



EINHEITENZERTIFIKAT

gemäß Technische Richtlinie 8 Rev. 9
nach Fördergesellschaft Windenergie e.V. (FGW)

Auftraggeber
Adresse

FRONIUS International GmbH
Froniusstr. 1, 4643 Pettenbach, Österreich

Typ der Erzeugungseinheit/
Technische Daten

PV-Inverter	Fronius Eco	
	25.0-3-S	27.0-3-S
Bemessungs-wirkleistung	25 kW	27 kW
Bemessungs-scheinleistung	25 kVA	27 kVA
Frequenz	50 Hz	
AC-Nennspannung	220V / 300V bzw. 230 V / 400 V	

Daten zum validierten
Einheitenmodell

Name & Identifikations-nummer (MD5)	FRONIUS_ECO.7z a05f8c48599a9fb2bc529ea9cf78bd59
-------------------------------------	--

Prüfgrundlage

FGW - TR 8 Rev. 9 [1]

Mitgeltende Richtlinien

VDE-AR-N 4110 [2]
FGW - TR 3 Rev. 25 [3], FGW - TR 4 Rev. 9 [4]
DIN EN 60909-0 [5]

Prüfbericht

264182-TL4-1, vom 2019-08-08
264182-TL4-2, vom 2019-08-08

ID Nummer

40050403 Rev. 1

Befristet zum

2024-11-26

Die oben bezeichneten Erzeugungseinheiten erfüllen die Anforderungen der genannten Prüfgrundlage, mit folgenden Einschränkungen:

- Es ist ein externer Entkupplungsschutz an den EZE auf der Niederspannungs- oder Oberspannungsseite des EZE-Transformators vorzusehen

Der Hersteller hat die Zertifizierung seines Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 nachgewiesen.

Dieses Zertifikat berechtigt nicht zur Nutzung eines markenrechtlich geschützten Zeichens des VDE.

Revision1 des Zertifikats wurde aufgrund eines formalen Fehlers notwendig: Im Anhang auf Seite 16 sind jetzt die korrekten Messergebnisse (Zwischenharmonische) eingefügt.

Dieses Zertifikat beinhaltet folgende Anhänge:

- Anhang I - Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente
- Anhang II - Beschreibung / Technische Daten der EZE
- Anhang III - Beschreibung des Einheitenmodells
- Anhang IV - Auszüge aus den Prüfberichten / weitere Technische Daten zur EZE
- Anhang V - Zertifizierungsrelevante Parameter

VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH
Zertifizierung Produkte

2019-11-27 Zertifizierer B. Megerle

Merianstrasse 28, 63069 Offenbach, Germany
phone +49 69 83 06-0, fax: +49 69 83 06-555
e-mail: vde-institut@vde.com, www.vde-institut.com
VDE Zertifikate sind nur gültig bei Veröffentlichung unter: www.vde.com/zertifikat
VDE certificates are valid only when published on: www.vde.com/certificate

VDE
INSTITUT

Anhang zum Einheitszertifikat



1	Anhang I - Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente.....	3
2	Anhang II - Technische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten.....	4
2.1	Zusammenstellung der technischen Daten	4
2.2	Schematischer Aufbau der EZE.....	5
2.3	Softwareversion und Schnittstellen	6
3	Anhang III – Das Einheitenmodell	7
3.1	Allgemeine Informationen zum Modell	7
3.2	Beschreibung des Modells	8
3.3	Modelldateien und Parameter des Modells	9
3.4	Übersichtsplan der Validierung nach TR4	12
4	Anhang IV – Auszüge aus den Prüfberichten	13
4.1	Netzurückwirkungen.....	13
4.2	Wirkleistung	18
4.3	Blindleistung.....	21
4.4	Spannungsabhängiges Blindleistungsvermögen	24
4.5	Schutzvermögen und Zuschaltbedingungen	25
4.6	Interner NA-Schutz und Eigenschutz	27
4.7	Kurzschlussstrombeiträge	28
5	Anhang V – Zertifizierungsrelevante Parameter	31

Anhang zum Einheitenzertifikat



1 Anhang I - Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente

Dieses Zertifikat beruht auf folgende Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente:

Referenz	Richtlinien
[1]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen Teil 8 (TR8) Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und –anlagen Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz Höchstspannungsnetz Revision 9. Stand: 01.02.2019
[2]	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE e.V.): Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung). Stand: November 2018
[3]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen Teil 3 (TR3) Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und –anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz Revision 25. Stand: 01.09.2018
[4]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Dezentrale Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen Teil 4 (TR4) Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und –anlagen, Speicher sowie deren Komponenten Revision 9. Stand: 01.02.2019
[5]	Deutsches Institut für Normung: Kurzschlussströme in Drehstromnetzen Teil 0: Berechnung der Ströme, DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2016-12, 2016.

Referenz	Prüfberichte
[6]	Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des PV Wechselrichters "Fronius Eco 27.0-3-S" nach Prüfnorm: FGW TR3 Rev.25 AIT Austrian Institute of Technology interne Projektnr. SGP-012297_0-R4 vom 25.07.2019
[7]	VDE Prüfbericht zur Zertifizierung Teil 1: Konformität Typprüfung der EZE nach FGW TR3 VDE Prüfberichts Nummer 264182-TL4-1 vom 08.08.2019
[8]	VDE Prüfbericht zur Zertifizierung - Prüfbericht zu dem Einheitenzertifikat Teil 2: Validierung des EZE – Simulationsmodells VDE Prüfberichts Nummer 264182-TL4-2 vom 08.08.2019

Referenz	Vom Hersteller vorgelegte Dokumente (Auswahl)
[9]	Herstellereklärung_Fronius - Allgemeine Beschreibung der EZE Eco 25 und 27 „Herstellereklärung_Fronius Eco_TR28460_Beschreibung der EZE“. Stand: 18.07.2019
[10]	Herstellereklärung_Fronius Beschreibung Schutz-Technik,-Einstellungen, Zuschaltbedingungen und Kupelschalter „Draft_Herstellereklärung_Fronius Eco_TR28464_Schutzeinrichtung und Zusc...“. Stand: 18.07.2019
[11]	FRONIUS_ECO SIMULATION MODEL - Modellbeschreibung „ModelDescription_ECO.pdf“ Version 3. Stand: 06/2019

Anhang zum Einheitenzertifikat



2 Anhang II - Technische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten

2.1 Zusammenstellung der technischen Daten

Allgemeine Daten der EZE	
Hersteller	Fronius International GmbH
EZE	Photovoltaik (PV) - Wechselrichter
Typenbezeichnung	Fronius Eco 25.0-3-S 27.0-3-S
Schutzart	IP66
Schutzklasse	1
Überspannungskategorie (AC/DC)	2 / 3
Kühlung	Geregelte Luftkühlung
Umgebungstemperatur	-25°C ... +60°C
Technische Daten der EZE	
AC Ausgangsgrößen	
Einspeisung	dreiphasig
Bemessungsscheinleistung	25 kVA 27 kVA
Bemessungswirkleistung	25 kW 27 kW
AC - Nennspannung	220 V (380V) / 230 V (400 V) 220 V (380V) / 230 V (400 V)
AC - Nennstrom	37,9 A / 36,2 A 40,9 A / 39,1 A
AC – max. Strom	42 A
Verschiebungsfaktor cosφ	0-1 ind. / kap.
AC – Nennfrequenz	50 Hz / 60 Hz
DC Eingangsgrößen	
Minimale MPP-Spannung	580 V
Maximale MPP-Spannung	850 V
Max. PV-Eingangsspannung	1000V
Max. PV-Eingangsstrom	44,2 A 47,7 A
Max. KS-Strom Modulfeld	71,6 A
Wechselrichter Leistungsteil	
Taktfrequenz [kHz]	40 kHz
Art der Leistungsregelung	MPP -Tracking
Halbleiterbauelemente	IGBT
Bauart	3 Punkt Brücke
Hardware Baugruppen	
Leistungsteil AC	ECOAC27 0.7C
Filter	ECOFIL27 0.6C
Sicherungen	ECOFUSE
Software Baugruppen ¹⁾	
„Main“	ROACH / Hardware: 0.8B (auf HW-Baugruppe ECOAC27 platziert)
„Guard“	Mikroprozessor auf HW-Baugruppe ECOFIL27 platziert
Display und Setupwerte	RECERBO / HW: 1.4B
Bemerkung: ¹⁾ Angaben zu den SW-Ständen siehe Kapitel 2.3	

Anhang zum Einheitenzertifikat



2.2 Schematischer Aufbau der EZE

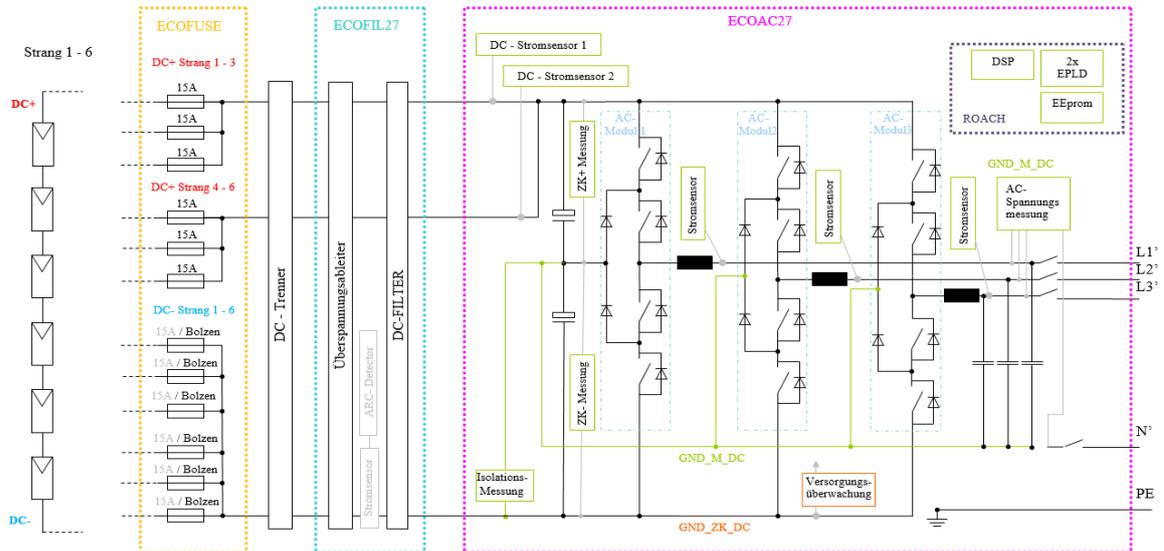


Abbildung 2-1 - Ersatzschaltbild der WR Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S zur Darstellung der HW (aus [9])

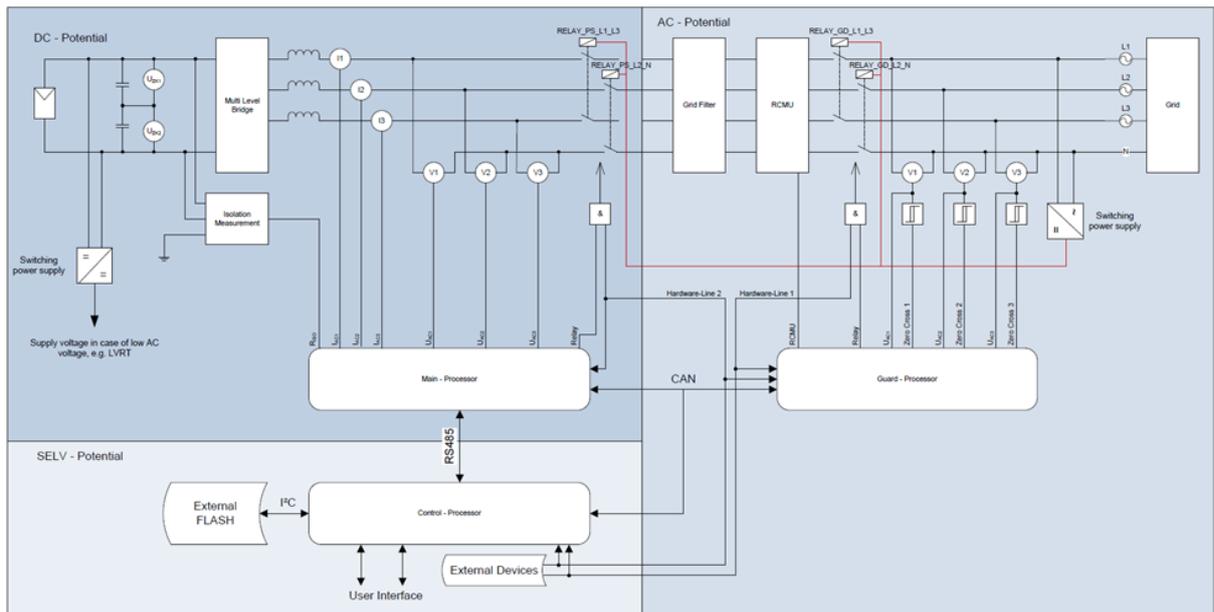


Abbildung 2-2: Ersatzschaltbild der WR Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S zur Darstellung der Regelung und Schutzeinrichtung (aus [10])

Die Ersatzschaltbilder aus Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2 ist für die Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S gleichermaßen gültig. Die Wechselrichter sind identisch aufgebaut und werden mit identischer Software betrieben. Die Leistungsreduktion erfolgt über Softwareparameter.

Anhang zum Einheitszertifikat



2.3 Softwareversion und Schnittstellen

In Tabelle 2-1 sind die Versionen der SW-Stände bei Vermessung des Wechselrichters Fronius Eco 27.0-3-S zusammengefasst. Die Software der Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-M ist identisch.

EZE	Fronius Eco	
	25.0-3-S	27.0-3-S
Regelungssoftware (ROACH), Main Prozessor	V1.1.11.1	
Filtersoftware (ECOFIL27), Guard Prozessor	V0.11.6.1	
Display & Setup (Recerbo)	V0.3.21.0	

Tabelle 2-1 - Software Version der untersuchten EZE

Tabelle 2-2 fasst die vorhandenen Schnittstellen zusammen:

EZE	Fronius Eco	
	25.0-3-S	27.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)V1.1.11.1	
6 Eingänge und 4 digitale Ein-/Ausgänge	Anbindung an Rundsteuerempfänger	
USB (Ty- A Buchse)	Datenlogging, Wechselrichter-Update per USB-Stick	
2xRS422 (RJ45-Buchse)	Fronius Solar Net	
Meldeausgang	Energiemanagement (potentialfreier Relaisausgang)	
Datenlogger und Webserver	Integriert	
Externer Eingang	Anbindung S0-Zähler / Auswertung Überspannungsschutz	
DisRS 485	Modbus RTU SunSpec oder Zähleranbindung	

Tabelle 2-2 – Schnittstellen der untersuchten EZE

Anhang zum Einheitenzertifikat



3 Anhang III – Das Einheitenmodell

3.1 Allgemeine Informationen zum Modell

Angaben zum Simulationsmodell		
Softwareumgebung / Hersteller	Matlab - Simulink - SimPowerSystems / Mathworks	
Software Version der Softwareumgebung	Matlab: 9.4 (R2018a) (64 bit) oder höher Simulink Version 9.1 (R018a) oder höher	
Dateinamen	Das Modell besteht aus insg. 249 mex-Files (Ordner: mexfiles), ECO_EZE.slx ECO_EZA.slx Fronius_ECO.JPG	
Zertifizierung der EZE nach	VDE AR-N 4110 TR8 Rev.9	
Checksumme (MD5)	Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S & Fronius Eco 27.0-3-S	
	FRONIUS_ECO.7 a05f8c48599a9fb2bc529ea9cf78bd59	
Das Modell beherrscht folgende Zustände	<input checked="" type="checkbox"/> statische Simulationen	<input checked="" type="checkbox"/> dynamische Simulationen
Das Modell kann folgende Fehler durchfahren	<input checked="" type="checkbox"/> symmetrische und unsymmetrische Fehler	<input type="checkbox"/> nur symmetrische Fehler
Modelltyp	<input type="checkbox"/> Momentanwert - (EMT-) - Modell	<input checked="" type="checkbox"/> Effektivwert - (RMS) - Modell
Vorfehlerblindleistung einstellbar?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wählbare Blindleistungssteuermodi	cos(phi) konstante Qabs konstante Qrel Q(U) Keine Blindleistungseinspeisung	
FRT Modi	<input checked="" type="checkbox"/> Vollständige dynamische Netzstützung <input checked="" type="checkbox"/> eingeschränkte dynamische Netzstützung	
k-Faktor einstellbar?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wirkleistungsgradient beim Startvorgang	≈10%P _n /s ¹)	
Bemerkung:		
<ul style="list-style-type: none"> - Das Simulationsmodell ist gleichermaßen für den Fronius Eco 25.0-3-S wie für den Fronius Eco 27.0-3-S gültig. Da der Fronius Eco 27.0-3-S nach FGW TR3 vermessen wurde, wurde das Modell mit der Parametrierung für diesen Wechselrichtertypen validiert. Eine Validierung des Wechselrichtertypen Fronius Eco 25.0-3-S wurde nicht durchgeführt – für den Fronius Eco 25.0-3-S wurden Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. 1) Das Simulationsmodell speist 12,08 s nach Start der Simulation mit seiner vollen Wirkleistung (27 kW) ein. Die Einschwingzeit vom Startvorgang für volle Wirkleistungseinspeisung (Zeitintervall vom 0 s bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der Istwert letztmalig in das Toleranzband eintritt) beträgt 11,53 s. Es ist empfohlen, Simulationen der LVRT bzw. OVRT ab 12,08 s nach Start der Simulation zu erfolgen. 		

Anhang zum Einheitszertifikat



3.2 Beschreibung des Modells

Im Folgenden ist der Modellaufbau dargestellt.

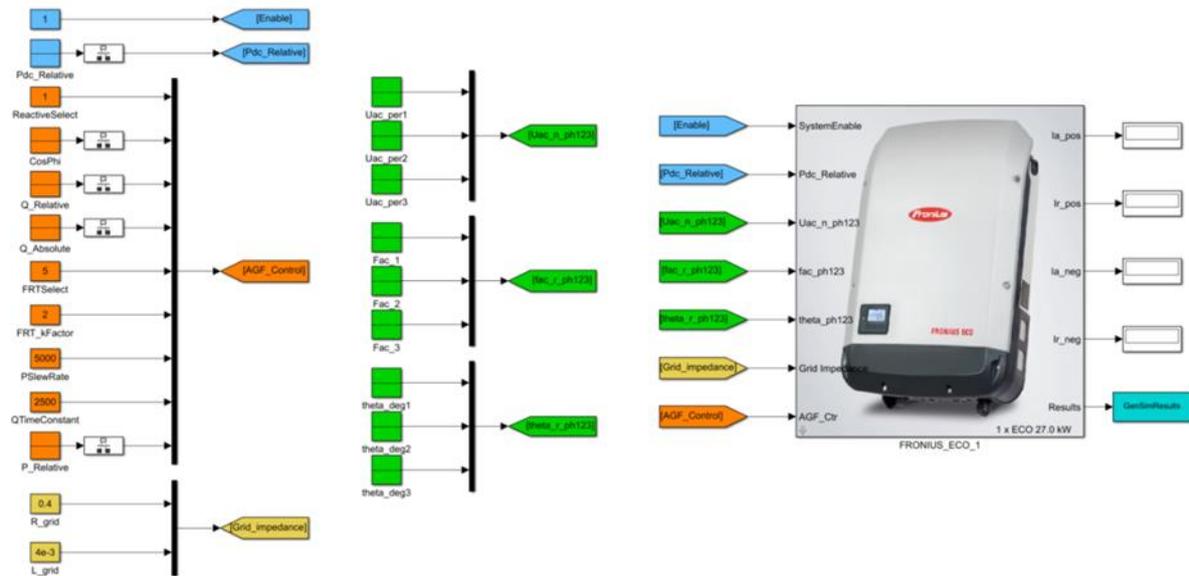


Abbildung 3-1 - Modellübersicht, Simulink

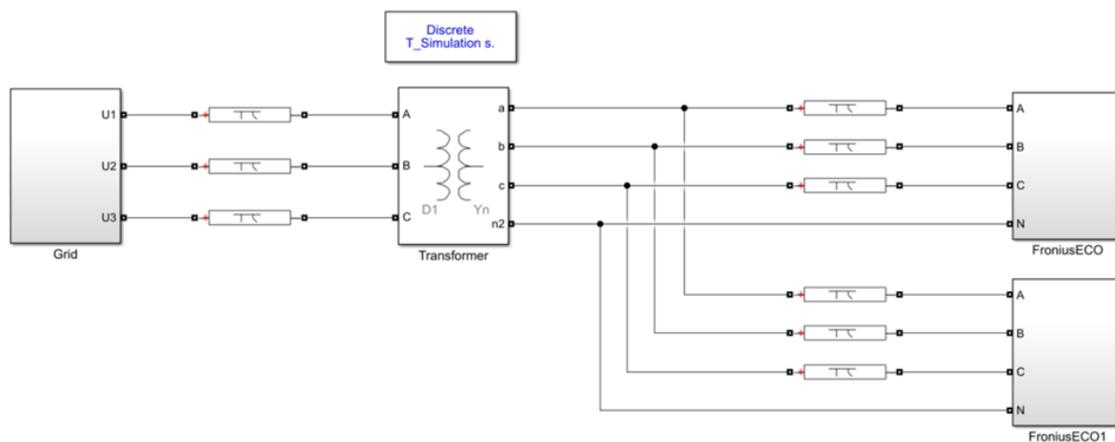


Abbildung 3-2 -Beispiel Anlagennachbildung mit Sim-Power-Systems

In Herstellerdokumenten [11] ist das Modell weitgehend detailliert beschrieben.

Anhang zum Einheitenzertifikat



3.3 Modelldateien und Parameter des Modells

Dateien

- Die Fronius ECO-Familie besteht aus zwei verschiedenen Wechselrichtern: Fronius ECO 27.03-S und Fronius ECO 25.0.3-S. Es können im Modell beide Wechselrichtertypen abgebildet werden.
- *FRONIUS_ECO.slx*: Simulink Modell des Wechselrichters.

Weitere Informationen können den Modelldokumentationen entnommen werden, siehe [11].

Eingabeparameter des Modells

- Die Eingabewerte werden in vier Kategorien eingeteilt: „System Enable“, „Pdc Relative“, „Grid Voltage“, „Grid Impedance“ und „AGF Control“.
- SystemEnable: für 0 ist der WR inaktiv, 1 ist WR aktiv;
- Pdc Relative: maximal mögliche Wirkleistung bei einem Netzfehler
 - Eingabebereich: 0...1 (bezogen auf die verfügbare DC-Leistung)
- Grid Voltage: die netzabhängigen Größen wie Phasenspannungen $U_{ac_n_ph123}$, Frequenz $f_{ac_n_ph123}$ und Phasenverschiebung zwischen Phasen $\theta_{ac_n_ph123}$
 - Parameter „Grid Impedanz“ sind im Rahmen einer Anlagenzertifizierung auf null zu setzen (hier wird empfohlen, die Netzimpedanz separat nachzubilden)
- AGF Control: die Parameter zur Fahrweise des Wechselrichters, wie z.B. Wirkleistung P, Blindleistung Q, Leistungsfaktor $\cos\phi$, FRT-Modus, k-Faktor usw.
 - P_Relative: Relative AC Wirkleistungsvorgabe, Eingabebereich 0...1.
 - ReactiveSelect: hier wird die Blindleistungseingabevariante definiert
 - 0: keine Blindleistungseinspeisung
 - 1: Eingabe in $\cos(\phi)$; Eingabebereich: -1...1 (Untererregt...Übererregt)
 - 2: relative Blindleistungseingabe in % (-100...+100)
 - 3: absolute Blindleistungseingabe in Var
 - 5: Blindleistungseinspeisung auf Basis einer vordefinierten Charakteristik in Abhängigkeit der Klemmspannung
 - FRTSelect: Reaktion auf Spannungseinbrüche (Fehlerfälle)
 - 0: keine Reaktion auf Fehler
 - 1: (On-Passiv-Mode): Der Wechselrichter speist weiter seinen Vorfehlerstrom weiter ein
 - 2: (On-Zero-Mode): Während eines Fehlers reduziert der Wechselrichter seinen Wirk- und Blindstrom auf 0.
 - 5: (Aktive-Mode): Normaler LVRT-Modus (vollständige dynamische Netzstützung)
 - 10: Eingeschränkte dynamische Netzstützung gemäß VDE AR-N 4110
 - FRT k-Faktor: Beitrag der EZE zur Spannungsstützung gemäß VDE AR-N 4110, Eingabe zwischen 1...10 möglich
 - PSlewRate: Änderungsgeschwindigkeit der Wirkleistung in m%/s.
 - QTimeConstant: Änderungsgeschwindigkeit bzw. Zeitkonstante der Blindleistung in ms

Anhang zum Einheitszertifikat



Ausgangsgrößen:

Unter *Results* können folgende Ausgänge ausgelesen werden – siehe näheres [11].

1. Spannung von Phase 1 - RMS (V)
2. Spannung von Phase 2 - RMS (V)
3. Spannung von Phase 3 - RMS (V)
4. Wirkstrom je Phase - RMS (A)
5. Blindstrom je Phase - RMS (A)
6. Gesamte Wirkleistung (für alle drei Phasen) - (W)
7. Gesamte Blindleistung (für alle drei Phasen) - (var)
8. Gesamte Scheinleistung (für alle drei Phasen) - (VA)
9. Frequenz von Phase 1 - RMS (Hz)
10. Frequenz von Phase 2 - RMS (Hz)
11. Frequenz von Phase 3 - RMS (Hz)
12. Eingestellte Wirkleistung - (W)
13. Netzspannung im Mitsystem
14. Netzspannung im Gegensystem
15. Wirkstrom im Mitsystem
16. Blindstrom im Mitsystem
17. Wirkstrom im Gegensystem
18. Blindstrom im Gegensystem

Das Modell hat keinen Signalausgang für die Nullsystemgrößen.

Weitere Anmerkungen zum Modell:

- Bei dem Modell handelt es sich um eine diskrete Modellierung; es wird der Simulink Solver Fixed-Step / discrete (no continuous) ausgewählt. Die Validierung wurde mit der Rechenschrittweite von 0,1 ms durchgeführt.
- Im Modell können keine Schutzparameter eingestellt werden (nicht implementiert).
- Im Modell ist das spannungsabhängige PQ-Verhalten hinterlegt.
- Im Modell können unterschiedliche Vorfaktorblindströme eingestellt werden.
- Das Modell benötigt ca. 10 s bis die volle Wirkleistung erreicht ist; die Definition der Spannungseinbrüche für LVRT-Tests sollten nach den 10 s erfolgen.
- Der k-Faktor orientiert sich sowohl an der Mitsystem- als auch Gegensystemgröße der Spannung.
- k-Faktoren 2 und 4 bzw. eingeschränkte dynamische Netzstützung wurden anhand TR3 Messungen validiert. $k = 0, 1, 3$ und 10 wurde auf Plausibilität geprüft.
- Die Modelle wurden sowohl für symmetrische als auch für unsymmetrische Fehler validiert (dreiphasige Fehler und zweiphasige Fehler mit und ohne Erdberührung).
- Das Modell kann auch unter Plattform Matlab-SimPowerSystems ausgeführt werden, sodass die Anlagennachbildung im Rahmen der Anlagenzertifizierung vereinfacht werden kann. Hierzu ist ein mögliches Beispiel in Abbildung 3-2 dargestellt. Wichtig ist dabei, dass die Netzimpedanz *Grid_impedance* (Goto1) auf null gesetzt werden muss – die Netzimpedanz wird in Abbildung 3-2 über das Modul „Grid“ definiert.
- Es können mehrere Einheiten nachgebildet werden; hierzu wird die box „FRONIUS_ECO_1“ durch copy/paste dupliziert; die Eingänge müssen mit „source blocks“ bzw. mit entsprechenden „GoTo's“ definiert werden

Anhang zum Einheitszertifikat



- Es ist im Modell auch möglich „parallele Maschinen“ abzubilden – d.h. es können mehrere Wechselrichter miteinander gebündelt werden; hierfür kann der Parameter „*Select number of Inverters in parallel*“ bis maximal 20 eingestellt werden.
- Es können maximal 249 Wechselrichter in einer Anlage nachgebildet werden; jeder Wechselrichter bekommt eine entsprechende Mex-Datei zugewiesen (funktioniert automatisch, der Anwender muss hierzu nichts tätigen). Falls eine höhere Anzahl an Wechselrichtern notwendig ist, ist der Hersteller zu kontaktieren damit weitere Mex-Files generiert werden.
- Prüfung hinsichtlich Anlagentauglichkeit wurde mit 20 Wechselrichtern erfolgreich durchgeführt.
- Für Anlagennachbildung folgende Hinweise, falls Anlage unter SimPowerSystems abgebildet wird:
 - Die Schrittweite für die Simulation beträgt $< 1e-4$ s (Powergui)
 - Die „Grid Impedance“ wird nicht mehr verwendet bzw. sollte auf null parametrisiert werden.
 - Die Eingangsgrößen der Wechselrichter sind entsprechend anzupassen (GoTo's)

Anhang zum Einheitenzertifikat



4 Anhang IV – Auszüge aus den Prüfberichten

4.1 Netzurückwirkungen



Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report	
Teil 1: Netzverträglichkeit / Part 1: Power Quality	
„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“	
„Determination of the electrical properties of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“	
Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1	Seite/Page 1/5
„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW	
Anlagentyp/Installation type: Zentralwechselrichter /central inverter	Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:
Anlagenhersteller/ Manufacturer : Fronius International GmbH	Anlagenart/ Generic type of installation: Zentralwechselrichter /central inverter
	Nennleistung/27.0kW Rated power P _n : 27.0 kW
Prüfbericht/ test report: SGP-12297_0_R1	Messzeitraum/ Period of measurement 05.03.19–30.04.2019

Nennwerten / Rated data:			
Nennscheinleistung S _n Rated apparent power S _n	27.0 kVA	Nennstrom I _n Rated current I _n	39.1 A
Nennfrequenz f _n rated frequency f _n	50 Hz	Nennspannung U _n (p-p) rated Voltage U _n	400V

Wirkleistungsspitzen / Power peaks:				
Wirkleistungsspitzen in kW	Normierte Wirkleistungsspitzen in p.u.	Anzahl 10-Minuten Datensätze		
p ₅₀₀ =P ₅₀₀ /P _n	-27.3870	p ₅₀₀ =P ₅₀₀ /P _n	1.0143	3
p ₅₀ =P ₅₀ /P _n	-27.3914	p ₅₀ =P ₅₀ /P _n	1.0145	3
p _{0.2} =P _{0.2} /P _n	-27.3938	p _{0.2} =P _{0.2} /P _n	1.0146	3

Schalthandlungen / Switching operations:				
	Einschalten bei <10% P _n / Start-up at <10% P _n			
Max Anz. Schalthandlungen / Max. no. of switching operations N ₁₀	1			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N ₁₂₀	12			
Netzimpedanzwinkel / Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor / Flicker step factor k _f (ψ _k)	0.014	0.013	0.016	0.018
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _v (ψ _k)	0.092	0.066	0.033	0.005

Schaltvorgang / Case of switching operation				
	Ungünstigster Fall beim Umschalten der Generatorstufen /			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N ₁₀	1			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N ₁₂₀	12			
Netzimpedanzwinkel / Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor / Flicker step factor k _f (ψ _k)	N/A	N/A	N/A	N/A
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _v (ψ _k)	N/A	N/A	N/A	N/A

Schaltvorgang / Case of switching operation				
	Einschalten bei Nennleistung /Start-up at rated power			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N ₁₀	1			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N ₁₂₀	12			
Netzimpedanzwinkel / Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor / Flicker step factor k _f (ψ _k)	0.013	0.013	0.016	0.018
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _v (ψ _k)	1.213	0.948	0.574	0.244

Anhang zum Einheitenzertifikat



Seite/Page 2/5

Schaltvorgang / Case of switching operation	Serviceabschaltung bei Nennleistung /Cut off at rated Pn			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N_{10}	1			
Max Anz. Schalthandlungen/Max. no. of switching operations N_{120}	12			
Netzimpedanzwinkel / Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor / Flicker step factor $k_f(\psi_k)$	0.591	0.458	0.284	0.158
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor $k_u(\psi_k)$	1.213	0.948	0.575	0.244

Unsymmetrie

P_n	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
u_i [%]	-2.72	-0.29	-0.13	-0.03	0.04	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.13	-

Flicker:

Flickerbeiwert / Flicker coefficient, $c(\psi_k, P_{bin})$	30°	50°	70°	85°
	Flickerkoeffizient / Flicker coefficient, $c(\psi_k, v_u)$			
Pbin in %				
Max	-	-	-	-
100	0.16	0.17	0.18	0.18
90	0.24	0.23	0.20	0.18
80	0.23	0.23	0.20	0.18
70	0.23	0.22	0.19	0.17
60	0.23	0.22	0.19	0.17
50	0.23	0.21	0.18	0.16
40	0.23	0.21	0.18	0.16
30	0.23	0.20	0.17	0.15
20	0.22	0.19	0.16	0.15
10	0.21	0.19	0.15	0.14
0	0.09	0.09	0.09	0.09

Abbildung 4-1 - Auszug aus [6] (Anhang B der TR3, Teil 1 Seite 1-2)

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S sind hinsichtlich

- Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$
- Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$
- Flickerkoeffizient
- Schalfaktor k_{imax}
- Max. Schalthandlungen N_{10} und N_{120}

dieselben Werte wie am Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S gemessenen anzusetzen.

Anhang zum Einheitenzertifikat



Seite/Page 3/5

Oberschwingungsmessungen / Harmonics

P _{tot} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nr./Order	L/L (%)										
2	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.05	0.06
3	0.07	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.21	0.22	0.24	0.26	0.23
4	0.00	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
5	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.23	0.25	0.27	0.37	0.50	0.53
6	0.00	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
7	0.06	0.11	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.12	0.18	0.22
8	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
9	0.06	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.15
10	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
11	0.05	0.05	0.07	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.10
12	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
13	0.04	0.07	0.08	0.09	0.12	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16
14	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06
16	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
17	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
18	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
19	0.02	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
20	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
21	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
22	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
23	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
24	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
25	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
27	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
28	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
29	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
30	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
31	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
32	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
33	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
34	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
35	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
36	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
37	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
38	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
39	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
40	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
41	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
42	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
43	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
44	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
45	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
46	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
47	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
48	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
49	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
50	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
THC	0.16	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.45	0.48	0.55	0.67	0.69

Anhang zum Einheitenzertifikat



Zwischenharmonische, Normalbetrieb / Interharmonics at continuous operation Seite/Page 4/5

Pbin (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f 50/60 (Hz)	w/h (%)										
75	0.00	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
125	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
175	0.00	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
225	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
275	0.00	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
325	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
375	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
425	0.00	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
475	0.00	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
525	0.00	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
575	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
625	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
675	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
725	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
775	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
825	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
875	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
925	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
975	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1025	0.00	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1075	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1125	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1175	0.00	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
1225	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
1275	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1325	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1375	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1425	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1475	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1525	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1575	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1625	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
1675	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1725	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1775	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1825	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1875	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1925	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1975	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

Anhang zum Einheitenzertifikat



Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report

Teil 1: Netzverträglichkeit / Part 1: Power Quality

„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“

„Determination of the electrical properties – power quality (EMC) of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“

Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1

Seite/Page 5/5

„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW

Höhere Frequenzen im Normalbetrieb / Higher Frequencies components

Pbin (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f (kHz)	I _r /I _n (%)										
2.1	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
2.3	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
2.5	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
2.7	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
2.9	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07
3.1	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07
3.3	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09
3.5	0.00	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09
3.7	0.00	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08
3.9	0.00	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08
4.1	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
4.3	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04
4.5	0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
4.7	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
4.9	0.01	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.16	0.16
5.1	0.01	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17
5.3	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
5.5	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
5.7	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
5.9	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6.1	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6.3	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6.5	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6.7	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
6.9	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.1	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.3	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.5	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.7	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
7.9	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
8.1	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
8.3	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
8.5	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
8.7	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
8.9	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03

Abbildung 4-2 - Auszug aus [6] (Anhang B der TR3, Teil 1 Seite 3-5)

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S sind hinsichtlich der

- Oberschwingungen
- Zwischenharmonischen
- Höheren Frequenzen im Normalbetrieb

dieselben Werte wie die am Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S gemessenen anzusetzen.

Zur Berechnung der Absolutwerte muss der jeweilige Nennstrom I_n des Wechselrichters berücksichtigt werden.

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.2 Wirkleistung



Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report	
Teil 2: Regelfähigkeit am Netz / Part 2: grid control capability	
„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“	
„Determination of the electrical properties of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“	
Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1	Seite/Page 1/2
„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW	
Anlagentyp/Installation type: Zentralwechselrichter	Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:
Anlagenhersteller/ Manufacturer : Fronius International GmbH	Anlagenart/ Generic type of installation: Zentralwechselrichter /central inverter
	Nennleistung/27.0kW Rated power P _n : 27.0 kW
Prüfbericht/ test report: SGP-12297_0_R1	Messzeitraum/ Period of measurement: 05.03.19--30.04.2019

Nennwerten / Rated data:

Nennscheinleistung S _n Rated apparent power S _n	27.0 kVA	Nennstrom I _n Rated current I _n	39.1 A
Nennfrequenz f _n rated frequency f _n	50 Hz	Nennspannung U _n (p-p) rated Voltage U _n	400V

Wirkleistungsspitzen / Power peaks

Wirkleistungsspitzen in kW		Normierte Wirkleistungsspitzen in p.u.		Anzahl 10-Minuten Datensätze
p ₉₀₀ =P ₉₀₀ /P _n	-27.3870	p ₉₀₀ =P ₉₀₀ /P _n	-27.3870	-27.3870
p ₉₉ =P ₉₉ /P _n	-27.3914	p ₉₉ =P ₉₉ /P _n	-27.3914	-27.3914
p _{99.9} =P _{99.9} /P _n	-27.3938	p _{99.9} =P _{99.9} /P _n	-27.3938	-27.3938

Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz / Active power vs frequency

Überfrequenz / overfrequency	Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung Mean power gradient at overfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 39.03% P _n /Hz	
	max. Einschwingzeit / max. Settling time	0.6 s	
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / power gradient after recovery of overfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 9.6% P _n /Hz max. Gradient / max. gradient 9.6% P _n /Hz	
Unterfrequenz / underfrequency	Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzunterschreitung / Mean power gradient at underfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 40.5% P _n /Hz	
	max. Einschwingzeit / max. settling time	0.75 s	
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / power gradient after recovery of overfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 9.6% P _n /Hz max. Gradient / max. gradient 9.6% P _n /Hz	
Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden. / The unit is able to run at reduced power.	Ja / Yes	Nein / No	
Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung Max. deviation of power setting	Überschreitung/ exceeding 1.4% /P _n	Unterschreitung/ undercut 0% / P _n	
Trennung vom Netz bei Wirkleistungssollwertvorgabe von: Disconnection from the grid at external active power setpoints at:	0% P _n		
Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit minimalem Gradienten/ response time of the power output after a change in setpoint with minimal gradient	P0 -> Pmin	Zeit/ time: 15.383s Gradient: 101 %P _n / s	
	Pmin -> P0	Zeit/ time: 15.043s Gradient: 101 %P _n / s	
Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit maximalem Gradienten/ response time of the power output after a change in setpoint with maximum gradient	P0 -> Pmin	Zeit/ time: 0.767 s Gradient: 1.1 %P _n / s	
	Pmin -> P0	Zeit/ time: 0.770 s Gradient: 1.1 %P _n / s	

Abbildung 4-3 - Auszug aus [6] (Anhang B der TR3, Teil 2 Seite 1)

Anhang zum Einheitenzertifikat



Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S sind hinsichtlich

- des mittleren Gradienten der Wirkleistung
- der Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung
- des Gradienten der Wirkleistung nach Spannungslosigkeit

dieselben Werte wie die am Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S gemessenen anzusetzen.

Auch der Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S kann mit reduzierter Leistung betrieben werden.

Die Sollwertabweichung der sich an den Ausgangsklemmen des Wechselrichters einstellenden Wirkleistung ist in Abbildung 4-4 gezeigt:

Leistungsbegrenzter Betrieb durch den Netzbetreiber (Sollwertvorgabe) Messung der Einstellgenauigkeit / Power limited operation by the network operator (Setpoint control); Measurement accuracy of adjustment								
Sollwert / Setpoint P _{max}	Setpoint t	Setpoint t	Istwert / actual value	Istwert / actual value	U ₁	Abweic- hung / deviatio- n	Abweichu- ng / deviation	Einschwingzeit / Settime
(%):	(kW)	P _n (p.u.)	(kW)	P _n (p.u.)	(V)	(kW)	P _n (%)	(s)
100.00%	-27.00	-1.00	-27.39	-1.01	401.3 V	0.39	1.4%	0.3
90.00%	-24.30	-0.90	-24.41	-0.90	400.9 V	0.11	0.4%	0.3
80.00%	-21.60	-0.80	-21.70	-0.80	400.4 V	0.10	0.4%	0.3
70.00%	-18.90	-0.70	-18.99	-0.70	400.0 V	0.09	0.3%	0.3
60.00%	-16.20	-0.60	-16.28	-0.60	399.6 V	0.08	0.3%	0.3
50.00%	-13.50	-0.50	-13.56	-0.50	399.1 V	0.06	0.2%	0.3
40.00%	-10.80	-0.40	-10.85	-0.40	398.6 V	0.05	0.2%	0.3
30.00%	-8.10	-0.30	-8.14	-0.30	398.1 V	0.04	0.1%	0.3
20.00%	-5.40	-0.20	-5.42	-0.20	397.4 V	0.02	0.1%	0.3
10.00%	-2.70	-0.10	-2.71	-0.10	396.6 V	0.01	0.0%	0.3
0.00%	0.00	0.00	0.01	0.00	396.0 V	-0.01	0.0%	0.3

Abbildung 4-4: Wirkleistung Allgemein – Einstellgenauigkeit (aus [6])

Die Abweichungen des gemessenen Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S sind in Abbildung 4-4 absolut bzw. prozentual angegeben. Die max. Abweichung beträgt 1,4%.

Diese prozentualen Werte sind auf den Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragbar.

Der Wirkleistungsgradient lässt sich an den Fronius Wechselrichtern einstellen. Zur Information: Wird der Leistungsgradient auf EZA Regler-Ebene umgesetzt, beträgt die gemessene Einschwingzeit 767ms (90 % P_n auf 10 % P_n) bzw. 770ms (10 % P_n auf 90 % P_n).

Getrennte Sollwertvorgabe von Netzbetreiber und Direktvermarkter ist nicht möglich. Es ist nur ein Sollwertkanal vorhanden. Die Priorisierung unterschiedlicher Sollwerte muss dann z.B. im überlagerten EZA-Regler stattfinden

Anhang zum Einheitszertifikat



Die WR Fronius Eco zeigen eine Abhängigkeit der max. abgebbaren Wirkleistung von der Umgebungstemperatur:

Umgebungs- temperatur	Fronius Eco	
	25.0-3-S	27.0-3-S
45 °C	25 kW	27kW
50 °C	21,5kW	23,5 kW
55 °C	18 kW	19,7 kW
60 °C	14,8 kW	15,4 kW

Tabelle 4-1: Ausgangsleistung abhängig von Umgebungstemperatur (Herstellereklärung)

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.3 Blindleistung

Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report

Teil 2: Regelfähigkeit am Netz / Part 2: grid control capability

„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“

„Determination of the electrical properties – power quality (EMC) of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“

Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1

Seite/Page 2/2

„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW

Blindleistungsbereitstellung / Provision of reactive power

	P/P _n	Q _{ind}	Q _o	Q _{kap}	P/P _n	Q _{ind}	Q _o	Q _{kap}
Blindleistungsverhalten im Normalbetrieb und maximaler Blindleistungsstellbereich / Control of reactive power in normal operation mode and maximum reactive power range	1%	26.69	-00.2	-27.13	60%	22.2	01.3	-22.03
	10%	26.65	-00.4	-27.15	70%	19.74	01.5	-19.87
	20%	26.61	00.1	-26.83	80%	16.74	02.2	-16.90
	30%	26.03	00.3	-26.06	90%	12.65	02.7	-12.29
	40%	25.21	00.5	-25.23	100%	4.76	03.1	-4.96
	50%	23.84	00.5	-23.91	110%	-	03.7	-
Q _{ind} und / and Q _{kap} in kvar								
Arbeitspunkte des spannungshängigen P-Q-Diagramms / working points of the voltage dependent P-Q-diagram	AP / WP	U/U _n in %	P/P _n in %	Q in kvar				
	1 ind	90	10	25.6				
	2 ind	110	10	26.5				
	1 kap/cap	90	10	-26.4				
2 kap/cap	110	10	-27.1					
Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe / Control of reactive power through set point signal	<input type="checkbox"/> Verschiebungsfaktor / power factor			<input checked="" type="checkbox"/> Blindleistung / reactive power				
	P _{bin} bei / at Q _{max}			10 %				
Längste Einschwingzeit / Longest response time	Parameter			Einschwingzeit / settling time				
	2%/s			1.250s				
	Standardzeit / standard time			10%/s				
Einstellgenauigkeit des Verschiebungsfaktors bzw. Blindleistung/ Positioning accuracy of power factor or reactive power	Sollwert / set point			Istwert / measured value				
	100%			26.69kvar / - 27.13kvar				
	100%			26.64 kvar / -27.15 kvar 26.64 kvar / -27.15 kvar				
	50%			13.53kvar / - 13.63kvar 13.53kvar / - 13.63kvar				
Anmerkung / remark :	Soweit Q(U) und Q(P)-Regelung geprüft wurden, sind diese im Prüfbericht hinterlegt. If Q(U) and Q(P) control was tested, please see test report.							

Abbildung 4-5 - Auszug aus [6] (Anhang B der TR3, Teil 2 Seite 2)

Das in Abbildung 4-5 aufgeführte, am Fronius Eco 27.0-3-S gemessene PQ-Diagramm lässt sich auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragen. Dabei ist zu beachten, dass die als Absolutwert angegebene Blindleistung mit dem Verhältnis der Wirkleistungen des umzurechnenden und des geprüften Wechselrichters zu skalieren ist (also 25 kW / 27,5 kW = 0,926).

Anhang zum Einheitenzertifikat



Blindleistungsvorgabe Q = 0 / Reactive power at Q = 0					
Leistungs- bin / Active power bin	Wirkleistung P / Active power P	Blindleistung Q / Reactive power Q	cos phi / cos phi	Spannung im Mitsystem / Positive sequence voltage	Anzahl Datensätze / Number of datasets
	P_1_60s_avg	Q_1_60s_avg	Cos phi_1_60s_ avg	U _{pos}	
(p.u.)	(kW)	(kVAr)	cos(phi)	(V)	1 min – DS
0.00	-0.23	-0.15	-0.040	396.1 V	3
0.10	-3.09	-0.04	-1.000	396.8 V	3
0.20	-5.42	-0.07	-1.000	397.4 V	3
0.30	-8.14	-0.11	-1.000	398.1 V	3
0.40	-10.87	-0.15	-1.000	398.6 V	3
0.50	-13.57	-0.19	-1.000	399.2 V	3
0.60	-16.28	-0.23	-1.000	399.6 V	3
0.70	-18.99	-0.27	-1.000	400.0 V	3
0.80	-21.71	-0.31	-1.000	400.4 V	3
0.90	-24.42	-0.35	-1.000	400.8 V	3
1.00	-27.40	-0.39	-1.000	401.2 V	3

Anmerkung:
Die Einteilung der Leistungsbins erfolgte auf Basis von P_n = 27 kW.
Remark:
The bins were calculated based on P_n = 27 kW.

Abbildung 4-6: Blindleistungsbereitstellung – Blindleistung bei Sollwert Q=0 bei U_n (aus [6])

P-Q-Diagramm - Blindleistungsvorgabe untererregt / P-Q-diagram - Reactive power setting underexcited					
Leistungs- bin / Active power bin	Wirkleistung P / Active power P	Blindleistung Q / Reactive power Q	cos phi / cos phi	Spannung im Mitsystem / Positive sequence voltage	Anzahl Datensätze / Number of datasets
	P_1_60s_avg	Q_1_60s_avg	Cos phi_1_60s_ avg	U _{pos}	
(p.u.)	(kW)	(kVAr)	cos(phi)	(V)	1 min – DS
0.00	-0.64	26.69	-0.020	393.9 V	3
0.10	-3.07	26.65	-0.110	394.4 V	3
0.20	-5.79	26.61	-0.210	395.0 V	3
0.30	-8.50	26.03	-0.310	395.6 V	3
0.40	-10.84	25.21	-0.400	396.1 V	3
0.50	-13.59	23.84	-0.500	396.8 V	3
0.60	-16.12	22.20	-0.590	397.4 V	3
0.70	-19.05	19.74	-0.690	398.3 V	3
0.80	-21.73	16.74	-0.790	399.1 V	3
0.90	-24.33	12.65	-0.890	400.0 V	3
1.00	-26.99	4.76	-0.980	401.0 V	3

Anmerkung:
Die Einteilung der Leistungsbins erfolgte auf Basis von P_n = 27 kW.
Remark:
The bins were calculated based on P_n = 27 kW.

Abbildung 4-7: Blindleistungsbereitstellung – Blindleistung bei Sollwert Q=maximal untererregt bei U_n (aus [6])

Anhang zum Einheitenzertifikat



P-Q-Diagramm - Blindleistungsvorgabe übererregt / P-Q-diagram - Reactive power setting overexcited					
Leistungs- bin / Active power bin	Wirkleistung P / Active power P	Blindleistung Q / Reactive power Q	cos phi / cos phi	Spannung im Mitsystem / Positive sequence voltage	Anzahl Datensätze / Number of datasets
	P_1_60s_avg	Q_1_60s_avg	Cos phi_1_60s_ avg	U _{pos}	
(p.u.)	(kW)	(kVAr)	cos(phi)	(V)	1 min – DS
0.00	0.18	-27.13	0.010	397.5 V	3
0.10	-2.80	-27.15	-0.100	398.1 V	3
0.20	-5.53	-26.83	-0.200	398.6 V	3
0.30	-8.25	-26.06	-0.300	399.1 V	3
0.40	-10.67	-25.23	-0.390	399.5 V	3
0.50	-13.36	-23.91	-0.490	400.0 V	3
0.60	-15.93	-22.03	-0.590	400.4 V	3
0.70	-18.68	-19.87	-0.680	400.8 V	3
0.80	-21.45	-16.90	-0.790	401.2 V	3
0.90	-24.24	-12.29	-0.890	401.4 V	3
1.00	-26.94	-4.96	-0.980	401.6 V	3

Anmerkung:
Die Einteilung der Leistungsbins erfolgte auf Basis von P_n = 27 kW.
Remark:
The bins were calculated based on P_n = 27 kW.

Abbildung 4-8: Blindleistungsbereitstellung – Blindleistung bei Sollwert Q=maximal übererregt bei U_n (aus [6])

Die gemessenen Werte am Fronius Eco 27.0-3-S hinsichtlich der

- Einstellgenauigkeit der Blindleistung bzw. des Verschiebungsfaktors
- minimalen Stufung der Blindleistung
- längsten Einschwingzeit

sind auch auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragbar.

Auf die Grenzen der Blindleistungsbereitstellung bzw. deren Spannungsabhängigkeit wird in Kap.4.4 eingegangen.

Es sind folgende Modi für die Blindleistungsbereitstellung vorgesehen:

- konstante Vorgabe einer Blindleistung Q (entweder als Absolutwert oder als prozentualer Wert bezogen auf die Nennscheinleistung)
- Vorgabe eines $\cos\phi$
- Vorgabe einer $\cos\phi(P)$ - Kennlinie
- Vorgabe einer Q(U) - Kennlinie
- Vorgabe einer Q(P) - Kennlinie

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.4 Spannungsabhängiges Blindleistungsvermögen

Der mögliche Blindleistungsbereich der Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-M in Abhängigkeit von der Wirkleistung bzw. der AC-Klemmenspannung ist in Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 dargestellt. Bei Klemmenspannungen im Bereich 93 % bis 115 % bleibt die abgebbare Scheinleistung konstant, bei kleineren Spannungen nimmt die Scheinleistung wie dargestellt ab. Bei Klemmenspannungen größer 115 % schaltet der Wechselrichter ab.

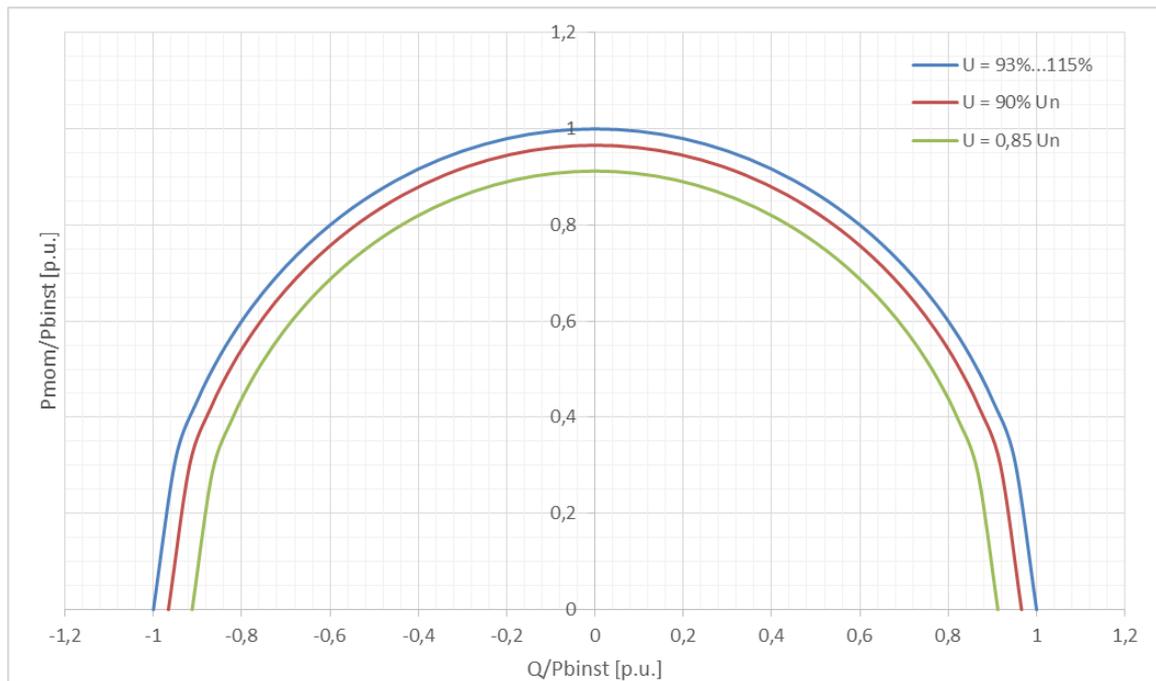


Abbildung 4-9 - möglicher Blindleistungsbereich (aus [8])

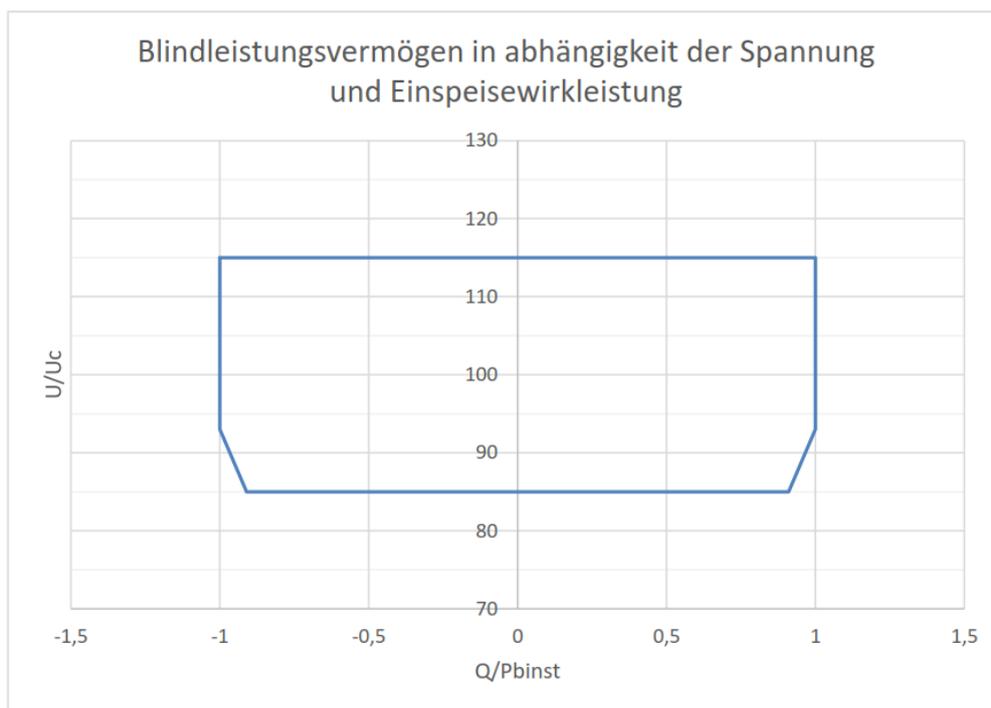


Abbildung 4-10 - Möglicher Blindleistungsbereich (aus [9])

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.5 Schutzvermögen und Zuschaltbedingungen

Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report							
Teil 3: Schutzsystem / Part 3: protection system							
„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“							
„Determination of the electrical properties of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“							
Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1			Seite/Page 1/2				
„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW							
Anlagentyp/Installation type: Zentralwechselrichter		Herstellereingaben/Manufacturer's specifications:					
Anlagenhersteller/ Manufacturer : Fronius International GmbH		Anlagenart/ Generic type of installation: Zentralwechselrichter /central inverter					
		Nennleistung/270kW Rated power P _n : 27.0 kW					
Prüfbericht/ test report: SGP-12297_0_R1		Messzeitraum/ Period of measurement: 05.03.19–30.04.2019					
Nennwerten / Rated data:							
Nennscheinleistung S _n Rated apparent power S _n	27.0 kVA	Nennstrom I _n Rated current I _n	39.1A				
Nennfrequenz f _n rated frequency f _n	50 Hz	Nennspannung U _n (P-P) rated Voltage U _n	400V				
Trennung der EZE vom Netz / Cut-off from grid							
<input checked="" type="checkbox"/> Die Überprüfung der Gesamtwirkungskette führte zu einer erfolgreichen Abschaltung. /The test of the whole trip circuit led to a successful shut down							
	Einstellwert Setting in pu oder/ or Hz		Auslösewert Release value [pu]		Abschaltzeit Release time [s]		Rückfallverhältnis Disengaging ratio
	pu/ [Hz]	[s]	min.	max.	min	max.	
Spannungssteigerungsschutz / Overvoltage protection: U>	1.1 / 1.3	180 / 0.02	1.01/1.294	1.101/1.298	179.99/ 0.024	180.20/ 0.036	<input checked="" type="checkbox"/> ≥ 0.98 <input type="checkbox"/> < 0.98
Spannungssteigerungsschutz / Overvoltage protection: U>>	1.1 / 1.30	0.1 / 0.02	1.096/0.448	1.101/0.451	0.098/ 0.02	0.105/0.022	
Spannungsrückgangsschutz / Undervoltage protection: U<	0.45 / 0.9	2.4 / 0.02	0.448/0.893	0.45/0.84	2.397/0.021	2.405/0.025	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 1.02 <input type="checkbox"/> > 1.02
Spannungsrückgangsschutz / Undervoltage protection: U<<	0.45 / 0.9	0.1 / 0.02	0.448/0.894	0.451/0.896	0.02/0.1	0.025/0.105	
Frequenzsteigerungsschutz / Overfrequency protection: f>	50.2 / 55.0	5 / 0.06	50.19 Hz	55.02 Hz	5 / 0.06	5 / 0.07	
Frequenzsteigerungsschutz / Overfrequency protection: f>>	50.2 / 55.0	0.1 / 0.06	50.20 Hz	55.02 Hz	0.10/ 0.06	0.104 / 0.071	
Frequenzrückgangsschutz / Underfrequency protection: f<	45.0 / 47.5	0.1 / 0.06	44.98 Hz	47.44 Hz	0.06/0.1	0.063/0.101	
Eigenzeit der Abschalteneinheit / Operating time of circuit breaker:	-ms		<input checked="" type="checkbox"/> aus Messung by measurement		<input type="checkbox"/> aus Prüfzertifikat by test certificate		

Anhang zum Einheitenzertifikat



Auszug aus dem Prüfbericht / Extract from the test report			
Teil 3: Schutzsystem / Part 3: protection system			
„Bestimmung der elektrischen Eigenschaften der FRONIUS ECO 27.9-3-S“			
„Determination of the electrical properties of the FRONIUS ECO 27.9-3-S“			
Auszug Nr./ Extract No : SGP-12297_0_R1		Seite/Page 2/2	
„Technische Richtlinie Teil 3“ Rev./ Version 25, FGW			
Anlagentyp/Installation type: Zentralwechselrichter	Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:		
Anlagenhersteller/ Manufacturer : Fronius International GmbH	Anlagenart/ Generic type of installation: Zentralwechselrichter /central inverter		
	Nennleistung/ <i>270W</i> Rated power P _n : 27.0 kW		
Prüfbericht/ test report: SGP-12297_0_R1	Messzeitraum/ Period of measurement 05.03.19–30.04.2019		
Nennwerten / Rated data:			
Nennscheinleistung S _n Rated apparent power S _n	27.0 kVA	Nennstrom I _n Rated current I _n	39.1 A
Nennfrequenz f _n rated frequency f _n	50 Hz	Nennspannung U _n (P-P) rated Voltage U _n	400V
Zuschaltbedingungen / Cut-in conditions			
	Einstellbereich / Setting range [pu] oder/ or [Hz]	Zuschaltung erfolgte im angegebenen Bereich cut in occurred within the given range	
Spannung / Voltage:	0,8 – 1,0 [pu] // 0.90	<input type="checkbox"/> nein / no	<input checked="" type="checkbox"/> ja / yes
Frequenz / Frequency:	0,0 – 100,0 [Hz] // 47.5	<input type="checkbox"/> nein / no	<input checked="" type="checkbox"/> ja / yes
Zuschaltbedingungen nach Auslösung des Entkuppelungsschutzes / Cut-in conditions after tripping of protection			
	Einstellbereich / Setting range [pu] oder/ or [Hz]	Zuschaltung erfolgte im angegebenen Bereich cut in occurred within the given range	
Unterspannung / Undervoltage:	0,8 – 1,0 [pu] // 0.95	<input type="checkbox"/> nein / no	<input checked="" type="checkbox"/> ja / yes
Unterfrequenz / Underfrequency:	0,0 – 100,0 [Hz] // 49.9	<input type="checkbox"/> nein / no	<input checked="" type="checkbox"/> ja / yes
Überfrequenz / Overfrequency:	0,0 – 100,0 [Hz] // 50,1	<input type="checkbox"/> nein / no	<input checked="" type="checkbox"/> ja / yes

Abbildung 4-11 - Auszug aus [6] (Anhang B der TR3, Teil 3 Seite 1-2)

Das Schutzsystem des nach TR3 geprüften Wechselrichters Fronius Eco 27.0-3-S ist identisch zu dem des nicht gemessenen Wechselrichters Fronius Eco 25.0-3-S.

Die Überprüfung

- der Schutzeinrichtung
- des Rückfallverhältnisses
- der Zuschaltbedingungen

kann daher auf den nicht vermessenen Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragen werden.

Die Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und Fronius Eco 27.0-3-S sind fähig, sich gemäß Vorgabe aus [1] bzw. [2] dem Netz zuzuschalten. Dies kann aber auch von überlagerter Stelle (z.B. EZA-Regler) übernommen werden.

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.6 Interner NA-Schutz und Eigenschutz

Der interne NA-Schutz der Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S umfasst die Funktionen:

- Spannungsrückgangsschutz $U<$ und $U<<$
- Spannungssteigerungsschutz $U>>$
- Frequenzrückgangsschutz $f<$
- Frequenzsteigerungsschutz $f>$ und $f>>$

In Abbildung 4-12 ist der mögliche Einstellbereich zusammengefasst:

Frequenzsteigerungsschutz $f>>$		Frequenzrückgangsschutz $f<$	
Auslösewert	52,5 Hz	Auslösewert	47,5 Hz
Einstellbereich*	45 - 65 Hz	Einstellbereich*	45 - 65 Hz
Schrittweite	0,001 Hz	Schrittweite	0,001 Hz
Schutzverzögerung	100 ms	Schutzverzögerung	100 ms
Einstellbereich*	60 - 1000000 ms	Einstellbereich*	60 - 1000000 ms
Schrittweite	20 ms	Schrittweite	20 ms
Frequenzsteigerungsschutz $f>$		Spannungsrückgangsschutz $U<<$	
Auslösewert	51,5 Hz	Auslösewert	103,5 V
Einstellbereich*	45 - 65 Hz	Einstellbereich*	23 - 300 V
Schrittweite	0,001 Hz	Schrittweite	0,1 V
Schutzverzögerung	5000 ms	Schutzverzögerung	300 ms
Einstellbereich*	60 - 1000000 ms	Einstellbereich*	0 - 1000 s
Schrittweite	20 ms	Schrittweite	20 ms
Spannungssteigerungsschutz $U>>$		Spannungsrückgangsschutz $U<$	
Auslösewert	287,5 V	Auslösewert	184 V
Einstellbereich*	23 - 300 V	Einstellbereich*	23 - 300 V
Schrittweite	0,1 V	Schrittweite	0,1 V
Schutzverzögerung	100 ms	Schutzverzögerung	1000 ms
Einstellbereich*	0 - 1000 s	Einstellbereich*	0 - 1000 s
Schrittweite	20 ms	Schrittweite	20 ms

Abbildung 4-12 - Schutzeinrichtung/Einstellmöglichkeiten der Wechselrichter Fronius Eco (aus [10])

Anmerkung: Der Tabellenwert „Auslösewert“ bzw. „Schaltverzögerung“ bezeichnet die Standardeinstellung der jeweiligen Schutzfunktion.

Da die Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S über keine Prüfvorrichtung zur Überprüfung der Schutzeinstellungen verfügen, ist bei Einsatz der Wechselrichter im Mittelspannungsnetz ein externer NA-Schutz vorzusehen.

Nach [9] erfolgt eine Abschaltung des Wechselrichters bei Unterschreiten bzw. Überschreiten von Spannungsniveaus aus Gründen des Eigenschutzes, wie sie in Tabelle 4-2 angegeben sind. Die Auslösung des Eigenschutzes erfolgt unabhängig von den Einstellungen des Entkopplungsschutzes.

Spannungsbereich	Bemerkung
0%..60% U_n	Wechselrichter kann max. 3s am Netz betrieben werden
60% ..90% U_n	Wechselrichter kann dauerhaft am Netz im LVRT-Modus betrieben werden
>115% U_n	Wechselrichter wird vom Netz getrennt
Bemerkung: U_n = Nennspannung der Wechselrichter	

Tabelle 4-2 – Bewertung - Schutz: Eigenschutzgrenzen der Wechselrichter Fronius Eco (aus [9])

Anhang zum Einheitenzertifikat



4.7 Kurzschlussstrombeiträge

Im Folgenden sind die Messergebnisse aus [5] zusammengefasst:

Nr.	Kapitel in [5]	Stoßkurzschlussstrom I_p (Scheitelwert KS-Strom ¹⁾²⁾)	Kurzschlussstrom 1 Perioden Effektivwert ^{1) 2)}					
			t1+20 ms	t1+100 ms	t1+150 ms	t1+300 ms	t1+500 ms	t1+1000 ms
1	1.1.2 / 1.1.3	1,80 / 1,77	0,732 / 0,719	1,012 / 1,020	1,019 / 1,019	1,022 / 1,027	1,027 / 1,010	0,976 / 0,890
2	1.1.4 / 1.1.5	1,22 / 1,23	0,662 / 0,667	1,025 / 1,025	1,024 / 1,024	1,008 / 1,019	1,024 / 1,030	0,319 / 0,319
3	1.1.7 / 1.1.8	1,45 / 1,45	0,755 / 0,779	0,985 / 0,984	0,983 / 0,983	0,985 / 0,987	0,988 / 0,985	0,481 / 0,285
4	1.1.9 / 1.1.10	1,23 / 1,25	0,661 / 0,669	1,002 / 1,001	0,999 / 0,999	1,002 / 0,995	1,002 / 0,999	0,280 / 0,283
5	1.1.12 / 1.1.13	1,64 / 1,66	0,856 / 0,859	1,013 / 1,015	1,013 / 1,015	1,015 / 1,014	1,016 / 1,015	1,015 / 1,016
6	1.1.14 / 1.1.15	1,06 / 1,07	0,593 / 0,595	0,802 / 0,805	0,801 / 0,801	0,800 / 0,803	0,800 / 0,801	0,799 / 0,801
7	1.1.17 / 1.1.18	1,44 / 1,44	0,912 / 0,912	0,933 / 0,933	0,936 / 0,935	0,935 / 0,936	0,937 / 0,935	0,844 / 0,935
8	1.1.19 / 1.1.20	1,05 / 1,03	0,562 / 0,559	0,740 / 0,739	0,740 / 0,740	0,739 / 0,738	0,738 / 0,738	0,736 / 0,739
9	1.1.21 / 1.1.22	1,65 / 1,64	0,449 / 0,370	0,012 / 0,012	0,002 / 0,002	0,001 / 0,001	0,001 / 0,001	0,001 / 0,001
10	1.1.23 / 1.1.24	1,44 / 1,44	0,581 / 0,486	0,017 / 0,018	0,007 / 0,009	0,007 / 0,007	0,007 / 0,009	0,008 / 0,007
11	1.1.26 / 1.1.27	1,53 / 1,52	0,954 / 0,958	1,012 / 1,012	1,012 / 1,012	1,012 / 1,012	1,012 / 1,012	1,011 / 1,012
12	1.1.28 / 1.1.29	0,64 / 0,64	0,414 / 0,406	0,480 / 0,483	0,480 / 0,481	0,480 / 0,482	0,480 / 0,482	0,480 / 0,482
13	1.1.30 / 1.1.31	0,62 / 0,64	0,364 / 0,352	0,408 / 0,403	0,409 / 0,403	0,408 / 0,403	0,409 / 0,402	0,409 / 0,402
14	1.1.32 / 1.1.33	0,80 / 0,81	0,495 / 0,489	0,582 / 0,584	0,581 / 0,583	0,583 / 0,583	0,581 / 0,581	0,580 / 0,583
15	1.1.34 / 1.1.35	0,89 / 0,89	0,526 / 0,525	0,594 / 0,594	0,594 / 0,596	0,594 / 0,595	0,594 / 0,596	0,593 / 0,594

Anhang zum Einheitenzertifikat



Nr.	Kapitel in [5]	Stoßkurzschlussstrom I_p (Scheitelwert KS-Strom ^{1) 2)})	Kurzschlussstrom 1 Perioden Effektivwert ^{1) 2)}					
			t1+20 ms	t1+100 ms	t1+150 ms	t1+300 ms	t1+500 ms	t1+1000 ms
16	1.1.37 / 1.1.38	1,46 / 1,45	0,977 / 0,972	0,992 / 0,991	0,991 / 0,993	0,992 / 0,993	0,992 / 0,992	0,993 / 0,992
17	1.1.39 / 1.1.40	0,67 / 0,67	0,417 / 0,416	0,488 / 0,455	0,489 / 0,485	0,488 / 0,485	0,486 / 0,483	0,488 / 0,484
18	1.1.41 / 1.1.42	0,90 / 0,91	0,506 / 0,509	0,582 / 0,581	0,580 / 0,580	0,580 / 0,579	0,580 / 0,581	0,581 / 0,581
19	1.1.44 / 1.1.45	1,48 / 1,47	0,971 / 0,964	1,011 / 1,011	1,011 / 1,011	1,011 / 1,011	1,013 / 1,012	1,011 / 1,012
20	1.1.47 / 1.1.48	1,41 / 1,41	0,986 / 0,988	0,996 / 0,995	0,996 / 0,996	0,995 / 0,998	0,997 / 0,997	0,997 / 0,995
21	1.1.50 / 1.1.51	1,46 / 1,47	0,984 / 0,988	1,053 / 1,048	1,089 / 1,090	1,059 / 1,056	1,010 / 1,084	1,010 / 1,086
22	1.1.53 / 1.1.54	1,40 / 1,39	0,894 / 0,901	0,788 / 0,795	0,764 / 0,765	0,677 / 0,677	0,687 / 0,678	0,653 / 0,660
23	1.1.55 / 1.1.56	0,48 / 0,49	0,333 / 0,324	0,268 / 0,273	0,269 / 0,272	0,309 / 0,312	0,275 / 0,271	0,272 / 0,273
24	1.1.58, 1.1.59	1,39 / 1,39	0,964 / 0,963	0,887 / 0,886	0,878 / 0,878	0,871 / 0,872	0,853 / 0,855	0,831 / 0,836
25	1.1.60, 1.1.61	0,48 / 0,49	0,336 / 0,342	0,314 / 0,309	0,300 / 0,304	0,352 / 0,351	0,302 / 0,302	0,299 / 0,301
26	1.1.63, 1.1.64	0,47 / 0,47	0,311 / 0,312	0,294 / 0,291	0,281 / 0,282	0,302 / 0,301	0,282 / 0,284	0,284 / 0,284

Bemerkung:

¹ Gemessener / ermittelter Wert bezogen auf den Nennstrom

² Angegeben ist der höchste Wert der 3 Phasen

³ t1 = Zeitpunkt des Fehlerbeginns

Tabelle 4-3 - Aus [7] ermittelte höchste Kurzschlussstrombeiträge des Wechselrichter Fronius Eco 27.0-3-S (1p.u. = 39,1 A)

Anhang zum Einheitenzertifikat



Die aus den Messungen in [6] ermittelten höchsten Kurzschlussstrombeiträgen in p.u. des Fronius Eco 27.0-3-S nach gelten auch für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S. Dabei ist zu beachten, dass als Bezugswert der Nennstrom I_n (1 p.u.) des Fronius Eco 25.0-3-S angesetzt wird. Die notwendigen Parameter zur Berechnung der Kurzschlusswechselströme nach DIN EN 60909-0 werden in Tabelle 4-4 gegeben:

Angabe	Wert	
	25.0-3-S	27.0-3-S
Effektivwert des Quellenstroms bei dreipoligen Fehler I_{skPF}	42 A ^{1),2)}	
Effektivwert des Quellenstroms bei zweipoligen Fehler $I_{(1)sk2PF}$	42 A ^{1),2)}	
Effektivwert des Quellenstroms bei einpoligen Fehler $I_{(1)sk1PF}$	42 A ^{1),2)}	
Kurzschlussgegenimpedanz (Herstellerangabe) nur für ganzzahlige k -Faktoren $Z_{(2)PF}$	4 Ω ³⁾	2,963 Ω ³⁾
Bemerkung: <ol style="list-style-type: none"> Bei Kurzschluss direkt an der Wechselrichterklammern Nach Herstellerangabe beträgt die Überlastkapazität des Wechselrichters im Dauerbetrieb 42 A. Dieser Wert wird als I_{skPF} für Berechnung der Kurzschlusswechselströme nach DIN EN 60909-0 festgelegt. Nach DIN EN 60909-0 ist die Mitsystemimpedanz als unendlich anzusetzen. Die Gegensystemimpedanz beträgt 2,963 Ω bzw. 4 Ω ($Z(2) = X(2) = 0,5 \cdot \frac{400 \text{ V}^2}{27 \text{ kW}} \approx 2,963 \Omega$ bzw. $Z(2) = X(2) = 0,5 \cdot \frac{400 \text{ V}^2}{20 \text{ kW}} = 4 \Omega$) 		

Tabelle 4-4 – Notwendige Parameter zur Berechnung der Kurzschlusswechselströme DIN EN 60909-0

Anhang zum Einheitenzertifikat



5 Anhang V – Zertifizierungsrelevante Parameter

description	value	minimum	maximum	unit
UAC Inner Max	287500	23000	300000	[mV]
UAC Inner Min	184000	23000	300000	[mV]
UAC Inner Max Trip Time	5	0	50000	[Perioden]
UAC Inner Min Trip Time	50	0	50000	[Perioden]
UAC Reconnect Outer Max	253000	23000	300000	[mV]
UAC Reconnect Outer Min	207000	23000	300000	[mV]
UAC Outer Max	287500	23000	300000	[mV]
UAC Outer Min	103500	23000	300000	[mV]
UAC Outer Max Trip Time	5	0	50000	[Perioden]
UAC Outer Min Trip Time	15	0	50000	[Perioden]
UAC Longtime Max	253000	23000	300000	[mV]
UAC Longtime Max Trip Time	600	0	15300	[sec]
Anti-Islanding Detection Time	250	0	255	[Perioden]
FAC Inner Max	51500	45000	65000	[mHz]
FAC Inner Min	47500	45000	65000	[mHz]
FAC Inner Max Trip Time	250	3	50000	[Perioden]
FAC Inner Min Trip Time	5	3	50000	[Perioden]
FAC Outer Max	52500	45000	65000	[mHz]
FAC Outer Min	47500	45000	65000	[mHz]
FAC Outer Max Trip Time	5	3	50000	[Perioden]
FAC Outer Min Trip Time	5	3	50000	[Perioden]
FAC Reconnect Outer Max	50200	45000	65000	[mHz]
FAC Reconnect Outer Min	47500	45000	65000	[mHz]
Grid Monitoring Time TH1	30000	1000	900000	[msec]
Grid Monitoring Time RC TH2	600000	1000	900000	[msec]
UAC Outer Limit Mode	1	0	1	[list]
FAC Outer Limit Mode	1	0	1	[list]
UAC Reconnect Limit Mode	5	0	5	[list]
FAC Reconnect Limit Mode	5	0	5	[list]
Anti-Islanding Mode	0	0	2	[list]
UAC LongtimeLimit Mode	0	0	1	[list]
VoltageFaultRideThrough Mode	1	0	1	[list]

Anhang zum Einheitenzertifikat



GridFrequencyDependentPowerReduction Mode	2	0	2 [list]
GradualPowerIncrementAtStartup Mode	1	0	2 [list]
Trip Time Offset Mode	0	0	1 [list]
Setup Configurable Error Delay Time	90000		[msec]
GFDPR Einschaltsschwelle	50200	45000	65000 [mHz]
GFDPR Ausschaltsschwelle max.	50050	45000	65000 [mHz]
GFDPR Derating Gradient	40000	10	300000 [m%/Hz]
GFDPR Return Gradient 1	160	10	100000 [m%/sec]
Softstart Gradient	660	1	100000 [m%/sec]
Manuelle statische Wirkleistungsreduktion	2000000	2500	2000000 [W]
GFDPR Initial Delay Time	0	0	60000 [msec]
GFDPR Zeitkonstante after Initial Delay Time	0	0	60000 [msec]
ReAcPoMo Constant Qrel Value	0		[%]
ReAcPoMo Constant Qabs Value	0		[var]
ReAcPoMo Constant COSPHI Zeitkonstante	100	10	60000 [msec]
ReAcPoMo Constant Qrel Zeitkonstante	100	10	60000 [msec]
ReAcPoMo Constant Qabs Zeitkonstante	100	10	60000 [msec]
ReAcPoMo COSPHI to P - Zeitkonstante	1000	10	60000 [msec]
ReAcPoMo Q to U - Zeitkonstante	5000	10	60000 [msec]
ReAcPoMo Q to P - Zeitkonstante	1000	10	60000 [msec]
Reactive Power Mode	1	0	6 [list]
ReAcPoMo Constant COSPHI Value	1000	-700	700 [10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 00	0	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 01	950	-700	700 [10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 10	10000	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 11	950	-700	700 [10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 20	90000	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 21	-950	-700	700 [10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 30	100000	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 31	-950	-700	700 [10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 00	92000	50000	150000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 10	96000	50000	150000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 20	104000	50000	150000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 30	108000	50000	150000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 00	0	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 10	25000	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 20	25000	0	100000 [m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 30	100000	0	100000 [m%]
AC-Nennspannung	230000	95000	335000 [mV]
Internal Trip Time Delay	0	0	50000 [Perioden]
Short Circuit Trip Time	1000	1	60000 [msec]
Automatic Retry Count	3	1	100 [count]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 01	-33000		[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 11	-33000		[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U 21	33000		[m%]

Anhang zum Einheitenzertifikat



ReAcPoMo Characteristics Q to U 31	33000			[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 01	0			[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 11	0			[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 21	0			[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to P 31	0			[m%]
ReAcPoMo Constant cosphi Full Range	1000	0	0	[10 ⁻³]
ReAcPoMo Constant cosphi Full Range Direction	0			[value]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 01 Full Range	950	0	0	[10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 01 Full Range Direction	0			[value]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 11 Full Range	950	0	0	[10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 11 Full Range Direction	0			[value]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 21 Full Range	950	0	0	[10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 21 Full Range Direction	1			[value]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 31 Full Range	950	0	0	[10 ⁻³]
ReAcPoMo Characteristics COSPHI to P 31 Full Range Direction	1			[value]
CosPhi(P) LockIn U-bezogen	120000	80000	120000	[m%]
CosPhi(P) LockOut U-bezogen	80000	80000	120000	[m%]
CosPhi(P) LockOut P-bezogen	0	0	100000	[m%]
Q(U) LockIn P-bezogen	0	0	100000	[m%]
Q(U) LockOut P-bezogen	0	0	100000	[m%]
Q(U) cosphimin	0	0	1000	[10 ⁻³]
Q(P) LockIn U-bezogen	120000	80000	120000	[m%]
Q(P) LockOut U-bezogen	80000	80000	120000	[m%]
Q(P) LockOut P-bezogen	0	0	100000	[m%]
ReAcPoMo Characteristics Q to U Initial Delay	0	0	60000	[msec]
ReAcPoMo Characteristics Q to U Offset Factor	0	-1000	1000	[10 ⁻³]
Enable Emergency Mode	0	0	1	[list]
ISO Warning Mode - trafolos	0	0	1	[list]
ISO Error Mode - trafolos	1	0	1	[list]
ISO Warning Threshold Value - trafolos	1000000	100000	10000000	[Ohm]
ISO Error Threshold Value - trafolos	100000	100000	10000000	[Ohm]
FAC Alternative Limit Mode	0	0	1	[list]
FAC Alternative Inner Limit max	50500	45000	65000	[mHz]
FAC Alternative Inner Limit min	49500	45000	65000	[mHz]
FAC Alternative Inner Limit max TripTime	5	3	50000	[Perioden]
FAC Alternative Inner Limit min TripTime	5	3	50000	[Perioden]
IDC Inner Limit Mode	0	0	2	[list]
IDC Outer Limit Mode	1	0	2	[list]
IDC Inner Limit relativ	300	0	10000	[m%]
IDC Outer Limit relativ	300	0	10000	[m%]
IDC Inner Limit absolut	600	0	10000	[mA]
IDC Outer Limit absolut	600	0	10000	[mA]

Anhang zum Einheitenzertifikat



IDC Inner Limit TripTime	150	0	10000	[msec]
IDC Outer Limit TripTime	90	0	10000	[msec]
Anti-Islanding ProfiMenü	1			[list]
Enable SPU-Notification	0			[list]
Rocof Mode	0	0	1	[list]
Rocof Frequency Limit	2500	50	99999	[mHz/sec]
Rocof TimeOut / TripTime	200	50	16000	[msec]
Power Ramp-Up Mode	0	0	1	[list]
Power Ramp-Up Value	300	0	100000	[m%/sec]
Power Ramp-Down Mode	0	0	1	[list]
Power Ramp-Down Value	300	0	100000	[m%/sec]
Datamanager Sync Check Mode	0	0	1	[list]
Datamanager Sync Fail Inverter Behaviour	0	0	0	[list]
Irradiation Ramp-Up Mode	0	0	1	[list]
Irradiation Ramp-Up Value	167	0	200000	[m%/sec]
Irradiation Ramp-Down Mode	0	0	1	[list]
Irradiation Ramp-Down Value	167	0	200000	[m%/sec]
AC-Nennfrequenz	50000			[mHz]
Anti-Islanding Quality Factor	2000	100	10000	[mValue]
GFDPR Ausschaltsschwelle min	45000	45000	65000	[mHz]
GFDPR Frequency Test Time	0	0	600000	[msec]
GFDPR Return Gradient 1 Alternative	5000	10	100000	[m%/sec]
GFDPR Return Gradient 2	5000	10	100000	[m%/sec]
GFDPR 'Use Return Gradient 2' Mode	0	0	1	[value]
GFDPR 'Return Gradient 1 Alternative' Enable Threshold	100000	0	100000	[m%]
GVDPR Mode	0	0	1	[list]
GVDPR Enable Limit	253000	208000	300000	[mV]
GVDPR Derating Gradient	8700	10	100000	[m%/V]
GVDPR Change Time Constant	10000	0	600000	[msec]
GVDPR Event Message	0	0	1	[list]
NL Mon Mode Filter	0	0	3	[list]
NL Mon UAC Outer Min	150000	23000	300000	[mV]
NL Mon UAC Outer Min TripTime	20	5	100	[Perioden]
NL Mon UAC Inner Min	180000	23000	300000	[mV]
NL Mon UAC Inner Min TripTime	20	5	100	[Perioden]
NL Mon UAC Inner Max	270000	23000	300000	[mV]
NL Mon UAC Inner Max TripTime	20	5	100	[Perioden]
NL Mon UAC Outer Max	287500	23000	300000	[mV]
NL Mon UAC Outer Max TripTime	20	5	100	[Perioden]
GFDPR - P bei StopFrequenz Überfrequenz	0	-100000	0	[m%]
GFDPR - P bei StopFrequenz Unterfrequenz	0	0	100000	[m%]
GFDPR - Derating Strategie	0	0	1	[list]
GFDPR - Aktive Netzstützung	1	0	1	[list]
GFDPR - StopFrequenz bei Überfrequenz	52000	45000	65000	[mHz]
GFDPR - StopFrequenz bei Unterfrequenz	48000	45000	65000	[mHz]

Anhang zum Einheitenzertifikat



GFDPR - Einschaltfrequenz bei Unterfrequenz	49800	45000	65000 [mHz]
GFDPR - Ausschaltgrenze Unterfrequenz max.	52000	45000	65000 [mHz]
GFDPR - Ausschaltgrenze Unterfrequenz min.	49900	45000	65000 [mHz]
GFDPR - Derating Gradient Unterfrequenz	40000	0	100000 [m%/Hz]
GFDPR - Bezugsgröße Überfrequenz	0	0	2 [value]
GFDPR time before increasing to Pnom	0	0	100000 [msec]
GVDPR - Aktive Netzstützung	0	0	1 [list]
GVDPR - Einschaltsschwelle für Unterspannungsderating	200000	200000	250000 [mV]
GVDPR - Gradient der Leistungsreduktion bei Unterspannung	10	10	100000 [m%/V]
Schnelle UAC Abschaltung	1	0	1 [value]
Schnelle UAC Abschaltung TripTime	500	100	20000 [usec]
Redundante Frequenzmessung	1	0	1 [value]
Redundante Spannungsmessung	1	0	1 [value]
Batterie SOC Limit AGF max	90000	0	100000 [m%]
Batterie SOC Limit AGF min	10000	0	100000 [m%]
Batterie SOC Limits AGF Valid Flag	0	0	1 [value]
P/Q Priority Mode	0	0	1 [value]
UAC Middle Limit Mode	0	0	1 [list]
UAC Middle Min	100000	23000	300000 [mV]
UAC Middle Min Trip Time	9	0	50000 [Perioden]
UAC Middle Max	280000	23000	300000 [mV]
UAC Middle Max Trip Time	9	0	50000 [Perioden]
NL Mon UAC Middle min	100000	23000	300000 [mV]
NL Mon UAC Middle min TripTime	50	5	100 [Perioden]
NL Mon UAC Middle max	280000	23000	300000 [mV]
NL Mon UAC Middle max TripTime	50	5	100 [Perioden]
GVDPR - Bezugsgröße bei steigender Spannung	1	0	2 [value]
NL Mon Outer Limits Mode	1	0	1 [list]
NL Mon Middle Limits Mode	0	0	1 [list]
Microgrid Mode	0		[list]
FRT Detection Mode Region 1	2	0	2 [list]
FRT Current Calc Mode Region 1	5	0	5 [list]
FRT Threshold Static Region 1	110000	0	200000 [m%]
FRT Threshold Dynamic Region 1	110000	0	200000 [m%]
FRT k Factor Positive Sequence Region 1	2000	0	10000 [mValue]
FRT k Factor Negative Sequence Region 1	2000	0	10000 [mValue]
FRT Detection Mode Region 2	2	0	2 [list]
FRT Current Calc Mode Region 2	5	0	5 [list]
FRT Threshold Static Region 2	90000	0	200000 [m%]
FRT Threshold Dynamic Region 2	90000	0	200000 [m%]
FRT k Factor Positive Sequence Region 2	2000	0	10000 [mValue]
FRT k Factor Negative Sequence Region 2	2000	0	10000 [mValue]
FRT Detection Mode Region 3	2	0	2 [list]
FRT Current Calc Mode Region 3	2	0	5 [list]
FRT Threshold Static Region 3	0	0	200000 [m%]
FRT Threshold Dynamic Region LV3	0	0	200000 [m%]
FRT k Factor Positive Sequence Region 3	2000	0	10000 [mValue]
FRT k Factor Negative Sequence Region 3	2000	0	10000 [mValue]
NL Mon Mode Leistungsteil	0	0	3 [list]
UAC Reconnect Limit Inner Max	253000	23000	300000 [mV]
UAC Reconnect Limit Inner Min	218500	23000	300000 [mV]
FAC Reconnect Limit Inner Max	50100	45000	65000 [mHz]
FAC Reconnect Limit Inner Min	49900	45000	65000 [mHz]

Tabelle 5-1: Standardparameter des Wechselrichters (aus [6])