



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-Wechselrichter	Fronius Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
Bemessungsscheinleistung	10 kVA	12,5 kVA
Bemessungswirkleistung	10 kW	12,5 kW
Max. Wirkleistung (gemessen)	10,145 kW ¹⁾	12,680 kW
Nennfrequenz	50 Hz	
AC-Bemessungsspannung	220V / 380V bzw. 230 V / 400 V	
Softwareversion	Siehe Tabelle 2-2	
¹⁾ Die am Fronius Symo 12.5-3-M gemessene max. Wirkleistung lässt sich auf den nicht typgeprüften PV-Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M übertragen.		

Daten zum validierten
Einheitenmodell

Name & Identifikationsnummer (MD5)	FRONIUS_SYMO.7z 3f7b9f14c45a5e2c3bbae0cf09a718c7
---------------------------------------	---

Prüfgrundlage
Mitgeltende Richtlinien

FGW - TR 8 Rev. 9: 2019-02 [1]
VDE-AR-N 4110: 2018-11 [2]
FGW - TR 3 Rev. 25: 2018-09 [3]
FGW - TR 4 Rev. 9: 2019-02 [4]

Prüfbericht

264187-RE-3 [7]
264187-RE-4 [8]

ID Nummer

40050870 Rev. 1

Revisionsverzeichnis

Nummer	Datum	Änderungen
-	2019-10-28	Erstellung
Rev. 1	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)

Befristet zum 2024-10-27

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

- 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“ Entkopplungsschutz (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.

Dieses Zertifikat besteht aus 41 Seiten und beinhaltet folgende Anhänge:

- Anhang I - Richtlinien, Prüfberichte und Dokumente
- Anhang II - Technische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten
- Anhang III - Simulationsmodell
- Anhang IV - Auszüge aus den Prüfberichten
- Anhang V - 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	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 – Simulationsmodell	7
3.1	Allgemeine Angaben	7
3.2	Beschreibung des Modells	8
3.3	Modelldateien und Parameter des Modells	9
4	Anhang IV – 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, Zwischenharmonische und Höherfrequente	16
4.3.4	Unsymmetrien	19
4.4	Blindleistung	20
4.4.1	Blindleistungsbereitstellung	20
	Spannungsabhängiges Blindleistungsvermögen	21
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	Anhang V - Zusammenfassung der Bewertung	41



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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.): VDE-AR-N 4110: 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 Höchst-spannungsnetz 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 Symo 12.5-3-M" nach Prüfnorm: FGW TR3 Rev.25 AIT Austrian Institute of Technology interne Projektnr. SGP-012297_2-R2 vom 14.10.2019
[7]	VDE Prüfbericht zur Zertifizierung Teil 1: Konformität Typprüfung der EZE nach FGW TR8 VDE Prüfberichts Nummer 264187-RE-3 vom 17.12.2021
[8]	VDE Prüfbericht zur Zertifizierung - Prüfbericht zu dem Einheitenzertifikat Teil 2: Validierung des EZE – Simulationsmodells VDE Prüfberichts Nummer 264187-RE-4 vom 17.12.2021

Referenz	Vom Hersteller vorgelegte Dokumente (Auswahl)
[9]	Herstellererklärung_Fronius Symo 12.5-3-M_TR28768_Beschreibung der EZE_V02: Stand: 07.12.2021
[10]	Herstellererklärung_Fronius Symo 12.5-3-M_TR28772_Schutzeinrichtung und Zuschaltbedingungen: Stand: 06.09.2019
[11]	FRONIUS_SYMO SIMULATION MODEL - Modellbeschreibung „ModelDescription_SYMO.pdf“ Version 1. Stand: 06/2019



EINHEITENZERTIFIKAT

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

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 Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
Schutzart	IP 66	
Schutzklasse	1	
Überspannungskategorie (AC/DC)	2 / 3	
Kühlung	Geregelte Luftkühlung	
Umgebungstemperatur	-40°C ... +60°C	
AC Ausgangsgrößen		
Einspeisung	dreiphasig	
Bemessungsscheinleistung	10 kVA	12,5 kVA
Bemessungswirkleistung	10 kW	12,5 kW
AC - Bemessungsspannung	220 V (380 V) / 230 V (400 V)	
AC – Bemessungsstrom bei		
220 V (380 V)	15,2 A	18,9 A
230 V (400 V)	14,4 A	18,1 A
AC – max. Strom	20 A	
Verschiebungsfaktor cos φ	0-1 ind. / kap.	
AC-Nennfrequenz	50 / 60 Hz	
DC Eingangsgrößen		
Nutzbarer MPP-Spannungsbereich	200-800 V	
Min. PV-Eingangsspannung	200 V	
Max. PV-Eingangsspannung	1000 V	
Max. PV-Eingangsstrom (DC1/DC2)	27 / 16,5 A	
Wechselrichter Leistungsteil		
Taktfrequenz [kHz]	5,1 kHz	
Art der Leistungsregelung	MPP - Tracking	
Halbleiterbauelemente	IGBT	
Bauart	3 Punkt Brücke	
Hardware-Baugruppen		
Leistungsteil AC	SYMOAC12 0.7B_G	
Leistungsteil DC	SYMDC12 1.4C_B	
Filter	SYMOFIL12 0.9A_E	
Software Version ¹⁾		
„Main“	ROACH / Hardware: 0.8B_G (auf HW-Baugruppe SYMODC12 platziert)	
„Guard“	Mikroprozessor auf HW-Baugruppe SYMOFIL12 platziert	
Display und Setupwerte	RECERBO / HW: 1.4B_I	
Bemerkung:		
¹⁾ Angaben zu den SW-Ständen siehe Kap. 2.3		

Tabelle 2-1 – Allgemeine Informationen der EZE

2.2 Schematischer Aufbau der EZE

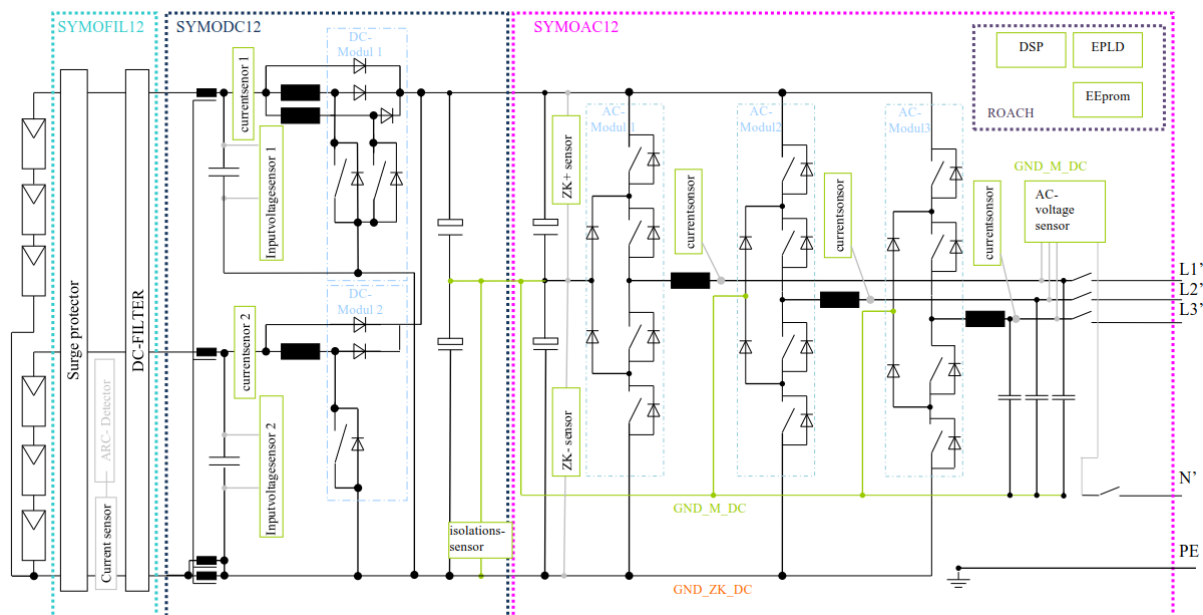


Abbildung 2-1 – Ersatzschaltbild der WR Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M zur Darstellung der HW (aus [9])

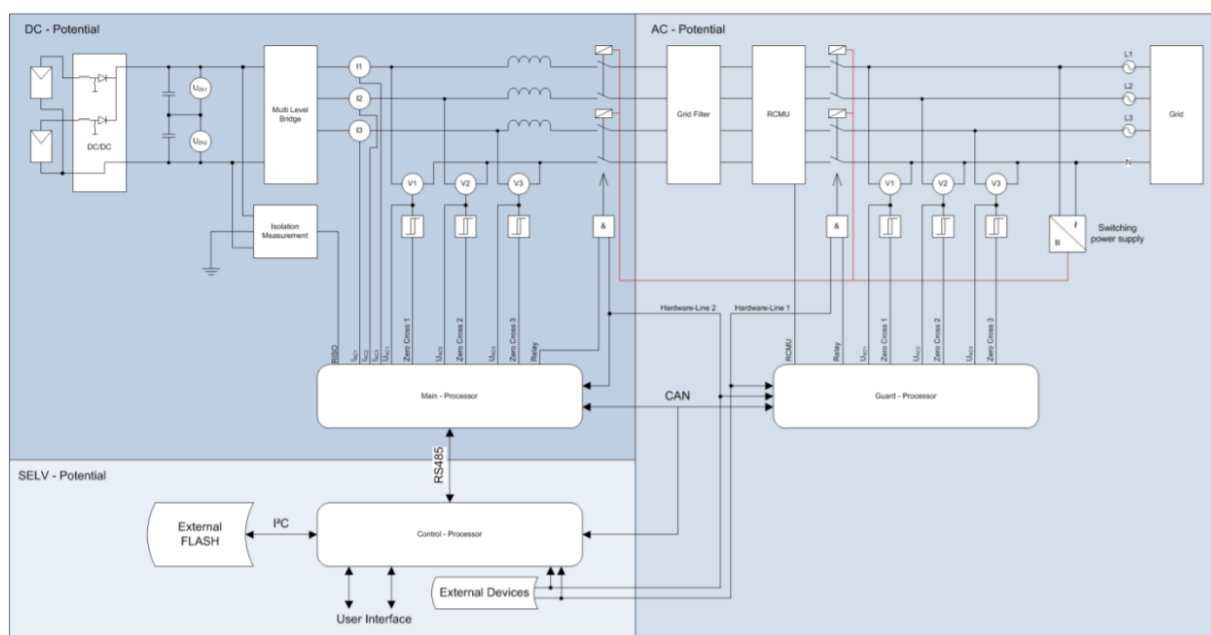


Abbildung 2-2 – Ersatzschaltbild der WR Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M zur Darstellung der Regelung und Schutzeinrichtung (aus [10])

Die Ersatzschaltbilder aus Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2 ist für die Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M 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 Symo 12.5-3-M zusammengefasst. Die Softwareversionen des Wechselrichters Fronius Symo 10.0-3-M sind identisch.

EZE	Fronius Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
Regelungssoftware (ROACH), Main Prozessor	V1.1.11.1	
Filtersoftware (SYMOFIL12), Guard Prozessor	V0.9.24.1	
Display & Setup (Recerbo)	V0.3.21.0	

Tabelle 2-2 – Software-Version der untersuchten EZE

Tabelle 2-3 fasst die vorhandenen Schnittstellen zusammen:

Schnittstelle	Fronius Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 Eingänge und 4 digitale Ein-/Ausgänge	Anbindung an Rundsteuerempfänger	
USB (Typ - 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	
RS 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 Anhang III – Simulationsmodell

3.1 Allgemeine Angaben

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), SYMO_EZE.slx SYMO_EZA.slx Fronius_SYMO.JPG	
Zertifizierung der EZE nach	VDE AR-N 4110 TR8 Rev.9	
Checksumme (MD5)	Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M	
	Dateiname: FRONIUS_SYMO.7z Prüfsumme: 3f7b9f14c45a5e2c3bbae0cf09a718c7	
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 _{FE} /s ¹⁾	
Bemerkung: <ul style="list-style-type: none">– Das Simulationsmodell ist gleichermaßen für den Fronius Symo 10.0-3-M wie für den Fronius Symo 12.5-3-M gültig. Da der Fronius Symo 12.5-3-M nach FGW TR3 vermessen wurde, wurde das Modell mit der Parametrierung für diesen Wechselrichtertypen validiert. Eine Validierung des Wechselrichtertyps Fronius Symo 10.0-3-M wurde nicht durchgeführt – für die beiden Typen wurden Plausibilitätsprüfungen durchgeführt.¹⁾ Das Simulationsmodell speist 12,09 s nach Start der Simulation mit seiner vollen Wirkleistung (12,5 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 11,55 s. Es ist empfohlen, Simulationen der LVRT bzw. HVRT ab 12,09 s nach Start der Simulation zu erfolgen.		

Tabelle 3-1 – Allgemeine Angaben zum Simulationsmodell

3.2 Beschreibung des Modells

Im Folgenden ist der Modellaufbau dargestellt.

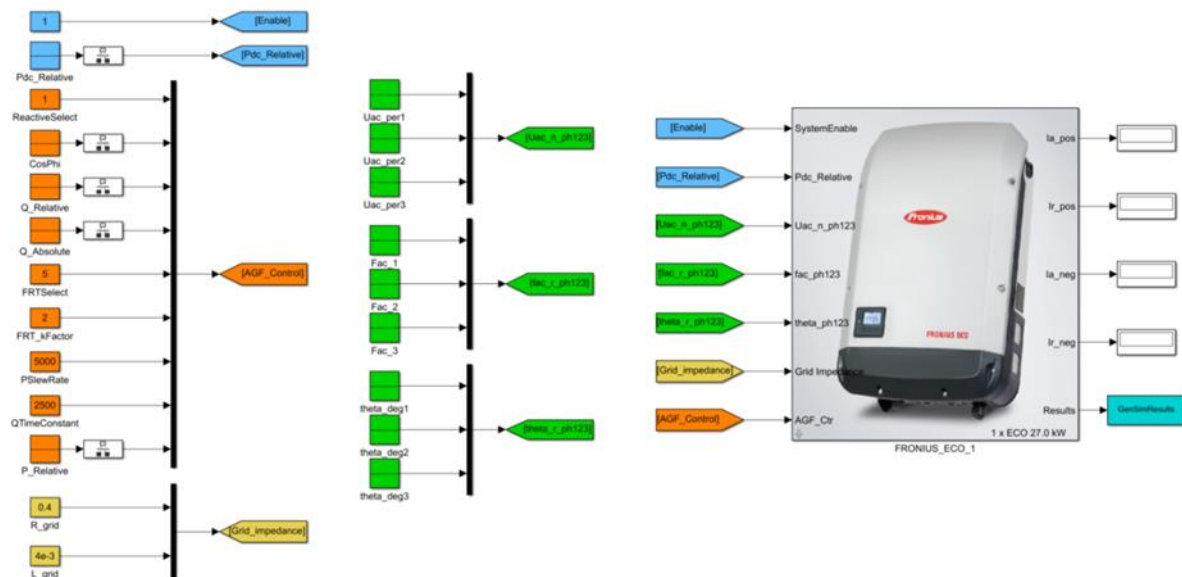


Abbildung 3-1 – Modellübersicht, Simulink

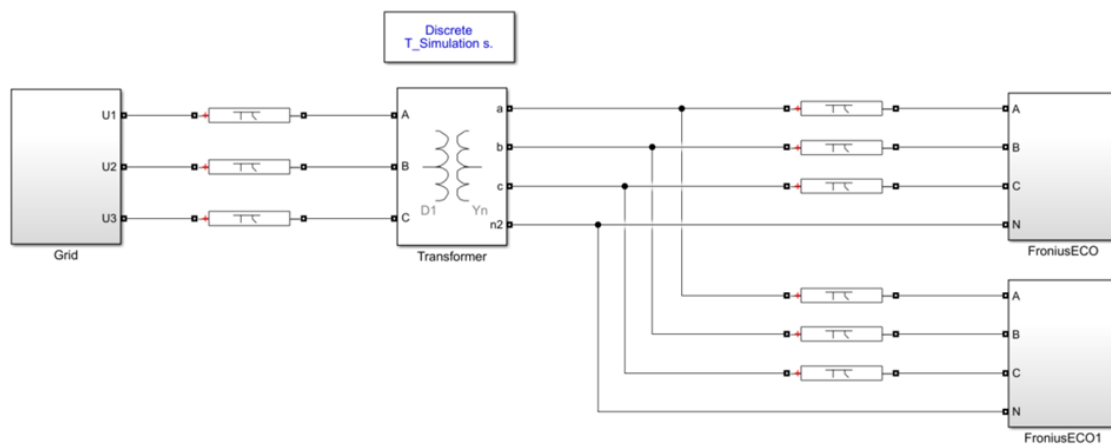


Abbildung 3-2 – Beispiel Anlagennachbildung mit Sim-Power-Systems

Im Herstellerdokument [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 Symo Familie besteht aus fünf verschiedenen Wechselrichtern: Fronius Symo 20.03-M, Fronius Symo 17.5.3-M, Fronius Symo 15.0.3-M, Fronius Symo 12.5.3-M und Fronius Symo 10.0.3-M. Es können im Modell alle fünf Wechselrichtertypen abgebildet werden.
- *SYMO_EZE.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 in Einheit?
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 sollte 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_SYMO_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 Anhang IV – 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	0.20%	0.20%	0.20%				
Netzfrequenz / grid frequency	50.0 Hz						
Spannungsunsymmetrie @Pn/ voltage unbalance @Pn	233.05 V	232.83 V	233.37 V				

Tabelle 4-1 – Prüfbedingungen allgemein am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Die ermittelten Messwerte sind auf folgende Größen bezogen:

Nenngrößen / Ratings	
Nennscheinleistung / Rated apparent power	12.5 kVA ;
Nennwirkleistung / Rated active power	12.5 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)	18.1 A ;

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

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M gelten die gleichen Spannungsbezugswerte, aber 10 kVA bzw. 10 kW als Schein bzw. Wirk-Leistungsbezugswert und 14,49 A als Bezugswert für den Strom.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



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:

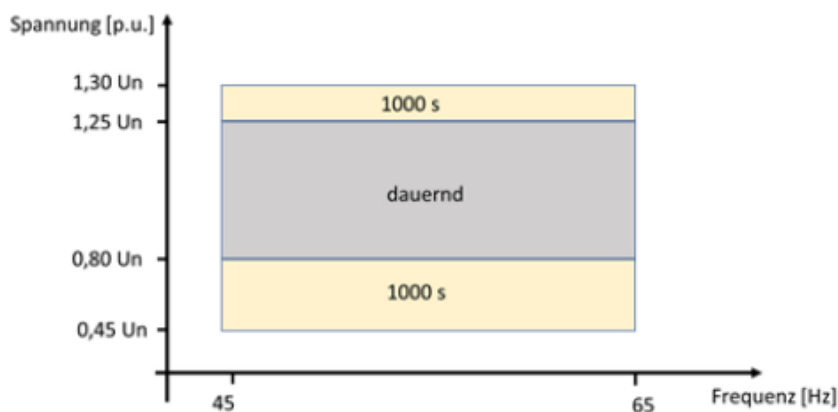


Abbildung 4-1 – Quasistationärer Betriebsbereich der WR Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M (Herstellerangabe)

Im Rahmen der Einheitenzertifizierung wurde das richtlinienkonforme Vermögen von Fronius Symo 12.5-3-M durch die Messungen bei 6 verschiedenen Arbeitspunkten bestätigt ([6] und [7])
Dies ist auf den nicht vermessenen Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M übertragbar.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3 Netzurückwirkungen

4.3.1 Schnelle Spannungsänderungen

Fronius Symo 12.5-3-M

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)	0.026	0.030	0.039	0.045
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _u (ψ _k)	0.076	0.052	0.023	0.001

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 (ψ _k)	N/A	N/A	N/A	N/A
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _u (ψ _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 (ψ _k)	0.020	0.031	0.039	0.042
Spannungsänderungsfaktor / Voltage change factor k _u (ψ _k)	0.884	0.680	0.399	0.152

Abbildung 4-2 – Gemessene schnelle Spannungsänderungen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M sind hinsichtlich

- Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$
- Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$
- max. Schalthandlungen N₁₀ und N₁₂₀

dieselben Werte wie am vermessenen Wechselrichter Fronius Symo 12.5-3-M anzusetzen.

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.3.2 Flicker

Fronius Symo 12.5-3-M

Flicker:

	30°	50°	70°	85°
Flickerbeiwert / Flicker coefficient, $c(\psi_k, P_{\text{bin}})$	Flickerkoeffizient / Flicker coefficient, $c(\psi_k, v_a)$			
P_{bin} in %				
Max	-	-	-	-
100	0.17	0.19	0.21	0.22
90	0.29	0.26	0.23	0.22
80	0.29	0.26	0.23	0.23
70	0.29	0.26	0.23	0.21
60	0.29	0.26	0.23	0.22
50	0.29	0.26	0.23	0.22
40	0.28	0.25	0.22	0.21
30	0.28	0.24	0.21	0.20
20	0.27	0.23	0.21	0.20
10	0.25	0.23	0.19	0.18
0	0.09	0.09	0.09	0.09

Abbildung 4-3 – Gemessene Flicker am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Die Flickerkoeffizienten können auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M direkt übertragen werden.



EINHEITENZERTIFIKAT

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

4.3.3 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Höherfrequente

Oberschwingungsmessungen / Harmonics

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nr./Order	I ₁ /I _n (%)	I ₂ /I _n (%)	I ₃ /I _n (%)	I ₄ /I _n (%)	I ₅ /I _n (%)	I ₆ /I _n (%)	I ₇ /I _n (%)	I ₈ /I _n (%)	I ₉ /I _n (%)	I ₁₀ /I _n (%)	I ₁₁ /I _n (%)
2	0.00	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.15	0.13
3	0.16	0.31	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34	0.34	0.31
4	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
5	0.15	0.16	0.18	0.23	0.27	0.30	0.34	0.37	0.40	0.42	0.42
6	0.00	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
7	0.14	0.17	0.22	0.25	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24	0.23	0.23
8	0.00	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08
9	0.13	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.25	0.25
10	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
11	0.12	0.15	0.16	0.19	0.17	0.15	0.12	0.10	0.09	0.10	0.12
12	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
13	0.10	0.07	0.08	0.07	0.07	0.11	0.12	0.14	0.15	0.15	0.15
14	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
15	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
16	0.00	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
17	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15	0.15
18	0.00	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
19	0.05	0.10	0.10	0.09	0.09	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07
20	0.00	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
21	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
22	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
23	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
24	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
25	0.01	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05
26	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
27	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
28	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
29	0.00	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05
30	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
31	0.01	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04
32	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
33	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
34	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
35	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
36	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
37	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
38	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
39	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
40	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
41	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
42	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
43	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
44	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
45	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
46	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
47	0.00	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
48	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
49	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
50	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
THC	0.36	0.56	0.59	0.63	0.65	0.66	0.68	0.71	0.73	0.74	0.73

Abbildung 4-4 – Gemessene Oberschwingungen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])



EINHEITENZERTIFIKAT

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

Zwischenharmonische, Normalbetrieb / Interharmonics at continuous operation

Seite/Page 4

F _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f 50/60 (Hz)	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 (%)
75	0.01	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.16
125	0.01	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
175	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10
225	0.00	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
275	0.00	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
325	0.00	0.04	0.05	0.05	0.05	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	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
475	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
525	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
575	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
625	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
675	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
725	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
775	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
825	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
875	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
925	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
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	0.04	0.04	0.04	0.03	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	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1175	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1225	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1275	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1325	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1375	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1425	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1475	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
1525	0.00	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1575	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1625	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1675	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1725	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
1775	0.00	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1825	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1875	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
1925	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
1975	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02

Abbildung 4-5 – Gemessene Zwischenharmonische am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



Höhere Frequenzen im Normalbetrieb / Higher Frequencies components

P _{bin} (%)	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	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
2.3	0.01	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.10
2.5	0.01	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13
2.7	0.01	0.11	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.15	0.12
2.9	0.01	0.14	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.19	0.20	0.15
3.1	0.01	0.20	0.21	0.19	0.21	0.22	0.23	0.27	0.28	0.21	0.20
3.3	0.01	0.20	0.23	0.25	0.26	0.25	0.26	0.24	0.23	0.21	0.21
3.5	0.01	0.15	0.16	0.18	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.18	0.19
3.7	0.01	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14
3.9	0.01	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11	0.11	0.12
4.1	0.01	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
4.3	0.01	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
4.5	0.01	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4.7	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06
4.9	0.01	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
5.1	0.01	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
5.3	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5.5	0.01	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06
5.7	0.01	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.06
5.9	0.01	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05
6.1	0.01	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.06	0.06
6.3	0.01	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07
6.5	0.01	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07
6.7	0.01	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.08	0.10	0.10	0.09
6.9	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.07	0.10	0.13	0.12
7.1	0.01	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.09	0.10	0.09
7.3	0.01	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.08	0.10	0.10
7.5	0.01	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.08	0.05	0.07	0.10	0.11
7.7	0.01	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.06	0.07	0.07
7.9	0.01	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.04	0.06	0.08	0.08
8.1	0.01	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.03	0.05	0.07	0.08
8.3	0.01	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.03	0.04	0.06	0.06
8.5	0.01	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.04	0.02	0.04	0.06	0.06
8.7	0.01	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05
8.9	0.02	0.07	0.11	0.09	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.09

Abbildung 4-6 – Gemessene höhere Frequenzen im Normalbetrieb am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M sind hinsichtlich der

- Oberschwingungen
- Zwischenharmonischen
- Höheren Frequenzen im Normalbetrieb

dieselben Werte wie die am Wechselrichter Fronius Symo 12.5-3-M gemessenen anzusetzen.

Zur Berechnung der Absolutwerte muss der jeweilige Bemessungsstrom I_r (bzw. gemäß [6] der Bemessungsstrom I_r , 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

Fronius Symo 12.5-3-M

Unsymmetrie												
P_n	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
u_i [%]	-2.85	-0.32	-0.09	-0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	-

Abbildung 4-7 – Gemessene Unsymmetrien am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M 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 Symo 12.5-3-M

Blindleistungsbereitstellung / Provision of reactive power

Blindleistungsverhalten im Normalbetrieb und maximaler Blindleistungsstellbereich / Control of reactive power in normal operation mode and maximum reactive power range	PP _n	Q _{ind}	Q ₀	Q _{kap}	PP _n	Q _{ind}	Q ₀	Q _{kap}
	1%	11.76	-0.17	-12.54	60%	10.27	-0.10	-10.30
	10%	11.74	-0.01	-12.54	70%	9.14	-0.12	-9.18
	20%	11.72	-0.03	-12.41	80%	7.88	-0.13	-7.80
	30%	11.70	-0.05	-12.16	90%	5.86	-0.15	-5.91
	40%	11.54	-0.06	-11.67	100%	2.09	-0.18	-2.03
	50%	10.90	-0.08	-10.92	110%	-	-	-
Q _{ind} und / and Q _{kap} in kvar								
Arbeitspunkte des spannungsabhängigen 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	11.91				
	2 ind	110	10	11.57				
	1 kap/cap	90	10	-12.54				
	2 kap/cap	110	10	-12.54				
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			1.254				
	Standardzeit / standard time			10%/s				
	100%/s			33.85s				
Einstellgenauigkeit des Verschiebungsfaktors bzw. Blindleistung/ Positioning accuracy of power factor or reactive power	Sollwert / set point			Istwert / measured value				
	100% (P/Q-Diagram)			11.76kvar / - 12.54kvar				
	100%			11.02kvar / - 11.04kvar				
				11.75kvar / - 12.54kvar				
	50%			6.26kvar / - 6.29kvar				
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 Symo 12.5-3-M (aus [6])

Das am Fronius Symo 12.5-3-M gemessene P/Q-Diagramm lässt sich auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M 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 10 kW / 12,5 kW = 0,8).

Die gemessenen Werte am Fronius Symo 12.5-3-M hinsichtlich der

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

sind auch auf den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M übertragbar.

Anmerkung: In den Messungen konnte bei übererregtem Betrieb die volle Scheinleistung nicht als volle Blindleistung umgesetzt werden. Es ist max. 11,75 kVAr (ca. 94 % S_n) möglich Laut [6] begrenzt die Filterkompensation die maximal mögliche Blindleistung im übererregten Betrieb. Es ist davon auszugehen, dass die gleiche Reduzierung auch für Fronius Symo 10.0-3-M gilt.



EINHEITENZERTIFIKAT

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

Spannungsabhängiges Blindleistungsvermögen

Der mögliche Blindleistungsbereich der Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M in Abhängigkeit der Wirkleistung bzw. der AC-Klemmenspannung ist in Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10 dargestellt. Bei Klemmenspannungen im Bereich 89 % bis 125 % bleibt die abgebbare Scheinleistung konstant, bei kleineren Spannungen nimmt die Scheinleistung linear mit der Netzspannung ab [9]. In [6] wurde nachgewiesen, dass die Scheinleistung im Bereich 90% bis 110% U_r konstant bleibt. Der tatsächliche Betriebsbereich orientiert sich an den eingestellten Schutzeinstellwerten bzw. den gewählten Auslöseschwellen für FRT.

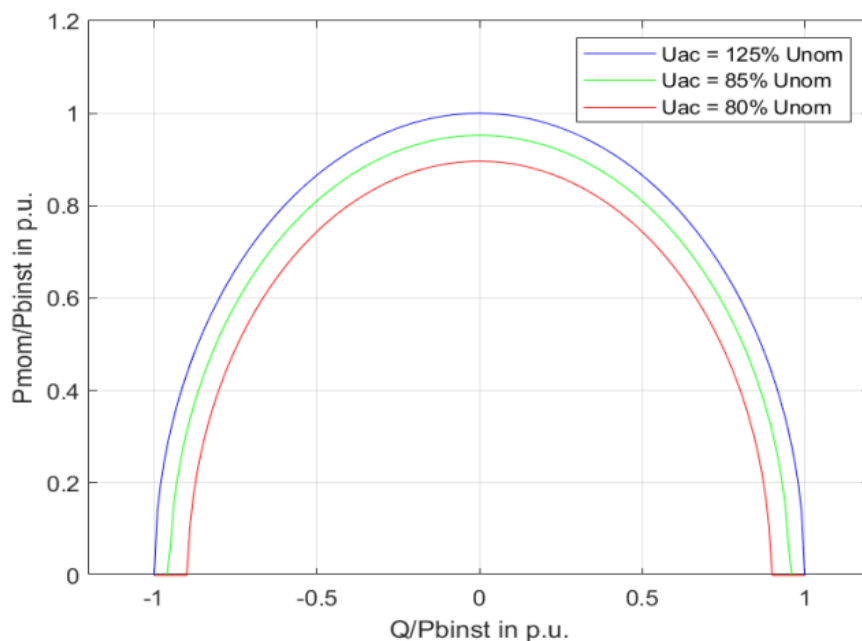


Abbildung 4-9 – Möglicher Blindleistungsbereich (aus [9])
(„ P_{binst} “ ist als Bemessungsleistung der WR zu interpretieren)

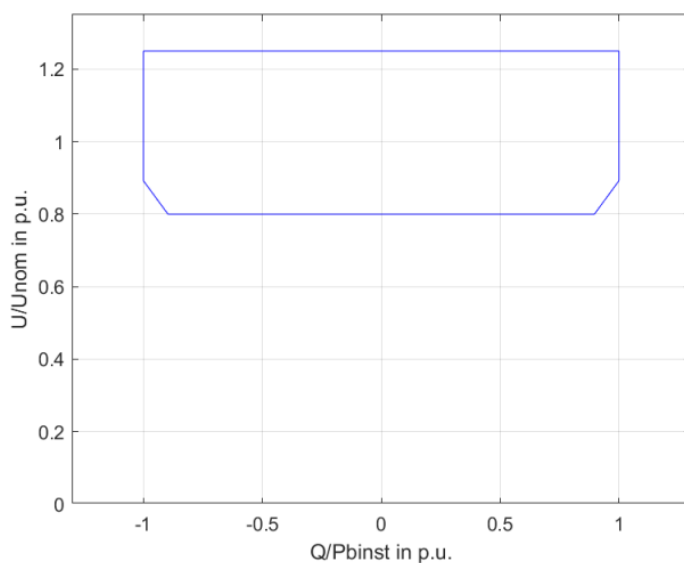


Abbildung 4-10 – Möglicher Blindleistungsbereich (aus [9])
(„ U_{nom} “ ist als Bemessungsspannung U_r der WR zu interpretieren)

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 $\cos \varphi(P)$ – Kennlinie¹⁾
- Vorgabe einer $Q(U)$ - Kennlinie
- Vorgabe einer $Q(P)$ – Kennlinie²⁾

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

Fronius Symo 12.5-3-M

Wirkleistungsspitzen / Power peaks:

Wirkleistungsspitzen in kW		Normierte Wirkleistungsspitzen in p.u.		Anzahl 10-Minuten Datensätze
$p_{900} = P_{900}/P_n$	-12.679	$p_{900} = P_{900}/P_n$	1.0143	3
$p_{60} = P_{60}/P_n$	-12.680	$p_{60} = P_{60}/P_n$	1.0144	3
$p_{0.2} = P_{0.2}/P_n$	-12.679	$p_{0.2} = P_{0.2}/P_n$	1.0143	3

Abbildung 4-11 – Gemessene Wirkleistungsspitzen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Diese prozentualen Werte der Wirkleistungsspitzen und Sollwertabweichungen sind auf den Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M übertragbar.

4.5.2 Allgemeines und Netzsicherheitsmanagement

Der Wirkleistungsgradient lässt sich an den Fronius Wechselrichtern Symo 10.-3-M und 12.5-3-M 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 P _{max}	Setpoint t	Setpoint t	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%	-12,50	-1,00	-12,68	-1,01	402,8 V	0,18	1,4%	0.3
90.00%	-11,25	-0,90	-11,29	-0,90	402,5 V	0,04	0,3%	0.3
80.00%	-10,00	-0,80	-10,04	-0,80	402,3 V	0,04	0,3%	0.3
70.00%	-8,75	-0,70	-8,78	-0,70	401,9 V	0,03	0,3%	0.3
60.00%	-7,50	-0,60	-7,53	-0,60	401,6 V	0,03	0,2%	0.3
50.00%	-6,25	-0,50	-6,27	-0,50	401,2 V	0,02	0,2%	0.3
40.00%	-5,00	-0,40	-5,02	-0,40	400,9 V	0,02	0,1%	0.3
30.00%	-3,75	-0,30	-3,76	-0,30	400,5 V	0,01	0,1%	0.3
20.00%	-2,50	-0,20	-2,50	-0,20	400,1 V	0,00	0,0%	0.3
10.00%	-1,25	-0,10	-1,25	-0,10	399,8 V	0,00	0,0%	0.3
0.00%	0,00	0,00	0,01	0,00	399,5 V	-0,01	-0,1%	0.3

Abbildung 4-12 – Wirkleistung Allgemein – Einstellgenauigkeit, gemessen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Die prozentualen Sollwertabweichungen sind auf den Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M 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 -> Pmin	Zeit/ time: 15.26s Gradient: 100 % P_n / s
	Pmin -> P0	Zeit/ time: 14.76s Gradient: 100 % 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 -> Pmin	Zeit/ time: 0.762 s Gradient: 1.0 % P_n / s
	Pmin -> P0	Zeit/ time: 0.743 s Gradient: 1.0 % P_n / s

Abbildung 4-13 – Wirkleistung Sollwertabweichungen und Einschwingzeit, gemessen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M 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 Symo 12.5-3-M 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 Wechselrichter Fronius Symo zeigen eine Abhängigkeit der max. abgebbaren Wirkleistung von der Umgebungstemperatur:

Umgebungs- temperatur	Fronius Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
<45°C	10 kW	12,5 kW
50°C	10 kW	10,8 kW
55°C	7,3 kW	7,3 kW
60°C	3,7 kW	3,7 kW

Tabelle 4-3 – Ausgangsleistung abhängig von Umgebungstemperatur (Herstellererklärung, siehe auch [7])

EINHEITENZERTIFIKAT

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



4.5.3 Wirkleistungsabgabe in Abhängigkeit der Netzfrequenz

Fronius Symo 12.5-3-M

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 38.5% P _N /Hz
	max. Einschwingzeit / max. Settling time	0.2 s
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / power gradient after recovery of overfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 9.62 % P _N /Hz max. Gradient / max. gradient 9.63% P _N /Hz
Unterfrequenz / underfrequency	Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzunterschreitung / Mean power gradient at underfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 40.8% P _N /Hz
	max. Einschwingzeit / max. settling time	0.3s
	Gradient der Wirkleistung nach Rückkehr aus Überfrequenz / power gradient after recovery of overfrequency	mittl. Gradient / mean gradient 9.63% P _N /Hz max. Gradient / max. gradient 9.65% P _N /Hz

Abbildung 4-14 – Wirkleistung abhängig von der Netzfrequenz, gemessen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M sind hinsichtlich

- der maximalen Einschwingzeiten
- der prozentualen Wirkleistungsgradienten

dieselben Werte wie die am Wechselrichter Fronius Symo 12.5-3-M 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 Wiederzuschaltung bei den nach VDE-AR-N 4110 geforderten Spannungs- Frequenzbereichen technisch möglich.

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

Fronius Symo 12.5-3-M

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

Abbildung 4-15 – Zuschaltbedingungen, gemessen am Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

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 (Fault RideThrough, 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 Symo 10.0-3-M / 12.5-3-M 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 Symo 12.5-3-M zur dynamischen Netzstützung wurden 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	$U_{\text{rest}} < 5\%$	3p	VL	2	nicht gefordert		
0.2	$U_{\text{rest}} < 5\%$	3p	TL	2			
0.3	$U_{\text{rest}} < 5\%$	2p	VL	2			
0.4	$U_{\text{rest}} < 5\%$	2p	TL	2			
25.1	$20\% \leq U_{\text{rest}} \leq 30\%$	3p	VL	2	$\geq 354 \text{ ms}$ (bei 20 %) $\geq 760 \text{ ms}$ (bei 30 %)	25.1	P
25.2	$20\% \leq U_{\text{rest}} \leq 30\%$	3p	TL	2		25.2	P
25.4	$20\% \leq U_{\text{rest}} \leq 30\%$	2p	VL	2	$\geq 452 \text{ ms}$ (bei 20 %)	25.4	P
25.5	$20\% \leq U_{\text{rest}} \leq 30\%$	2p	TL	2	$\geq 915 \text{ ms}$ (bei 30 %)	25.5	P
50.1	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	3p	VL	2	$\geq 1371 \text{ ms}$ (bei 45 %)	50.1	P
50.2	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	3p	TL	2	$\geq 1982 \text{ ms}$ (bei 60 %)	50.2	P
50.3	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	2p	VL	2	$\geq 1610 \text{ ms}$ (bei 45 %) $\geq 2305 \text{ ms}$ (bei 60 %)	50.3	P
50.4	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	2p	TL	2		50.4	P
50.5	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	3p	VL	eingeschr. dyn. Netzstützung	$\geq 1371 \text{ ms}$ (bei 45 %) $\geq 1982 \text{ ms}$ (bei 60 %)	50.5	P
50.6	$45\% \leq U_{\text{rest}} \leq 60\%$	2p	VL	eingeschr. dyn. Netzstützung	$\geq 1610 \text{ ms}$ (bei 45 %) $\geq 2305 \text{ ms}$ (bei 60 %)	50.6	P
75.1	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	3p	VL	2	$\geq 2389 \text{ ms}$ (bei 70 %) $\geq 2796 \text{ ms}$ (bei 80 %)	75.1	P
75.2	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	3p	TL	2		75.2	P
75.3	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	3p	TL / ind ²	2		75.3	P
75.4	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	3p	TL / kap ³	2		75.4	P
75.5	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	3p	TL	4		75.5	P
75.6	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	2p	VL	2	$\geq 2764 \text{ ms}$ (bei 70 %) $\geq 3000 \text{ ms}$ (bei 80 %)	75.6	P
75.7	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	2p	TL	2		75.7	P
75.8	$70\% \leq U_{\text{rest}} \leq 80\%$	2p	TL	4		75.8	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
80.1	$75 \% \leq U_{\text{rest}} \leq 85 \%$	3p	VL	eingeschr. dyn. Netzstützung	$\geq 2593\text{ms}$ (bei 70 %) $\geq 3000 \text{ ms}$ (bei 80 %)	80.1	P
80.2	$75 \% \leq U_{\text{rest}} \leq 85 \%$	2p	VL	eingeschr. dyn. Netzstützung	$\geq 3000 \text{ ms}$	80.2	P
115.1	Anstieg um $\geq 10 \%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	3p	VL	2	$\geq 5000 \text{ ms}$	115.1	P
115.2	Anstieg um $\geq 10 \%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	3p	TL	2	$\geq 5000 \text{ ms}$	115.2	P
110.1	Anstieg um $\geq 10 \%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	2p	VL	2	$\geq 5000 \text{ ms}$	110.1	P
110.2	Anstieg um $\geq 10 \%$ auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	2p	TL	2	$\geq 5000 \text{ ms}$	110.2	P
110.3	$U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	3p	TL	2	$\geq 60000 \text{ ms}$	110.3	P
110.4	von etwa 1,05 p.u. auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	2p	TL	4	-		P
110.5	von etwa 1,05 p.u. auf $U_{\text{rest}} \geq 110 \%$	3p	TL	4	-		P
85.1	$85 \% \leq U_{\text{rest}} \leq 90 \%$	2p	TL	2	$\geq 60000 \text{ ms}$	85.1	P
Bemerkung: ¹⁾ VL = Vollast: $P = P_{rE}$, TL = Teillast: $P = 0,3 P_n$ ²⁾ untererregt, entspricht $\cos\varphi \approx 0,895$ in denen in [6] durchgeführten Versuchen ³⁾ übererregt, entspricht $\cos\varphi \approx 0,892$ 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 [6]	Stoßkurzschlussstrom $I_p^{(1)2)}$	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	1,81 / 1,82	0,782 / 0,735	1,023 / 1,026	1,025 / 1,026	1,027 / 1,024	1,029 / 1,027	1,014 / 0,977
2	1.1.4 / 1.1.5	1,12 / 1,13	0,599 / 0,627	1,028 / 1,030	1,025 / 1,026	1,028 / 1,027	1,029 / 1,028	0,312 / 0,311
3	1.1.7 / 1.1.8	1,46 / 1,46	0,795 / 0,817	1,030 / 1,028	1,027 / 1,028	1,029 / 1,029	1,028 / 1,029	0,417 / 0,461
4	1.1.9 / 1.1.10	1,16 / 1,16	0,631 / 0,617	1,032 / 1,033	1,032 / 1,032	1,030 / 1,030	1,029 / 1,029	0,297 / 0,292
5	1.1.12 / 1.1.13	1,65 / 1,66	0,865 / 0,900	1,031 / 1,032	1,035 / 1,035	1,037 / 1,038	1,039 / 1,039	1,038 / 1,039
6	1.1.14 / 1.1.15	1,09 / 1,09	0,602 / 0,604	0,938 / 0,938	0,935 / 0,935	0,935 / 0,935	0,937 / 0,936	0,938 / 0,940
7	1.1.17 / 1.1.18	1,45 / 1,44	0,885 / 0,885	0,928 / 0,925	0,931 / 0,928	0,932 / 0,927	0,933 / 0,932	0,933 / 0,932
8	1.1.19 / 1.1.20	1,05 / 1,04	0,568 / 0,559	0,874 / 0,877	0,874 / 0,749	0,874 / 0,873	0,876 / 0,874	0,743 / 0,875
9	1.1.21 / 1.1.22	1,65 / 1,65	0,462 / 0,398	0,016 / 0,017	0,004 / 0,005	0,002 / 0,001	0,003 / 0,001	0,003 / 0,001
10	1.1.23 / 1.1.24	1,45 / 1,44	0,655 / 0,591	0,029 / 0,030	0,021 / 0,023	0,019 / 0,020	0,019 / 0,020	0,021 / 0,019
11	1.1.26 / 1.1.27	1,48 / 1,49	0,965 / 0,977	1,023 / 1,021	1,025 / 1,024	1,026 / 1,025	1,026 / 1,025	1,027 / 1,025
12	1.1.28 / 1.1.29	0,65 / 0,65	0,414 / 0,403	0,538 / 0,540	0,538 / 0,539	0,538 / 0,539	0,539 / 0,542	0,539 / 0,539
13	1.1.30 / 1.1.31	0,66 / 0,66	0,360 / 0,344	0,442 / 0,441	0,444 / 0,442	0,445 / 0,444	0,446 / 0,444	0,446 / 0,445
14	1.1.32 / 1.1.33	0,80 / 0,80	0,500 / 0,500	0,647 / 0,646	0,647 / 0,648	0,648 / 0,646	0,650 / 0,649	0,648 / 0,651
15	1.1.34 / 1.1.35	0,99 / 0,99	0,571 / 0,569	0,751 / 0,754	0,750 / 0,753	0,751 / 0,752	0,751 / 0,753	0,751 / 0,751
16	1.1.37 / 1.1.38	1,42 / 1,42	0,972 / 0,965	0,970 / 0,970	0,973 / 0,971	0,973 / 0,973	0,974 / 0,973	0,972 / 0,974
17	1.1.39 / 1.1.40	0,66 / 0,65	0,406 / 0,409	0,514 / 0,515	0,514 / 0,515	0,515 / 0,515	0,517 / 0,515	0,515 / 0,518
18	1.1.41 / 1.1.42	0,98 / 0,99	0,533 / 0,535	0,736 / 0,740	0,739 / 0,738	0,737 / 0,737	0,737 / 0,738	0,736 / 0,738



EINHEITENZERTIFIKAT

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

Nr.	Kapitel in [6]	Stoßkurzschlussstrom $I_p^{1) 2)}$	Kurzschlussstrom					
			1 Perioden Effektivwert ^{1) 2)}					
19	1.1.44 / 1.1.45	1,47 / 1,46	0,992 / 0,981	1,018 / 1,018	1,021 / 1,019	1,021 / 1,019	1,020 / 1,019	1,021 / 1,021
20	1.1.47 / 1.1.48	1,43 / 1,41	0,983 / 0,978	0,979 / 0,981	0,981 / 0,981	0,984 / 0,982	0,984 / 0,983	0,983 / 0,983
21	1.1.50 / 1.1.51	0,49 / 0,49	0,332 / 0,331	0,361 / 0,355	0,355 / 0,353	0,384 / 0,380	0,347 / 0,348	0,348 / 0,348
22	1.1.53 / 1.1.54	1,45 / 1,44	0,949 / 0,933	0,886 / 0,888	0,888 / 0,884	0,831 / 0,834	0,801 / 0,817	0,770 / 0,794
23	1.1.55 / 1.1.56	0,49 / 0,49	0,297 / 0,290	0,369 / 0,366	0,364 / 0,363	0,364 / 0,363	0,366 / 0,366	0,367 / 0,365
24	1.1.58 / 1.1.59	1,42 / 1,41	0,979 / 0,978	0,960 / 0,963	0,960 / 0,930	0,894 / 0,741	0,875 / 0,565	0,855 / 0,337
25	1.1.60 / 1.1.61	0,45 / 0,45	0,319 / 0,318	0,346 / 0,348	0,347 / 0,347	0,345 / 0,342	0,345 / 0,342	0,344 / 0,343
26	1.1.63 / 1.1.64	0,49 / 0,49	0,286 / 0,300	0,353 / 0,356	0,354 / 0,355	0,357 / 0,354	0,356 / 0,356	0,351 / 0,356

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 Symo 12.5-3-M (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 Kurzschlussstrombeiträge in p.u. des Fronius Symo 12.5-3-M gelten auch für den nicht typgeprüften Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M. Dabei ist zu beachten, dass bei Anwendung auf diese beiden Wechselrichter als Bezugswert der jeweilige Bemessungsstrom I_r (1 p.u.) angesetzt wird.

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

Angabe	Wert	
	Fronius Symo	
	10.0-3-M	12.5-3-M
Effektivwert des Quellenstroms bei dreipoligen Fehler I_{skPF}	20 A ^{1),2)}	
Effektivwert des Quellenstroms bei zweipoligen Fehler $I_{(1) sk2PF}$	20 A ^{1),2)}	
Effektivwert des Quellenstroms bei einpoligen Fehler $I_{(1) sk1PF}$	20 A ^{1),2)}	
Kurzschlussgegenimpedanz (Herstellerangabe) nur für ganzzahlige k -Faktoren $Z_{(2)PF}$	8 Ω ³⁾	6,4 Ω ³⁾
Bemerkung: <ol style="list-style-type: none"> Bei Kurzschluss direkt an den AC-Klemmen des Wechselrichters Nach Herstellerangabe beträgt die Überlastkapazität des Wechselrichters im Dauerbetrieb 32 A. Dieser Wert wird als I_{skPF} für Berechnung der Kurzschlusswechselströme nach DIN EN 60909-0 [5] festgelegt. Nach [5] ist die Mitsystemimpedanz als unendlich anzusetzen. Die Gegensystemimpedanz beträgt 8 Ω bzw. 6,4 Ω ($Z(2) = X(2) = 0,5 \cdot \frac{400 \text{ V}^2}{10 \text{ kW}} = 8 \text{ } \Omega$ bzw. $Z(2) = X(2) = 0,5 \cdot \frac{400 \text{ V}^2}{12,5 \text{ kW}} = 6,4 \text{ } \Omega$) 		

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 Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M sind mit einem internen Entkupplungsschutz versehen, der folgenden Funktionen umfasst:

- Spannungsrückgangsschutz
- Spannungssteigerungsschutz
- Frequenzrückgangsschutz
- Frequenzsteigerungsschutz

In Abbildung 4-16 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 4-16 – Schutzeinrichtung/Einstellmöglichkeiten der Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M (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 in [6] erfolgreich überprüft:

Fronius Symo 12.5-3-M

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/for 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	1.00/1.2 98	1.105/1. 299	179.86/ 0.032	180.020 /0.039	<input checked="" type="checkbox"/> ≥ 0.98 <input type="checkbox"/> < 0.98
Spannungssteigerungsschutz / Overvoltage protection: U>>	1.1 / 1.30	0.1 / 0.02	1.10/1.2 92	1.105/1. 303	0.115/ 0.032	0.128/0. 041	
Spannungsrückgangsschutz / Undervoltage protection: U<	0.45 / 0.9	2.4 / 0.02	0.441/0. 893	0.447/0. 894	2.413/0. 037	2.421/0. 039	<input checked="" type="checkbox"/> ≤ 1.02 <input type="checkbox"/> > 1.02
Spannungsrückgangsschutz / Undervoltage protection: U<<	0.45 / 0.9	0.1 / 0.02	0.450/0. 893	0.453/0. 899	0.114/0. 038	0.122/0. 040	
Frequenzsteigerungsschutz/ Overfrequency protection: f>	50.2 / 55.0	5 / 0.06	50.22 Hz	54.95 Hz	5 / 0.06	5.02 / 0.089	
Frequenzsteigerungsschutz/ Overfrequency protection: f>>	50.2 / 55.0	0.1 / 0.06	50.22 Hz	54.98 Hz	0.10/ 0.06	0.120 / 0.084	
Frequenzrückgangsschutz/ Underfrequency protection: f<	45.0 / 47.5	0.1 / 0.06	45.03 Hz	47.50 Hz	0.06/0.1	0.073/0. 120	
Eigenzeit der Abschalteinheit/ Operating time of circuit breaker:	40ms		<input checked="" type="checkbox"/> aus Messung <input type="checkbox"/> aus Prüfzertifikat by measurement by test certificate				

Abbildung 4-17 – Gemessene Eigenschaften Entkopplungsschutz des Wechselrichters Fronius Symo 12.5-3-M (aus [6])

Das Schutzsystem des in [6] geprüften Wechselrichters Fronius Symo 12.5-3-M ist identisch zu dem des nicht gemessenen Wechselrichters Fronius Symo 10.0-3-M.

Die Überprüfung

- der Schutzeinrichtung
- des Rückfallverhältnisses

kann daher auf den nicht vermessenen Wechselrichter Fronius Symo 10.0-3-M übertragen werden.

Informativ:

Es gibt keine Angaben zu einem festen (nicht parametrierbaren HW-) Eigenschutz der Wechselrichter. 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 Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M 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. „zwischengelagerter“ Entkopplungsschutz (NA-Schutz) vorzusehen.

4.9 Validierung des Simulationsmodells

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

[illegible]

Abbildung 4-18 – Validierungsplan des Simulationsmodells des Wechselrichters Fronius Symo 12.5-3-M (aus [8])



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]
GFDPDR Einschaltsschwelle	50200	45000	65000 [mHz]
GFDPDR Ausschaltsschwelle max.	50050	45000	65000 [mHz]
GFDPDR Derating Gradient	40000	10	300000 [m%/Hz]
GFDPDR Return Gradient 1	160	10	100000 [m%/sec]
Softstart Gradient	660	1	100000 [m%/sec]
Manuelle statische Wirkleistungsreduktion	2000000	2500	2000000 [W]
GFDPDR Initial Delay Time	0	0	60000 [msec]
GFDPDR 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 SPUI-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 - 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 4-7 – Standardparameter des Wechselrichters (aus [6])



EINHEITENZERTIFIKAT

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

5 Anhang V - 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 Symo 10.0-3-M und 12.5-3-M 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. „zwischenlagert“ Entkupplungsschutz (NA-Schutz) vorzusehen.		
 Alzenau, 2021-12-20, VDE Renewables GmbH		
 Deutsche Akkreditierungsstelle D-ZE-12061-01-01		