



EINHEITENZERTIFIKAT

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

Hersteller
Adresse

FRONIUS International GmbH
Froniusstr. 1, 4643 Pettenbach, Österreich

Typ der Erzeugungseinheit/
Technische Daten

PV-Wechselrichter	Fronius Eco	
	25.0-3-S	27.0-3-S
Bemessungswirkleistung	25 kW	27 kW
Bemessungsscheinleistung	25 kVA	27 kVA
Max. Wirkleistung	25,358 kW ¹⁾	27,387 kW
Nennfrequenz	50 Hz	
AC-Bemessungsspannung	220V / 300V bzw. 230 V / 400 V	
Softwareversion	Siehe Tabelle 2-2	
¹⁾ Die am Fronius Eco 27.0-3-S gemessene maximale Wirkleistung lässt sich auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragen.		

Daten zum validierten
Einheitenmodell

Name & Identifikationsnummer (MD5)	FRONIUS_ECO.7z a05f8c48599a9fb2bc529ea9cf78bd59
------------------------------------	--

Prüfgrundlage

FGW - TR 8 Rev. 9 [1]

Mitgeltende Richtlinien

VDE-AR-N 4110:2018 [2]
FGW - TR 3 Rev. 25 [3]
FGW - TR 4 Rev. 9 [4]

Prüfbericht

264182-RE-3 [7]
264182-RE-4 [8]

ID Nummer

40050403 Rev. 2

Revisionsverzeichnis

Nummer	Datum	Änderungen
-	2019-08-13	- Ersterstellung
Rev. 1	2019-11-27	- Falsche Messergebnisse im Anhang des Zertifikats (Zwischenharmonische) dargestellt
Rev. 2	2021-12-20	- Unterschrift Fachzertifizierer und DAKKS-Logo auf der letzten Seite des Zertifikats - Präzisierung insbesondere der Kapitel „Quasistationärer Betrieb“ und „Schutz“: Neue Herstellererklärungen und Prüfberichte (Evaluierungsberichte) [7],[8] (Keine Änderung hinsichtlich des technischen Inhalts zu den alten Revisionen)

Befristet zum 2024-11-26

Die oben bezeichneten Erzeugungseinheiten erfüllen die Anforderungen der genannten Prüfgrundlage, mit folgender Einschränkung:

- Die PV-Wechselrichter haben keine Prüfvorrichtung (z.B. Klemmleiste) zur Überprüfung der parametrisierten Schutzfunktionen. Bei Einsatz dieser PV-Wechselrichter in EZA, die ins Mittelspannungsnetz einspeisen, ist daher ein „externer“ bzw. „zwischengelagerter“ Entkupplungsschutz (NA-Schutz) vorzusehen.

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

Dieses Zertifikat berechtigt nicht zur Nutzung eines markenrechtlich geschützten Zeichens des VDE. Es besteht aus insgesamt 41 Seiten und beinhaltet folgende Anhänge:

- Anhang 1 – Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente
- Anhang 2 – Technische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten
- Anhang 3 – Simulationsmodell
- Anhang 4 – Auszüge aus den Prüfberichten
- Anhang 5 – Zusammenfassung der Bewertung

VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH

Zertifizierung Produkte

2021-12-20 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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



1	Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente	3
2	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	Das Simulationsmodell	7
3.1	Allgemeine Angaben.....	7
3.2	Beschreibung des Modells.....	8
3.3	Modelldateien und Parameter des Modells	9
4	Auszüge aus den Prüfberichten.....	12
4.1	Prüfbedingungen.....	12
4.2	Quasistationärer Betrieb	13
4.3	Netzurückwirkungen	14
4.3.1	Schnelle Spannungsänderungen.....	14
4.3.2	Flicker.....	15
4.3.3	Oberschwingungen und Zwischenharmonische	16
4.3.4	Unsymmetrien	19
4.4	Blindleistung.....	20
4.4.1	Blindleistungsbereitstellung	20
4.4.2	Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung	22
4.5	Wirkleistung.....	23
4.5.1	Wirkleistungsspitzen	23
4.5.2	Allgemeines und Netzsicherheitsmanagement.....	23
4.5.3	Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz	25
4.6	Zuschaltbedingungen.....	26
4.7	Fault-Ride-Through.....	27
4.7.1	Dynamische Netzstützung	27
4.7.2	Beitrag zum Kurzschlussstrom	30
4.8	Schutz	33
4.9	Validierung des Simulationsmodells	35
4.10	Zertifizierungsrelevante Parameter.....	36
5	Zusammenfassung der Bewertung.....	41

EINHEITENZERTIFIKAT

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



1 Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente

Dieses Zertifikat beruht auf folgende Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente:

Referenz	Richtlinien
[1]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, –anlagen und Speicher sowie für deren Komponenten Teil 8 - Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und –anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Stromnetz, Revision 9. Berlin: 01.02.2019
[2]	Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN): VDE-AR-N 4110, Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung), November 2018
[3]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen Teil 3 – Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz, Revision 25 Berlin 01.09.2018
[4]	Fördergesellschaft Windenergie und andere Erneuerbare Energien (FGW e.V.): Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen Teil 4 – Anforderungen an Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und –anlagen Speicher sowie deren Komponenten, Revision 9 Berlin: 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 TR8 VDE Prüfberichts Nummer 264182-RE-3 vom 17.12.2021
[8]	VDE Prüfbericht zur Zertifizierung - Prüfbericht zu dem Einheitenzertifikat Teil 2: Validierung des EZE – Simulationsmodells nach FGW TR 4 VDE Prüfberichts Nummer 264182-RE-4 vom 17.12.2021

Referenz	Vom Hersteller vorgelegte Dokumente (Auswahl)
[9]	Herstellereklärung_Fronius Eco_TR28460_Beschreibung der EZE_V0.2 Stand: 07.12.2021
[10]	Herstellereklärung_Fronius Eco_TR28464_Schutzeinrichtung und Zuschaltbedingungen Stand: 18.07.2019
[11]	FRONIUS_ECO SIMULATION MODEL - Modellbeschreibung „ModelDescription_ECO.pdf“ Version 3. Stand: 06/2019

EINHEITENZERTIFIKAT

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



2 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 – Bemessungsspannung	220 V (380V) / 230 V (400 V)	220 V (380V) / 230 V (400 V)
AC - Bemessungsstrom	37,9 A / 36,2 A	40,9 A / 39,1 A
AC – max. Strom	42 A	
Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$	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		

Tabelle 2-1 – Allgemeine Daten der EZE

EINHEITENZERTIFIKAT

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



2.2 Schematischer Aufbau der EZE

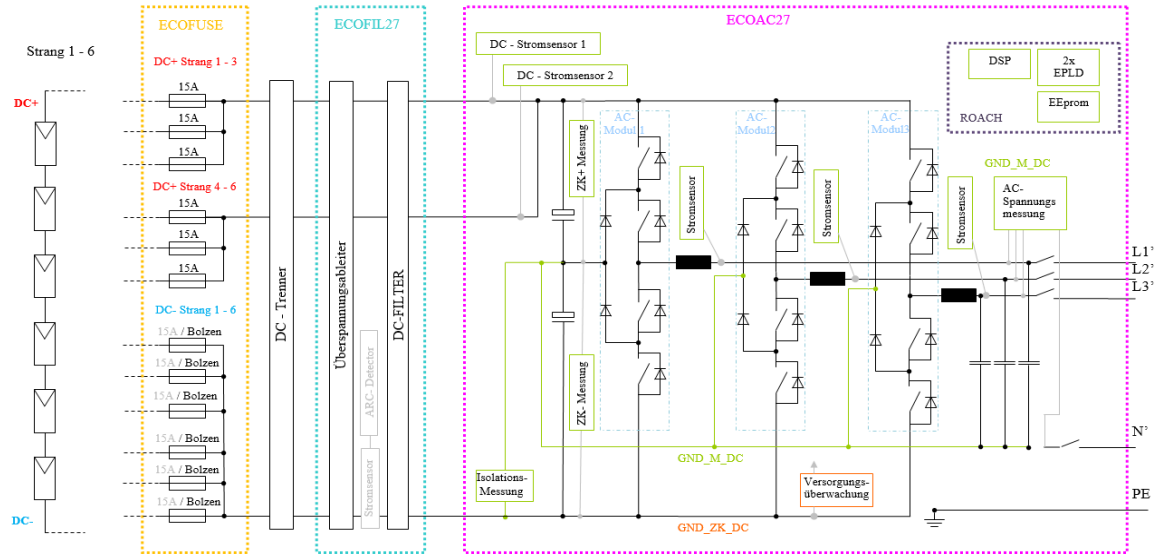


Abbildung 2-1 - Ersatzschaltbild der WR Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S zur Darstellung der HW (aus [9])

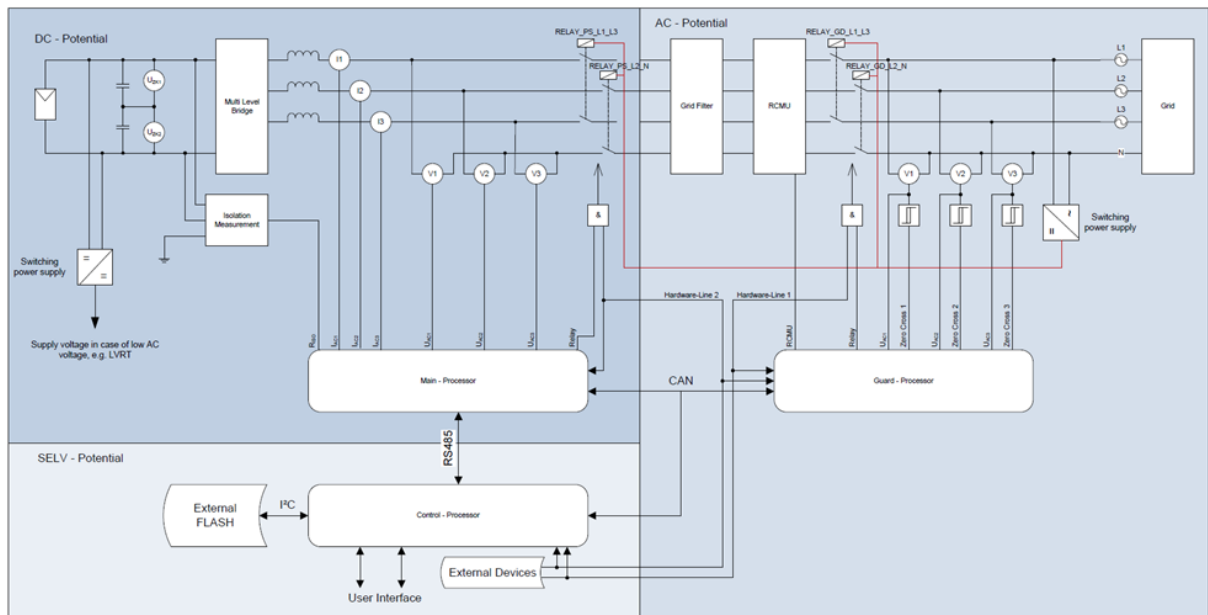


Abbildung 2-2: Ersatzschaltbild der WR Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S zur Darstellung der Regelung und Schutzeinrichtung (aus [10])

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.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



2.3 Softwareversion und Schnittstellen

In Tabelle 2-2 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-S 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 2-2 – Software-Version der untersuchten EZE

Tabelle 2-3 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 2-3 – Schnittstellen der untersuchten EZE

EINHEITENZERTIFIKAT

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



3 Das Simulationsmodell

3.1 Allgemeine Angaben

Angaben zum Simulationsmodell		
Softwareumgebung / Hersteller	Matlab - Simulink - SimPowerSystems / Mathworks	
Softwareversion 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.7z 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 Modis	<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_{rE}/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 - TR 3 Rev. 25 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. HVRT ab 12,08 s nach Start der Simulation zu erfolgen. 		

Tabelle 3-1 – Allgemeine Angaben zum Simulationsmodell

EINHEITENZERTIFIKAT

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



3.2 Beschreibung des Modells

Im Folgenden ist der Modellaufbau dargestellt.

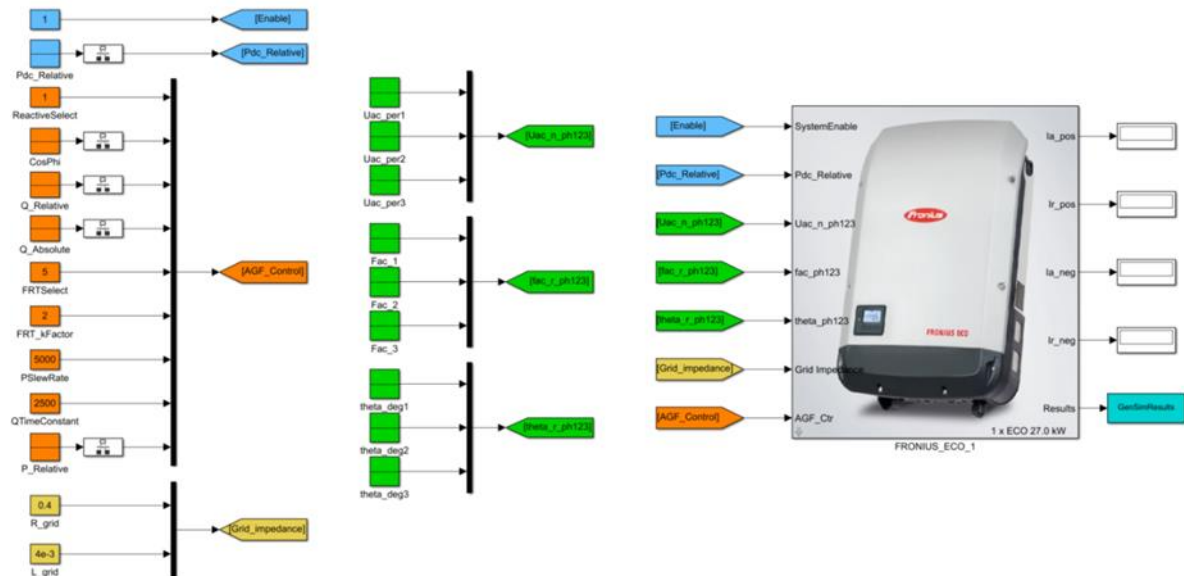


Abbildung 3-1 – Modellübersicht, Simulink

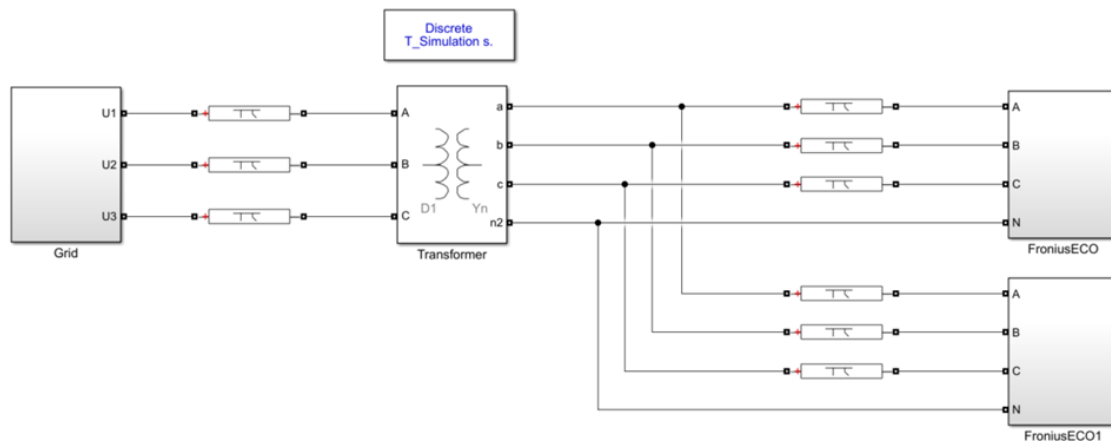


Abbildung 3-2 – Beispiel Anlagennachbildung mit Sim-Power-Systems

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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



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 $\cos \varphi$, 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 $\cos(\varphi)$; 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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



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 Vorfehlerblindströme 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
- 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.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



- 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)

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4 Auszüge aus den Prüfberichten

4.1 Prüfbedingungen

Die verwendete Netzimpedanz aller Messungen außer der FRT-Versuche ist wie folgt:

Netzdaten / grid data	R	X	X/R		Z	Sk	psik
	mOhm	mOhm	1		mOhm	VA	°
L1 230	230.0	60.0	10.0	0.2	60.8	869671	9.5
L2 230	230.0	45.0	10.0	0.2	46.1	1147562	12.5
L3 230	230.0	50.0	8.0	0.2	50.6	1044712	9.1
400	400	51.7	9.3	0.2	52.5	3061945	10.2
	THD _U_L1	THD _U_L2	THD _U_L3				
THDU @ Pn	0.25%	0.20%	0.25%				
Netzfrequenz / grid frequency	50.0 Hz						
Spannungsunsymmetrie @Pn/ voltage unbalance @Pn	231.65 V	231.39 V	231.95 V				

Tabelle 4-1 – Prüfbedingungen allgemein (aus [6])

Die ermittelten Messwerte sind auf folgende Größen bezogen:

Nenngrößen / Ratings	
Nennscheinleistung / Rated apparent power	27.0 kVA ;
Nennwirkleistung / Rated active power	27.0 kW ;
Nennspannung (Unterspannungsseite) / Rated voltage (LV side)	3*230 V (Leiter-Neutral / phase - neutral) ;
Nennspannung (Oberspannungsseite) / Rated voltage (HV side)	3*230 V (Leiter-Neutral / phase - neutral) ;
Nennstrom (Unterspannungsseite) / Rated current (LV side)	39.13 A ;

Tabelle 4-2 – Für die Auswertung der Daten verwendete Bezugsgrößen (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S gelten die gleichen Spannungsbezugswerte, aber 25 kVA bzw. 25 kW als Schein bzw. Wirk-Leistungsbezugswert und 36,23 A als Bezugswert für den Strom



4.2 Quasistationärer Betrieb

Nach Herstellererklärung ist ein quasistationärer Betrieb mit gemäß VDE-AR-N 4110 Kap. 10.2.1.2 definierten Frequenz bzw. Spannungsbereichen möglich:

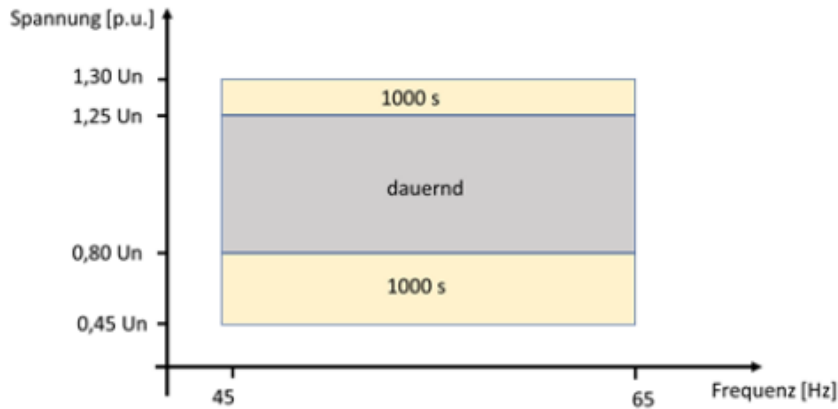


Abbildung 4-1 – Quasistationärer Betriebsbereich der WR Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S (Herstellerangabe)

Im Rahmen der Einheitenzertifizierung wurde das richtlinienkonforme Vermögen von Fronius Eco 27.0-3-S durch die Messungen bei 6 verschiedenen Arbeitspunkten bestätigt ([7], Kap.4.1)

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3 Netzurückwirkungen

4.3.1 Schnelle Spannungsänderungen

Fronius Eco 27.0-3-S

Schalthandlungen / Switching operations:

	Einschalten bei <10% Pn/ Start-up at <10% 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 $k_f(\psi_k)$	0.014	0.013	0.016	0.018
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor $k_u(\psi_k)$	0.092	0.066	0.033	0.005

Schaltevorgang / 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 $k_f(\psi_k)$	N/A	N/A	N/A	N/A
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor $k_u(\psi_k)$	N/A	N/A	N/A	N/A

Schaltevorgang / 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 $k_f(\psi_k)$	0.013	0.013	0.016	0.018
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor $k_u(\psi_k)$	1.213	0.948	0.574	0.244

Schaltevorgang / Case of switching operation	Serviceabschaltung bei Nennleistung /Out 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

Abbildung 4-2 – Gemessene schnelle Spannungsänderungen am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

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

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

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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3.2 Flicker

Fronius Eco 27.0-3-S

Flicker:

	30°	50°	70°	85°
Flickerbeiwert / Flicker coefficient, $c(\psi_k, P_{bin})$	Flickerkoeffizient / Flicker coefficient, $c(\psi_k, v_a)$			
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 4-3 – Gemessene Flicker am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

Die Flickerkoeffizienten können auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S direkt übertragen werden.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3.3 Oberschwingungen und Zwischenharmonische

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

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

Oberschwingungsmessungen / Harmonics

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nr./Order	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)	I _r /I _n (%)
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	0.02	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

Abbildung 4-4 – Gemessene Oberschwingungen am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



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)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)	$I_{p/h}$ (%)
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	0.02	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

Abbildung 4-5 – Gemessene Zwischenharmonische am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

EINHEITENZERTIFIKAT

gemäß Technische Richtlinie 8 Rev. 9
nach Fördergesellschaft Windenergie e.V. (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 (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	I_r/I_n (%)	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	0.04	0.05
2.7	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	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	0.02	0.03	0.02	0.03	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 4-6 – Gemessene höhere Frequenzen im Normalbetrieb am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

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 Bemessungsstrom I_r (bzw. gemäß [6] der Nennstrom I_n , siehe Kapitel 4.1) des Wechselrichters berücksichtigt werden.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3.4 Unsymmetrien

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	-

Abbildung 4-7 – Gemessene Unsymmetrien am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S sind hinsichtlich der Unsymmetrie dieselben prozentualen Messwerte anzusetzen unter Berücksichtigung seiner Bemessungsleistung als Bezugswert.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.4 Blindleistung

4.4.1 Blindleistungsbereitstellung

Fronius Eco 27.0-3-S

Blindleistungsbereitstellung / Provision of reactive power

	P/P _n	Q _{ind}	Q _e	Q _{kap}	P/P _n	Q _{ind}	Q _e	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				
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 4-8 – Gemessene Blindleistung am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

Das am Fronius Eco 27.0-3-S gemessene P/Q-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).

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.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Spannungsabhängiges Blindleistungsvermögen

Der mögliche Blindleistungsbereich der Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3S 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 125 % bleibt die abgebbare Scheinleistung konstant, bei kleineren Spannungen nimmt die Scheinleistung wie dargestellt ab. In [6] wurde nachgewiesen, dass die Scheinleistung im Bereich 90% bis 110% U_f konstant bleibt.

Laut [9] nimmt die Scheinleistung bei Spannungen $< 93\% U_f$ linear mit der Netzspannung ab.

Der tatsächliche Betriebsbereich orientiert sich an den eingestellten Schutzeinstellwerten bzw. den gewählten Auslöseschwellen für FRT.

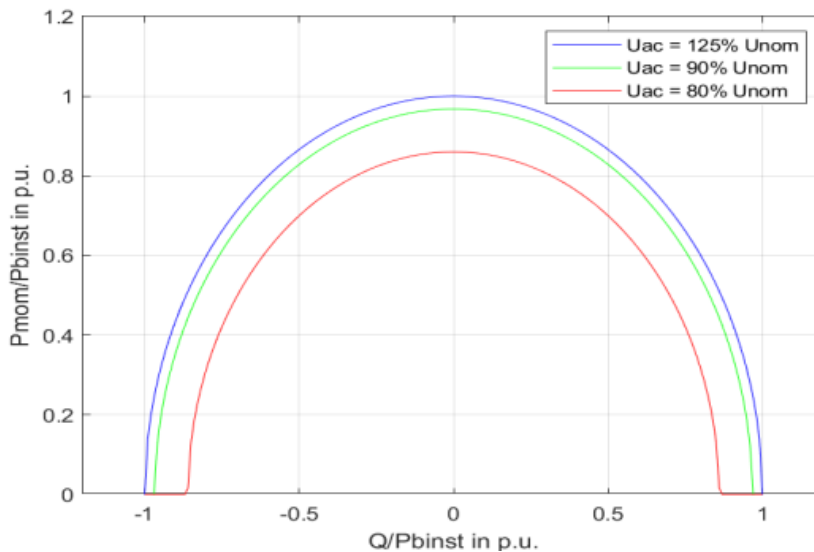


Abbildung 4-9 – möglicher Blindleistungsbereich (aus [9])

($P_{b\ inst}$ ist als Bemessungswirkleistung der WR zu interpretieren)

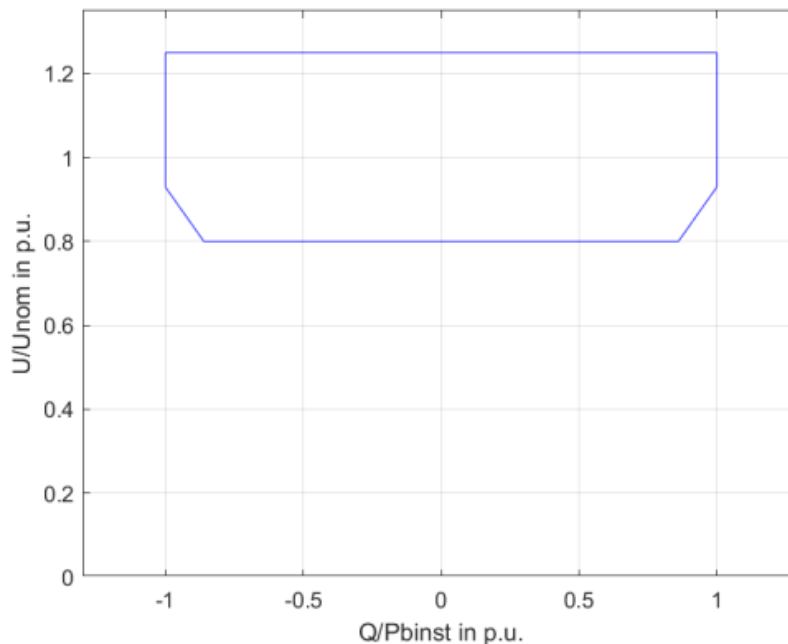


Abbildung 4-10 - Möglicher Blindleistungsbereich (aus [9])

(U_{nom} ist als Bemessungsspannung der WR zu interpretieren)

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.4.2 Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung

Es sind folgende Modi für die Blindleistungsbereitstellung vorgesehen:

- konstante Vorgabe einer Blindleistung Q (entweder als Absolutwert oder als prozentualer Wert bezogen auf die Bemessungsscheinleistung)
- Vorgabe eines $\cos \varphi$
- Vorgabe einer $\cos \varphi (P)$ - Kennlinie ¹⁾
- Vorgabe einer $Q(U)$ - Kennlinie
- Vorgabe einer $Q(P)$ – Kennlinie ²⁾

¹⁾ Kein nach VDE-AR-N 4110 gefordertes Verfahren, daher wurde das Verfahren im Rahmen der Einheitenzertifizierung nicht gemessen.

²⁾ Diese Messung ist nach FGW TR3 Rev 25 Abschnitt 4.2.6 optional und wurde im Rahmen der Einheitenzertifizierung nicht durchgeführt.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.5 Wirkleistung

4.5.1 Wirkleistungsspitzen

Wirkleistungsspitzen / Power peaks

Wirkleistungsspitzen in kW		Normierte Wirkleistungsspitzen in p.u.		Anzahl 10-Minuten Datensätze
$p_{600} = P_{600}/P_n$	-27.3870	$p_{600} = P_{600}/P_n$	1.0143	3
$e_{60} = P_{60}/P_n$	-27.3914	$e_{60} = P_{60}/P_n$	1.0145	3
$p_{0,2} = P_{0,2}/P_n$	-27.3938	$p_{0,2} = P_{0,2}/P_n$	1.0146	3

Abbildung 4-11 – Gemessene Wirkleistungsspitzen am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

Diese prozentualen Werte der Wirkleistungsspitzen und Sollwertabweichungen sind auf den Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragbar.

4.5.2 Allgemeines und Netzsicherheitsmanagement

Der Wirkleistungsgradient lässt sich an den Fronius Wechselrichtern Eco einstellen.

Die Einstellgenauigkeit der Wirkleistungsabgabe sowie max. und min. Wirkleistungsgradient bei Leistungssteigerung und Leistungsreduzierung sind nachfolgend aufgeführt.

Leistungsbegrenzter Betrieb durch den Netzbetreiber (Sollwertvorgabe) Messung der Einstellgenauigkeit / Power limited operation by the network operator (Setpoint control); Measurement accuracy of adjustment								
Sollwert / Setpoint Pmax	Setpoint	Setpoint	Istwert / actual value	Istwert / actual value	U ₁	Abweichung / deviation	Abweichung / 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 4-12 – Wirkleistung Allgemein – Einstellgenauigkeit, gemessen am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

Die prozentualen Sollwertabweichungen sind auf den Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S übertragbar.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden. / <i>The unit is able to run at reduced power.</i>	Ja / Yes	Nein / No
Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung <i>Max. deviation of power setting</i>	Überschreitung/ <i>exceeding</i> 1.4% / P _n	Unterschreitung/ <i>undercut</i> 0% / P _n
Trennung vom Netz bei Wirkleistungssollwertvorgabe von: <i>Disconnection from the grid at external active power setpoints at:</i>	0% P _n	
Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit minimalem Gradienten/ <i>response time of the power output after a change in setpoint with minimal gradient</i>	P0 -> P _{min}	Zeit/ time: 15.383s Gradient: 101 %P _n / s
	P _{min} -> P0	Zeit/ time: 15.043s Gradient: 101 %P _n / s
Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung mit maximalem Gradienten/ <i>response time of the power output after a change in setpoint with maximum gradient</i>	P0 -> P _{min}	Zeit/ time: 0.767 s Gradient: 1.1 %P _n / s
	P _{min} -> P0	Zeit/ time: 0.770 s Gradient: 1.1 %P _n / s

Abbildung 4-13 – Wirkleistung Sollwertabweichungen und Einschwingzeit am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

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

- der maximalen Sollwertabweichung der Wirkleistung
- der Einschwingzeit der Leistung für einen Sollwertsprung bei minimalen und maximalen Gradienten

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

Informativ:

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

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 4-3 – Ausgangsleistung abhängig von Umgebungstemperatur (aus [9])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.5.3 Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz

Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz / Active power vs frequency

Überfrequenz / overfrequency	Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung <i>Mean power gradient at overfrequency</i>	mittl. Gradient / mean gradient 39.03% P _n /Hz
	max. Einschwingzeit / <i>max. Settling time</i>	0.6 s
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / <i>power gradient after recovery of overfrequency</i>	mittl. Gradient / <i>mean gradient</i> 9.6 % P _n /Hz max. Gradient / max. gradient 9.6% P _n /Hz
Unterfrequenz / underfrequency	Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzunterschreitung / <i>Mean power gradient at underfrequency</i>	mittl. Gradient / mean gradient 40.5% P _n /Hz
	max. Einschwingzeit / <i>max. settling time</i>	0.75 s
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / <i>power gradient after recovery of overfrequency</i>	mittl. Gradient / <i>mean gradient</i> 9.6 % P _n /Hz max. Gradient / max. gradient 9.6 % P _n /Hz

Abbildung 4-14 – Wirkleistung abhängig von der Netzfrequenz, gemessen am Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6])

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

- der maximalen Einschwingzeiten
- der prozentualen Wirkleistungsgradienten

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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.6 Zuschaltbedingungen

Die Zuschaltgrenzen sind einstellbar und ist eine Zuschaltung und Wiedereinschaltung bei den nach VDE-AR-N 4110 geforderten Spannungs- Frequenzbereichen technisch möglich.

Die durchgeführten Prüfungen bestätigen, dass die Anforderungen an eine Zuschaltung und Wiedereinschaltung erfüllt werden können.

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 Entkopplungsschutzes / 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

Bei vorhergegangener Abschaltung des Wechselrichters aufgrund eines Netzfehlers bleibt der Wechselrichter 600 s abgeschaltet (Dieser Wert ist einstellbar im Bereich 0 s bis 1800 s). Anschließend schaltet der Wechselrichter automatisch wieder ans Netz und steigert die Einspeiseleistung.

Diese Aussagen zu den Zuschaltbedingungen gelten genauso für den nichtgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.7 Fault-Ride-Through

4.7.1 Dynamische Netzstützung

Bei aktivierter FRT-Funktion (FaultRideThrough, Dynamische Netzstützung) erkennt der Wechselrichter Netzfehlerzustände (Netzspannungseinbrüche oder -Überhöhungen), bleibt während des Netzfehlers am Netz und speist einen beliebigen Kompensationsblindstrom ein.

Die Photovoltaik-Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S / 27.0-3-S verfügen mit der Umrichter-Regelung ROACH über die Fähigkeit, symmetrische und unsymmetrische Spannungseinbrüche oder -Überhöhungen durchzufahren und während des Fehlers einen Blindstrom als dynamische Netzstützung zu liefern.

Zur dynamischen Netzstützung können folgende Einstellungen vorgenommen werden [Herstellerangabe]:

- Detektionslimit: relativer Spannungswert, in Prozent bezogen auf die AC-Bemessungsspannung. Bei Werten über 100% wird die jeweilige Region als HVRT-Region (HighVoltage-Region), bei Werten unter 100% als LVRT-Region (LowVoltage-Region) verwendet. Das Detektionslimit ordnet einer Region einen Netzspannungsbereich zu.
- Fehlerdetektions-Mode: beschreibt die Methode, wie ein Netzfehlerzustand erkannt wird.
- Kompensationsstrom-Berechnungs-Mode (zero-current, passive, activeUnbalanced,.): beschreibt, wie während der Dauer des Netzfehlers ein zusätzlicher Kompensationsstrom berechnet wird.
- *k*-Faktor Mitsystem-Blindstrom: Multiplikationsfaktor für die Berechnung eines Mitsystem-Blindstroms während der Dauer des Netzfehlers. Der *k*-Faktor bestimmt die Amplitude des einzuspeisenden Blindstroms in Abhängigkeit der gemessenen Netzspannung während des Fehlers. Je höher der *k*-Faktor, desto höher der Blindstrom. Siehe hierzu auch die angegebenen Formeln der jeweiligen Berechnungs-Modi.
- *k*-Faktor Gegensystem-Blindstrom: Multiplikationsfaktor für die Berechnung eines Gegensystem-Blindstroms während der Dauer des Netzfehlers.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Zum Nachweis der prinzipiellen Fähigkeit von Fronius Eco 27.0-3-S zur dynamischen Netzstützung werden folgende Tests nach FGW - TR 3 [3] Abschnitt 4.6 durchgeführt:

Nr. nach TR3 Abschnitt 4.6	Einbruchstiefe	Fehlerart	Last ¹⁾	k-Faktor	Fehlerdauer nach VDE AR-N 4110	Referenzversuch in [6]	Beurteilung
0.1	$U_{rest} < 5\%$	3p	VL	2	nicht gefordert		
0.2	$U_{rest} < 5\%$	3p	TL	2			
0.3	$U_{rest} < 5\%$	2p	VL	2			
0.4	$U_{rest} < 5\%$	2p	TL	2			
25.1	$20\% \leq U_{rest} \leq 30\%$	3p	VL	2	≥ 354 ms (bei 20 %)	25.1	P
25.2	$20\% \leq U_{rest} \leq 30\%$	3p	TL	2	≥ 760 ms (bei 30 %)	25.2	P
25.4	$20\% \leq U_{rest} \leq 30\%$	2p	VL	2	≥ 452 ms (bei 20 %)	25.4	P
25.5	$20\% \leq U_{rest} \leq 30\%$	2p	TL	2	≥ 915 ms (bei 30 %)	25.5	P
50.1	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	3p	VL	2	≥ 1371 ms (bei 45 %)	50.1	P
50.2	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	3p	TL	2	≥ 1982 ms (bei 60 %)	50.2	P
50.3	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	2p	VL	2	≥ 1610 ms (bei 45 %)	50.3	P
50.4	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	2p	TL	2	≥ 2305 ms (bei 60 %)	50.4	P
50.5	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	3p	VL	ingeschr. dyn. Netzstützung	≥ 1371 ms (bei 45 %)	50.5	P
50.6	$45\% \leq U_{rest} \leq 60\%$	2p	VL	ingeschr. dyn. Netzstützung	≥ 1610 ms (bei 45 %)	50.6	P
75.1	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	3p	VL	2	≥ 2389 ms (bei 70 %)	75.1	P
75.2	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	3p	TL	2		75.2	P
75.3	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	3p	TL / ind ²	2		75.3	P
75.4	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	3p	TL / kap ³	2		75.4	P
75.5	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	3p	TL	4		75.5	P
75.6	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	2p	VL	2	≥ 2764 ms (bei 70 %)	75.6	P
75.7	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	2p	TL	2		75.7	P
75.8	$70\% \leq U_{rest} \leq 80\%$	2p	TL	4		75.8	P
80.1	$75\% \leq U_{rest} \leq 85\%$	3p	VL	ingeschr. dyn. Netzstützung	≥ 2593 ms (bei 70 %)	80.1	P
80.2	$75\% \leq U_{rest} \leq 85\%$	2p	VL	ingeschr. dyn. Netzstützung	≥ 3000 ms	80.2	P

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Nr. nach TR3 Abschnitt 4.6	Einbruchstiefe	Fehlerart	Last ¹⁾	k-Faktor	Fehlerdauer nach VDE AR-N 4110	Referenzversuch in [6]	Beurteilung
115.1	Anstieg um $\geq 10\%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	3p	VL	2	≥ 5000 ms	115.1	P
115.2	Anstieg um $\geq 10\%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	3p	TL	2	≥ 5000 ms	115.2	P
110.1	Anstieg um $\geq 10\%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	2p	VL	2	≥ 5000 ms	110.1	P
110.2	Anstieg um $\geq 10\%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	2p	TL	2	≥ 5000 ms	110.2	P
110.3	$U_{\text{rest}} \geq 110\%$	3p	TL	2	≥ 60000 ms	110.3	P
110.4	von etwa 1,05 p.u. auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	2p	TL	4	-	110.4	P
110.5	von etwa 1,05 p.u. auf $U_{\text{rest}} \geq 110\%$	3p	TL	4	-	110.5	P
85.1	$85\% \leq U_{\text{rest}} \leq 90\%$	2p	TL	2	≥ 60000 ms	85.1	P

Bemerkung:

- 1) VL = Volllast: $P = P_{rE}$, TL = Teillast: $P = 0,3 P_n$
- 2) untererregt, entspricht $\cos\phi \approx 0,895$ in denen in [6] durchgeführten Versuchen
- 3) übererregt, entspricht $\cos\phi \approx 0,892$ in denen in [6] durchgeführten Versuchen

Tabelle 4-4 – Durchgeführte FRT-Versuche



EINHEITENZERTIFIKAT

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

4.7.2 Beitrag zum Kurzschlussstrom

Im Folgenden sind die Messergebnisse aus [6] 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



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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 Bemessungsstrom
2) Angegeben ist der höchste Wert der 3 Phasen
- t1 = Zeitpunkt des Fehlerbeginns

Tabelle 4-5 – Gemessene höchste Beiträge zum Kurzschlussstrom des Wechselrichters Fronius Eco 27.0-3-S (aus [6] und [7])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Die aus den Messungen in [6] und [7] 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 Bemessungsstrom I_r (1 p.u.) des Fronius Eco 25.0-3-S angesetzt wird.

Die notwendigen Parameter zur Berechnung der Kurzschlusswechselströme nach DIN EN 60909-0 [5] werden in Tabelle 4-6 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:

- 1) Bei Kurzschluss direkt an der Wechselrichterklappen
- 2) 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 [5] festgelegt.
- 3) Nach DIN EN 60909-0 ist die Mitsystemimpedanz als unendlich anzusetzen. Die Gegensystemimpedanz beträgt 2,963 Ω bzw. 4 Ω ($Z_2 = X_2 = 0,5$ (400 V²/27 kW) \approx 2,963 Ω bzw. $Z_2 = X_2 = 0,5 \cdot$ (400 V²/20 kW) \approx 4 Ω)

Tabelle 4-6 – Notwendige Parameter zur Berechnung der Kurzschlusswechselströme DIN EN 60909-0 [5]

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.8 Schutz

Die WR sind mit einem internen Entkupplungsschutz versehen, der die folgenden Funktionen umfasst:

- Spannungsrückgangsschutz
- Spannungssteigerungsschutz
- Frequenzrückgangsschutz
- Frequenzsteigerungsschutz

In Abbildung 4-15 ist der mögliche Einstellbereich zusammengefasst:

Frequenzsteigerungsschutz $f >>$		
Auslösewert	52,5	Hz
Einstellbereich*	45 - 65	Hz
Schrittweite	0,001	Hz
Schutzverzögerung	100	ms
Einstellbereich*	60 - 1000000	ms
Schrittweite	20	ms

Frequenzrückgangsschutz $f <$		
Auslösewert	47,5	Hz
Einstellbereich*	45 - 65	Hz
Schrittweite	0,001	Hz
Schutzverzögerung	100	ms
Einstellbereich*	60 - 1000000	ms
Schrittweite	20	ms

Frequenzsteigerungsschutz $f >$		
Auslösewert	51,5	Hz
Einstellbereich*	45 - 65	Hz
Schrittweite	0,001	Hz
Schutzverzögerung	5000	ms
Einstellbereich*	60 - 1000000	ms
Schrittweite	20	ms

Spannungsrückgangsschutz $U <<$		
Auslösewert	103,5	V
Einstellbereich*	23 - 300	V
Schrittweite	0,1	V
Schutzverzögerung	300	ms
Einstellbereich*	0 - 1000	s
Schrittweite	20	ms

Spannungssteigerungsschutz $U >>$		
Auslösewert	287,5	V
Einstellbereich*	23 - 300	V
Schrittweite	0,1	V
Schutzverzögerung	100	ms
Einstellbereich*	0 - 1000	s
Schrittweite	20	ms

Spannungsrückgangsschutz $U <$		
Auslösewert	184	V
Einstellbereich*	23 - 300	V
Schrittweite	0,1	V
Schutzverzögerung	1000	ms
Einstellbereich*	0 - 1000	s
Schrittweite	20	ms

Abbildung 4-15 – Schutzeinrichtung/Einstellmöglichkeiten der Wechselrichter Fronius Eco (aus [10])

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

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Die Funktionsfähigkeit des Entkopplungsschutzes wurde erfolgreich überprüft:

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]		Rückf allverhältnis Disengaging ratio
	[pu] / [Hz]	[s]	min.	max.	min	max.	
Spannungssteigerungsschutz / Overvoltage protection: U>	1.1 / 1.3	180 / 0.02	1.01/1.2 94	1.101/1. 298	179.99/ 0.024	180.02/ 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	1.096/1. 294	1.101/1. 298	0.098/ 0.02	0.105/0. 022	
Spannungsrückgangsschutz / Undervoltage protection: U<	0.45 / 0.9	2.4 / 0.02	0.448/0. 893	0.45/0.8 94	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	0.1/0.02	0.105/0. 025	
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		

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

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

Informativ:

Es gibt keine Angaben zum festen (nicht parametrierbaren HW-) Eigenschutz des Wechselrichters. Außer den über die SW einstellbaren Entkopplungsschutz gibt es keine weiteren Schutzfunktionen. Der Eigenschutz bzw. dessen Grenzen werden als min./max. einstellbarer Wert des Entkopplungsschutzes interpretiert.

Die Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S haben keine Prüfvorrichtung (z.B. Klemmleiste) zur Überprüfung der parametrisierten Schutzfunktionen. Bei Einsatz dieser Wechselrichter in EZA, die ins Mittelspannungsnetz einspeisen, ist daher ein „externer“ bzw. „zwischenlagerter“ Entkopplungsschutz (NA-Schutz) vorzusehen.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.9 Validierung des Simulationsmodells

Gemäß FGW - TR 4 [4] wurde das Simulationsmodell erfolgreich validiert. In den folgenden Tabellen ist der „Übersichtsplan der Validierung“ dargestellt; die Versuchsnummern lehnen sich an die Bezeichnungen innerhalb der TR3-Prüfberichte [6] an.

Testbeschreibung in FGW TR3, Kap. 4.6.3 Verhalten bei Abströmgeräten, Tab. 4-68 & Tab. 4-69	Mitsystem						Gegensystem									
	P		Q		W		P		Q		W					
	MAE	IME	MAE	IME	MAE	IME	MAE	IME	MAE	IME	MAE	IME				
25.1 gemäß IEC Fault Post	0,005	0,001	0,001	0,005	0,005	0,015	0,012	0,002	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
25.2 gemäß IEC Fault Post	0,086	0,004	0,049	0,051	0,002	0,020	0,170	0,014	0,027	0,044	0,011	0,026	0,008	0,006	0,007	0,007
25.3 gemäß IEC Fault Post	0,005	0,001	0,001	0,003	0,002	0,009	0,016	0,005	0,017	0,007	0,003	0,009	0,003	0,001	0,001	0,001
25.4 gemäß IEC Fault Post	0,384	-0,009	0,043	0,028	0,022	0,133	0,169	0,013	0,084	0,020	0,030	0,010	0,005	0,001	0,001	0,001
25.5 gemäß IEC Fault Post	0,005	0,001	0,001	0,003	0,002	0,008	0,015	0,004	0,011	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
25.6 gemäß IEC Fault Post	0,016	-0,006	0,012	0,013	0,010	0,021	0,011	0,007	0,018	0,020	0,013	0,013	0,009	0,001	0,001	0,001
25.7 gemäß IEC Fault Post	0,004	0,000	0,001	0,004	0,003	0,019	0,018	0,018	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
25.8 gemäß IEC Fault Post	0,106	-0,071	0,079	0,067	0,059	0,362	0,324	-0,099	0,109	0,072	0,075	0,075	0,003	0,001	0,001	0,001
25.9 gemäß IEC Fault Post	0,005	-0,002	0,003	0,004	0,004	0,004	0,023	0,010	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000
25.10 gemäß IEC Fault Post	0,053	0,051	0,050	0,020	0,040	0,036	0,095	0,078	0,075	0,061	0,049	0,057	0,024	0,020	0,020	0,020
25.11 gemäß IEC Fault Post	0,024	-0,020	0,020	0,017	0,017	0,017	0,014	0,014	0,013	0,017	0,014	0,017	0,007	0,004	0,004	0,007
25.12 gemäß IEC Fault Post	0,004	0,000	0,001	0,003	0,002	0,012	0,008	0,008	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
25.13 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.14 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.15 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.16 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.17 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.18 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.19 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.20 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.21 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.22 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.23 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.24 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.25 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.26 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.27 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.28 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.29 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.30 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.31 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.32 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.33 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.34 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.35 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.36 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.37 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.38 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.39 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.40 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.41 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.42 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.43 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.44 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.45 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.46 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.47 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.48 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.49 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.50 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.51 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.52 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.53 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.54 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.55 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.56 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,011	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
25.57 gemäß IEC Fault Post	0,028	-0,026	0,027	0,026	0,027	0,023	0,069	0,066	0,068	0,068	0,034	-0,027	0,033	0,033	0,033	0,033
25.58 gemäß IEC Fault Post	0,018	-0,016	0,016	0,011	0,009	0,029	0,017	0,015	0,01							

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.10 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]



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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%]



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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]



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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]



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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 - Einschaltgrenze 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 4-7 – Standardparameter des Wechselrichters (aus [6])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



5 Zusammenfassung der Bewertung

Zusammenfassung der Bewertung		
Prüfanforderungen	Bemerkung	Bewertung
Quasistationärer Betrieb und Pendelungen	-	P
Netzurückwirkungen – Schnelle Spannungsänderungen	-	P
Netzurückwirkungen – Flicker	-	P
Netzurückwirkungen – Oberschwingungen und Zwischenharmonische	-	P
Netzurückwirkungen – Unsymmetrien	-	P
Blindleistungsbereitstellung	-	P
Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung	Bemerkung 1	P
Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement	Bemerkung 2	P
Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz	-	P
Zuschaltbedingungen	-	P
Dynamische Netzstützung	-	P
Beitrag zum Kurzschlussstrom	-	P
Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungseinheit	-	P
Schutz	Bemerkung 3	P (mit Einschränkung)
Simulationsmodelle	-	P
Mögliche Prüfergebnisse:		
Prüfung nicht anwendbar	N/A	
Prüfung erfüllt (positiv)	P (Pass)	
Prüfung nicht erfüllt (negativ)	F (Fail)	
Bemerkung:		
1) Das Q(P)-Kennlinie wurde im Rahmen der Einheitenzertifizierung nicht durchgeführt. Informativ: Diese Messung ist nach FGW TR3 Rev 25 Abschnitt 4.2.6 optional.		
2) 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		
3) Die PV-Wechselrichter Fronius Eco 25.0-3-S und 27.0-3-S haben keine Prüfvorrichtung (z.B. Klemmleiste) zur Überprüfung der parametrisierten Schutzfunktionen. Bei Einsatz dieser PV-Wechselrichter in EZA, die ins Mittelspannungsnetz einspeisen, ist daher ein „externer“ bzw. „zwischenlagertes“ Entkopplungsschutz (NA-Schutz) vorzusehen.		
 J. Helmer		 Deutsche Akkreditierungsstelle D-ZE-12061-01-01
Alzenau, 2021-12-20, VDE Renewables GmbH		