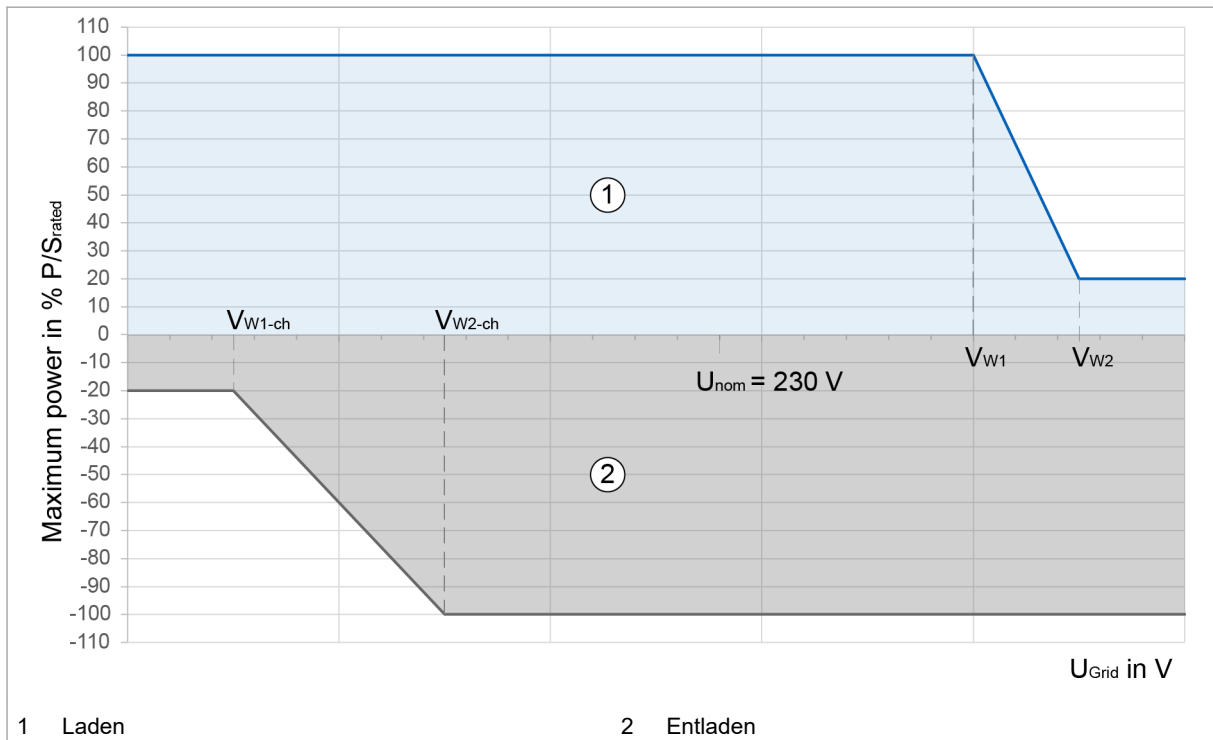
1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "P(f): Sustained operation frequency mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

## 7.8 P(U): Volt-watt response modes

### Funktionsbeschreibung "P(U): Volt-watt response modes"

Die Funktion "P(U): Volt-watt response modes" begrenzt die maximale Wirkleistung, die in das Netz abgegeben oder aufgenommen werden kann, in Abhängigkeit der Spannung.

Die maximale Wirkleistung befindet sich dabei zu jedem Zeitpunkt innerhalb der eingezeichneten Grenzkurven.



"P(U): Volt-watt response modes": Grenzkennlinien der maximalen Wirkleistung

Fig. 70

## "P(U): Volt-watt response modes" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "P(U): Volt-watt response modes" wählen:
  - "P(U) discharge only"
  - "P(U) charge only"
  - "P(U) discharge and charge"

Die Funktion ist eingeschaltet.

## Parametrierung "P(U): Volt-watt response modes"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werkseinstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
VW1	1. Spannungsstützpunkt im Entladefall	V	235	255	Australia A: 253 Australia B: 250 Australia C: 253 New Zealand: 242	0.1
VW2	2. Spannungsstützpunkt im Entladefall	V	240	265	Australia A: 260 Australia B: 260 Australia C: 260 New Zealand: 250	0.1
P(VW2)	Maximale Wirkleistung beim 2. Spannungsstützpunkt im Entladefall	% of $S_{rated}$	0	20	Australia A: 20 Australia B: 20 Australia C: 20 New Zealand: 20	0.1
VW1-CH	1. Spannungsstützpunkt im Ladefall	V	180	230	Australia A: 207 Australia B: 195 Australia C: 207 New Zealand: 216	0.1
P(VW1-CH)	Maximale Wirkleistung beim 1. Spannungsstützpunkt im Ladefall	% of $S_{rated}$	0	20	Australia A: 20 Australia B: 0 Australia C: 20 New Zealand: 20	0.1
VW2-CH	2. Spannungsstützpunkt im Ladefall	V	180	230	Australia A: 215 Australia B: 215 Australia C: 215 New Zealand: 224	0.1

Einstellbare Parameter für Funktion "P(U): Volt-watt response modes"

Tab. 91

### Parameter für "P(U): Volt-watt response modes" eingeben

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "P(U): Volt-watt response mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "P(U): Volt-watt response modes"

Je nach Einstellung des Parameters "P(U): Volt-watt response modes" ist die Funktion ausschließlich im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb aktiv.

## 7.9 Statische Spannungshaltung/ Blindleistungsbereitstellung "Q modes"

Um die statische Netzstützung durch Blindleistung zu unterstützen kann eines der folgenden Verfahren ausgewählt werden:

- Q(U): Volt-var response mode
- Constant cosPhi: Fixed power factor mode
- Constant Q: Reactive power mode

Im AC-DC-Modul können bei Auswahl der Norm AS/NZS4777.2 und bei aktiviertem Q-Mode keine Blindleistungssollwerte vorgegeben werden, da diese durch die ausgewählte Funktion eindeutig definiert sind.

### Q(U): Volt-var response mode

#### Funktionsbeschreibung "Q(U): Volt-var response mode"

Die Funktion "Q(U): Volt-var response mode" steuert die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung.

Diese Funktion ermöglicht es, eine Netzspannung bezogene Blindleistung in das Netz abzugeben oder aufzunehmen. Die bereitgestellte Blindleistung folgt dabei einer definierten Kennlinie.

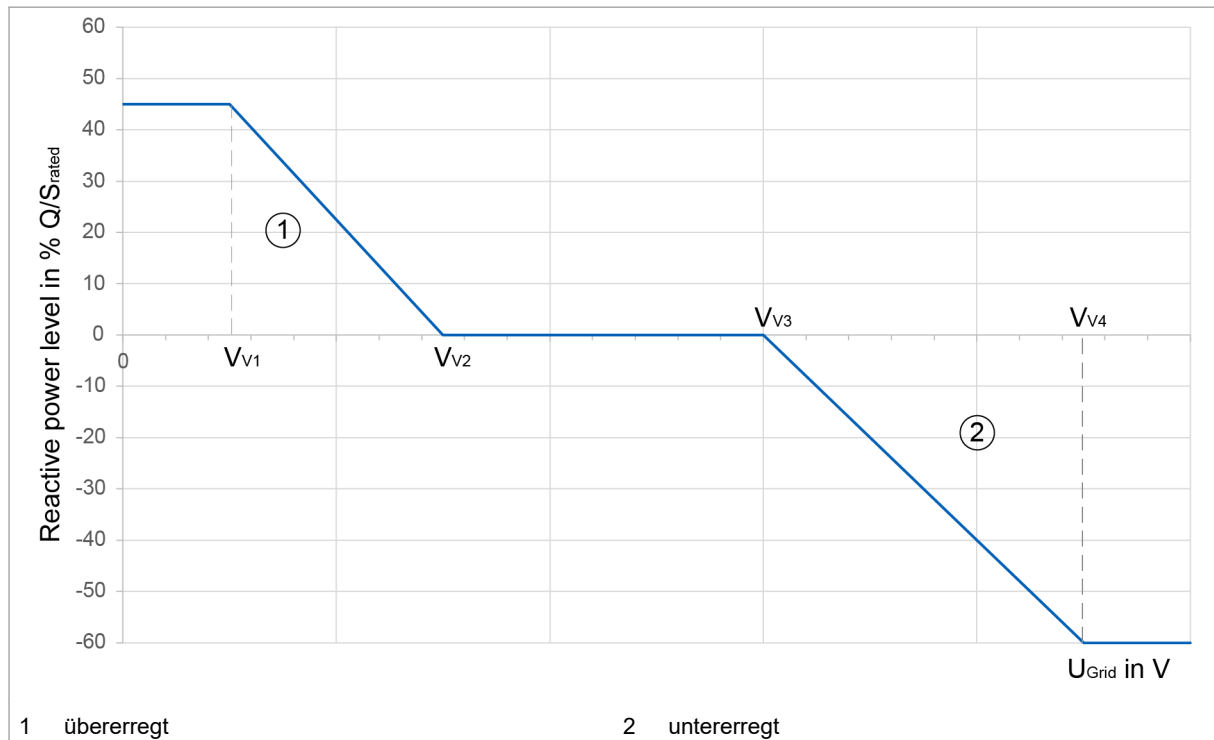


Fig. 71

Innerhalb welcher Wertebereiche die einzelnen Stützpunkte liegen, ist für jeden Parameter definiert. (siehe "Parametrierung Q(U):Volt-var response mode", S. 147)

Im AC-DC-Modul können bei Auswahl der Norm AS/NZS4777.2 und bei aktiviertem Q-Mode keine Blindleistungssollwerte vorgegeben werden, da diese durch die ausgewählte Funktion eindeutig definiert sind.

### "Q(U):Volt-var response mode" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q modes" wählen: "Q(U): Volt-var response mode".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Q(U):Volt-var response mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werkseinstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Q(U): VV1*	1. Spannungsstützpunkt	V	180	230	Australia A: 207 Australia B: 205 Australia C: 215 New Zealand: 207	0.1
Q(U): Q(VV1)*	Blindleistung beim 1. Spannungsstützpunkt	% of $S_{rated}$	30	60	Australia A: 44 Australia B: 30 Australia C: 44 New Zealand: 60	0.1
Q(U): VV2*	2. Spannungsstützpunkt	V	180	230	Australia A: 220 Australia B: 220 Australia C: 230 New Zealand: 220	0.1
Q(U): VV3*	3. Spannungsstützpunkt	V	230	265	Australia A: 240 Australia B: 235 Australia C: 240 New Zealand: 235	0.1
Q(U): VV4*	4. Spannungsstützpunkt	V	230	265	Australia A: 258 Australia B: 255 Australia C: 255 New Zealand: 244	0.1
Q(U): Q(VV4)*	Blindleistung beim 4. Spannungsstützpunkt	% of $S_{rated}$	30	60	Australia A: 60 Australia B: 40 Australia C: 60 New Zealand: 60	0.1
Charge-discharge activation	Einstellung, wann die Funktion aktiv ist: Im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb.	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discharge only</li> <li>▪ Charge only</li> <li>▪ Discharge and charge</li> </ul>		Q mode discharging and charging	–

Einstellbare Parameter für Funktion "Q(U):Volt-var response mode"

**Parameter für "Q(U):Volt-var response mode" eingeben**

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Volt-var response mode"

- Bei Über- oder Unterspannung kann der Fall auftreten, dass die maximal mögliche Scheinleistung nicht ausreicht, um den gewünschten Wirkleistungssollwert und die geforderte Blindleistung bereitzustellen. In diesem Fall wird die gewünschte Wirkleistung reduziert.
- Je nach Einstellung des Parameters „Charge-discharge activation“ ist die Funktion ausschließlich im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb aktiv.

## Constant cosPhi: Fixed power factor mode

### Funktionsbeschreibung "Constant cosPhi: Fixed power factor mode"

Mit dieser Funktion können ein konstanter Leistungsfaktor  $\cos\phi$  und eine konstante Phasenlage vorgegeben werden. Durch diesen konstanten Leistungsfaktor wird sichergestellt, dass immer etwas Blindleistung ins Netz abgegeben wird.

### "Constant cosPhi: Fixed power factor mode" einschalten

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q modes" wählen: "Constant cos(Phi): Fixed power factor mode".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Constant cosPhi: Fixed power factor mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Charge-discharge activation	Einstellung, wann die Funktion aktiv ist: Im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb.	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discharge only</li> <li>▪ Charge only</li> <li>▪ Discharge and charge</li> </ul>		Q mode discharging and charging	–
Constant cosPhi: cosPhi	Konstanter Power-Faktor	–	0.0	1.0	0.9	0.01
Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition	–	inductive (under-excited)	capacitive (over-excited)	inductive (under-excited)	–

Einstellbare Parameter für Funktion "Constant cosPhi: Fixed power factor mode"

Tab. 93

### Parameter für "Constant cosPhi: Fixed power factor mode" eingeben

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Constant cosPhi: Fixed power factor mode"

Je nach Einstellung des Parameters „Charge-discharge activation“ ist die Funktion ausschließlich im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb aktiv.

## Constant Q: Reactive power mode

### Funktionsbeschreibung "Constant Q: Reactive power mode"

Mit dieser Funktion können ein konstanter Blindleistungswert und eine konstante Phasenlage vorgegeben werden. Durch diesen konstanten Blindleistungswert wird sichergestellt, dass immer etwas Blindleistung ins Netz abgegeben wird.

### "Constant Q: Reactive power mode" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.

2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Q modes" wählen: "Constant Q: Reactive power mode".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Constant Q: Reactive power mode"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstellung	Schrittweite
			Minimum	Maximum		
Charge-discharge activation	Einstellung, wann die Funktion aktiv ist: Im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb.	–	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discharge only</li> <li>▪ Charge only</li> <li>▪ Discharge and charge</li> </ul>		Q mode discharging and charging	–
Constant Q: Q	Konstanter Blindleistungswert	% of $S_{rated}$	0.0	100.0	0.0	0.1
Phase pos (cosPhi=cst, Q=cst)	Konstante Phasenposition	–	inductive (under-excited)	capacitive (over-excited)	inductive (under-excited)	–

Einstellbare Parameter für Funktion "Constant Q: Reactive power mode"

Tab. 94

### Parameter für "Constant Q: Reactive power mode" eingeben

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Q mode settings" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Constant Q: Reactive power mode"

Je nach Einstellung des Parameters „Charge-discharge activation“ ist die Funktion ausschließlich im Ladebetrieb, im Entladebetrieb oder im Lade- und Entladebetrieb aktiv.

## 7.10 Zuschaltbedingungen "Switch on criteria"

### Funktionsbeschreibung "Switch on criteria"

Die Netzspannung und Netzfrequenz müssen sich für eine bestimmte Zeitspanne innerhalb eines festgelegten Bereichs bewegen, erst dann kann das AC-DC-Modul zugeschaltet werden. Sind die Bedingungen nicht erfüllt, wird eine entsprechende Alarmmeldung angezeigt ("Grid does not match grid code requirements.").

Das AC-DC-Modul erwartet einen externen Befehl, um sich wieder mit dem Netz zu verbinden. Es erfolgt keine automatische Wiedereinschaltung.

### "Switch on criteria" einschalten

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Switch on criteria" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Switch on criteria"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Voltage min	Minimaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	0.75	0.99	0.89	0.01
Voltage max	Maximaler Wert für die Netzspannung	p.u. of $V_{nom}$	1.01	1.15	1.10	0.01
Frequency min	Minimaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	44.0	49.9	47.5	0.01
Frequency max	Maximaler Wert für die Netzfrequenz	Hz	50.1	56.0	50.15	0.01
Time	Zeitspanne der Zuschaltüberprüfung	s	0.0	300.0	60.0	0.1

Mögliche Parameterwerte für "Switch on criteria"

Tab. 95

## Parameter für "Switch on criteria" eingeben

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Switch on settings" die gewünschten Werte eingeben.

## Weitere Informationen zu "Switch on criteria"

Zusätzlich zu den Bedingungen für die Funktion "Switch on criteria" müssen auch die Bedingungen für die Funktion "Sustained operation for voltage variations" erfüllt werden. (siehe "[Sustained operation voltage mode](#)", S. 138)

## 7.11 Zuschaltrampe "Startup ramp"

### Funktionsbeschreibung "Startup ramp"

Die Funktion "Startup ramp" sorgt dafür, dass beim Zuschalten des Geräts ans Netz der Sollwert der Wirkleistung mit einer linearen Rampe angefahren wird.

### "Startup ramp" einschalten

1. *>Configuration >AS/NZS 4777.2* wählen.
2. Im Bereich "Grid code modes" bei "Startup ramp after next power stage activation" wählen: "Active".

Die Funktion ist eingeschaltet.

### Parametrierung "Startup ramp"

Alle einstellbaren Parameter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Parameter	Beschreibung	Einheit	Einstellbereich		Werks-einstel-lung	Schritt-weite
			Mini-mum	Maxi-mum		
Startup ramp slope: W_Gra	Steigung der Zuschaltrampe	%/min	5	100	16.67	0.01

Einstellbare Parameter für Funktion "Startup ramp"

Tab. 96

### Parameter für "Startup ramp" eingeben

1. >Configuration >AS/NZS 4777.2 wählen.
2. Im Bereich "Active power limiting" bei "Startup ramp slope" die gewünschten Werte eintragen.

### Weitere Informationen zu "Startup ramp"

Die Zuschaltrampe startet, wenn das erste Mal Energie ins Netz eingespeist wird.

Die Zuschaltrampe ist nur im Entlademodus aktiv.